Вольфрамовый цементированный карбид

Комплексное исследование физических и химических свойств, процессов и приложений (X)

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Мировой лидер в области интеллектуального производства для вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной промышленности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ВВЕДЕНИЕ В CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, дочерняя компания с полной собственностью и независимым юридическим лицом, созданная CHINATUNGSTEN ONLINE, занимается продвижением интеллектуального, интегрированного и гибкого проектирования и производства вольфрамовых и молибденовых материалов в эпоху промышленного Интернета. CHINATUNGSTEN ONLINE, основанная в 1997 году с www.chinatungsten.com в качестве отправной точки — первого в Китае веб-сайта с продукцией из вольфрама высшего уровня — является пионерской компанией электронной коммерции в стране, сосредоточенной на вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной промышленности. Используя почти три десятилетия обширного опыта в области вольфрама и молибдена, CTIA GROUP унаследовала исключительные проектные и производственные возможности своей материнской компании, превосходное обслуживание и международную деловую репутацию, став поставщиком комплексных прикладных решений в области вольфрамовых химикатов, вольфрамовых металлов, твердых сплавов, высокоплотных сплавов, молибдена и молибденовых сплавов.

За последние 30 лет CHINATUNGSTEN ONLINE создала более 200 многоязычных профессиональных веб-сайтов по вольфраму и молибдену, охватывающих более 20 языков, с более чем миллионом страниц новостей, цен и анализа рынка, связанных с вольфрамом, молибденом и редкоземельными металлами. С 2013 года ее официальный аккаунт WeChat "CHINATUNGSTEN ONLINE" опубликовал более 40 000 единиц информации, обслуживая почти 100 000 подписчиков и ежедневно предоставляя бесплатную информацию сотням тысяч специалистов отрасли по всему миру. Благодаря совокупным посещениям кластера ее веб-сайта и официального аккаунта, достигающим миллиардов раз, он стал признанным мировым и авторитетным информационным центром для отраслей вольфрама, молибдена и редкоземельных металлов, предоставляя круглосуточные многоязычные новости, характеристики продукции, рыночные цены и услуги по тенденциям рынка.

Основываясь на технологиях и опыте CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP фокусируется на удовлетворении индивидуальных потребностей клиентов. Используя технологию искусственного интеллекта, она совместно с клиентами проектирует и производит вольфрамовые и молибденовые изделия с определенным химическим составом и физическими свойствами (такими как размер частиц, плотность, твердость, прочность, размеры и допуски). Она предлагает комплексные услуги по полному процессу, начиная от открытия пресс-формы, опытного производства и заканчивая отделкой, упаковкой и логистикой. За последние 30 лет CHINATUNGSTEN ONLINE предоставила услуги по НИОКР, проектированию и производству для более чем 500 000 видов вольфрамовых и молибденовых изделий более чем 130 000 клиентов по всему миру, заложив основу для индивидуального, гибкого и интеллектуального производства. Опираясь на эту основу, CTIA GROUP еще больше углубляет интеллектуальное производство и интегрированные инновации вольфрамовых и молибденовых материалов в эпоху промышленного Интернета.

Доктор Ханнс и его команда в CTIA GROUP, основываясь на своем более чем 30-летнем опыте работы в отрасли, также написали и опубликовали знания, технологии, анализ цен на вольфрам и рыночных тенденций, связанных с вольфрамом, молибденом и редкоземельными металлами, свободно делясь ими с вольфрамовой промышленностью. Доктор Хан, имеющий более чем 30-летний опыт с 1990-х годов в электронной коммерции и международной торговле вольфрамовой и молибденовой продукцией, а также в проектировании и производстве цементированных карбидов и сплавов высокой плотности, является известным экспертом в области вольфрамовой и молибденовой продукции как на внутреннем, так и на международном уровне. Придерживаясь принципа предоставления профессиональной и высококачественной информации для отрасли, команда CTIA GROUP постоянно пишет технические исследовательские работы, статьи и отраслевые отчеты, основанные на производственной практике и потребностях клиентов рынка, завоевывая широкую похвалу в отрасли. Эти достижения обеспечивают надежную поддержку технологическим инновациям CTIA GROUP, продвижению продукции и отраслевому обмену, позволяя ей стать лидером в сфере мирового производства вольфрамовой и молибденовой продукции и информационных услуг.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Часть 4: Классификация и области применения твердого сплава

Глава 10: Классификация твердого сплава

Как высокопроизводительный материал, классификация твердого сплава (WCCo и т. д.) напрямую определяет точное соответствие материалов, производственных процессов и сценариев применения. Классификация основана не только на составе (WC 70%-95%±1%, Co 5%-30%±1%) и микроструктуре (размер зерна 0,5-10 мкм±0,01 мкм), но также охватывает эксплуатационные характеристики (твердость HV 800-2000±30, износостойкость <0,06 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м) и функцию (коррозионная стойкость, потеря веса <0,1 мг/см² ±0,01 мг/см², проводимость ~10 МСм/м±0,1 МСм/м). Разумная система классификации обеспечивает теоретическую основу и практическое руководство для применения в аэрокосмической промышленности (срок службы инструмента >5000 часов ±500 часов), горнодобывающей промышленности (стойкость к ударам сверла >10 ^{6} раз ±10 ^{5} раз) и электронном производстве (точность пресс-формы <1 мкм ±0,1 мкм).

С теоретической точки зрения классификация твердого сплава является продуктом сочетания материаловедения и инженерных приложений. Ее суть заключается в максимизации производительности за счет оптимизации состава и структуры. WC обеспечивает высокую твердость и износостойкость как твердая фаза, а Co повышает прочность как связующая фаза. Регулировка соотношения этих двух напрямую влияет на механические свойства и термическую стабильность материала. Кроме того, размер зерна микроструктуры обратно пропорционален твердости через соотношение Холла-Петча. Мелкозернистый твердый сплав (<2 мкм) хорошо работает при высокоточной обработке, в то время как крупнозернистый (>5 мкм) больше подходит для сценариев ударопрочности. Такие эксплуатационные параметры, как износостойкость и коррозионная стойкость, отражают долгосрочную надежность материала в сложных условиях, а электропроводность обеспечивает возможности для процессов электрической обработки. Кроме того, инженерия границ зерен (например, легирование редкоземельными элементами Ce или Y) может оптимизировать силу связи между зернами и повысить усталостную прочность материала. Эта теория открывает новое направление для разработки новых твердых сплавов.

Метод классификации развился от эмпирического резюме до научной системы. Ранняя классификация в основном основывалась на соотношении компонентов (например, соотношение WC/Co в WCCo), в то время как современные методы объединяют методы XRD (рентгеновской дифракции) и SEM (сканирующей электронной микроскопии) для точной характеристики фазового состава и распределения зерен. Международные стандарты (например, ISO 513) дополнительно стандартизируют классификацию и разделяют марки твердого сплава в соответствии с областями применения и показателями производительности. Теоретически многомерный анализ (например, сравнение WCCo и WCTiCNi) выявляет влияние добавки TiCN на твердость (>HV 1600±30) и стойкость к высоким температурам, в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

то время как введение самосмазывающихся функций (например, легирование MoS_2) расширяет перспективы для специальных применений. Кроме того, термодинамические расчеты (например, анализ свободной энергии Гиббса) поддерживают оптимизацию фазовой диаграммы и направляют проектирование многофазных твердых сплавов (например, WCCoTiCN), отражая интеграцию классификации и инженерии генома материалов.

С точки зрения применения научная природа классификации напрямую влияет на выбор материала. Например, требования к сроку службы инструмента в аэрокосмической отрасли привели к разработке сверхмелкозернистых твердых сплавов (<1 мкм), высокая твердость которых (>HV 1800) обусловлена теорией упрочнения измельчением зерна. Горнодобывающая отрасль требует ударопрочных твердых сплавов, а крупнозернистая структура повышает вязкость разрушения (>15 МПа·м ½) за счет снижения плотности дислокаций. В электронном производстве точность пресс-формы зависит от контроля наноразмерного зерна, а в сочетании с технологией модификации поверхности (такой как покрытие PVD) износостойкость и размерная стабильность дополнительно улучшаются. Теоретическая поддержка этих требований к применению исходит из систематического отображения производительности-структуры-процесса системы классификации.

Эта глава начинается со значения и методов классификации твердого сплава и глубоко исследует научную основу, эволюцию метода и международные стандарты классификации. Благодаря многомерному анализу состава (WCCo , WCTiCNi), производительности (твердость, износостойкость, коррозионная стойкость) и функции (проводимость, самосмазывание) систематически объясняются конструкция и применение системы классификации. Эта глава связывает главу 9 (Многофункциональный WCTiCNi, твердость>HV 1600±30), закладывая основу для последующих областей применения (глава 11).

10.1 Значение и метод классификации твердых сплавов

Классификация твердого сплава является основным звеном в области материаловедения и инженерных приложений и проходит через весь процесс исследования и разработки материалов, оптимизации процесса и практического применения. Ее значение заключается в том, что с помощью метода систематической классификации можно напрямую повысить точность выбора материала (теоретически коэффициент соответствия может достигать 95%±2%), оптимизировать производственный процесс для снижения затрат (теоретически 10%±2%) и повысить точность прогнозирования производительности (теоретически 90%±2%). Классификация требует всестороннего рассмотрения множества факторов, включая химический состав (карбид вольфрама WC составляет 70% -95% ± 1%), связующую фазу (например, кобальт Co или никель Ni составляют 5% -30% ± 1%), микроструктурные характеристики (например, диапазон размеров зерна 0,5-10 мкм ± 0,01 мкм) и функциональные характеристики (например, теоретическое значение коэффициента трения < 0,2 ± 0,01, теоретическое значение удельного сопротивления < 12 мкОм·см ± 0,1 мкОм·см).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Научная система классификации может не только раскрыть внутренние физические и химические законы цементированного карбида, но и способствовать реализации стандартизированного производства (квалифицированный показатель может быть близок к 99% ± 1%) и поддерживать его широкое применение в межотраслевых областях, таких как аэрокосмическая промышленность, горнодобывающая промышленность, электронное производство, автомобильная промышленность, энергетическое оборудование, медицинские приборы, а также национальная оборона и армия. С теоретической точки зрения система классификации оптимизирует степень соответствия между проектированием материалов и применением путем установления картографической связи между составом-микроструктурой-производительностью, отражая последние достижения в передовых областях исследований, таких как инженерия генома материалов и многомасштабный анализ. Кроме того, классификация также обеспечивает важную поддержку для устойчивого производства, например, эффективное реагирование на потребности зеленого производства и защиты окружающей среды за счет сокращения отходов материалов (теоретическое значение <2% ± 0,5%) и повышения эффективности использования ресурсов (теоретическое значение > 98% ± 1%). В настоящее время, с быстрым развитием технологии аддитивного производства (например, 3D-печать цементированного карбида) и интеллектуального режима производства (например, проектирование с помощью ИИ), система классификации должна дополнительно интегрировать динамические механизмы корректировки для адаптации к разнообразным требованиям новых процессов к свойствам материалов и условиям обработки, таким как потенциальные применения в исследовании космоса или производстве высокоточного квантового вычислительного оборудования.

В этом разделе систематически обсуждается научная основа и промышленная ценность классификации, эволюция методов классификации (от состава до функции), а также международные стандарты и отраслевые практики. Он всесторонне объясняет значение и методы классификации, объединяя базовую теорию материалов (такую как анализ фазовой диаграммы, термодинамические принципы), экспериментальные методы анализа (такие как сканирующая электронная микроскопия SEM, энергодисперсионная спектроскопия EDS, теоретическое разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и международные стандарты (такие как ISO 513, ASTM B276). Например, WC10Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) классифицируется как материал для режущего инструмента из-за его высокой твердости (теоретическое значение HV 1800 ± 30) и превосходной износостойкости (теоретическая скорость износа 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), в то время как WC10Ni (теоретическое удельное сопротивление 11 мкОм·см ± 0,1 мкОм·см) подходит для таких компонентов, как электрические контакты и электроды EDM из-за его проводящих свойств. Такое разнообразие классификации не только отражает сложность свойств материала, но и обеспечивает базовую поддержку интеллектуального производства. Например, модели классификации, управляемые данными (такие как предиктивная производительность машинного обучения), могут повысить эффективность проектирования (теоретическое значение может быть увеличено на 15% ± 2%), тем самым сокращая цикл НИОКР и снижая затраты на тестирование.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.1.1 Научная основа, промышленная ценность и применение

10.1.1.1 Научная основа и принципы классификации

Научная основа классификации твердых сплавов основана на глубоком понимании химического состава, микроструктуры и физико-химических свойств материалов. Химический состав обычно включает карбид вольфрама WC в качестве твердой фазы (теоретическая доля 70%-95%±1%), кобальт Co или никель Ni в качестве связующей фазы (теоретическая доля 5%-30%±1%) и небольшое количество функциональных добавок (таких как карбид титана TiC , теоретическая доля 0%-10%±0,1%). Микроструктурные характеристики включают размер зерна (теоретический диапазон 0,5-10 мкм ± 0,01 мкм), плотность границ зерен (теоретическое значение 10^{14} м$^{-2}$ ± 10^{13} м$^{-2}$) и однородность распределения фаз, которые характеризуются с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, теоретическое разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС). Физико-химические свойства включают твердость (теоретический диапазон HV 800-2000±30), плотность (теоретическое значение 14,5 г/см³ ± 0,1 г/см³), вязкость разрушения (теоретический диапазон K_{1c} $_{8-20}$ МПа ·м$^{1/2}$ ± 0,5), износостойкость (теоретическая скорость износа <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м) и коррозионную стойкость (теоретическая плотность тока коррозии i_corr <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см²).

Теоретическая основа классификации включает анализ фазовой диаграммы и термодинамические расчеты. Например, бинарная фазовая диаграмма WCCo показывает, что ее теоретическая температура ликвидуса составляет около 1300°C ± 10°C, что раскрывает ключевую стадию фазового равновесия и перегруппировки частиц во время спекания; термодинамика количественно определяет стабильность каждой фазы через свободную энергию Гиббса (теоретическое значение ΔG<0 кДж/моль ± 10 кДж/моль), среди которых энтальпия образования WC (теоретическое значение ΔH_f~40 кДж/моль ± 5 кДж/моль) значительно ниже энтальпии окисления Co (теоретическое значение ΔH_ox~200 кДж/моль ± 10 кДж/моль), обеспечивая теоретическую поддержку для разработки коррозионно-стойких материалов. Кроме того, соотношение Холла-Петча показывает обратную зависимость между размером зерна и твердостью, при этом мелкие зерна (теоретическое значение <2 мкм ± 0,01 мкм) теоретически увеличивают твердость до HV 1800 ± 30, тогда как крупные зерна (теоретическое значение >5 мкм ± 0,01 мкм) увеличивают ударную вязкость до $K_{1c.}$ $_{>}$ 15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5 . Эксплуатационные испытания проверяют теоретические прогнозы с помощью международных стандартов (таких как испытание на износ ASTM G65 и испытание на коррозию ASTM G59), чтобы гарантировать научность и последовательность классификации . Конечной целью классификации является достижение точности теоретического прогнозирования производительности более 90% ± 2% и коэффициента соответствия применению более 95% ± 2%, а также заложение основы для наномасштабного цементированного карбида (например, теоретическое значение зерна < 0,2 мкм ± 0,01 мкм) в высокотехнологичных приложениях, таких как высокоточные микроэлектронные пресс-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

формы.

10.1.1.2 Механизм классификации и анализ производительности

Эффективность твердого сплава обусловлена синергетическим эффектом твердой фазы WC и связующей фазы Co. WC имеет высокую энергию химической связи (теоретическое значение ~700 кДж/моль ± 10 кДж/моль) и гексагональную кристаллическую структуру (теоретическое значение твердости по Моосу> 9), что обеспечивает материалу превосходную твердость и износостойкость; Co использует гранецентрированную кубическую (ГЦК) кристаллическую структуру (теоретическое удлинение 1% ± 0,1%) в качестве связующей фазы, поглощает энергию посредством пластической деформации и повышает трещиностойкость материала. Механизм классификации основан на следующих ключевых параметрах:

химический состав

В качестве основной фазы используется WC (теоретическая пропорция 70% -95% ± 1%), в качестве связующей фазы используется Co или Ni (теоретическая пропорция 5% -30% ± 1%), а добавки (такие как TiC , теоретическая пропорция 5% -10% ± 0,1%) используются для регулирования высокотемпературных характеристик и коррозионной стойкости.

Микроструктура

Теоретический диапазон размеров зерна составляет 0,5-10 мкм±0,01 мкм , что напрямую влияет на механические свойства. Теоретическое значение прочности связи границ зерен >100 МПа±10 МПа определяет сопротивление усталости и вязкость разрушения.

Физические и химические свойства

Теоретический диапазон твердости составляет HV 800-2000±30, теоретическое значение износостойкости скорость изнашивания <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н· м, теоретическая плотность тока коррозии $i_corr < 10^{-6}$А/см² ± 10^{-7}А / см² .

Анализ фазовой диаграммы показывает, что система WCCo образует жидкую фазу при теоретической температуре 1300°C±10°C, способствуя перегруппировке частиц и уплотнению материала (теоретическая относительная плотность>99,5%±0,1%), в то время как добавление TiC или TaC теоретически может улучшить высокотемпературную стабильность (теоретическое значение>1000°C±20°C). Термодинамические расчеты далее показывают, что химическая стабильность WC (теоретическая энтальпия образования ΔH_f~40 кДж/моль±5 кДж/моль) превосходит тенденцию к окислению Co (теоретическая энтальпия окисления ΔH_ox~200 кДж/моль±10 кДж/моль), обеспечивая теоретическую основу для разработки коррозионно-стойкого цементированного карбида. Экспериментальный анализ выявляет однородность зерна (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%) посредством наблюдения SEM (например, образец WC10Co), а анализ EDS подтверждает однородность распределения фазы Co (теоретическое отклонение <0,1% ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

0,02%). Эти микроструктурные особенности тесно связаны с макроскопическими свойствами. Результаты испытаний производительности показывают, что теоретическая скорость износа WC6Co составляет 0,04 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м, что делает его пригодным для высокоточных износостойких применений, в то время как теоретическая скорость износа WC20Co составляет 0,08 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м, что делает его более пригодным для тяжелых условий резания, требующих высокой прочности.

10.1.1.3 Анализ влияющих факторов

Точность и практичность классификации твердого сплава зависят от множества факторов и должны быть оптимизированы посредством систематического анализа. Эти факторы включают состав материала, микроструктуру, параметры процесса, условия испытаний, внешнюю среду и процесс постобработки, которые подробно обсуждаются ниже:

Отклонение состава

Теоретическое колебание содержания Co в связующей фазе ±1%±0,1% приведет к изменению твердости на теоретическое значение ±50. Когда содержание TiC превышает теоретическое значение 10%±0,1%, вязкость разрушения K_{1C} теоретически уменьшится на 10% ± 2%, в то время как содержание VC, превышающее 0,5% ± 0,01%, может привести к чрезмерно мелкому зерну (теоретическое значение < 0,3 мкм ± 0,01 мкм), увеличивая хрупкость обработки на теоретическое значение 5% ± 1%. Кроме того, содержание TaC , превышающее 5% ± 0,1%, может теоретически увеличить высокотемпературную твердость на 10% ± 2%, но это также увеличит себестоимость производства примерно на 15% ± 3%.

Размер зерна

Теоретический диапазон размера зерна составляет 0,5-1 мкм±0,01 мкм , что может значительно повысить твердость (теоретическое значение>HV 1800±30) и снизить скорость износа (теоретическое значение<0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м). Однако, когда размер зерна превышает 5 мкм±0,01 мкм , износостойкость увеличивается на 20%±3% в теории, а прочность увеличивается (K_{1C} увеличивается на 15%±2% в теории), но качество поверхности уменьшается в теории (Ra>0,8 мкм±0,1 мкм). Хотя нанозерна (теоретическое значение<0,2 мкм±0,01 мкм) могут увеличить твердость до теоретического значения>HV 2000±50, существует вероятность аномального роста зерен (теоретическая вероятность>5%±1%), и температуру спекания необходимо контролировать в пределах теоретического значения<1350°C±10°C.

Условия испытаний

Теоретическая нагрузка 10 кг ± 0,1 кг повлияет на теоретическое значение отклонения испытания на твердость < ± 30, когда скорость испытания превысит 0,1 м/с ± 0,01 м/с, скорость износа увеличится на 5% ± 1% в теории, а влажность окружающей среды превысит 50% ± 5%, что вызовет плотность тока коррозии $i_{корр}$ теоретически может увеличиться на 10% ± 2%, а при превышении температуры испытания 200°C ± 10°C материал может

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

подвергнуться термическому размягчению (теоретическая твердость уменьшится на 5% ± 1%). Эти условия необходимо стандартизировать для обеспечения повторяемости результатов испытаний.

Процесс спекания

Теоретическая температура спекания 1450°C±10°C может гарантировать, что плотность материала достигнет теоретического значения>99,5%±0,1% и сформирует однородную микроструктуру, но когда она превысит 1500°C±10°C, это теоретически приведет к увеличению фазовой сегрегации на 15%±3% и росту зерна (теоретическое значение>10 мкм±0,01 мкм), тем самым снижая твердость примерно на 10%±2%. Давление спекания, превышающее 30 МПа±2 МПа, теоретически может дополнительно улучшить плотность (теоретическое значение>99,8%±0,1%), но это увеличит стоимость оборудования примерно на 5%±1%. Атмосфера спекания (например , Ar или H_2) теоретически может снизить окисление (теоретическое значение содержания кислорода <0,01%±0,001%), в противном случае коррозионная стойкость теоретически снизится на 20%±3%.

добавка

Cr_3C_2 в количестве 0,5% ± 0,01% может улучшить коррозионную стойкость на 40% ± 5% и измельчить зерна (теоретическое значение <1 мкм ± 0,01 мкм), но когда оно превышает 1% ± 0,01%, вязкость разрушения K_{1c} теоретически уменьшается на 10% ± 2%; теоретическое добавление VC в количестве 0,2% ± 0,01% может измельчить зерна (теоретическое значение <0,5 мкм ± 0,01 мкм) и улучшить твердость на 10% ± 2%, но когда оно превышает 0,5% ± 0,01%, оно теоретически вызовет выделение вторичной фазы (теоретическое значение > 2% ± 0,5%) и снизит вязкость примерно на 5% ± 1%. Теоретическая добавка TaC в размере 2% ± 0,1% может улучшить высокотемпературную твердость (теоретическое значение > HV 1900 ± 30), но это увеличит коэффициент теплового расширения (теоретическое увеличение на 5% ± 1%), который должен соответствовать основному материалу.

Внешняя среда и условия использования

Рабочие температуры, превышающие 800°C±20°C, теоретически приводят к размягчению фазы Co (теоретическое снижение твердости на 15%±2%), кислые среды (теоретическое значение pH <4±0,5) теоретически увеличивают плотность тока коррозии i_corr на 30%±5%, а вероятность образования микротрещин теоретически превышает 10%±2% при ударной нагрузке, превышающей 500 Дж±50 Дж. Эти факторы требуют, чтобы система классификации учитывала прогнозирование срока службы (теоретическое значение >5000 часов±500 часов) и анализ возможных видов отказов.

Постобработка

Шлифовка теоретически может снизить шероховатость поверхности до Ra<0,2 мкм ± 0,05 мкм , но при этом возникнет остаточное напряжение (теоретическое значение>200 МПа ± 20 МПа); покрытие (например, TiN) теоретически может повысить износостойкость на 30% ± 5%, но вероятность отслоения при высокой нагрузке теоретически составляет более 5% ± 1%;

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

термическая обработка (например, низкотемпературный отжиг при 600°C ± 10°C) теоретически может снять напряжение на 20% ± 3%, но твердость теоретически немного снизится на <5% ± 1%.

Например, WC10Co классифицируется от высокой твердости до средней твердости, поскольку его размер зерна теоретически превышает 5 мкм ± 0,01 мкм , а его твердость теоретически падает до HV 1500 ± 30; WC10Ni с теоретическим количеством добавленного TiC 15% ± 0,1% классифицируется как износостойкий и проводящий, а не высокопрочный из-за его недостаточной вязкости разрушения (теоретическое значение K_{1c} ~ 8 МПа·м^{1} / ^{2} ± 0,5) . Комплексный анализ этих факторов обеспечивает научность и практичность системы классификации, позволяя ей адаптироваться к сложным условиям работы и разнообразным требованиям рынка.

10.1.1.4 Промышленная ценность и инженерное применение

Экономическая эффективность и оптимизация ресурсов

Классификация твердого сплава значительно оптимизирует использование ресурсов и экономические выгоды в промышленности. С помощью научных методов классификации отходы материалов теоретически могут контролироваться до <2% ± 0,5%, производственные затраты могут быть снижены примерно на 10% ± 2%, а уровень квалификации продукта может быть увеличен до > 99% ± 1%. Например, WC6Co, как материал для режущих инструментов в аэрокосмической промышленности, имеет теоретический уровень использования материала до 98% ± 1%, эффективно снижая уровень брака, вызванного несоответствием производительности (теоретическое значение <1% ± 0,5%). В горнодобывающей промышленности WC20Co оптимизирует срок службы буровых долот (теоретическое значение >5000 часов ± 500 часов) за счет своей высокой прочности и ударопрочности (теоретическое значение K_{1c} > 15 МПа·м^{1} / ^{2} ± 0,5, ударопрочность > 10^{6}раз ± 10^{5} раз) , тем самым теоретически снижая частоту замены и затраты на техническое обслуживание примерно на 8% ± 2%. В электронном производстве WC10Ni производится путем классификации и ориентации из-за его проводимости (теоретическое удельное сопротивление 11 мкОм·см ± 0,1 мкОм·см , контактное сопротивление <0,1 мОм ± 0,01 мОм), что сокращает избыточные звенья обработки и теоретически экономит потребление энергии примерно на 5% ± 1%. Эти экономические преимущества достигаются за счет точного контроля соотношения сырья и параметров процесса с помощью системы классификации, что обеспечивает стабильный выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью.

Примеры инженерных приложений

Аэрокосмические инструменты

WC6Co (теоретическая твердость HV 1800±30, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) классифицируется как высокотвердый из-за его высокой твердости и износостойкости (теоретическая скорость износа <0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м) и подходит для точной

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

резки титановых сплавов и жаропрочных сплавов. Его теоретический срок службы превышает 5000 часов ± 500 часов, что намного превышает традиционные инструментальные стали (теоретический срок службы <1000 часов ± 200 часов). Мелкозернистая структура (теоретическое значение <1 мкм ± 0,01 мкм) поддерживает точение сверхтонкостенных деталей, а теоретическая геометрическая точность составляет <10 мкм ± 1 мкм , что соответствует авиационным стандартам.

Горнодобывающие сверла

WC20Co (теоретическая вязкость разрушения K_{1c}~20 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, размер зерна 2 мкм ± 0,01 мкм) классифицируется как высокопрочный из-за его высокой прочности и ударопрочности (теоретическая ударопрочность>10^6 раз ± 10^5 раз, скорость износа 0,08 мм^3/Н · м ± 0,01 мм^3/Н · м) и широко используется в бурении горных пород. Теоретический непрерывный срок службы превышает 6000 часов ± 500 часов, а крупнозернистая структура и добавка TaC (теоретическое значение 2% ± 0,1%) улучшают высокотемпературную твердость (теоретическое значение> HV 1900 ± 30), что подходит для условий глубоких скважин.

Контакты по производству электроники

WC10Ni (теоретическое удельное сопротивление 11 мкОм·см±0,1 мкОм·см , контактное сопротивление <0,1 мОм±0,01 мОм) классифицируется как проводящий из-за своей проводимости и коррозионной стойкости (теоретическое значение i_corr <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см²) и подходит для интерфейсов зарядки и высоковольтных переключателей. Теоретическая точность размеров <1 мкм±0,1 мкм , эксплуатация 5000 часов±500 часов, изменение сопротивления <1%±0,5%.

автомобильная промышленность

WC8Co (теоретическая твердость HV 1600±30, износостойкость 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м) классифицируется как средне-высокая твердость и используется для гильз цилиндров и поршневых колец. Теоретический срок службы составляет 4000 часов ±400 часов, шероховатость поверхности Ra<0,3 мкм±0,05 мкм , а MoS_2 (теоретическое значение 0,3%±0,01%) улучшает самосмазываемость.

Энергетическое оборудование

WC15Co (теоретический K_{1c} ~18 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, потеря веса при коррозионной стойкости <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²) классифицируется как высокопрочный коррозионно-стойкий и подходит для форм для бурения нефтяных скважин и ветроэнергетики. Теоретический срок службы>5000 часов ±500 часов, Cr_3C_2 (теоретическое значение 0,5%±0,01%) повышает коррозионную стойкость в морской воде.

Медицинские приборы

WC5Co (теоретическая твердость HV 1900±30, размер зерна 0,3 мкм±0,01 мкм) классифицируется как сверхвысокотвердый и подходит для хирургических ножей и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

стоматологических сверл. Теоретический срок службы >3000 часов±300 часов, точность <5 мкм±0,5 мкм .

Национальная оборона и армия

WC12Co (теоретический $K_{1c} \sim 16$ МПа·м $^{1/2} \pm 0,5$) классифицируется как ударопрочный и подходит для бронебойных снарядов. Теоретическая скорость пробития >95%±2%, срок службы > $10^4 \pm 10^3$.

Интеллектуальное производство и устойчивое развитие

С развитием интеллектуального производства в 2025 году система классификации интегрирует технологию ИИ, прогнозирует производительность на основе исторических данных (теоретическая точность >90% ± 2%), оптимизирует процессы (например, температура спекания 1450°C ± 10°C) и повышает эффективность на 15% ± 2%. Устойчивое развитие снижает спрос на добычу на 10% ± 2% за счет переработки (теоретическая скорость восстановления > 90% ± 2%) и поддерживает углеродную нейтральность (теоретическое сокращение выбросов на 5% ± 1%) за счет процессов с низким потреблением энергии (теоретическое сокращение потребления энергии на 5% ± 1%).

Будущие тенденции и проблемы

Аддитивное производство требует оптимизации анизотропии слоистой структуры (теоретическое значение <5% ± 1%) и мониторинга роста зерен в реальном времени (теоретическое разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) для повышения точности, но это увеличивает затраты на оборудование (теоретическое значение увеличивается на 5% ± 1%) и требования к обработке данных (теоретическое значение увеличивается на 20% ± 3%). Международные стандарты (такие как ISO 513, ASTM B276) согласованы для повышения глобальной совместимости (теоретическое значение >95% ± 2%).

10.1.2 Эволюция и стандартизация методов классификации

Метод классификации твердого сплава претерпел глубокие изменения от ориентации на один компонент в 1950-х годах до ориентации на многомерную функцию в 21 веке. Этот процесс эволюции является не только микрокосмом прогресса материаловедения и инженерных технологий, но и отражает разнообразие и сложность потребностей промышленного применения. В этом разделе будет систематически изучаться траектория эволюции метода классификации и его прикладная ценность в современной промышленности с четырех аспектов: обзор эволюции метода классификации и технологического прогресса, анализ движущих факторов, эволюция механизмов, а также международные стандарты и проверка случаев. Развитие метода классификации не только повышает точность соответствия материалов и приложений (теоретическое значение >95% ± 2%), но и закладывает основу для транснационального стандартизированного производства и оптимизации производительности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.1.2.1 Обзор эволюции методов классификации и технического прогресса

Происхождение классификации твердых сплавов можно проследить до 1950-х годов. Метод классификации в то время был в основном основан на химическом составе, с упором на диапазон пропорций содержания кобальта (Co) в системе WCCo (например, 5%-30%±1%). Представительная классификация этого периода взяла в качестве примера WC10Co, который просто скорректировал содержание Co, чтобы различать твердость и вязкость, но ее ограничением было то, что она игнорировала влияние микроструктуры (например, теоретический диапазон размера зерна 0,5-10 мкм±0,01 мкм) и функциональных характеристик (например, теоретическое значение износостойкости <0,06 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м, теоретическое значение проводимости <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см) на производительность, в результате чего теоретическая точность классификации составила всего <80%±5%. Этот метод отвечал потребностям базовых режущих инструментов того времени, но с развитием промышленных технологий его единичность постепенно выявила его недостатки и он не мог справиться со сложными условиями работы и разнообразными сферами применения.

Вступая в 21 век, метод классификации твердого сплава постепенно превратился в многомерную систему, которая всесторонне учитывает химический состав, микроструктуру и функциональные свойства. Эта трансформация обусловлена внедрением передовых методов характеризации и методов анализа данных. Например, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) обеспечивает точное наблюдение за размером зерна и распределением фаз с ее теоретическим разрешением <0,1 мкм ± 0,01 мкм , а вибрационный магнитометр (VSM) измеряет магнитные свойства фазы Co с теоретической точностью ± 0,1 эме/г. Эти технологии обеспечивают надежную основу для микроструктурного анализа. Кроме того, анализ главных компонентов (PCA) использует теоретический коэффициент корреляции > 0,9 ± 0,05 в качестве статистического инструмента для извлечения ключевой взаимосвязи между несколькими переменными, в то время как технология моделирования баз данных оптимизирует прогнозирование производительности за счет интеграции большого количества экспериментальных данных (теоретическая погрешность < 5% ± 1%). Значительный прогресс современных методов классификации заключается в том, что теоретическое значение точности классификации было улучшено до >95%±2%, что может более полно отражать эксплуатационные характеристики материалов, тем самым поддерживая потребности широкого спектра приложений от традиционных режущих инструментов до электронных компонентов и биомедицинских имплантатов. Это технологическое достижение не только улучшает научную природу классификации, но и обеспечивает техническую поддержку для интеллектуального проектирования и оптимизации процессов.

10.1.2.2 Движущие силы эволюции методов классификации

Развитие методов классификации твердых сплавов обусловлено множеством факторов,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

которые в совокупности способствовали переходу от статической классификации состава к динамической функциональной оптимизации.

Сложность материала

Традиционная бинарная система WCCo постепенно расширилась до многофазной композитной системы из-за ее ограничений. Новые сплавы, такие как WC10TiC10Ni, были сформированы путем введения таких элементов, как карбид титана (TiC , теоретический диапазон добавления 5%-10%±0,1%) и никель (Ni, теоретический диапазон добавления 8%-12%±1%). Эта сложность материала увеличивает переменные производительности, такие как синергетические эффекты твердости, износостойкости и проводимости. Традиционные методы классификации трудно точно отразить эти изменения, поэтому для их обработки необходима более сложная многомерная система классификации.

Разнообразные приложения

Области применения твердого сплава расширились от первоначальных металлорежущих инструментов (теоретическая твердость>HV 1800±30) до электронного производства (теоретическое удельное сопротивление <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см), биомедицины (теоретическая биосовместимость>95%±2%), энергетического оборудования и национальной обороны и военных сфер. Различные отрасли предъявляют существенно разные требования к свойствам материалов. Например, аэрокосмическая промышленность требует высокой твердости и высокой точности, в то время как биомедицина уделяет больше внимания биосовместимости и коррозионной стойкости. Эта диверсификация приложений заставила систему классификации перейти от ориентации на единственную производительность к многофункциональной комплексной оценке для удовлетворения конкретных потребностей различных отраслей.

Технологический прогресс

Быстрое развитие технологий характеризации и тестирования обеспечило прочную основу для инноваций в методах классификации. Международные стандарты, такие как ASTM G65 и ASTM G59, регулируют испытания на износостойкость и коррозионную стойкость и предоставляют количественные показатели эффективности; сканирующая электронная микроскопия (SEM) и энергодисперсионная спектроскопия (EDS) достигают тонкого анализа микроструктур с теоретическим разрешением <0,1 мкм ± 0,01 мкм ; а вибрационный магнитометр (VSM) количественно определяет магнитные свойства с теоретической точностью ± 0,1 emu/g. Эти технологические достижения значительно улучшили точность и повторяемость данных, обеспечивая поддержку многомерного анализа и моделирования баз данных, тем самым способствуя модернизации методов классификации.

Взаимодействие этих движущих факторов побудило подход к классификации перейти от статического разделения компонентов к динамической функциональной оптимизации, адаптируясь к растущему спросу на высокопроизводительные материалы в современной промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.1.2.3 Эволюция механизма

Эволюция механизма классификации твердого сплава отражает переход от простого эмпирического суждения к научному теоретическому руководству. Этот процесс можно разделить на два этапа: ранний механизм и современный механизм.

Ранний механизм

В 1950-х годах классификация марок твердого сплава основывалась в основном на содержании Co. Сплавы с низким содержанием Co (теоретический диапазон 5%-10%±1%) имеют теоретическую твердость >HV 1800±30, что подходит для высокоточных режущих инструментов, таких как обработка деталей аэрокосмической отрасли, а их теоретический срок службы может достигать тысяч часов; сплавы со средним содержанием Co (теоретический диапазон 10%-20%±1%) имеют теоретическую вязкость разрушения K_{1c} между 12-15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, что подходит для пресс-форм и штамповок, а теоретическое значение ударопрочности составляет >10^6 ± 10^5раз; сплавы с высоким содержанием Co (теоретический диапазон 20%-30%±1%) имеют теоретическую вязкость разрушения K_{1c} > 15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, что подходит для горнодобывающих буровых коронок, а теоретическое значение ударопрочности также составляет > 10^6 ± 10^5раз. Однако этот метод основан только на соотношении Co, игнорируя влияние размера зерна (теоретический диапазон 0,5–10 мкм ± 0,01 мкм) и добавок (таких как Cr_3C_2, теоретическое значение 0,5% ± 0,01%) на производительность, что приводит к теоретической ошибке классификации до 20% ± 5%, что затрудняет выполнение точных требований в сложных рабочих условиях.

Современный механизм

Современный механизм классификации вводит многомерную оценку микроструктуры, производительности и функции, что значительно повышает научность и применимость классификации. В частности, микроструктурные параметры, такие как размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм, соответствуют высокой твердости (теоретическое значение >HV 1800 ± 30), а размер зерна > 5 мкм ± 0,01 мкм соответствует высокой вязкости (теоретическое значение K_{1c} > 15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5); Показатели производительности включают износостойкость (теоретическое значение на основе стандарта ASTM G65 <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), коррозионную стойкость (теоретическое значение на основе стандарта ASTM G59 i_corr <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см²); функциональные свойства включают проводимость (теоретическое значение удельного сопротивления <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см) и самосмазываемость (теоретическое значение коэффициента трения <0,2±0,01, достигается путем легирования MoS2). Например, анализ СЭМ показывает, что теоретическая плотность границ зерен WC6Co составляет >10^{14} м$^{-2}$ ± 10^{13} м$^{-2}$, размер зерна составляет 0,5 мкм ± 0,01 мкм , а теоретическая твердость достигает HV 1800 ± 30; теоретический размер зерна WC20Co составляет 5 мкм ± 0,01 мкм , плотность границ зерен низкая, а теоретическая вязкость разрушения K_{1c} ~ 20 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5. Кроме того, добавление TiC (теоретическое значение 10%±0,1%) теоретически может увеличить твердость на 10%±2%, но теоретически снизит

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

вязкость разрушения K_{Ic} на 10%±2%, что указывает на то, что функционально-ориентированная классификация (например, износостойкая и проводящая классификация) лучше, чем однокомпонентная классификация. Анализ базы данных основан на $>10^4$ экспериментальных данных, а теоретический коэффициент корреляции составляет >0,95±0,02, что подтверждает надежность современных механизмов.

10.1.2.4 Международные стандарты и примеры

Международные стандарты обеспечивают единую структуру для классификации твердого сплава, гарантируя единообразие в трансграничном производстве и надежность применения. ISO 513 и ASTM B276 являются двумя основными стандартами, из которых ISO 513 классифицирует в соответствии с объектами обработки и сценариями применения, в то время как ASTM B276 фокусируется на испытаниях производительности и количественных показателях. Если взять WC10TiC10Ni в качестве примера, то его теоретическая твердость HV 1650±30, удельное сопротивление 11 мкОм·см±0,1 мкОм·см и износостойкость 0,05 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м позволяют ему превзойти традиционный WC10Co (теоретическая точность 80%±5%) и классифицироваться как износостойкий и проводящий, подходящий для электронных контактов (теоретическое контактное сопротивление <0,1 мОм±0,01 мОм) и легкой резки (теоретический срок службы >4000 часов ±400 часов). Напротив, традиционный WC10Co учитывает только содержание Co (теоретическое значение 10%±1%), не отражает синергетический эффект TiC и Ni и имеет низкую точность классификации. Благодаря объединению исторической эволюции, теоретического анализа и проверки случаев современные методы классификации значительно повысили эффективность и надежность применения.

10.1.3 Международные стандарты (ISO, ASTM) и отраслевая практика

Стандартизация классификации твердого сплава является ключевым звеном в достижении глобального промышленного сотрудничества и контроля качества. Международные стандарты (такие как ISO 513, ASTM B276) и отраслевые практики вместе составляют нормативную основу системы классификации. Эти стандарты и практики обеспечивают согласованность (теоретическое значение >95% ± 2%) и надежность применения (теоретический квалифицированный показатель >99% ± 1%) твердого сплава в транснациональном производстве путем предоставления унифицированных технических спецификаций и предоставления рекомендаций по оптимизации производительности и инновационным приложениям. В этом разделе будет подробно рассмотрена роль международных стандартов и отраслевых практик и их применение на практике с трех аспектов: принципы классификации и технический обзор, механизм и анализ, а также анализ влияющих факторов.

10.1.3.1 Принципы классификации и технический обзор

Международные стандарты ISO 513 и ASTM B276 предоставляют научную основу и руководящие принципы для классификации твердого сплава. ISO 513 в основном

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

классифицирует твердый сплав на основе областей его применения, охватывая обработку резанием (например, сталь, чугун, цветные металлы), горнодобывающую промышленность и износостойкие детали, и достигает соответствия материалов и условий работы путем определения различных марок (например, серий K, P, M). ASTM B276 фокусируется на стандартах испытаний производительности и подробно описывает методы измерения твердости, скорости износа и вязкости разрушения, предоставляя количественную основу для классификации. Кроме того, отраслевые практики дополняются в рамках стандарта на основе спроса на региональном рынке и практического опыта. Например, европейская промышленность предпочитает материалы с высокой твердостью (теоретическое значение >HV 1800±30), в то время как промышленность США уделяет больше внимания материалам с высокой прочностью (теоретическое значение K_{1c}>15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) для адаптации к различным сценариям применения. Совместная цель этих стандартов и практик заключается в контроле теоретического значения ошибки классификации <5%±1% и обеспечении теоретического значения скорости соответствия применению >95%±2%, тем самым поддерживая стабильность глобальной цепочки поставок и улучшение качества продукции.

Система стандартов испытаний для классификации твердых сплавов включает в себя следующее основное содержание:

ИСО 513

Стандарты классификации инструментов включают серию K (чугун, цветные металлы, теоретическая твердость > HV 1800±30, теоретический размер зерна <1 мкм±0,01 мкм), серию P (сталь, теоретическая вязкость разрушения **ISO 513**

10-15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5, теоретическое значение содержания Co 10%-15%±1%), серия M (многоцелевая, теоретическая скорость износа <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м). Этот стандарт определяет выбор материала посредством классификации по классам.

ASTM B276

Стандарт испытаний на производительность твердого сплава определяет диапазон испытаний на твердость по Виккерсу HV 800-2000±30 (теоретическое значение нагрузки 10 кг±0,1 кг), испытание на износ (ASTM G65, теоретическое значение <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), испытание на вязкость разрушения (теоретический диапазон **ISO 513**

8-20 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5).

ACTM E92

Стандарт испытания на твердость по Виккерсу, теоретическая точность испытания ±30, обеспечивает сопоставимость данных по твердости.

ASTM G59

Стандарт испытаний на коррозионную стойкость, теоретическая плотность тока коррозии $i_{корр}$ <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см² , используется для оценки коррозионной стойкости.

Например, ISO 513 классифицирует WC6Co как K10 с теоретической твердостью HV 1800±30 и теоретическим размером зерна 0,5 мкм±0,01 мкм , что подходит для резки стали; ASTM B276 подтверждает его теоретическую скорость износа 0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м путем испытаний, подтверждающих его высокую износостойкость. В промышленной

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

практике авиационные инструменты предпочитают класс K05 (теоретический размер зерна <0,5 мкм±0,01 мкм) для обеспечения высокой точности, а горнодобывающие буровые коронки предпочитают класс C2 (теоретическое содержание Co>20%±1%) для повышения прочности.

10.1.3.2 Механизм классификации и анализ

Международные стандарты и отраслевая практика совместно усовершенствовали систему оценки эксплуатационных характеристик твердого сплава с помощью различных механизмов классификации и методов анализа.

Механизм классификации ISO 513

Стандарт классифицируется в соответствии с объектом обработки и требованиями к производительности. Серия K подходит для обработки чугуна и цветных металлов, подчеркивая высокую твердость (теоретическое значение>HV 1800±30) и мелкозернистую структуру (теоретическое значение<1 мкм±0,01 мкм) для удовлетворения потребностей высокоточной резки; серия P предназначена для обработки стали, фокусируясь на вязкости разрушения (теоретическое значение K_{1c} 10-15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) и среднем содержании Co (теоретическое значение 10%-15%±1%), балансируя твердость и вязкость; серия M предназначена для многоцелевого использования, с теоретической скоростью износа <0,06 мм ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м, подходит для сложных условий работы. Эти классификации направляют выбор и оптимизацию материалов посредством четкой ориентации на применение.

Показатели эффективности ASTM B276

Стандарт определяет количественные эксплуатационные параметры твердого сплава, включая твердость по Виккерсу (теоретический диапазон HV 800-2000±30, теоретическое значение нагрузки 10 кг±0,1 кг), скорость износа (ASTM G65, теоретическое значение <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, на основе стандартного испытания образца) и вязкость разрушения (теоретический диапазон K_{1c} $_{8\text{-}20}$ МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5 (измерено методом испытания на механику разрушения). Эти показатели обеспечивают единый стандарт для оценки эксплуатационных характеристик и гарантируют надежность и сопоставимость результатов испытаний.

Дополнение к отраслевой практике

Отраслевая практика заключается в корректировке стандартов в соответствии с региональными особенностями. Класс C в США (C1-C4) в основном классифицируется на основе содержания Co (теоретический диапазон 5%-30%±1%), подчеркивая прочность для адаптации к тяжелым условиям; Европа уделяет больше внимания размеру зерна (теоретический диапазон 0,5-5 мкм±0,01 мкм) и твердости и, как правило, относится к высокоточным применениям. Анализ SEM подтверждает, что теоретическое значение размера зерна K10 WC6Co составляет 0,5 мкм±0,01 мкм , а теоретическое значение твердости составляет HV 1800±30; теоретическое значение размера зерна C2 WC20Co составляет 5 мкм

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

± 0,01 мкм , а теоретическое значение вязкости разрушения составляет K_{1c} ~ 20 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5. Анализ EDS дополнительно подтверждает равномерность распределения компонентов (теоретическое отклонение < 0,1% ± 0,02%), а ошибка испытания производительности контролируется на уровне < 5% ± 1%.

Сочетание стандартов и соглашений уменьшает ошибки классификации за счет дополнительных эффектов. Например, WC10Ni (теоретическое удельное сопротивление 11 мкОм·см±0,1 мкОм·см) не охватывается ISO 513, поскольку его требования к проводимости превышают традиционную классификацию резки, но отраслевые соглашения классифицируют его как проводящий и применяют к электронным контактам (теоретический срок службы>10^6 раз±10^5 раз), что значительно улучшает адаптивность классификации.

10.1.3.3 Анализ влияющих факторов

На применимость международных стандартов и отраслевых практик влияет множество факторов, которые необходимо всесторонне учитывать в процессе классификации, чтобы гарантировать ее научность и практичность.

Региональные различия

Промышленные потребности и традиции процесса в разных регионах приводят к различиям в предпочтениях классификации. Европейская промышленность предпочитает серию K (теоретическая твердость > HV 1800 ± 30) для соответствия требованиям высокоточной резки и качества поверхности; американская промышленность предпочитает серию C (теоретическая вязкость разрушения K_{1c} > 15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) для соответствия высоким требованиям прочности, таким как тяжелое машиностроение и горнодобывающая промышленность. Такие региональные различия требуют соответствующих корректировок стандартов и практик при их продвижении на глобальном уровне.

Точность теста

Контроль условий испытаний напрямую влияет на точность результатов классификации. Теоретическая точность испытания на твердость по Виккерсу составляет ±30, теоретическое отклонение испытания на износ составляет ±0,01 мм³/Н·м, а теоретическая погрешность плотности тока коррозии составляет ±10^{-7}А/см² . Отклонение этих параметров необходимо контролировать в пределах <5%±1%, чтобы обеспечить надежность данных. Изменения температуры, влажности и нагрузки в испытательной среде могут привести к дополнительным ошибкам, которых необходимо избегать с помощью стандартизированных операций.

Сложность материала

С введением добавок, таких как TiC (теоретическое значение 5%-10%±0,1%) и Ni (теоретическое значение 8%-12%±1%), увеличилось разнообразие свойств материалов, и соответственно возросла сложность классификации. Композитные материалы теоретически могут привести к увеличению ошибок классификации на 10%±2%, особенно при оценке

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

функциональности (такой как проводимость и самосмазываемость), что требует дополнительных методов испытаний для исправления.

Сценарий применения

Различные сценарии применения имеют существенно разные требования к свойствам материала. Аэрокосмическая промышленность предпочитает мелкозернистую структуру (теоретическое значение <0,5 мкм ± 0,01 мкм) для достижения высокой точности и низкой шероховатости поверхности; горнодобывающая промышленность предпочитает высокое содержание Co (теоретическое значение >20% ± 1%) для повышения ударопрочности. Эта разница в спросе требует, чтобы система классификации была гибкой для адаптации к конкретным условиям работы.

Стандартные обновления

Существующие стандарты, такие как ISO 513 (последняя версия была выпущена в 2012 году), не полностью охватывают новые функциональные цементированные карбиды (например, проводящие и самосмазывающиеся типы), что в определенной степени ограничивает сферу их применения. Отраслевые практики восполнили эти пробелы практическим опытом, например, классифицировав WC10Ni как проводящий, что теоретически повышает точность классификации на 15%±3%, но также увеличивает сложность координации между стандартами и практиками.

Например, WC10TiC10Ni имеет сложную комбинацию свойств (теоретическая твердость HV 1650±30, удельное сопротивление 11 мкОм·см±0,1 мкОм·см), а его классификационная граница нечеткая в ISO 513 и требует дальнейшего уточнения на основе отраслевой практики. Его износостойкие и проводящие свойства были проверены на практике, что теоретически улучшает его применимость в электронных контактах, отражая необходимость объединения стандартов с практикой.

10.2 Классификация по химическому составу

Классификация твердых сплавов по химическому составу в основном основана на твердой фазе (например, карбид вольфрама WC, карбид титана TiC , карбид тантала TaC , теоретический диапазон содержания 70%-95% ± 1%) и связующей фазе (например, кобальт Co, никель Ni, молибден Mo, теоретический диапазон содержания 5%-30% ± 1%), которая напрямую определяет механические свойства, химическую стабильность и поведение материала при высоких температурах. Различия в этих химических составах существенно влияют на твердость (теоретический диапазон HV 800-2500±30), вязкость разрушения (теоретический диапазон K_{Ic} 8-20 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5), коррозионную стойкость (теоретическая потеря веса <0,1 мг/см^2 ± 0,01 мг/см^2) и высокотемпературные характеристики (теоретическая температура использования >800°C±10°C). За счет точного контроля химического состава можно добиться целенаправленной оптимизации свойств материала для удовлетворения потребностей различных промышленных применений, таких как аэрокосмические инструменты (теоретический срок службы >5000 часов ±500 часов),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

горнодобывающие инструменты (теоретическая ударопрочность >10 ⁶ раз ±10 ⁵ раз) и электронные формы (теоретическая точность обработки <1 мкм ±0,1 мкм) и другие высокоточные сценарии.

Разнообразие химических составов систематически изучается с помощью анализа фазовой диаграммы (например, теоретическая температура ликвидуса системы WCCo составляет 1300°C ± 10°C), оценки термодинамической стабильности (например, теоретическое значение свободной энергии Гиббса образования ΔG_f WC составляет -40 кДж/моль ± 5 кДж/моль) и методов микроструктурной характеристики (например, сканирующая электронная микроскопия SEM с теоретическим разрешением <0,1 мкм ± 0,01 мкм). Эти аналитические методы не только раскрывают внутреннюю связь между составом и эксплуатационными характеристиками, но и предоставляют теоретические рекомендации по оптимизации процесса приготовления. Например, анализ фазовой диаграммы помогает определить оптимальную температуру и условия фазового равновесия во время спекания, термодинамические расчеты количественно определяют стабильность каждой фазы, в то время как SEM и EDS (энергодисперсионная спектроскопия) предоставляют наглядные доказательства размера зерна, распределения фаз и однородности состава. Процесс классификации должен искать баланс между производительностью (например, твердостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью) и факторами стоимости, чтобы обеспечить единство экономических выгод и потребностей применения. Этот раздел начнется с четырех аспектов: цементированный карбид на основе карбида вольфрама (на основе WC), цементированный карбид на основе карбида титана (на основе TiC), многофазные карбидные сплавы и цементированный карбид без связующего , систематически проанализирует глубокое влияние химического состава на производительность и механизм регулирования применения, а также исследует его инженерный потенциал применения в современной промышленности.

10.2.1 Твердый сплав на основе карбида вольфрама (на основе WC)

Твердый сплав на основе карбида вольфрама (на основе WC) — это тип твердого сплава, в котором основной твердой фазой является карбид вольфрама WC (теоретическое содержание 70–95±1%), а его механические свойства и функциональные характеристики регулируются путем введения связующей фазы (например, кобальта Co, никеля Ni, хрома Cr и т. д. с теоретическим содержанием 5–30±1%). WC закладывает основу для основных характеристик материала с его сверхвысокой твердостью (теоретическое значение>HV 2000±50), превосходной износостойкостью и химической стабильностью (теоретическая скорость растворения<10^{-8} г/см² · ч±10^{-9} г/см² · ч), а связующая фаза повышает прочность и коррозионную стойкость материала посредством жидкофазного спекания (теоретическая потеря веса<0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²). Этот сплав широко используется в резании (теоретическая твердость HV 1800±30), горнодобывающем инструменте (теоретическая вязкость разрушения K_{ic} >15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) и химическом оборудовании (теоретическая превосходная коррозионная стойкость). Разнообразие его характеристик обусловлено

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

точным контролем химического состава и микроструктуры. Процесс подготовки в основном использует технологию порошковой металлургии с типичной температурой спекания 1450°C±10°C, давлением спекания 50 МПа±1 МПа и диапазоном размеров зерна (теоретическое значение 0,5-5 мкм±0,01 мкм). Производительность далее подразделяется путем регулировки параметров процесса для соответствия различным требованиям от высокой твердости до высокой вязкости.

В этом разделе основное внимание будет уделено сплаву вольфрама и кобальта WCCo , подробно проанализирован механизм влияния соотношения его связующей фазы (6%-20%) на эксплуатационные характеристики и область применения, а также рассмотрены способы достижения точного соответствия инженерным приложениям за счет оптимизации химического состава.

10.2.1.1 Сплав WCCo : соотношение фаз связывания (6%-20%) и контроль производительности

10.2.1.1.1 Основные принципы и обзор технологии сплава вольфрам-кобальт WCCo

вольфрама-кобальта WCCo изготавливается из карбида вольфрама WC (теоретическое содержание 70%-94%±1%) в качестве твердой фазы и кобальта Co (теоретическое содержание 6%-20%±1%) в качестве связующей фазы через процесс спекания жидкой фазы в порошковой металлургии (теоретическая температура жидкой фазы ~1300°C±10°C). В процессе спекания Co плавится при высокой температуре, образуя жидкую фазу, смачивает и диспергирует между частицами WC и образует непрерывную сеть Co (теоретическая объемная доля>95%±2%), тем самым прочно связывая твердую фазу. Такая конструкция эффективно регулирует твердость (теоретический диапазон HV 1300-1800±30), вязкость разрушения (теоретический диапазон K_{1c} 8-20 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) и износостойкость (теоретическая скорость износа <0,06 мм ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м) материала. Изменение содержания Co является основой регулирования производительности: более низкое содержание Co (например, 6% ± 1%) дает приоритет повышению твердости и подходит для высокоточных режущих инструментов; более высокое содержание Co (например, 20% ± 1%) повышает вязкость и адаптируется к высоким нагрузкам и ударным условиям. Процесс приготовления сплава включает смешивание исходного материала, прессование и спекание. Теоретическая температура спекания поддерживается на уровне 1450°C ± 10°C, а давление составляет 50 МПа ± 1 МПа для обеспечения уплотнения и однородности микроструктуры.

Целевые области применения сплава WCCo включают высокопроизводительные сценарии, такие как режущие инструменты (теоретический срок службы>5000 часов ± 500 часов), штамповочные штампы (теоретическая ударопрочность>10 ^{6} раз ± 10 ^{5} раз), горнодобывающие сверла и износостойкие детали. Чтобы проверить его производительность, используются международные стандартизированные методы испытаний для комплексной оценки, включая испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, теоретическая нагрузка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10 кг ± 0,1 кг, точность ± 30), испытание на трещиностойкость (ISO 28079, теоретическая точность ± 0,5 МПа·м ¹ / ²) и испытание на износостойкость (ASTM G65, теоретическая точность ± 0,01 мм ³ /Н · м). Эти методы испытаний предоставляют количественные данные о производительности и обеспечивают научную основу для классификации и сопоставления приложений. Например, WC6Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую твердость HV 1800 ± 30 и теоретическое значение вязкости разрушения K ı с 10 МПа·м ¹/² ± 0,5, что подходит для высокоскоростной резки и точной обработки; WC20Co имеет теоретическую твердость HV 1300 ± 30 и теоретическое значение вязкости разрушения K ı с 20 МПа·м ¹/² ± 0,5, что подходит для высоких требований к вязкости горнодобывающих буровых коронок. Это градиентное изменение производительности отражает доминирующую роль содержания Co в поведении материала и обеспечивает гибкость при выборе материала в различных рабочих условиях. Кроме того, микроструктура сплава WCCo была дополнительно охарактеризована с помощью анализа SEM и EDS, а однородность размера зерна и распределения Co напрямую влияет на стабильность конечных характеристик.

10.2.1.1.2 Механизм и анализ сплава вольфрам-кобальт WCCo

Механизм производительности сплава WCCo возникает из-за синергетического эффекта твердой фазы WC и фазы связи Co. WC обеспечивает превосходную твердость и износостойкость благодаря своей высокой энергии химической связи (теоретическое значение ~700 кДж/моль ± 10 кДж/моль) и гексагональной кристаллической структуре (теоретическое значение твердости по Моосу > 9), которая является основной основой сплава; Co использует гранецентрированную кубическую (ГЦК) кристаллическую структуру (теоретическое удлинение ~ 1% ± 0,1%) в качестве связующей фазы, поглощает энергию посредством пластической деформации и повышает трещиностойкость материала. Прочность связи интерфейса (теоретическое значение > 100 МПа ± 10 МПа) является ключевым параметром для оптимизации производительности, что эффективно снижает скорость роста трещин (теоретическое значение < 0,1 мм ± 0,01 мм) и улучшает общую стабильность и срок службы материала. Связь между твердостью и содержанием Co можно описать следующей приблизительной формулой:

$$H = H_{WC} \cdot (1 - f_{Co}) + H_{Co} \cdot f_{Co}$$

其中，H_{WC} 为WC的理论硬度（~HV 2000±50），H_{Co} 为Co的理论硬度（~HV 200±30），f_{Co} 为Co的体积分数（理论范围6%-20%±1%）。当Co含量为6%±1%时，WC占主导地位，理论硬度可达HV 1800±30；当Co含量增至20%±1%时，Co的软化效应显现，硬度理论下降至HV 1300±30。韧性随Co含量增加而显著提升，这是因为Co的塑性变形能力（理论能量吸收>50 J/m²±5 J/m²）增强了材料的抗断裂性能，尤其在冲击载荷下表现突出。

Микроструктурный анализ дополнительно выявил различия в эксплуатационных характеристиках. Наблюдения SEM показали, что теоретическое значение размера зерна WC6Co составило 0,5 мкм ± 0,01 мкм , распределение зерна было равномерным (теоретическое отклонение < 0,1% ± 0,02%), а теоретическое значение непрерывности сетки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Co составило > 95% ± 2%, что обеспечило структурную основу для высокой твердости и износостойкости; теоретическое значение размера зерна WC20Co увеличилось до 2-5 мкм ± 0,01 мкм , а фаза Co может быть слегка сегрегирована (теоретическое отклонение < 0,5% ± 0,1%), но его более высокое содержание Co повысило прочность и адаптировало к условиям высокой нагрузки. Анализ EDS подтвердил равномерность распределения Co (теоретическое отклонение < 0,1% ± 0,02%), что подтверждает корреляцию между микроструктурой и макроскопическими свойствами. Испытания на износостойкость показывают, что теоретическая скорость износа WC6Co (0,04 мм ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м) значительно ниже, чем у WC20Co (0,08 мм ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м). Мелкозернистая структура (теоретическая плотность границ зерен >10 ^{14} м $^{-2}$ ± 10 ^{13} м $^{-2}$) теоретически повышает износостойкость на 20% ± 3%. Кроме того, термодинамический анализ показывает, что энтальпия образования WC (теоретическое значение -40 кДж/моль ± 5 кДж/моль) ниже энтальпии окисления Co (теоретическое значение ~200 кДж/моль ± 10 кДж/моль), что обеспечивает теоретическую поддержку стабильности сплава WCCo в коррозионных средах.

10.2.1.1.3 Анализ факторов, влияющих на сплав WCCo

WCCo влияет множество факторов, и ожидаемый эффект должен быть достигнут путем оптимизации параметров процесса и условий испытаний:

Содержимое

При содержании Co 6%±1% теоретическая твердость составляет >HV 1800±30, что подходит для высокоточных задач резки и обеспечения качества поверхности; при содержании Co 20%±1% теоретическая вязкость разрушения K_{1c} >20 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5, что подходит для задач, где требуется высокая прочность, например, для горнодобывающей промышленности и штамповки.

Размер зерна

Теоретический диапазон размера зерна составляет 0,5-1 мкм±0,01 мкм , что обеспечивает высокую твердость и низкую скорость износа (теоретическое значение <0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), и подходит для точной обработки. Когда размер зерна составляет >5 мкм±0,01 мкм , скорость износа теоретически увеличивается на 15%±3%, но прочность улучшается для адаптации к ударным нагрузкам большой силы.

Температура спекания

Теоретическая температура спекания 1450°C±10°C позволяет достичь плотности >99,5%±0,1%, что гарантирует однородную микроструктуру и стабильные эксплуатационные характеристики; превышение температуры 1500°C±10°C теоретически приведет к увеличению фазовой сегрегации на 10%±2%, росту зерен (теоретическое значение>10 мкм±0,01 мкм) и снижению твердости примерно на 10%±2%.

Содержание углерода

Отклонение содержания углерода на ±0,1%±0,01% приведет к изменению теоретической

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

твердости на ±50. Слишком низкое содержание углерода (теоретическое значение <0,2%±0,01%) может образовывать η-фазу (теоретическая твердость >HV 2000±50), но снизить вязкость разрушения K_{1c} Теоретическое значение на 20%±3%. Слишком высокое содержание углерода может привести к образованию свободного графита и размягчению материала (теоретическое снижение твердости >5%±1%).

Условия загрузки

При скорости резания >500 м/мин ±10 м/мин WC6Co демонстрирует отличную износостойкость благодаря своей высокой твердости; при ударной нагрузке >10 ^{6} раз ±10 ^{5} раз WC20Co демонстрирует лучшую усталостную прочность благодаря своей высокой прочности.

Факторы окружающей среды

При превышении рабочей температуры 800°C±20°C фаза Co может размягчиться (теоретическая твердость уменьшается на 15%±2%); кислая среда (теоретическое значение pH <4±0,5) увеличивает скорость коррозии теоретически на 30%±5%, и необходимо добавлять коррозионно-стойкие элементы, такие как Cr.

Например, теоретическая твердость WC10Co (теоретический размер зерна 2 мкм ± 0,01 мкм) снижается до HV 1600 ± 30 из-за незначительной сегрегации фазы Co. Степень сегрегации необходимо контролировать путем оптимизации температуры спекания (1450 °C ± 10 °C) и содержания углерода (отклонение < 0,1% ± 0,01%) для улучшения стабильности характеристик.

10.2.1.1.4 Стратегия оптимизации сплава вольфрам-кобальт WCCo

Для достижения баланса между производительностью и применением рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Содержимое

6%-10%±1% подходит для режущих инструментов (теоретическая твердость > HV 1600±30, износостойкость <0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м); 15%-20%±1% подходит для горнодобывающих буровых коронок (теоретическая K_{1c} > 15 МПа·м^{1} / ^{2} ± 0,5 , ударопрочность > 10^{6}раз ± 10^{5}раз) .

Контроль зерна

0,5–1 мкм ± 0,01 мкм — для применений с высокой твердостью, обеспечивая чистоту поверхности Ra < 0,2 мкм ± 0,05 мкм ; 2–5 мкм ± 0,01 мкм — для применений с высокой прочностью, повышая ударопрочность.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1450°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивает плотность>99,5%±0,1% и однородную микроструктуру; время спекания контролируется

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

(теоретическое значение 1-2 часа±0,1 часа) для предотвращения пережога.

Контроль выбросов углерода

Отклонение содержания углерода контролируется на уровне <0,1%±0,01%. Образование η-фазы или графитовой фазы предотвращается за счет точного дозирования для поддержания баланса твердости и вязкости.

Технические характеристики теста

Для проверки эксплуатационных характеристик использовались стандарты ASTM E92 (твердость по Виккерсу), ISO 28079 (стойкость к разрушению), ASTM G65 (износостойкость); для контроля микроструктуры были добавлены анализы SEM и EDS.

Например, WC6Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм , температура спекания 1450 °C ± 10 °C) имеет теоретическую твердость HV 1800 ± 30 и скорость износа 0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, что соответствует требованиям высокой точности и длительного срока службы авиационных инструментов (теоретическое значение > 5000 часов ± 500 часов).

10.2.1.1.5 Инженерное применение сплава вольфрам-кобальт WCCo

WCCo продемонстрировал превосходные характеристики в различных инженерных сценариях. Диапазон его применения охватывает разнообразные потребности от высокоточной обработки до тяжелых операций:

Высокоскоростная резка

WC6Co (теоретическое содержание Co 6%±1%, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую твердость HV 1800±30, отличную износостойкость, теоретическую скорость износа 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, теоретический срок службы>5000 часов±500 часов и подходит для прецизионной обработки деталей аэрокосмической отрасли (таких как титановые сплавы и жаропрочные сплавы). Скорость обработки может достигать 500 м/мин±10 м/мин, а теоретическая шероховатость поверхности Ra<0,2 мкм±0,05 мкм .

Горнодобывающие сверла

WC20Co (теоретическое содержание Co 20%±1%, размер зерна 2 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую вязкость разрушения K_{1c} ~ 20 МПа·м$^{1/2}$±0,5, ударопрочность >10^6 раз±10^5 раз, теоретическую скорость износа 0,08 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м, подходит для бурения твердых пород (например, гранита), теоретическое значение непрерывного срока службы >6000 часов±500 часов и приспособляемость к ударным нагрузкам >10^6 раз±10^5 раз.

Штамповочный штамп

WC10Co (теоретическое содержание Co 10%±1%, размер зерна 1 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую твердость HV 1600±30, ударопрочность >10^6 раз±10^5 раз, теоретический срок службы >5000 часов±500 часов и широко используется в обработке металлов давлением

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

(например, штамповке автомобильных деталей) для обеспечения точности размеров <10 мкм±1 мкм .

Эти примеры применения показывают, что сплавы WCCo достигают градиента производительности от высокой твердости до высокой вязкости за счет точного контроля химического состава, удовлетворяя разнообразные промышленные потребности от аэрокосмической до горнодобывающей. Кроме того, с развитием интеллектуального производства данные о производительности сплавов WCCo можно прогнозировать с помощью моделей ИИ (теоретическая точность > 90% ± 2%), дополнительно оптимизируя эффективность конструкции (теоретическое значение увеличивается на 15% ± 2%) и способствуя устойчивому производству и использованию ресурсов (теоретическая скорость восстановления > 90% ± 2%).

1 0.2.1.2 Вольфрамо-никелевый сплав WCNi : коррозионная стойкость

10.2.1.2.1 Основные принципы и обзор технологии сплава WCNi

Вольфрамо-никелевый сплав WCNi представляет собой высокопроизводительный цементированный карбид, полученный методом порошковой металлургии с карбидом вольфрама WC (теоретическое содержание 70%-90%±1%) в качестве твердой фазы и никелем Ni (теоретическое содержание 8%-15%±1%) в качестве связующей фазы. Уникальность этого сплава заключается в том, что он значительно повышает коррозионную стойкость материала, заменяя традиционную связующую фазу кобальта Co на Ni, особенно в тесте на потерю веса в условиях солевого тумана (теоретическая потеря веса <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см² , на основе международного стандарта ISO 9227). Первоначально сплав WCNi был разработан для удовлетворения промышленных потребностей в коррозионных средах, таких как морское буровое оборудование (теоретический срок службы >5 лет ±0,5 года), химические клапаны (теоретическая кислотостойкость pH <3±0,1, срок службы >2 года ±0,2 года) и детали для пищевой промышленности и т. д. В этих областях предъявляются чрезвычайно высокие требования к коррозионной стойкости и долговременной стабильности материалов. Электрохимическая стабильность Ni (теоретический потенциал коррозии $E_{корр}$ ~0,1 В ± 0,02 В против SCE) намного лучше, чем у Co (теоретическое значение 0,3 В ± 0,02 В против SCE). При воздействии коррозионных сред он спонтанно образует на поверхности плотный пассивирующий слой NiO (теоретическая толщина 10 нм ± 1 нм), эффективно снижая плотность тока коррозии (теоретическое значение $i_{корр}$ <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см²) , тем самым значительно повышая коррозионную стойкость материала. Напротив, сплавы WCCo более подвержены точечной и равномерной коррозии в аналогичных средах, а их коррозионная стойкость относительно слаба.

Хотя твердость сплава WCNi (теоретический диапазон HV 1500-1700±30) немного ниже, чем у сплава WCCo (теоретический диапазон HV 1300-1800±30), его коррозионная стойкость улучшена примерно на 40%±5%, демонстрируя непревзойденные преимущества в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL：0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

конкретных приложениях. Процесс подготовки использует технологию порошковой металлургии, а конкретный процесс включает высокоэнергетическое шаровое измельчение смешанного порошка исходного материала, холодное прессование и вакуумное спекание. Температура спекания контролируется на уровне 1450°C±10°C, а давление составляет 50 МПа±1 МПа, чтобы обеспечить плотность материала (теоретическая относительная плотность>99,5%±0,1%) и однородность микроструктуры. Тесты производительности проводились с использованием различных стандартизированных методов, включая электрохимическое тестирование рабочей станции (ASTM G59, теоретическая скорость сканирования 0,1 мВ/с ± 0,01 мВ/с, для измерения поляризационных кривых и параметров коррозии), испытание коррозии в солевом тумане (ISO 9227, теоретические условия тестирования 35°C ± 1°C, 5% раствор NaCl, продолжительность 1000 часов ± 100 часов) и сканирующую электронную микроскопию (СЭМ, теоретическое разрешение < 0,1 мкм ± 0,01 мкм) для анализа микроструктуры и морфологии коррозии. Кроме того, энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС) использовалась для подтверждения равномерности распределения Ni, а рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) дополнительно подтвердила химическое состояние пассивирующего слоя NiO (положение пика Ni 2p ~ 854 эВ ± 0,1 эВ, что соответствует стандартному значению NiO). Например, теоретическая потеря веса WC10Ni (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) в испытании на соляной туман составляет 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , а твердость достигает HV 1600 ± 30, что полностью соответствует комплексным требованиям коррозионной стойкости и механических свойств для морского бурового оборудования. Преимущества эксплуатационных характеристик этого сплава делают его идеальным выбором для замены традиционных сплавов WCCo , особенно в приложениях, требующих длительного воздействия морской воды, кислотных растворов или хлоридных сред.

10.2.1.2.2 Механизм и анализ вольфрамо-никелевого сплава WCNi

WCNi в основном происходит из электрохимических характеристик фазы связи Ni и химической стабильности твердой фазы WC. Ni подвергается реакции окисления в коррозионной среде с образованием пассивирующего слоя NiO , и его химическая реакция может быть выражена как:

$$Ni + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow NiO$$

NiO钝化层（理论厚度10 nm±1 nm）的形成是耐腐蚀性的核心机制，该层具有极低的孔隙率和高的化学稳定性，能够显著抑制氯离子（Cl^-）的渗透（理论渗透率<10^{-10} cm²/s±10^{-11} cm²/s），有效降低了点蚀速率（理论下降40%±5%）。这种钝化层在盐雾（如5% NaCl溶液）或酸性环境（pH<3±0.1）中能够持续提供保护，延长材料的服役寿命。WC作为硬质相，其化学稳定性极高（理论溶解速率<10^{-8} g/cm²·h±10^{-9} g/cm²·h），在腐蚀介质中几乎不发生溶解，为基体提供了长期的结构支撑，与NiO钝化层形成协同效应，进一步增强了整体耐久性。Ni含量的变化对性能具有显著影响：当Ni含量为10%±1%时，腐蚀电流密度i_corr理论值稳定在10^{-6} A/cm²±10^{-7} A/cm²，保持了良好的耐蚀性；当Ni含量超过15%±1%时，Ni的软化效应（理论硬度~HV 300±30）导致整体硬度下降约10%±2%，尽管耐蚀性未显著进一步提升，这表明Ni含量需在合理范围内优化以平衡硬度和耐蚀性。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Формирование пассивирующего слоя NiO (теоретическая толщина 10 нм ± 1 нм) является основным механизмом коррозионной стойкости. Этот слой имеет чрезвычайно низкую пористость и высокую химическую стабильность, что может значительно препятствовать проникновению ионов хлорида (Cl^-) (теоретическая проницаемость $<10^{-10}$ $см^2/с \pm 10^{-11}$ $см^2/с$), эффективно снижая скорость питтинга (теоретическое снижение 40% ± 5%). Этот пассивирующий слой может продолжать обеспечивать защиту в солевом тумане (например, 5% раствор NaCl) или кислой среде (pH < 3 ± 0,1) и продлевать срок службы материала. Как твердая фаза, WC обладает чрезвычайно высокой химической стабильностью (теоретическая скорость растворения $<10^{-8}$ $г/см^2 \cdot ч \pm 10^{-9}$ $г/см^2 \cdot ч$), и практически не растворяется в коррозионных средах, обеспечивая долговременную структурную поддержку матрицы, образуя синергетический эффект с пассивирующим слоем NiO и дополнительно повышая общую долговечность. Изменение содержания Ni оказывает существенное влияние на производительность: при содержании Ni 10% ± 1% теоретическое значение плотности тока коррозии $i_{корр}$ стабилен при 10^{-6} $А/см^2 \pm 10^{-7}$ $А/см^2$, сохраняя хорошую коррозионную стойкость; когда содержание Ni превышает 15% ± 1%, смягчающий эффект Ni (теоретическая твердость ~HV 300±30) приводит к снижению общей твердости примерно на 10% ± 2%, хотя коррозионная стойкость не улучшается значительно дальше, что указывает на необходимость оптимизации содержания Ni в разумных пределах для баланса твердости и коррозионной стойкости.

Анализ микроструктуры Наблюдение SEM показывает, что сетка Ni в WC10Ni распределена равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), теоретическое значение размера зерна составляет 0,5 мкм ± 0,01 мкм , а теоретическое значение плотности границ зерен составляет $>10^{14}$ $м^{-2} \pm 10^{13}$ $м^{-2}$, что обеспечивает структурную основу для синергии коррозионной стойкости и механических свойств. Когда размер зерна увеличивается до > 2 мкм ± 0,01 мкм , глубина питтинга теоретически увеличивается на 20% ± 3%, что связано с уменьшением защиты, вызванным уменьшением границ зерен. Анализ EDS подтверждает равномерное распределение фазы Ni между зернами (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а спектроскопия XPS проверяет химическое состояние слоя NiO (позиция пика Ni 2p ~854 эВ ± 0,1 эВ, что соответствует стандартному значению NiO). Результаты испытания в солевом тумане (теоретическая продолжительность 1000 часов ± 100 часов) показывают, что теоретическая потеря веса WC10Ni составляет 0,06 $мг/см^2 \pm 0,01$ $мг/см^2$, что значительно лучше, чем 0,09 $мг/см^2 \pm 0,01$ $мг/см^2$ у WC10 Co, благодаря защитному эффекту пассивирующего слоя NiO . Термодинамический анализ дополнительно подтверждает этот механизм, а энтальпия образования NiO (теоретическое значение -240 кДж/моль ± 10 кДж/моль) ниже, чем у CoO (теоретическое значение -237 кДж/моль ± 10 кДж/моль), что указывает на то, что Ni немного более стабилен в окислительной среде.

10.2.1.2.3 Анализ факторов, влияющих на сплав WCNi

WCNi влияет множество факторов, и улучшение его характеристик необходимо достигать за

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

счет оптимизации процесса и контроля окружающей среды:

Содержание Ni

При содержании Ni 10% ± 1% теоретическая потеря веса составляет < 0,08 мг/см² ± 0,01 мг/см², а твердость сохраняется на уровне HV 1600 ± 30; при содержании Ni > 15% ± 1% твердость теоретически снижается на 10% ± 2% (до HV 1400 ± 30), а коррозионная стойкость ограничена (< 5% ± 1%), поэтому необходимо сбалансировать производительность и стоимость.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм ± 0,01 мкм скорость точечной коррозии низкая, а теоретическое значение потери веса составляет < 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² ; при размере зерна > 2 мкм ± 0,01 мкм теоретическая потеря веса увеличивается на 15% ± 3%, а глубина точечной коррозии увеличивается до > 0,2 мкм ± 0,02 мкм , что требует оптимизации путем измельчения зерна.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C±10°C теоретическая плотность составляет >99,5%±0,1%, а распределение Ni равномерное (отклонение <0,1%±0,02%). При температуре, превышающей 1500°C±10°C, сегрегация фазы Ni теоретически увеличивается на 10%±2%, что влияет на коррозионную стойкость и постоянство механических свойств.

Условия окружающей среды

Кислотная среда (pH < 2 ± 0,1) теоретически увеличивает плотность тока коррозии i_corr на 20% ± 5%, и необходимо повысить устойчивость пассивирующего слоя; среда с высокой концентрацией соли (NaCl > 5% ± 0,1%) теоретически увеличивает скорость питтинга на 15% ± 3%, и необходимо оптимизировать обработку поверхности.

Состояние поверхности

Если шероховатость поверхности Ra составляет <0,05 мкм ± 0,01 мкм , коррозионная стойкость оптимальна, а теоретическое значение потери веса составляет <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² ; если шероховатость поверхности составляет >0,1 мкм ± 0,01 мкм , теоретическая потеря веса увеличивается на 10% ± 2%, а чувствительность к точечной коррозии повышается.

Условия испытаний

Если температура испытания в соляном тумане составляет 35°C ± 1°C, а влажность >95% ± 2%, данные по потере веса стабильны; если температура >40°C ± 1°C, скорость коррозии теоретически увеличивается на 10% ± 2%, и необходимо контролировать условия испытания.

Например, из-за высокого содержания Ni (15% ± 1%) твердость WC15Ni снизилась до HV 1400 ± 30, а коррозионная стойкость оказалась ненамного лучше, чем у WC10Ni (потеря веса 0,07 мг/см² ± 0,01 мг/см²) , что указывает на необходимость оптимизации содержания Ni до

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10% ± 1%.

10.2.1.2.4 Стратегия оптимизации для сплава

WCNi Для достижения теоретической потери веса <0,08 мг/см² ± 0,01 мг/см² , твердости >HV 1500±30 и соответствия требованиям долгосрочной коррозионной стойкости рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Содержание Ni

Оптимальным диапазоном является 8%-12%±1%, который обеспечивает баланс между коррозионной стойкостью (потеря веса <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см²) и твердостью (HV 1600±30), а также позволяет избежать размягчения, вызванного чрезмерным содержанием Ni.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется в пределах 0,5-1 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна снижается за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5°C), что снижает скорость точечной коррозии (теоретически на 20% ± 3%).

Процесс спекания

Температура спекания составляла 1450°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивало плотность>99,5%±0,1% и равномерное распределение Ni (отклонение<0,1%±0,02%); в качестве атмосферы спекания для снижения окисления использовался Ar (содержание кислорода<0,01%±0,001%).

Обработка поверхности

Шероховатость поверхности контролировалась на уровне Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм посредством прецизионной полировки, целостность пассивирующего слоя NiO была улучшена, а глубина питтингов теоретически была уменьшена на 20% ± 3%.

Технические характеристики теста

Коррозионная стойкость была проверена по ISO 9227 (испытание в соляном тумане, продолжительность 1000 часов ± 100 часов) и ASTM G59 (электрохимическое испытание, скорость сканирования 0,1 мВ/с ± 0,01 мВ/с); дополнено СЭМ и РФЭС для анализа микроструктуры и химического состояния.

см² ± 0,01 мг/см² в испытании на соляной туман, а плотность тока коррозии $i_{корр}$ <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см² , что соответствует требованиям применения в морских буровых и химических клапанах.

10.2.1.2.5 Инженерное применение сплава вольфрам-никель WCNi Сплав

WCNi обладает превосходной коррозионной стойкостью и хорошо работает в инженерных приложениях в различных суровых условиях. Область его применения охватывает морскую, химическую и пищевую промышленность:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бурение на шельфе

WC10Ni (теоретическое содержание Ni 10% ± 1%, размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую потерю веса 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² в испытании на соляной туман, плотность тока коррозии $i_{корр}$ <10^{-6} А/см² ± 10^{-7} А/см² , теоретический срок службы >5 лет ± 0,5 лет. Подходит для морских буровых платформ и водолазного оборудования, выдерживает 5% раствор NaCl и среду pH<3±0,1.

Химические клапаны

WC8Ni (теоретическое содержание Ni 8%±1%, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую потерю веса 0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² в кислой среде (pH 2±0,1), коррозионная стойкость улучшается на 40%±5%, а теоретический срок службы составляет >2 года±0,2 года. Он широко используется в химических трубопроводах и реакторах.

Пищевая промышленность

WC10Ni (теоретическое содержание Ni 10% ± 1%, шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую потерю веса 0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² в соляном тумане и кислотном моющем растворе, а содержание продуктов коррозии составляет < 0,01% ± 0,002%, что соответствует стандартам гигиены пищевых продуктов (таким как требования FDA) и подходит для мешалок и режущих инструментов.

Эти примеры применения показывают, что высокая коррозионная стойкость (теоретическая потеря веса <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²) сплава WCNi и его баланс с механическими свойствами значительно расширяют его потенциал применения в коррозионных средах. С быстрым развитием морской техники и зеленой химической промышленности в 2025 году оптимизация производительности и переработка сплава WCNi (теоретическая степень переработки >90% ± 2%) будут и дальше способствовать его применению в устойчивом производстве.

10.2.1.3 Сплав карбида вольфрама и кобальта-хрома (WCCoCr):

Комплексная износостойкость и коррозионная стойкость (твердость HV 1300-1500)

10.2.1.3.1 Основные принципы и технический обзор сплава карбида вольфрама и кобальта хрома (WCCoCr)

Сплав карбида вольфрама и кобальта хрома (WCCoCr) достигает значительного улучшения коррозионной стойкости (теоретическая потеря веса <0,08 мг/см² ± 0,01 мг/см² в соответствии со стандартом ISO 9227) и износостойкости (теоретическая скорость износа <0,06 мм³/Н · м ± 0,01 мм³/Н · м) за счет добавления следов хрома Cr (теоретическое содержание 0,5% -2% ± 0,01%) к традиционному сплаву вольфрама и кобальта (WCCo), сохраняя при этом твердость в разумном диапазоне HV 1300-1500 ± 30. Целью разработки этого сплава является удовлетворение потребностей инженерных приложений в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

экстремальных условиях, таких как морские клапаны (теоретический срок службы >3 года ± 0,3 года), инструменты для бурения нефтяных скважин (теоретический срок службы до износа >10^4часов ± 10^3 часов) и химические насосы и т. д. Эти области имеют высокие стандарты для комплексной производительности материалов. Добавление Cr значительно улучшает коррозионную стойкость материала за счет формирования пассивирующего слоя Cr_2O_3 (теоретическая толщина ~10 нм ± 1 нм), который может эффективно снизить плотность тока коррозии в агрессивной среде (теоретическое значение $i_corr < 10^{-6}$ А/см² ± 10^{-7} А/см²) , обеспечивая долговременную защиту. В то же время кобальт Co (теоретическое содержание 6%-15%±1%) действует как связующая фаза, образуя непрерывную сетку (теоретическая объемная доля>95%±2%) посредством жидкофазного спекания, обеспечивая прочность материала (теоретический диапазон K_1 с 10-15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), балансируя твердость и трещиностойкость, а также достигая превосходного синергетического эффекта между износостойкостью и коррозионной стойкостью.

В процессе подготовки используется технология порошковой металлургии, включая высокоэнергетическое шаровое смешивание исходных порошков, холодное прессование и вакуумное спекание. Температура спекания контролируется на уровне 1450°C ± 10°C, а давление составляет 50 МПа ± 1 МПа для обеспечения плотности материала (теоретическая относительная плотность> 99,5% ± 0,1%) и однородности микроструктуры. Тесты производительности используют различные стандартизированные методы, включая тест на коррозию в солевом тумане (ISO 9227, теоретические условия 35°C ± 1°C, 5% раствор NaCl, продолжительность 1000 часов ± 100 часов), тест на износостойкость (ASTM G65, теоретическая нагрузка 130 Н ± 1 Н, точность ± 0,01 мм³ / Н · м) и электрохимический тест (ASTM G59, теоретическая точность ± 0,001 В, используется для измерения кривых поляризации и параметров коррозии). Кроме того, для анализа микроструктуры и распределения элементов используются сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, теоретическое разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС). Например, теоретическая потеря веса WC10Co0.5Cr (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) в испытании на соляной туман составляет 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , твердость достигает HV 1450 ± 30, а теоретическая скорость износа составляет 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, что полностью соответствует комплексным требованиям к эксплуатационным характеристикам морских клапанов и инструментов для бурения нефтяных скважин. Разработка этого сплава обеспечивает путь повышения производительности для традиционных сплавов WCCo , особенно для сложных рабочих условий, требующих как износостойкости, так и коррозионной стойкости.

10.2.1.3.2 Механизм и анализ сплава карбида вольфрама и кобальта-хрома (WCCoCr)

WCCoCr возникает из-за упрочнения твердого раствора и эффекта пассивации добавок Cr и синергетического эффекта Co и WC. Cr окисляется во время высокотемпературного спекания, образуя пассивирующий слой Cr_2O_3, химическое состояние которого подтверждается рентгеновской фотоэлектронной спектроскопией (XPS) (позиция пика Cr 3p ~577 эВ ± 0,1 эВ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

что соответствует стандартному значению Cr_2O_3) . Теоретическая толщина этого слоя составляет 10 нм ± 1 нм, что может эффективно ингибировать растворение фазы Co (теоретическая скорость растворения $<10^{-7}$ г/см $^2 \cdot$ ч ± 10^{-8} г/см $^2 \cdot$ ч) и улучшить коррозионную стойкость примерно на 40% ± 5% по сравнению с чистым сплавом WCCo . Эффект упрочнения твердого раствора Cr (теоретическое содержание ~0,5%±0,01%) увеличивает твердость материала за счет увеличения искажения решетки, а теоретическое значение увеличивается примерно на 10%±2%. Однако, когда содержание Cr превышает 2%±0,01%, избыток Cr может реагировать с углеродом, образуя хрупкую фазу Cr_3C_2 (теоретическое содержание>1%±0,2%), что приводит к теоретическому снижению вязкости разрушения K_{1c}. на 15 %±3%, что требует строгого контроля добавления Cr.

Как твердая фаза, WC имеет размер зерна (теоретическое значение 0,5 мкм ± 0,01 мкм), который обеспечивает высокую плотность границ зерен (теоретическое значение> 10^{14} м $^{-2}$ ± 10^{13} м $^{-2}$) , значительно снижая скорость износа (теоретическое снижение 20% ± 3%), обеспечивая базовую поддержку износостойкости. Фаза связывания Co (теоретическая объемная доля 10% ± 1%) повышает ударную вязкость материала, образуя непрерывную сеть с теоретическим диапазоном вязкости разрушения K_{1c} 10-15 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5, эффективно предотвращая распространение трещин (теоретическое значение < 0,1 мм ± 0,01 мм), особенно при ударной нагрузке. Анализ SEM показывает, что распределение Cr в WC10Co0.5Cr равномерное (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а EDS подтверждает, что содержание Cr составляет приблизительно 0,5% ± 0,01%, что соответствует ожидаемому соотношению. Результаты испытания в соляном тумане (теоретическая продолжительность 1000 часов ± 100 часов) показали, что теоретическая потеря веса WC10Co0.5Cr составила 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , что лучше, чем 0,09 мг/см² ± 0,01 мг/см² у WC10 Co, что доказывает защитный эффект пассивирующего слоя Cr_2O_3. Испытание на износ (ASTM G65) показало, что Cr усилил прочность связи интерфейса WC-Co (теоретическое значение >120 МПа ± 10 МПа), а теоретическая скорость износа составила 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м , что лучше, чем у сплава WCCo без добавления Cr. Однако при увеличении размера зерна до > 2 мкм ± 0,01 мкм коррозионная стойкость несколько снизилась (теоретическая потеря веса увеличилась на 10 % ± 2 %) , что было связано с ослаблением защитной способности, вызванным уменьшением границ зерен, которое необходимо было контролировать посредством оптимизации процесса.

10.2.1.3.3 Анализ факторов, влияющих на сплав карбида вольфрама с кобальтом и хромом (WCCoCr)

WCCoCr влияет множество факторов. Необходимо оптимизировать параметры процесса и условия окружающей среды для достижения стабильной производительности:

Содержание Cr

При содержании Cr 0,5% ± 0,01% коррозионная стойкость оптимальна (теоретическая потеря веса < 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см²) ; при содержании Cr > 2% ± 0,01% образуется хрупкая фаза

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Cr_3C_2, и вязкость разрушения теоретически снижается на 15% ± 3% (до < 8 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5) , а увеличение твердости ограничено.

Содержимое

При содержании Co 10%±1% ударная вязкость оптимальна (K_{1c} ~12 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5); при содержании Co >15%±1% твердость теоретически снижается на 10%±2% (до HV 1300±30), а износостойкость снижается незначительно.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм ± 0,01 мкм скорость износа низкая (теоретическое значение < 0,05 мм ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м) и коррозионная стойкость отличная; при размере зерна > 2 мкм ± 0,01 мкм потеря веса теоретически увеличивается на 10% ± 2%, а глубина питтинга увеличивается до > 0,2 мкм ± 0,02 мкм .

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C±10°C пассивирующий слой Cr_2O_3 стабилен, а плотность составляет >99,5%±0,1%; при температуре, превышающей 1500°C±10°C, хрупкая фаза теоретически увеличивается на 5%±1%, что влияет на ударную вязкость и коррозионную стойкость.

Условия окружающей среды

Среда с высокой концентрацией соли (NaCl>5%±0,1%) теоретически увеличивает скорость питтинга на 15%±3%, а толщина пассивирующего слоя должна быть увеличена. Кислотная среда (pH<2±0,1) теоретически увеличивает плотность тока коррозии i_corr на 20%±5%, а содержание Cr должно быть оптимизировано.

Состояние поверхности

При шероховатости поверхности Ra <0,05 мкм±0,01 мкм коррозионная стойкость и износостойкость оптимальны; при Ra >0,1 мкм±0,01 мкм потеря веса и скорость износа теоретически увеличиваются на 10%±2%.

Например, WC10Co2Cr имеет высокое содержание Cr (2%±0,01%), а его вязкость разрушения K_{1c} падает до 8 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, что сокращает его срок службы. Поэтому содержание Cr необходимо оптимизировать до 0,5%-1%±0,01%.

10.2.1.3.4 Стратегия оптимизации сплава карбида вольфрама-кобальта-хрома (WCCoCr)

Для достижения твердости > HV 1400 ± 30, потери веса < 0,08 мг/см² ± 0,01 мг/см² и скорости износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Содержание Cr контролируется на уровне 0,5%-1%±0,01%, чтобы избежать образования хрупкой фазы; содержание Co составляет 8%-12%±1%, чтобы сбалансировать прочность и твердость.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 0,5–1 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна замедляется за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5 °C), тем самым повышая износостойкость и коррозионную стойкость.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1450°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивает плотность>99,5%±0,1% и равномерное распределение Cr (отклонение<0,1%±0,02%); в качестве атмосферы спекания используется Ar (содержание кислорода<0,01%±0,001%), способствующее образованию Cr_2O_3 .

Обработка поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм , улучшается целостность пассивирующего слоя Cr_2O_3, а скорость точечной коррозии теоретически снижается на 15% ± 3%.

Технические характеристики теста

Для проверки комплексных характеристик используются стандарты ISO 9227 (испытание в соляном тумане, продолжительность 1000 часов ± 100 часов), ASTM G65 (характеристики износа, нагрузка 130 Н ± 1 Н) и ASTM G59 (электрохимическое испытание, точность ± 0,001 В) ; для анализа микроструктуры используются методы SEM и EDS.

Например, WC10Co0.5Cr (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм , поверхность Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1450 ± 30, потерю веса 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² и скорость износа 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, что соответствует высоким требованиям, предъявляемым к судовым клапанам и инструментам для бурения нефтяных скважин.

10.2.1.3.5 Инженерное применение сплава карбида вольфрама и кобальта хрома (WCCoCr)

WCCoCr обладает превосходной всесторонней износостойкостью и коррозионной стойкостью и хорошо работает в инженерных приложениях в различных экстремальных условиях. Его область применения охватывает морскую, нефтяную и химическую промышленность:

Морской клапан из сплава карбида вольфрама и кобальта-хрома (WCCoCr)

WC10Co0.5Cr (теоретическое содержание Cr 0,5% ± 0,01%, размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую потерю веса 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² в испытании на стойкость к

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

соляному туману, плотность тока коррозии i_corr <10 ⁻ ⁶ A/см² ± 10 ⁻ ⁷ A/см², теоретический срок службы>3 года ± 0,3 года, подходит для клапанов и трубопроводных систем морской воды, выдерживает 5% раствор NaCl и среду с pH<3 ± 0,1.

Инструменты для бурения нефтяных скважин из сплава карбида вольфрама и кобальта-хрома (WCCoCr)

WC8Co0.5Cr (теоретическое содержание Cr 0,5% ± 0,01%, размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую скорость износа 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, твердость HV 1400±30, теоретический срок службы до износа> 10 ⁴часов ± 10 ³ часов и подходит для износостойких деталей в нефтяном бурении и адаптируется к высоким нагрузкам и абразивным средам.

Химический насос из сплава карбида вольфрама и кобальта-хрома (WCCoCr)

WC10Co1Cr (теоретическое содержание Cr 1%±0,01%, шероховатость поверхности Ra<0,05 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую потерю веса 0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² в кислой среде (pH 2 ±0,1), коррозионная стойкость улучшена на 40%±5%, а теоретический срок службы составляет >2 года±0,2 года. Он широко используется в рабочих колесах и уплотнениях химических насосов.

Эти примеры применения показывают, что сплав WCCoCr оптимизирует износостойкость и коррозионную стойкость за счет добавления Cr (теоретическая потеря веса <0,08 мг/см² ± 0,01 мг/см² , скорость износа <0,06 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), что значительно расширяет его потенциал применения в морской, нефтяной и химической промышленности. С 16 июня 2025 года оптимизация производительности и технология переработки сплава WCCoCr (теоретическая скорость переработки>90% ± 2%) способствуют его широкому внедрению в устойчивое производство.

10.2.2 Твердый сплав на основе карбида титана (TiC)

на основе карбида титана (TiC) использует карбид титана TiC (твердость>HV 2000±50, теоретическое содержание 60%-90%±1%) в качестве твердой фазы в сочетании с никелем Ni, молибденом Mo и другими связующими фазами (теоретическое содержание 10%-40%±1%) и известен своими превосходными высокотемпературными характеристиками (>800°C±10°C), легкими характеристиками (плотность 5 г/см³ ± 0,1 г/см³) и высокой твердостью (HV>2000±50). Эта система сплава широко используется в областях с высоким спросом, таких как авиационные инструменты (теоретический срок службы>5000 часов ± 500 часов), высокотемпературные формы (теоретическая прочность>10 ⁵ раз ± 10 ⁴ раз) и легкие конструкционные детали (теоретическая прочность>1000 МПа ± 50 МПа). Сильная ковалентная связь TiC (теоретическая энергия связи TiC 500 кДж/моль ± 10 кДж/моль) обеспечивает ему превосходную высокотемпературную стабильность и стойкость к окислению, в то время как фаза связывания оптимизирует вязкость материала посредством спекания в жидкой фазе (теоретическая вязкость разрушения K ₁ с 6-10 МПа·м ¹ / ² ± 0,5),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

достигая баланса между твердостью и вязкостью. Низкие характеристики плотности (5 г/см³ ± 0,1 г/см³) дают ему значительное преимущество в легкости в аэрокосмической области, снижая вес примерно на 66% ± 2% по сравнению с традиционными сплавами на основе WC (плотность ~15 г/см³ ± 0,1 г/см³) . Этот раздел начнется с двух аспектов, сплава TiCNi /Mo и композитных материалов на основе TiC , глубоко проанализирует их высокотемпературные характеристики и преимущества легкости, а также изучит их потенциал применения в современной промышленности.

10.2.2.1 Сплав TiCNi /Mo: высокие температурные характеристики (>800°C)

10.2.2.1.1 Основные принципы и обзор технологии цементированного карбида на основе карбида титана (TiC)

TiCNi /Mo изготавливается методом порошковой металлургии с использованием TiC (теоретическое содержание 60%-80%±1%) в качестве твердой фазы в сочетании с Ni (теоретическое содержание 10%-30%±1%) и Mo (теоретическое содержание 2%-10%±0,1%) в качестве связующей фазы. Mo образует Mo_2C (теоретическая твердость>HV 1500±30) для достижения упрочнения твердого раствора и оптимизации интерфейса (теоретическая прочность связи>100 МПа±10 МПа), что значительно улучшает эксплуатационные характеристики сплава в условиях высоких температур (теоретическое увеличение веса при окислении <0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см² , рабочая температура>800°C±10°C). В качестве основной фазы связи Ni образует непрерывную сеть (теоретическая объемная доля>95%±2%) посредством спекания в жидкой фазе, обеспечивая превосходную вязкость (теоретическая вязкость разрушения K_{1c} $_{6\text{-}8\ МПа}$ $\cdot м^{1/2} \pm 0,5$) , сохраняя при этом высокую твердость HV 1800-2000±50. Целью разработки этого сплава является удовлетворение потребностей экстремальных рабочих условий, таких как режущие инструменты аэрокосмических двигателей (теоретическая температура использования>1000°C±10°C, срок службы>5000 часов±500 часов) и высокотемпературные формы (теоретическая прочность>10^5times ± 10^4 times) . Его легкий вес (плотность~5,2 г/см³ ± 0,1 г/см³) и высокая температурная стабильность делают его широко применимым в аэрокосмической и энергетической областях.

В процессе подготовки используется технология порошковой металлургии, включая шаровую мельницу, холодное прессование и вакуумное спекание. Температура спекания контролируется на уровне 1500°C ± 10°C, а давление составляет 50 МПа ± 1 МПа для обеспечения плотности материала (теоретическая относительная плотность> 99,5% ± 0,1%) и однородности микроструктуры. Тесты производительности используют стандартизированные методы, включая тест на высокотемпературное окисление (ASTM E1876, теоретические условия 1000°C ± 10°C, продолжительность 100 часов ± 10 часов), тест на твердость по Виккерсу (ASTM E92, теоретическая нагрузка 10 кг ± 0,1 кг, точность ± 50) и тест на износостойкость (ASTM G99, теоретическая нагрузка 10 Н ± 0,1 Н, точность ± 0,01 мм³ / Н · м). Например, теоретический прирост веса TiC20Ni5Mo (теоретический размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм) в испытании на высокотемпературное окисление составляет 0,3

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

мг/см² ± 0,05 мг/см² , а твердость достигает HV 1900 ± 50, что полностью соответствует требованиям к высокотемпературной стойкости авиационных режущих инструментов. Кроме того, для анализа микроструктуры и распределения элементов используются сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, теоретическое разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС), а рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) проверяет химическое состояние оксидного слоя.

10.2.2.1.2 Механизм и анализ твердого сплава на основе карбида титана (TiC)

TiCNi /Mo в основном зависит от окислительного поведения TiC и синергетического эффекта Mo и Ni. TiC подвергается реакции окисления при высокой температуре (>800°C±10°C) с образованием плотного защитного слоя TiO_2. Химическая реакция может быть выражена как:

$$TiC + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow TiO_2 + CO$$

Слой TiO_2 (теоретическая толщина 0,5 мкм ± 0,1 мкм) имеет низкую пористость и теоретическую скорость диффузии кислорода $<10^{-10}$см² / с ± 10^{-11}см² / с, что эффективно замедляет дальнейшее окисление внутри материала и сохраняет прирост веса при окислении на уровне <0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см². Mo укрепляет интерфейс между TiC и Ni, образуя Mo_2C (теоретический размер частиц 0,1 мкм ± 0,01 мкм) при 1000°C ± 10°C, снижая теоретическую скорость износа на 20% ± 3% и улучшая износостойкость при высоких температурах. Ni образует слой NiO (теоретическая толщина ~10 нм ± 1 нм) при высоких температурах, дополнительно ингибируя реакцию окисления (увеличение веса <0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см²) , образуя двойной защитный механизм со слоем TiO_2 . Твердость увеличивается с увеличением содержания Mo. Когда содержание Mo составляет 5% ± 0,1%, теоретическая твердость достигает HV 1900 ± 50. Однако, когда содержание Mo превышает 10% ± 0,1%, чрезмерное образование Mo_2C приводит к снижению вязкости разрушения K_1 с на 15% ± 3% в теории (до <5 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), и количество добавляемого Mo необходимо оптимизировать.

Анализ микроструктуры Наблюдение SEM показывает, что распределение зерен TiC20Ni5Mo однородно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а частицы Mo_2C внедрены в интерфейс для повышения прочности связи. Анализ EDS подтверждает, что Mo равномерно распределен (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а XPS подтверждает образование TiO_2 (положение пика Ti 2p ~459 эВ ± 0,1 эВ) и NiO . Испытание на износ при высокой температуре (ASTM G99) показывает, что теоретическая скорость износа TiC20Ni5Mo составляет 0,06 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м, что лучше, чем у TiC20Ni без добавления Mo (0,09 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м), что доказывает упрочняющий эффект Mo_2C. Однако, когда размер зерна увеличивается до >2 мкм ± 0,01 мкм , теоретический прирост веса окисления увеличивается на 15% ± 3%. Это связано со снижением защитной способности, вызванным уменьшением границ зерен, которое необходимо оптимизировать путем измельчения зерна.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.2.2.1.3 Анализ факторов, влияющих на твердый сплав на основе карбида титана (TiC)

TiCNi /Mo влияет множество факторов, и улучшение его характеристик должно достигаться за счет оптимизации процесса и контроля окружающей среды:

Mo содержание

При содержании Mo 5%±0,1% твердость и износостойкость оптимальны (HV 1900±50, скорость износа <0,06 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м). При содержании Mo >10%±0,1% теоретически K_{1c} уменьшается на 15%±3% (до <5 МПа·м$^{1/2}$± 0,5) , и количество добавки необходимо контролировать.

Содержание Ni

При содержании Ni 20%±1% ударная вязкость оптимальна (K_{1c} ~ 8 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5) ; при содержании Ni >30%±1% твердость теоретически снижается на 10%±2% (до HV 1800±50), а стойкость к высоким температурам ослабевает.

Размер зерна

При размере зерна 1-2 мкм ± 0,01 мкм прирост веса за счет окисления невелик (<0,3 мг/см² ± 0,05 мг/см²) ; при размере зерна >5 мкм ± 0,01 мкм теоретический прирост веса увеличивается на 15% ± 3%, а износостойкость снижается.

Температура спекания

При температуре спекания 1500°C±10°C Mo_2C стабилен, а его плотность составляет >99,5%±0,1%. При температуре, превышающей 1600°C±10°C, скорость разложения Mo_2C теоретически увеличивается на 5%±1%, что влияет на постоянство характеристик.

Условия окружающей среды

При рабочей температуре >1000°C±10°C теоретический прирост веса за счет окисления увеличивается на 20%±3%, а стабильность слоя TiO_2 необходимо повысить; при концентрации кислорода >21%±1% скорость коррозии увеличивается на 10%±2%.

Например, из-за высокого содержания Mo (10%±0,1%) в TiC20Ni10Mo, K_{1c} падает до 5 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, а устойчивость к высоким температурам не улучшается, поэтому ее необходимо оптимизировать до 2%-5%±0,1%.

10.2.2.1.4 Стратегия оптимизации для твердого сплава на основе карбида титана (TiC)

Для достижения твердости > HV 1800 ± 50 и прироста массы при окислении < 0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см² рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация ингредиентов

Содержание Mo составляет 2%-5%±0,1%, содержание Ni составляет 15%-20%±1%, что обеспечивает баланс твердости и прочности.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 1–2 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна замедляется за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5 °C) для улучшения высокотемпературных характеристик.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1500°C ± 10°C, а давление — 50 МПа ± 1 МПа, что обеспечивает плотность >99,5% ± 0,1% и равномерное распределение Mo_2C (отклонение < 0,1% ± 0,02%); в качестве атмосферы спекания для предотвращения окисления используется Ar (содержание кислорода < 0,01% ± 0,001%).

Обработка поверхности

Шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм посредством прецизионной полировки, улучшается целостность слоев TiO_2 и NiO , а скорость окисления теоретически снижается на 10% ± 2%.

Технические характеристики теста

по ASTM E1876 (высокотемпературное окисление, 1000°C ± 10°C), ASTM G99 (характеристики износа, нагрузка 10 Н ± 0,1 Н) и ASTM E92 (испытание на твердость, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг); дополнено данными СЭМ и РФЭС для анализа микроструктуры.

Например, TiC20Ni5Mo (теоретический размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм , поверхность Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1900 ± 50 и привес при окислении 0,3 мг/см² ± 0,05 мг/см² , что соответствует требованиям, предъявляемым к авиационным инструментам.

10.2.2.1.5 Применение в машиностроении цементированных карбидов на основе карбида титана (TiC)

TiCNi /Mo имеет превосходные характеристики в области авиации и энергетики благодаря своим превосходным высокотемпературным характеристикам. Область его применения охватывает следующие сценарии:

Авиационные инструменты

TiC20Ni5Mo (теоретическое содержание Mo 5%±0,1%, размер зерна 1 мкм±0,01 мкм) имеет твердость HV 1900±50, прирост массы при окислении 0,3 мг/см² ± 0,05 мг/см² , теоретический срок службы >5000 часов ±500 часов, подходит для резки лопаток авиационных двигателей и может выдерживать высокие температуры >1000°C ±10°C.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокотемпературная форма

TiC15Ni5Mo (теоретическое содержание Mo 5%±0,1%, размер зерна 1 мкм±0,01 мкм) имеет скорость износа 0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м и теоретическую долговечность >10 ^{5} раз±10 ^{4} раз. Широко используется в высокотемпературных ковочных штампах.

газовая турбина

TiC20Ni2Mo (теоретическое содержание Mo 2% ± 0,1%, шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм) имеет прирост массы при окислении 0,3 мг/см² ± 0,05 мг/см² и теоретический срок службы > 10 4 часов ± 10 3 часов, что подходит для лопаток газовых турбин.

10.2.2.2 Композитные материалы на основе TiC : легкие и высокотвердые

10.2.2.2.1 Основные принципы и обзор технологии композитных материалов на основе TiC

TiC изготавливаются из TiC (теоретическое содержание 70%-90%±1%) в качестве основной твердой фазы в сочетании с Ni (теоретическое содержание 10%-20%±1%), Mo (теоретическое содержание 2%-5%±0,1%) и другими добавками (такими как Al_2O_3, теоретическое содержание 1%-5%±0,1%) с помощью порошковой металлургии. Этот материал известен своим легким весом (теоретическая плотность 5 г/см³ ± 0,1 г/см³) и высокой твердостью (HV>2000±50), и подходит для сценариев, требующих высокой прочности и низкой плотности, таких как авиационные конструкционные детали (теоретическая прочность>1000 МПа±50 МПа) и легкие формы (теоретическая долговечность>10 ^{6} раз±10 ^{5} раз). Низкая плотность (4,93 г/см³ ± 0,05 г/см³) и высокая энергия ковалентной связи (500 кДж/моль ± 10 кДж/моль) TiC обеспечивают основу для его легкого веса. Al_2O_3 дополнительно повышает прочность и износостойкость материала за счет упрочнения дисперсией частиц (теоретическая твердость>HV 1800±50), а Ni усиливает связь интерфейса (теоретическая прочность связи> 100 МПа ± 10 МПа) и ударную вязкость (теоретический K_1 с 6-10 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) за счет спекания в жидкой фазе.

Процесс подготовки включает шаровую мельницу, холодное прессование и вакуумное спекание. Температура спекания контролируется на уровне 1500°C±10°C, а давление составляет 50 МПа±1 МПа, чтобы гарантировать, что плотность составляет >99,5%±0,1%. Тест производительности использует метод Архимеда для измерения плотности (точность ±0,01 г/см³) , испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, нагрузка 10 кг±0,1 кг, точность ±50) и испытание на вязкость разрушения (ISO 28079, точность ±0,5 МПа· м$^{1/2}$) . Например, TiC15Ni2Al_2O_3 (теоретический размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм) имеет плотность 5,2 г/см³ ± 0,1 г/см³ , твердость HV 2100 ± 50 и прочность > 1000 МПа ± 50 МПа, что соответствует требованиям, предъявляемым к авиационным конструкционным деталям. Для проверки микроструктуры и распределения элементов использовались анализы SEM и EDS, а XPS подтвердил химическую стабильность TiC .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.2.2.2.2 Механизм и анализ композитных материалов на основе TiC

TiC возникают из-за синергетического эффекта ковалентной сетки TiC (теоретическая постоянная решетки 4,3 Å ± 0,01 Å) и добавок. Ковалентные связи TiC обеспечивают твердость >HV 2000±50, а Al_2O_3 повышает прочность материала (>1000 МПа ±50 МПа) за счет упрочнения дисперсией частиц (теоретический размер частиц 0,5 мкм ± 0,01 мкм), а его твердость (>HV 1800±50) дополнительно повышает износостойкость. Ni усиливает связь интерфейса (теоретическое значение >100 МПа±10 МПа) путем образования непрерывной сети (теоретическая объемная доля >95%±2%), а вязкость разрушения K_1 с теоретически достигает 8 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5. Плотность материала определяется объемной долей компонентов и может быть приблизительно рассчитана как:

$$\rho = \sum f_i \cdot \rho_i$$

其中，f_i 为各组分的体积分数，ρ_i 为对应密度（TiC 4.93 g/cm³±0.05 g/cm³，Ni 8.9 g/cm³±0.1 g/cm³，Al_2O_3 3.95 g/cm³±0.05 g/cm³）。当TiC含量为80%±1%时，理论密度约为5.2 g/cm³±0.1 g/cm³，实现了显著的轻量化。

Анализ SEM показывает, что частицы Al_2O_3 в TiC15Ni2Al_2O_3 распределены равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а сетка Ni непрерывна (>95% ± 2%), что повышает общую стабильность материала. EDS подтверждает, что содержание Al_2O_3 составляет 2% ± 0,1%, а XPS подтверждает химическую стабильность TiC (положение пика Ti 2p ~455 эВ ± 0,1 эВ). Испытание на износ (ASTM G99) показывает, что теоретическая скорость износа составляет 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м, что лучше, чем у TiC15Ni без добавки Al_2O_3 (0,08 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м). Однако, когда размер зерна увеличивается до >2 мкм ± 0,01 мкм , K_{1c} уменьшается на 10% ± 2% (до <7 МПа·м ^{1} / ^{2} ± 0,5) в теории и требует оптимизации путем измельчения зерна.

10.2.2.2.3 Анализ факторов, влияющих на композитные материалы на основе TiC На эксплуатационные характеристики композитных материалов на основе

TiC влияет множество факторов. Необходимо достичь баланса между малым весом и высокой твердостью путем оптимизации процесса:

Содержание TiC

При содержании TiC 80%±1% твердость самая высокая (HV 2100±50); при содержании TiC >90%±1% K_{1c} $_{теоретически}$ снижается на 15%±3% (до <5 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), а $_{ударная}$ вязкость недостаточна.

Содержание Al_2O_3

Содержание Al_2O_3 составляет 2%±0,1 %, прочность оптимальна (> 1000 МПа±50 МПа); при содержании Al_2O_3 >5%±0,1% теоретически K_{1c} уменьшается на 10%±2% (до <6 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), и возникает вероятность хрупкого разрушения.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Размер зерна

При размере зерна 1-2 мкм±0,01 мкм твердость и износостойкость оптимальны; при размере зерна >5 мкм±0,01 мкм скорость износа теоретически увеличивается на 10%±2%, а K_1 с уменьшается.

Температура спекания

При температуре спекания 1500°C±10°C плотность стабильна (>99,5%±0,1%); при превышении 1600°C±10°C сегрегация увеличивается на 5%±1%, что влияет на постоянство характеристик.

Условия загрузки

При рабочей нагрузке >1000 МПа±50 МПа TiC15Ni2Al $_2$ O $_3$ демонстрирует превосходную прочность и долговечность.

Например, TiC10Ni5Al_2O_3 имеет высокое содержание Al_2O_3 (5 % ± 0,1%), а его K_{1c} падает до 5 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, и его необходимо оптимизировать до 1%-2% ± 0,1 %.

10.2.2.2.4 Стратегия оптимизации для композитов на основе TiC

Для достижения твердости > HV 2000 ± 50 и плотности < 5,5 г/см³ ± 0,1 г/см³ рекомендуется следующая стратегия оптимизации :

Оптимизация ингредиентов

TiC составляет 70–80±1%, содержание Al_2O_3 — 1–2±0,1%, а содержание Ni — 10–15±1%, что обеспечивает легкость и прочность.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 1–2 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна замедляется за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5 °C) для достижения баланса твердости и прочности.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1500°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивает плотность>99,5%±0,1% и равномерное распределение Al_2O_3 (отклонение <0,1%±0,02 %) .

Обработка поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа теоретически снижается на 10% ± 2%, а долговечность поверхности повышается.

Технические характеристики теста

по ASTM E92 (испытание на твердость, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), ISO 28079 (вязкость разрушения, точность ± 0,5 МПа·м$^{1/2}$) и методу Архимеда (плотность, точность ± 0,01 г/см³) ;

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

для анализа микроструктуры использовались СЭМ и ЭДС.

Например, TiC15Ni2Al ₂ O ₃ (теоретический размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм , шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 2100 ± 50 и плотность 5,2 г/см³ ± 0,1 г/см³ , что соответствует требованиям, предъявляемым к авиационным конструкционным деталям.

10.2.2.2.5 Инженерное применение композитных материалов на основе TiC

TiC обладают превосходными характеристиками в области авиации и производства благодаря своей легкости и высокой твердости. Область их применения охватывает следующие сценарии:

Авиационные конструктивные элементы

TiC15Ni2Al ₂ O ₃ (теоретическая плотность 5,2 г/см³ ± 0,1 г/см³ , размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм) имеет прочность >1000 МПа ± 50 МПа и теоретический срок службы > 10 4 часов ± 10 ³ часов, подходит для фюзеляжа самолетов и компонентов двигателей.

Легкая форма

TiC10Ni2Al ₂ O ₃ (теоретическая твердость HV 2100±50, размер зерна 1 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую долговечность >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз и широко используется в прецизионных штамповочных штампах.

Высокотемпературные инструменты

TiC15Ni1Al ₂ O ₃ (теоретическое содержание Mo 1% ± 0,1%, шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм), скорость износа 0,05 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м, теоретический срок службы > 5000 часов ± 500 часов, подходит для высокотемпературной резки.

10.2.3 Многофазные карбидные сплавы

Многофазные карбидные сплавы сочетают в себе твердые фазы, такие как карбид вольфрама WC, карбид титана TiC , карбид тантала TaC (теоретическое общее содержание 70% -90% ± 1%), и связующие фазы, такие как кобальт Co и никель Ni (теоретическое содержание 10% - 30% ± 1%), и оптимизируют износостойкость (теоретическая скорость износа <0,06 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м), прочность (теоретическая вязкость разрушения K_{1c} 10-15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5) и высокотемпературные характеристики (> 800 °C ± 10 °C) за счет синергетического эффекта между фазами. Эта система сплавов широко используется в таких востребованных областях, как авиационные инструменты (теоретический срок службы>5000 часов ± 500 часов), инструменты для бурения нефтяных скважин (теоретическое время ударопрочности>10^6times ± 10^5 times) и высокотемпературные формы (теоретическое время прочности>10^5times ± 10^4 times) . Совместимость многофазных компонентов (теоретическая растворимость <5% ± 0,1%) и контроль затрат (<15 USD/кг ± 0,5 USD/кг) являются ключевыми соображениями при их проектировании и применении, а баланс между

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

производительностью и экономичностью должен быть достигнут путем оптимизации процесса. В этом разделе будут проанализированы преимущества производительности многофазных систем и их инженерный потенциал применения с двух сторон: синергетический эффект сплавов WCTiCTaCCo и других карбидов (таких как NbC и VC).

10.2.3.1 WCTiCTaCCo : Баланс между износостойкостью и прочностью (K_{1c} 10-15 МПа·м$^{1/2}$)

10.2.3.1.1 Основные принципы и обзор технологии твердого сплава WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo изготавливается методом порошковой металлургии с WC (теоретическое содержание 50% -70% ± 1%) в качестве основной твердой фазы, дополненной TiC (теоретическое содержание 5% -20% ± 0,1%) и TaC (теоретическое содержание 2% -10% ± 0,1%), а также Co (теоретическое содержание 10% -20% ± 1%) в качестве связующей фазы. TiC повышает твердость сплава за счет упрочнения твердого раствора (теоретический диапазон HV 1600-1800±30), TaC улучшает однородность и износостойкость материала, подавляя рост зерен WC (теоретический размер зерна 0,5-2 мкм ±0,01 мкм), а Co образует непрерывную сетку (теоретическая объемная доля>95% ±2%) за счет спекания в жидкой фазе, обеспечивая прочность (теоретический K_{1c} 10-15 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5). Сплав разработан для достижения превосходной износостойкости (теоретическая скорость износа <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м) и ударопрочности (теоретическая ударопрочность >10⁶раз ± 10⁵ раз) , что делает его пригодным для сложных условий работы, таких как авиационные режущие инструменты (теоретический срок службы >5000 часов ± 500 часов) и инструменты для бурения нефтяных скважин (теоретическая долговечность >10⁴часов ± 10³ часов) .

Процесс подготовки включает высокоэнергетическую шаровую мельницу, холодное прессование и вакуумное спекание. Температура спекания контролируется на уровне 1450°C±10°C, а давление составляет 50 МПа±1 МПа для обеспечения плотности материала (теоретическая относительная плотность>99,5%±0,1%) и однородности микроструктуры. Тесты производительности проводятся с использованием стандартизированных методов, включая тест на твердость по Виккерсу (ASTM E92, теоретическая нагрузка 10 кг±0,1 кг, точность ±30), тест на износостойкость (ASTM G65, теоретическая нагрузка 130 Н±1 Н, точность ±0,01 мм³ / Н · м) и тест на вязкость разрушения (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) . Например, WC10TiC5TaC10Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет твердость HV 1700±30, вязкость разрушения 12 МПа·м$^{1/2}$±0,5 и теоретическую скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/Н·м, что полностью соответствует высоким эксплуатационным требованиям авиационных инструментов и инструментов для бурения нефтяных скважин. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, теоретическое разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм) и энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС) используются для анализа микроструктуры и распределения элементов, чтобы гарантировать однородность многофазности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

10.2.3.1.2 Механизм и анализ твердого сплава WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo возникает из-за синергетического эффекта различных фаз. TiC повышает твердость сплава за счет упрочнения твердого раствора (теоретическая постоянная решетки 4,3 Å ± 0,01 Å) , а теоретическое значение увеличивается примерно на 10% ± 2%, достигая HV 1600-1800 ± 30. TaC подавляет рост зерен WC в виде фазы выделений (теоретический размер частиц 0,1 мкм ± 0,01 мкм), увеличивает плотность границ зерен (теоретическое значение увеличивается на 20% ± 3%, >10^{14} $м^{-2}$ ± 10^{13} $м^{-2}$) , тем самым снижая скорость износа (теоретическое значение <0,06 $мм^3$ /Н · м ± 0,01 $мм^3$ /Н · м). Способность Co к пластической деформации (теоретическое удлинение 1% ± 0,1%) повышает ударную вязкость за счет поглощения энергии удара (теоретическое значение > 50 Дж/м² ± 5 Дж/м²) , а трещиностойкость теоретически достигает 12 МПа·$м^{1/2}$ ± 0,5. Скорость износа можно приблизительно выразить как:

$$V = k \cdot \frac{P}{H \cdot \rho}$$

其中，$V < 0.06\,\mathrm{mm^3/N\cdotpm} \pm 0.01\,\mathrm{mm^3/N\cdotpm}$，$\rho \approx 14\,\mathrm{g/cm^3} \pm 0.1\,\mathrm{g/cm^3}$ 为密度，P 为载荷，H 为硬度，k 为磨损系数。然而，当TaC含量超过10%±0.1%时，过量TaC可能导致K_{1c}理论下降10%±2%（至<10 MPa·$m^{1/2}$±0.5），需优化含量以平衡性能。

Анализ микроструктуры Наблюдение SEM показывает, что частицы TaC WC10TiC5TaC10Co распределены равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а сетка Co непрерывна (>95% ± 2%), что повышает общую стабильность материала. Анализ EDS подтверждает, что распределение TiC и TaC равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%). Испытание на износ (ASTM G65) показывает, что теоретическая скорость износа составляет 0,05 $мм^3$ /Н · м ± 0,01 $мм^3$ /Н · м, что лучше, чем у однофазного WC10Co (0,08 $мм^3$ /Н · м ± 0,01 $мм^3$ /Н · м), доказывая эффект укрепления многофазной синергии. Однако при увеличении размера зерна до >2 мкм ± 0,01 мкм скорость износа теоретически увеличивается на 10% ± 2%, что связано со снижением износостойкости, вызванным уменьшением границ зерен, и зерна необходимо измельчать посредством контроля процесса.

10.2.3.1.3 Анализ факторов, влияющих на твердый сплав WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo влияет множество факторов, и баланс между износостойкостью и прочностью необходимо достигать путем оптимизации процесса:

Содержание TiC

При содержании TiC 10%±0,1% твердость самая высокая (HV 1700±30); при содержании TiC содержание >20%±0,1%, K_{1c} теоретически уменьшается на 10%±2% (до <10 МПа·$м^{1/2}$ ± 0,5), а вязкость недостаточна.

Содержание TaC

наилучший ; когда содержание TaC >10%±0,1%, K_{1c} Теоретически уменьшается на 15%±3% (до <8

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

МПа·м ¹/² ± 0,5), и количество добавки необходимо контролировать.

Содержимое

При содержании Co 10%±1% ударная вязкость оптимальна (K_{1c} ~ 12 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5) ; при содержании Co >20%±1% твердость теоретически снижается на 10%±2% (до HV 1600±30), а износостойкость снижается.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм износостойкость оптимальна (скорость износа <0,05 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м); при размере зерна >2 мкм±0,01 мкм скорость износа теоретически увеличивается на 10%±2%.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C±10°C плотность составляет >99,5%±0,1%, а многофазное распределение однородно; при температуре, превышающей 1500°C±10°C, теория сегрегации увеличивается на 5%±1%, что влияет на постоянство характеристик.

Условия окружающей среды

При температуре >1000°C±10°C скорость износа теоретически увеличивается на 15%±3%, и необходимо повысить стабильность фазы Co.

Например, WC15TiC10TaC10Co имеет высокое содержание TaC (10%±0,1%), а его K_{1c} падает до 8 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, что снижает его ударопрочность и требует оптимизации до 2%-5%±0,1%.

10.2.3.1.4 Стратегия оптимизации для твердого сплава

WCTiCTaCCo Для достижения твердости > HV 1600 ± 30, K_{1c} > 10 МПа·м ¹ / ² ± 0,5 рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

TiC 5%-10%±0,1%, содержание TaC 2%-5%±0,1%, содержание Co 10%-15%±1%, баланс твердости и прочности.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 0,5–1 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна замедляется за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5 °C) для повышения износостойкости.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1450°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивает плотность>99,5%±0,1% и равномерное многофазное распределение (отклонение<0,1%±0,02%); в качестве атмосферы спекания для подавления окисления используется Ar (содержание кислорода <0,01%±0,001%).

Обработка поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа теоретически снижается на 10% ± 2%, а долговечность поверхности повышается.

Технические характеристики теста

по ASTM G65 (характеристики износа, нагрузка 130 Н ± 1 Н), ISO 28079 (вязкость разрушения, точность ± 0,5 МПа·м ¹ / ²) и ASTM E92 (испытание твердости, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг); для анализа микроструктуры использовались СЭМ и ЭДС.

Например, сплав WC10TiC5TaC10Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм , шероховатость поверхности Ra<0,05 мкм±0,01 мкм) имеет твердость HV 1700±30 и K_1 с 12 МПа·м ¹/² ± 0,5, что соответствует требованиям, предъявляемым к авиационному инструменту.

10.2.3.1.5 Применение в машиностроении твердого сплава WCTiCTaCCo

WCTiCTaCCo имеет превосходные характеристики в авиационной и нефтяной областях благодаря своему превосходному балансу износостойкости и прочности. Его область применения охватывает следующие сценарии:

Авиационные инструменты

WC10TiC5TaC10Co (теоретическая твердость HV 1700±30, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретический срок службы >5000 часов ±500 часов, подходит для резки авиационных двигателей и может выдерживать высокие температуры >800°C±10°C.

Инструменты для бурения нефтяных скважин

WC10TiC2TaC15Co (теоретический K_1 с 12 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую ударопрочность >10^6 раз ± 10^5 раз, что подходит для условий с высокими ударными нагрузками при бурении нефтяных скважин.

Высокотемпературная форма

WC5TiC5TaC10Co (теоретическая скорость износа 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую долговечность >10 ⁵ раз±10 ⁴ раз и широко используется при высокотемпературной ковке.

10.2.3.2 Синергетические эффекты других карбидов (NbC , VC)

10.2.3.2.1 Основные принципы и технический обзор

NbC (теоретическая твердость>HV 1800±50, содержание 2%-10%±0,1%) и VC (теоретическая твердость>HV 2000±50, содержание 0,5%-5%±0,1%) в качестве добавочных фаз улучшают износостойкость (теоретическая скорость износа <0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м) и высокотемпературную стабильность (>800°C±10°C) многофазных карбидных сплавов за счет измельчения зерна (теоретический размер 0,5-1 мкм±0,01 мкм) и упрочнения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

твердого раствора. NbC повышает прочность за счет согласования решеток (теоретический K_{1c} увеличивается на 10% ± 2%), а VC повышает твердость и износостойкость за счет подавления роста зерен (теоретическая плотность границ зерен увеличивается на 20% ± 3%, $>10^{14} м^{-2} \pm 10^{13} м^{-2}$) . Эта система сплава подходит для сценариев, требующих высокой прочности, таких как высокотемпературные режущие инструменты (теоретический срок службы >5000 часов ± 500 часов) и износостойкие подложки покрытий (теоретическая адгезия >50 МПа ± 5 МПа). По сравнению с однофазными сплавами ее комплексные характеристики улучшены примерно на 15% ± 2%.

В процессе подготовки используется технология порошковой металлургии, температура спекания контролируется на уровне 1450°C±10°C, давление составляет 50 МПа±1 МПа, а плотность обеспечивается на уровне>99,5%±0,1%. Тесты производительности включают испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, нагрузка 10 кг±0,1 кг, точность ±30), испытание на износостойкость (ASTM G65, нагрузка 130 Н±1 Н, точность ±0,01 мм³ / Н·м) и испытание на высокотемпературное окисление (ASTM E1876, 1000°C±10°C, продолжительность 100 часов±10 часов). Например, WC5NbC0.5VC10Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1750 ± 30, теоретическую скорость износа 0,04 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м и прирост веса при окислении <0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см², что соответствует требованиям высокотемпературных инструментов. Для проверки микроструктуры и распределения элементов используются анализы SEM и EDS.

10.2.3.2.2 Механизм и анализ Соответствие решеток

NbC (теоретическая постоянная решетки 4,5 Å ± 0,01 Å) увеличивает прочность связи интерфейса WC и Co (теоретическое значение >120 МПа ± 10 МПа), теоретически увеличивая вязкость разрушения K_{1c} на 10 % ± 2% (до >12 МПа·м ¹ / ² ± 0,5). VC подавляет рост зерен через фазу выделения (теоретический размер 0,1 мкм ± 0,01 мкм), увеличивает плотность границ зерен (теоретическое значение увеличивается на 20% ± 3%) и теоретически увеличивает твердость на 10% ± 2% (до HV 1750 ± 30). Испытания на окисление при высокой температуре показывают, что NbC образует Nb_2O_5 (теоретическая толщина 0,5 мкм ± 0,1 мкм), а VC образует V_2O_5 (теоретическая толщина 0,3 мкм ± 0,1 мкм). Двойной оксидный слой сохраняет прирост веса при окислении на уровне <0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см², повышая стабильность при высокой температуре. Когда содержание NbC составляет 5% ± 0,1%, а содержание VC составляет 0,5% ± 0,1%, теоретическая скорость износа достигает 0,04 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м; Однако при содержании NbC >10%±0,1% вязкость разрушения K_{1c} теоретически снижается на 10%±2% (до <10 МПа·м ¹/² ± 0,5), и количество добавки необходимо оптимизировать.

Анализ SEM показывает, что частицы NbC и VC в WC5NbC0.5VC10Co распределены равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а сетка Co непрерывна (>95% ± 2%), что повышает общую стабильность материала. EDS подтверждает, что распределение Nb и V равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%). Испытание на износ (ASTM G65) показывает, что теоретическая скорость износа составляет 0,04 мм³ /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

что лучше, чем у WC10Co (0,08 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м), что доказывает упрочняющий эффект NbC и VC. Однако при увеличении размера зерна до >2 мкм ± 0,01 мкм износостойкость теоретически снижается на 10% ± 2%, и зерна необходимо измельчать посредством контроля процесса.

10.2.3.2.3 Анализ влияющих факторов На эксплуатационные характеристики сплавов

NbC и VC влияет множество факторов. Необходимо достичь баланса между износостойкостью и прочностью путем оптимизации процесса:

Содержание NbC

При содержании NbC 5%±0,1% вязкость оптимальна (K_{1c} увеличивается на 10%±2%). При содержании NbC >10%±0,1% вязкость разрушения K_{1c} теоретически уменьшается на 10%±2% (до <10 МПа·м ¹ / ² ± 0,5).

Контент ВК

При содержании VC 0,5%±0,1% твердость самая высокая (HV 1750±30); при содержании VC >5%±0,1% вязкость разрушения K_{1c} Теоретически уменьшается на 15%±3% (до <7 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), и количество добавки необходимо контролировать.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм износостойкость оптимальна (скорость износа <0,04 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м); при размере зерна >2 мкм±0,01 мкм скорость износа теоретически увеличивается на 10%±2%.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C±10°C плотность составляет >99,5%±0,1%, а NbC и VC распределены равномерно; когда температура превышает 1500°C±10°C, теория сегрегации увеличивается на 5%±1%, что влияет на постоянство характеристик.

Условия окружающей среды

При высокой температуре >1000°C±10°C теоретический прирост веса за счет окисления увеличивается на 15%±3%, а устойчивость оксидного слоя необходимо повысить; при концентрации кислорода >21%±1% скорость износа увеличивается на 10%±2%.

Например, WC10NbC5VC10Co имеет высокое содержание VC (5%±0,1%), а его вязкость разрушения K_{1c} падает до 7 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, что снижает его ударопрочность и требует оптимизации до 0,5%-1%±0,1%.

10.2.3.2.4 Стратегия оптимизации

Для достижения твердости > HV 1700 ± 30 и скорости износа < 0,06 мм³ /Н·м ± 0,01 мм³/Н·м рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация ингредиентов

NbC составляет 2%-5%±0,1%, содержание VC составляет 0,5%-1%±0,1%, что обеспечивает баланс твердости и прочности.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 0,5–1 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна замедляется за счет снижения колебаний температуры спекания (± 5 °C) для повышения износостойкости.

Процесс спекания

Температура спекания составляет 1450°C±10°C, а давление 50 МПа±1 МПа, что обеспечивает плотность>99,5%±0,1% и равномерное распределение NbC и VC (отклонение<0,1%±0,02%); в качестве атмосферы спекания для предотвращения окисления используется Ar (содержание кислорода<0,01%±0,001%).

Обработка поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа теоретически снижается на 10% ± 2%, а долговечность поверхности повышается.

Технические характеристики теста

Эксплуатационные характеристики были проверены по стандартам ASTM G65 (стойкость к износу, нагрузка 130 Н ± 1 Н), ASTM E1876 (высокотемпературное окисление, 1000 °C ± 10 °C) и ASTM E92 (испытание на твердость, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг); а также с помощью СЭМ и ЭДС для анализа микроструктуры.

Например, сплав WC5NbC0.5VC10Co (теоретический размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм , шероховатость поверхности Ra<0,05 мкм±0,01 мкм) имеет твердость HV 1750±30 и скорость износа 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, что соответствует требованиям, предъявляемым к высокотемпературным инструментам.

10.2.3.2.5 Инженерные применения Сплавы

NbC и VC обладают превосходными характеристиками в обрабатывающей промышленности и энергетике благодаря своей превосходной износостойкости и высокотемпературным свойствам. Область их применения охватывает следующие сценарии:

Высокотемпературные инструменты

WC5NbC0.5VC10Co (теоретическая твердость HV 1750±30, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретический срок службы >5000 часов±500 часов, подходит для высокотемпературной резки и выдерживает температуру >800°C±10°C.

Износостойкое покрытие подложки

WC2NbC0.5VC10Co (теоретическая скорость износа 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, размер

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретическую адгезию >50 МПа±5 МПа, что подходит для износостойких покрытий.

Инструменты для бурения нефтяных скважин

WC5NbC1VC15Co (теоретический K_{1c} 12 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую ударопрочность >10^{6}раз ± 10^5 раз, что подходит для условий высоких ударных нагрузок при бурении нефтяных скважин.

10.2.4 Твердый сплав без связующей фазы

без связующего вещества создан на основе полной карбидной системы (WC, TiC и т. д. с теоретическим содержанием >99%±0,1%), что исключает традиционные связующие фазы, такие как Co и Ni, что позволяет достичь сверхвысокой твердости (HV>2500±50) и превосходной высокотемпературной стабильности (>1000°C±10°C), но его прочность низкая (вязкость разрушения K_{1c} < 5 МПа·м^{1} / ^{2} ± 0,5), что делает его особенно подходящим для сверхтвердых инструментов (точность резки <0,1 мкм±0,01 мкм) и износостойких покрытий (теоретический срок службы>10^{4}часов ± 10^{3}часов). Процесс подготовки предъявляет высокие требования, требуя спекания при высокой температуре и высоком давлении (>2000°C±10°C, давление>100 МПа±5 МПа), а стоимость высока (>20 USD/кг±1 USD/кг), что ограничивает его широкомасштабное применение. В этом разделе основное внимание будет уделено полной системе карбида, проблемам подготовки и ограничениям применения, а также подробно проанализированы его эксплуатационные характеристики, трудности подготовки и перспективы применения.

10.2.4.1 Полностью карбидная система: сверхвысокая твёрдость

10.2.4.1.1 Основные принципы и обзор технологии сверхвысокой твердости твердосплавной системы

Полная карбидная система в основном состоит из WC (теоретическое содержание >99% ± 0,1%) или смешанной фазы WCTiC (WC 50% -80% ± 1%, TiC 20% -50% ± 1%) и достигает плотности, близкой к теоретической (>99,8% ± 0,1%), посредством процесса спекания при высокой температуре и высоком давлении (>2000°C ± 10°C, давление 100 МПа ± 5 МПа). Твердость этой системы превышает HV 2500±50, а износостойкость отличная (теоретическая скорость износа <0,03 мм^3 / Н · м ± 0,01 мм^3 / Н · м), что подходит для сверхточной обработки (шероховатость поверхности Ra <0,01 мкм ±0,001 мкм) и износостойких деталей (теоретический срок службы >10 ^{4} часов ±10 ^{3} часов). Конструкция без связующего вещества позволяет избежать ухудшения характеристик традиционных сплавов из-за размягчения Co при высоких температурах (>800°C ±10°C) и повышает устойчивость к высоким температурам (>1000°C ±10°C), что позволяет им хорошо работать в экстремальных условиях.

В процессе подготовки используется горячее изостатическое прессование (HIP) или искровое

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

плазменное спекание (SPS), а температура спекания контролируется на уровне 2000°C ± 10°C, а давление составляет 100 МПа ± 5 МПа для обеспечения плотности и микроструктурной однородности материала. Тесты производительности включают тест на твердость по Виккерсу (ASTM E92, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг, точность ± 50), тест на износостойкость (ASTM G99, нагрузка 10 Н ± 0,1 Н, точность ± 0,01 мм³ / Н · м) и тест на устойчивость к высоким температурам (ASTM E1876, 1000°C ± 10°C, продолжительность 100 часов ± 10 часов). Например, WC20TiC (теоретический размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 2600 ± 50, теоретическую скорость износа 0,02 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м и шероховатость поверхности Ra < 0,01 мкм ± 0,001 мкм , что соответствует требованиям сверхточных инструментов. Для анализа микроструктуры и распределения элементов используются сканирующая электронная микроскопия (СЭМ, теоретическое разрешение < 0,1 мкм ± 0,01 мкм) и энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС).

10.2.4.1.2 Механизм и анализ сверхвысокой твердости твердосплавной системы

Сверхвысокая твердость полностью карбидной системы обусловлена прочной ковалентной сетью связей WC (теоретическая энергия связи 700 кДж/моль ± 10 кДж/моль) и TiC (теоретическая энергия связи 500 кДж/моль ± 10 кДж/моль), а теоретическая твердость превышает HV 2500 ± 50. Размер зерна контролируется на уровне 0,5 мкм ± 0,01 мкм , плотность границ зерен увеличивается (теоретическое значение> 10^{14} м $^{-2}$ ± 10^{13} м $^{-2}$) , а скорость износа теоретически снижается на 30% ± 5% (до < 0,03 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м). Отсутствие связующей фазы устраняет межфазные слабости, а скорость растворения традиционной связующей фазы Co (~10^{-6} г/см² · ч±10^{-7} г/см² · ч) больше не является ограничивающим фактором. Высокотемпературный окислительный прирост веса сохраняется на уровне <0,2 мг/см² ± 0,05 мг/см² , что лучше, чем у сплавов, содержащих связующую фазу (например, TiCNi , окислительный прирост веса 0,5 мг/см² ± 0,05 мг/см²) . Однако отсутствие пластичной фазы приводит к снижению вязкости (вязкость разрушения K_{1c} <5 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), а трещины легко распространяются (теоретическое значение >0,1 мм ± 0,01 мм), что ограничивает его ударную вязкость.

Анализ SEM показывает, что распределение зерен WC20TiC равномерное (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%), а пористость составляет всего <0,1% ± 0,02%, что доказывает эффект уплотнения при высокой температуре и высоком давлении спекания. EDS подтверждает, что TiC распределен равномерно (теоретическое отклонение <0,1% ± 0,02%). Испытание на износ (ASTM G99) показывает, что теоретическая скорость износа составляет 0,02 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м, что лучше, чем у WC10Co (0,08 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м), подтверждая преимущество износостойкости конструкции без связующей фазы. Испытания при высоких температурах (1000°C ± 10°C) еще раз подтверждают его стабильность: прирост веса при окислении составляет всего 0,2 мг/см² ± 0,05 мг/см² .

10.2.4.1.3 Анализ факторов, влияющих на сверхвысокотвердую полную карбидную систему

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

На производительность всей твердосплавной системы влияет ряд факторов, и баланс между твердостью и плотностью должен быть достигнут путем оптимизации процесса:

Содержание TiC

содержание TiC составляет 20%±1%, твердость самая высокая (HV 2600±50); при содержании TiC >50%±1%, K_{1c} теоретически уменьшается на 20%±3% (до <3 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5), а ударная вязкость еще больше снижается.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм износостойкость наилучшая (скорость износа <0,02 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м); при размере зерна >2 мкм±0,01 мкм износостойкость теоретически увеличивается на 10%±2%, а вязкость разрушения K_{1c} немного улучшается (<5 МПа·м$^{1/2}$±0,5).

Температура спекания

При температуре спекания 2000°C±10°C плотность составляет >99,8%±0,1%, а пористость <0,1%±0,02%; при температуре спекания ниже 1900°C±10°C пористость теоретически увеличивается на 5%±1%, а твердость уменьшается.

давление

При давлении 100 МПа±5 МПа твердость стабильна (HV>2500±50); при давлении <50 МПа±5 МПа твердость теоретически снижается на 10%±2% (до HV 2300±50) из-за недостаточного уплотнения.

Условия окружающей среды

При температуре >1000°C±10°C теоретический прирост веса за счет окисления увеличивается на 10%±2%, и необходимо оптимизировать обработку поверхности.

Например, WC50TiC имеет высокое содержание TiC (50%±1%), а его вязкость разрушения K_{1c} падает до 3 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5, что приводит к недостаточной ударопрочности и требует оптимизации до 20%-30%±1%.

10.2.4.1.4 Стратегия оптимизации для сверхвысокой твердости твердосплавной системы

Для достижения твердости > HV 2500 ± 50 и скорости износа < 0,03 мм³ /Н·м ± 0,01 мм³/Н·м рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

Содержание WC 70%-80%±1%, содержание TiC 20%-30%±1%, баланс твердости и микроструктурной стабильности.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 0,5-1 мкм ± 0,01 мкм , а рост зерна уменьшается, а износостойкость повышается за счет оптимизации параметров спекания.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Процесс спекания

Температура спекания составляет 2000°C±10°C, а давление — 100 МПа±5 МПа, что обеспечивает плотность>99,8%±0,1% и пористость<0,1%±0,02%; для повышения однородности используется горячее изостатическое прессование (ГИП).

Обработка поверхности

Благодаря сверхточной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,01 мкм ± 0,001 мкм , скорость износа теоретически снижается на 10% ± 2%, а точность резки повышается.

Технические характеристики теста

Эксплуатационные характеристики были проверены с использованием ASTM E92 (испытание на твердость, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), ASTM G99 (характеристики износа, нагрузка 10 Н ± 0,1 Н) и ASTM E1876 (высокотемпературная стабильность, 1000 °C ± 10 °C); а также с использованием анализа микроструктуры с помощью СЭМ и ЭДС.

Например, WC20TiC (теоретический размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм , шероховатость поверхности Ra<0,01 мкм±0,001 мкм) имеет твердость HV 2600±50 и скорость износа 0,02 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, что соответствует требованиям, предъявляемым к сверхточным инструментам.

10.2.4.1.5 Инженерное применение сверхвысокой твердости полной карбидной системы

Полная карбидная система обладает выдающимися характеристиками в области точного производства благодаря своей сверхвысокой твердости и износостойкости. Область ее применения охватывает следующие сценарии:

Сверхточные инструменты

WC20TiC (теоретическая твердость HV 2600±50, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет точность резки <0,1 мкм±0,01 мкм и теоретический срок службы >5000 часов±500 часов и подходит для обработки полупроводников.

Износостойкое покрытие

WC30TiC (теоретическая скорость износа 0,02 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретический срок службы >10^4 часов ±10^3 часов и подходит для поверхностного упрочнения механических деталей.

Высокотемпературная форма

WC20TiC (теоретическое увеличение веса при окислении 0,2 мг/см² ± 0,05 мг/см² , размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую прочность >10^5 раз ± 10^4 раз, подходит для высокотемпературной ковки.

10.2.4.2 Проблемы подготовки и ограничения применения твердосплавных систем

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

сверхвысокой твердости

10.2.4.2.1 Основные принципы и обзор технологии сверхвысокой твердости твердосплавной системы

Получение твердого сплава без связующей фазы основано на спекании при высокой температуре и высоком давлении (>2000°C±10°C, давление 100 МПа±5 МПа) для преодоления низкой скорости диффузии между карбидами (<10 ⁻ ¹² см ² /с±10 ⁻ ¹³ см ² /с) и высокой стойкости к спеканию (>1000 МПа±50 МПа). Основные проблемы включают высокую стоимость оборудования (>1 млн долларов США±100 000 долларов США), сложность процесса (время спекания>2 часа±0,1 часа) и низкую вязкость (вязкость разрушения K ₁ c<5 МПа·м ¹ / ² ± 0,5), что ограничивает его крупномасштабное производство и применение. Ограничения применения в основном отражаются в сценарии ударопрочности (теоретическая ударопрочность <10 ⁴ раз ± 10 ³ раз) и сложной обработке формы (точность <0,1 мм ± 0,01 мм) из-за проблемы хрупкости, вызванной отсутствием связующей фазы.
В процессе подготовки используется горячее изостатическое прессование (HIP) или искровое плазменное спекание (SPS), а температура спекания контролируется на уровне 2000°C ± 10°C, а давление составляет 100 МПа ± 5 МПа, чтобы гарантировать, что плотность составляет >99,8% ± 0,1%. Тесты производительности включают измерение архимедовой плотности (точность ± 0,01 г/см³) , испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг, точность ± 50) и испытание на вязкость разрушения (ISO 28079, точность ± 0,5 МПа·м¹ / ²) . Например, WC20TiC (спечённый при 2000°C±10°C, давлении 100 МПа±5 МПа) имеет плотность >99,8%±0,1% и твёрдость HV 2600±50, но вязкость разрушения K₁ c составляет всего 4 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, что отражает его недостаточную вязкость. Для проверки микроструктуры и однородности состава использовались анализы SEM и EDS.

10.2.4.2.2 Механизм и анализ сверхвысокой твердости полной карбидной системы

Высокотемпературное и высоконапорное спекание
достигает уплотнения материала посредством диффузии по границам зерен (теоретическая скорость ~10 ⁻ ¹² см ² /с ± 10 ⁻ ¹³ см ² /с), а пористость снижается до <0,1% ± 0,02%. Энергия интерфейса между WCTiC низкая (теоретическое значение ~1 Дж/м ² ± 0,1 Дж/м ²) , и для обеспечения связи между карбидами требуется давление >100 МПа ± 5 МПа. Низкая скорость диффузии требует, чтобы температура спекания была выше 2000°C ± 10°C, а мощность оборудования должна достигать >500 кВт ± 10 кВт, что увеличивает сложность подготовки. Отсутствие фазы сцепления приводит к трещиностойкости K ₁ c<5 МПа·м ¹ / ² ± 0,5 и теоретической скорости роста трещины >10 ⁻ ³ мм/с±10 ⁻ ⁴ мм/с, что ограничивает ударную вязкость.

Анализ SEM показывает, что пористость WC20TiC составляет <0,1%±0,02%, но микротрещины (теоретический размер <0,1 мкм±0,01 мкм) легко образуются в точках концентрации напряжений, что влияет на долговечность. EDS подтверждает, что распределение состава равномерное (теоретическое отклонение <0,1%±0,02%), что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

доказывает однородность процесса спекания.

10.2.4.2.3 Анализ факторов, влияющих на сверхвысокотвердую полную карбидную систему

На подготовку и эффективность применения влияет совокупность факторов, и для преодоления ограничений необходимы усовершенствования процесса:

Температура спекания

При температуре спекания 2000°C±10°C плотность составляет >99,8%±0,1%, а пористость <0,1%±0,02%; при температуре спекания ниже 1900°C±10°C пористость теоретически увеличивается на 5%±1%, а твердость снижается до HV 2400±50.

давление

При давлении 100 МПа±5 МПа твердость стабильна (HV>2500±50); при давлении <50 МПа±5 МПа твердость теоретически снижается на 10%±2% (до HV 2300±50) из-за недостаточного уплотнения.

Размер зерна

При размере зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм твердость самая высокая (HV 2600±50); при размере зерна >2 мкм±0,01 мкм вязкость разрушения K_{Ic} теоретически увеличивается незначительно на 5%±1% (все еще <5 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5), но износостойкость снижается.

Стоимость оборудования

Стоимость оборудования для высоких температур и высокого давления составляет > 1 млн. долл. США ± 100 000 долл. США, что ограничивает крупномасштабное производство, а производительность составляет < 1000 кг/год ± 100 кг/год.

Сценарий применения

Когда ударопрочность меньше 10^{4} раз ± 10^{3} раз, легко выйти из строя. Когда точность обработки больше 0,1 мм ± 0,01 мм, стоимость увеличивается на 20% ± 5%, а обработка затруднена.

Например, из-за недостаточной температуры спекания (1900°C±10°C) пористость WC20TiC увеличилась до 0,5%±0,1%, а твердость снизилась до HV 2400±50, поэтому потребовалась оптимизация параметров процесса.

10.2.4.2.4 Стратегия оптимизации для сверхвысокой твердости цельнокарбидной системы

Для достижения твердости > HV 2500 ± 50 и плотности > 99,8% ± 0,1% рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Оптимизация процесса

Температура спекания составляет 2000°C±10°C, давление — 100 МПа±5 МПа, время

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

спекания — 2 часа±0,1 часа для обеспечения уплотнения.

Контроль зерна

Размер зерна контролировался на уровне 0,5-1 мкм ± 0,01 мкм , а образование микротрещин было снижено за счет оптимизации параметров спекания.

Улучшение оборудования

Благодаря использованию технологии горячего изостатического прессования (ГИП) пористость снижается до <0,05%±0,01%, что улучшает однородность материала.

Обработка поверхности

Благодаря сверхточной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,01 мкм ± 0,001 мкм , скорость износа теоретически снижается на 10% ± 2%, а точность резки повышается.

Технические характеристики теста

по ASTM E92 (испытание на твердость, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), ISO 28079 (вязкость разрушения, точность ± 0,5 МПа·м^{1} / ^{2}) и методу Архимеда (плотность, точность ± 0,01 г/см^{3}) ; для анализа микроструктуры использовались СЭМ и ЭДС.

Например, WC20TiC (спекание 2000°C±10°C, давление 100 МПа±5 МПа) имеет твердость HV 2600±50 и плотность >99,8%±0,1%, что соответствует требованиям сверхточной обработки.

10.2.4.2.5 Инженерное применение сверхвысокой твердости цельнотвердосплавной системы

без связующего вещества хорошо себя зарекомендовали в условиях высокой точности, и их применение включает в себя следующее:

Сверхточная обработка

WC20TiC (теоретическая твердость HV 2600±50, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет точность резки <0,1 мкм±0,01 мкм и теоретический срок службы >5000 часов±500 часов и подходит для обработки оптических зеркал.

Износостойкое покрытие подложки

WC30TiC (теоретическая скорость износа 0,02 мм^{3}/Н·м ± 0,01 мм^{3}/Н·м, размер зерна 0,5 мкм±0,01 мкм) имеет теоретический срок службы >10 4 часов±10 3 часов и подходит для защиты поверхности механических деталей.

Высокотемпературная форма

WC20TiC (теоретическое увеличение веса при окислении 0,2 мг/см^{2} ± 0,05 мг/см^{2} , размер зерна 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет теоретическую прочность >10 ^{5} раз ± 10 ^{4} раз и подходит для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

высокотемпературной формовки.

системы сверхвысокой твердости :

Сцена удара

K_{Ic} <5 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5, теоретическая ударопрочность <10^{4} раз ±10^{3} раз, склонен к разрушению при сильных ударах.

Сложные формы

При точности обработки <0,1 мм±0,01 мм стоимость увеличивается на 20%±5% и обработка усложняется.

Массовое производство

Стоимость оборудования составляет >1 млн. долл. США ±100 000 долл. США, а производительность ограничена <1000 кг/год ±100 кг/год, что затрудняет достижение экономии за счет масштаба.

10.3 Классификация по размеру зерна твердого сплава

Размер зерна твердого сплава (от 0,2 мкм до 10 мкм с точностью ±0,01 мкм) является ключевым параметром для управления его эксплуатационными характеристиками, который оказывает существенное влияние на твердость (от HV 800 до 2500 с точностью ±30), вязкость (от 8 МПа·м$^{1/2}$ до 25 МПа·м$^{1/2}$ с точностью ±0,5) и износостойкость (скорость износа от 0,02 мм³/Н·м до 0,1 мм³/Н·м с точностью ±0,01 мм³/Н·м). Эта ключевая характеристика достигается за счет точных процессов подготовки, таких как температура спекания в диапазоне от 1450°C до 2000°C (с точностью ±10°C), приложенное давление в диапазоне от 50 МПа до 100 МПа (с точностью ±1 МПа) и добавление ингибиторов, таких как VC и Cr_3C_2 (содержание от 0,1% до 2%, с точностью ±0,01%) для оптимизации микроструктуры. Сочетание этих процессов и конструкций материалов позволяет цементированному карбиду удовлетворять разнообразные промышленные потребности, такие как высокопроизводительные инструменты в области авиации (срок службы более 5000 часов, погрешность ±500 часов), ударопрочные сверла в горнодобывающей промышленности (ударная прочность более 10^{6} раз, погрешность ±10^{5} раз) и прецизионное изготовление форм (точность обработки менее 0,1 мкм, погрешность ±0,01 мкм). Для точной оценки распределения размера зерен и его влияния на производительность требуются передовые аналитические методы, включая сканирующую электронную микроскопию (СЭМ, разрешение менее 0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм), рентгеновскую дифракцию (XRD, точность измерения размера зерен ±0,01 мкм) и ряд стандартизированных испытаний производительности (таких как ASTM E92 и G65) для обеспечения надежности и согласованности данных.

В этом разделе будет систематически изучаться, как размер зерна существенно влияет на

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

производительность твердого сплава в различных сценариях применения через взаимодействие между микроструктурой и макропроизводительностью с четырех аспектов: ультратонкий/нанотвердый сплав (размер зерна менее 0,5 микрона), мелкозернистый твердый сплав (размер зерна от 0,5 микрона до 2 микрон), средне/крупнозернистый твердый сплав (размер зерна от 2 микрон до 10 микрон) и распределение размера зерна и регулирование производительности. Анализ каждой части будет глубоко анализировать процесс подготовки, механизм материала, факторы влияния, стратегию оптимизации и инженерное применение, и стремиться предоставить читателям всестороннюю теоретическую поддержку и практическое руководство.

10.3.1 Сверхтонкий/наноспеченный карбид (<0,5 мкм)

Сверхтонкий/нанотвердый сплав характеризуется размером зерна менее 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм). Этот чрезвычайно малый размер зерна приводит к значительному увеличению плотности границ зерен (более 10^{14} м$^{-2}$, погрешность ± 10^{13} м$^{-2}$) , что приводит к значительному увеличению твердости (более HV 2400, погрешность ± 50) и вязкости (более 12 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ± 0,5). Превосходные свойства этого материала делают его особенно подходящим для высокоточной обработки (точность обработки менее 0,1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) и изготовления микродеталей (срок службы более 10^{4} часов, погрешность ± 10^{3} часов). Однако из-за чрезвычайно мелкого размера зерна техническая сложность процесса приготовления существенно возрастает, и для эффективного контроля роста и агрегации зерен с целью обеспечения однородности и стабильности материала требуются передовые технологии искрового плазменного спекания (SPS) и добавление ингибиторов (таких как VC и Cr_3C_2) .

В этом разделе подробно обсуждается процесс подготовки, эксплуатационные преимущества и конкретные применения, а также проводится глубокий анализ технических характеристик, механизма производительности и практического потенциала применения сверхтонкого/нанотвердого сплава в промышленности. Цель этого раздела — предоставить ценную справочную информацию для исследователей и инженеров в смежных областях посредством систематических исследований по оптимизации процесса подготовки и улучшению производительности.

10.3.1.1 Процесс приготовления ультратонкого/нанотвердого сплава (SPS, ингибитор VC/ Cr_3C_2)

Обзор основных принципов и технологий производства сверхтонкого/нанотвердого сплава.

Получение сверхтонкого/нанотвердого сплава основано на технологии искрового плазменного спекания (SPS), которая работает в диапазоне температур от 1450°C до 1600°C (погрешность ±10°C) и условиях давления от 50 МПа до 100 МПа (погрешность ±1 МПа). По сравнению с традиционными методами спекания, SPS обеспечивает быстрый нагрев (скорость нагрева превышает 100 °C/минуту, погрешность ±10 °C/минуту) за счет подачи импульсного тока (сила тока превышает 1000 ампер, погрешность ±100 ампер), что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

значительно сокращает время спекания (менее 10 минут, погрешность ±1 минута), тем самым эффективно подавляя рост зерен (скорость роста зерен составляет менее 10^{-3} микрон/секунду, погрешность $\pm 10^{-4}$ микрон/секунду). Кроме того, добавление ингибиторов, таких как VC (содержание от 0,2% до 1%, погрешность ±0,01%) и Cr_3C_2 (содержание от 0,5% до 2%, погрешность ±0,01%), дополнительно снижает скорость диффузии материала (менее 10^{-12} см²/с, погрешность $\pm 10^{-13}$ см²/с) за счет осаждения мельчайших частиц (размером около 0,05 мкм, погрешность ±0,01 мкм) на границах зерен, гарантируя, что размер зерна останется на нанометровом уровне.

Для проверки эффекта подготовки и точности контроля размера зерна требуются различные передовые методы характеризации, включая сканирующую электронную микроскопию (СЭМ, разрешение менее 0,1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) для наблюдения микроскопической морфологии, просвечивающую электронную микроскопию (ПЭМ, разрешение менее 0,01 мкм, погрешность ± 0,001 мкм) для детального анализа структуры границ зерен и рентгеновскую дифракцию (РДА, точность измерения размера зерна ± 0,01 мкм) для количественного анализа кристаллической структуры. Например, в сплаве WC6Co0,5VC образец, полученный методом SPS-спекания при температуре 1450°C (погрешность ± 10°C), имеет размер зерна 0,3 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) и плотность более 99,5% (погрешность ± 0,1%), что в полной мере демонстрирует эффективность и точность процесса SPS.
Механизм и анализ ультратонкого/нанотвердого сплава

Эффект быстрого уплотнения процесса SPS (плотность превышает 99,5%, погрешность ± 0,1%) в основном обусловлен локальной областью высокой температуры (более 2000 °C, погрешность ± 50 °C) и плазменной активацией (напряженность электрического поля превышает 10 В/мм, погрешность ± 1 В/мм), эти условия значительно способствуют связыванию между частицами WC (энергия интерфейса составляет около 1 джоуля/квадратный метр, погрешность ± 0,1 джоуля/квадратный метр). В то же время VC и Cr_3C_2 осаждают мельчайшие частицы на границе зерен посредством химической реакции, и уравнение реакции имеет вид:

$$VC \rightarrow V + C \text{ (析出温度 } 1200^{\circ}C \pm 10^{\circ}C)$$

Эти осажденные фазы (размер около 0,05 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) снижают скорость роста зерна примерно на 50% (погрешность ± 5%) через механизм закрепления границ зерен, эффективно поддерживая размер зерна в наномасштабе. Кроме того, Cr_3C_2 дополнительно снижает пористость в материале (пористость менее 0,1%, погрешность ± 0,02%) за счет улучшения смачиваемости фазы Co (угол контакта менее 10 градусов, погрешность ± 1 градус), тем самым улучшая плотность и механические свойства материала.

С помощью анализа SEM распределение зерен образца WC6Co0.5VC показало высокую степень однородности (отклонение менее 0,1%, ошибка ± 0,02%), а TEM дополнительно подтвердил распределение фазы преципитатов VC (расстояние около 0,1 мкм, ошибка ± 0,01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

мкм), доказав ключевую роль ингибиторов в контроле границ зерен. Результаты испытаний EDS также показывают, что ингибиторы равномерно распределены в материале (отклонение менее 0,1%, ошибка ± 0,02%), обеспечивая гарантию стабильности характеристик. Однако, когда размер зерна превышает 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), твердость материала снизится примерно на 10% (погрешность ± 2%), что указывает на то, что контроль размера зерна является основной проблемой оптимизации характеристик.

Анализ факторов, влияющих на сверхтонкий/наноспеченный карбид

На эффект подготовки и конечные характеристики сверхтонкого/наноспеченного карбида влияет множество факторов, и наилучшего баланса необходимо достичь путем точной регулировки параметров процесса:

Температура спекания SPS

При контроле температуры на уровне 1450°C (погрешность ±10°C) размер зерна может быть стабилизирован на уровне менее 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм); но когда температура превышает 1600°C (погрешность ±10°C), размер зерна увеличивается примерно на 20% (погрешность ±3%), что тесно связано с термически активированным ростом зерен.

Содержание ингибитора

При содержании VC 0,5% (погрешность ± 0,01%) эффект измельчения зерна является оптимальным; но когда содержание превышает 1% (погрешность ± 0,01%), прочность снизится примерно на 10% (погрешность ± 2%), что может быть связано с концентрацией напряжений на границах зерен, вызванной чрезмерным количеством ингибиторов.

Оказать давление

В диапазоне давлений от 50 МПа до 100 МПа (погрешность ±1 МПа) плотность материала может достигать более 99,5% (погрешность ±0,1%); если давление ниже 50 МПа (погрешность ±1 МПа), пористость увеличится примерно на 5% (погрешность ±1%), что отразится на плотности материала.

Размер порошка сырья

Если начальный размер частиц порошка составляет менее 0,2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), эффект управления зерном лучше; если размер частиц превышает 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), размер зерна увеличится примерно на 15% (погрешность ± 3%), что связано с равномерной дисперсией порошка.

Время спекания

Если время спекания контролируется в пределах от 5 до 10 минут (погрешность ±1 минута), размер зерна остается стабильным; если оно превышает 15 минут (погрешность ±1 минута), размер зерна увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), что указывает на то, что слишком длительное время приведет к росту зерна.

Если взять в качестве примера WC6Co1VC, то из-за высокого содержания VC (1% ± 0,01%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

прочность материала снизилась до 10 МПа·м ^{1} / ^{2} (погрешность ± 0,5), что говорит о необходимости оптимизации соотношения добавления ингибитора для баланса твердости и прочности.

Стратегия оптимизации сверхтонкого/нанотвердого сплава

Для достижения размера зерна менее 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) и плотности более 99,5% (погрешность ± 0,1%) рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Оптимизация параметров процесса

При использовании процесса SPS температура спекания была установлена на уровне 1450 °C (погрешность ±10 °C), приложенное давление составило 80 МПа (погрешность ±1 МПа), а время спекания контролировалось в пределах от 5 до 10 минут (погрешность ±1 минута) для обеспечения двойного контроля размера зерна и плотности.

Оптимизация ингибитора

Содержание VC регулируется в пределах от 0,2% до 0,5% (погрешность ± 0,01%), а содержание Cr_3C_2 регулируется в пределах от 0,5% до 1% (погрешность ± 0,01%) для достижения наилучшего сочетания закрепления границ зерен и смачиваемости.

Контроль порошка

Выбирайте исходный порошок с начальным размером частиц менее 0,2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) и обеспечьте чистоту выше 99,9% (погрешность ± 0,1%), чтобы уменьшить влияние примесей на рост зерна.

Защита атмосферы

Спекание осуществляется в вакуумной среде при давлении ниже 10^{-2}Па (±10^{-3} Па) для предотвращения окисления и загрязнения, что обеспечивает высокую чистоту материала.

Технические характеристики теста

Размер зерна измеряли с помощью СЭМ и ТЭМ, а распределение зерна анализировали с использованием стандарта ASTM E112 для проверки эффекта оптимизации.

Например, сплав WC6Co0.5VC был спечен при температуре 1450 °C (погрешность ±10 °C) методом SPS, при этом размер зерна достиг 0,3 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а твердость достигла HV 2450 (погрешность ±50), что полностью подтвердило эффективность вышеуказанной стратегии оптимизации.

Процесс SPS в сочетании с технологией ингибиторов **в производстве сверхтонких/нанотвердых сплавов**
хорошо зарекомендовал себя в различных высокоточных сценариях, включая:

Прецизионная подготовка инструмента

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сплав WC6Co0.5VC (размер зерна 0,3 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет твердость HV 2450 (погрешность ±50) и срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов), что делает его особенно подходящим для задач обработки, требующих высокой точности резания.

Производство микроформ

Сплав $WC8Co0.5Cr_3C_2$ (плотность более 99,5%, погрешность ±0,1%) имеет точность обработки менее 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и срок службы более 10^5 раз (погрешность $\pm 10^4$ раз), что соответствует сложным требованиям литья микродеталей.

Электронные упаковочные материалы

Сплав WC6Co0.2VC (размер зерна 0,2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) обладает превосходной износостойкостью и скоростью износа всего 0,02 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Широко используется при упаковке высоконадежных электронных компонентов.

Эти приложения в полной мере демонстрируют, что процесс SPS и технология ингибиторов позволяют эффективно достигать точного контроля сверхтонких зерен и значительно улучшать комплексные характеристики материалов.

10.3.1.2 Преимущества сверхтонкого/наноспеченного карбида: твердость HV>2400, прочность>12 МПа·м $^{1/2}$

Обзор основных принципов и технологий сверхтонкого/нанотвердого сплава

Сверхтонкий/нанотвердый сплав имеет размер зерна менее 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а плотность границ его зерен значительно улучшена (более 10^{14} м$^{-2}$, погрешность $\pm 10^{13}$ м$^{-2}$), благодаря чему его твердость достигает HV 2400 (погрешность ±50), ударная вязкость превышает 12 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), а износостойкость также превосходна (скорость износа менее 0,03 мм³/Н · м, погрешность ±0,01 мм³/Н · м). Высокая твердость в основном обусловлена эффектом упрочнения границ зерен, в то время как улучшение вязкости обусловлено тем, что мелкие зерна уменьшают длину пути распространения трещин (менее 0,05 мм, погрешность ±0,01 мм), тем самым повышая устойчивость материала к разрушению. Такое сочетание свойств делает его особенно подходящим для таких сложных применений, как высокоточная обработка (шероховатость поверхности Ra менее 0,01 мкм , погрешность ±0,001 мкм) и производство микродеталей (срок службы более 10^4 часов, погрешность $\pm 10^3$ часов).

Для полной оценки этих свойств необходимы стандартизированные методы испытаний, включая испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, испытательная нагрузка 10 кг, погрешность ± 0,1 кг), испытание на трещиностойкость (ISO 28079, точность измерения ± 0,5 МПа·м $^{1/2}$) и испытание на износостойкость (ASTM G99, испытательная нагрузка 10 Ньютон, погрешность ± 0,1 Ньютон). Возьмем в качестве примера сплав WC6Co0.5VC: размер его зерна составляет 0,3 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), твердость достигает HV 2450 (погрешность ± 50), прочность составляет 13 МПа·м$^{1/2}$ (погрешность ± 0,5), а скорость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL：0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

износа составляет всего 0,02 мм³/Н·м (погрешность ± 0,01 мм³/Н·м), что в полной мере демонстрирует превосходные эксплуатационные характеристики сверхтонкого/нанотвердого сплава.

Сверхтонкий/нанотвердый сплав

тесно связан с уменьшением размера зерна. Эта связь может быть описана уравнением Холла-Петча:

$$H = H_0 + k \cdot d^{-1/2}$$

Где H0 представляет собой твердость матрицы (приблизительно HV 1000, ошибка ±50), k - коэффициент упрочнения (приблизительно 500 МПа·мкм $^{1/2}$, ошибка ±50 МПа·мкм $^{1/2}$) , а $_d$ - размер зерна (например, 0,3 мкм, ошибка ±0,01 мкм). При уменьшении размера зерна до 0,3 мкм (ошибка ±0,01 мкм) твердость может быть увеличена до HV 2450 (ошибка ±50) благодаря увеличению количества границ зерен и увеличению плотности дислокаций. Увеличение вязкости происходит за счет эффекта скольжения границ зерен (плотность границ зерен превышает 10^{14} м$^{-2}$, погрешность ±10^{13} м$^{-2}$) , которое может поглощать внешнюю энергию (более 60 джоулей/м2, погрешность ±5 джоулей/м2), тем самым снижая скорость роста трещин примерно на 30% (погрешность ±5%). Кроме того, сетчатая структура фазы Co (объемная доля 6%, погрешность ±1%) обеспечивает необходимую пластическую поддержку в материале, сохраняя вязкость выше 12 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5).

С помощью анализа SEM распределение зерен сплава WC6Co0.5VC является высокооднородным (отклонение менее 0,1%, погрешность ±0,02%), а распределение фазы Co относительно непрерывным (охват более 95%, погрешность ±2%). TEM дополнительно подтвердил четкость структуры границ зерен (ширина менее 0,01 мкм , погрешность ±0,001 мкм), что обеспечивает микроскопическую основу для высокой прочности. Испытания на износостойкость показывают, что скорость износа сплава составляет всего 0,02 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что значительно лучше, чем у мелкозернистого сплава WC6Co (размер зерна 0,5 мкм , погрешность ± 0,01 мкм , скорость износа 0,04 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Однако, когда размер зерна превышает 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), твердость снизится примерно на 10% (погрешность ±2%), а ударная вязкость снизится примерно на 5% (погрешность ±1%), что говорит о том, что точный контроль размера зерна имеет решающее значение.

Анализ факторов, влияющих на сверхтонкий/наноспеченный карбид

На эксплуатационные характеристики сверхтонкого/наноспеченного карбида влияют многие факторы, и баланс производительности должен быть достигнут за счет оптимизации процесса и состава:

Размер зерна

При размере зерна в диапазоне от 0,2 мкм до 0,3 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) твердость может стабилизироваться выше HV 2400 (погрешность ± 50); но если он превышает 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), твердость снизится примерно на 10% (погрешность ± 2%), что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

связано с ослаблением упрочнения границ зерен.

Содержимое

Если содержание Co контролируется в пределах от 6% до 8% (погрешность ±1%), то ударная вязкость может поддерживаться выше 12 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5); но если оно превышает 10% (погрешность ±1%), то твердость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с размягчающим эффектом фазы Co.

Добавление ингибитора

При содержании VC 0,5% (погрешность ± 0,01%) показатели твердости оптимальны; но если оно превышает 1% (погрешность ± 0,01%), вязкость снизится примерно на 10% (погрешность ± 2%), что может быть вызвано чрезмерным содержанием ингибиторов, приводящим к напряжению на границах зерен.

Процесс спекания

При использовании процесса SPS и контроле температуры 1450°C (погрешность ±10°C) производительность превосходна; при использовании обычного процесса спекания размер зерна увеличится примерно на 20% (погрешность ±3%), что повлияет на свойства материала.

Внешние нагрузки

Если скорость резания превышает 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), износостойкость становится исключительной; однако, если количество ударов превышает 10 ^{5} раз (погрешность ±10 ^{4} раз), прочность необходимо дополнительно оптимизировать, чтобы адаптировать ее к условиям высоких напряжений.

На примере WC10Co0.5VC из-за высокого содержания Co (10% ± 1%) твердость падает до HV 2300 (погрешность ± 50), что свидетельствует о том, что чрезмерное увеличение содержания Co ослабит эффект упрочнения границ зерен.

Для достижения твердости, превышающей HV 2400 (погрешность ±50), и вязкости, превышающей 12 МПа·м ^{1} / ^{2} (погрешность ±0,5), рекомендуются следующие стратегии оптимизации **:**

Контроль размера зерна

Благодаря процессу SPS и ингибиторам VC/Cr_3C_2 размер зерна контролируется в пределах от 0,2 мкм до 0,3 мкм (погрешность ±0,01 мкм) для максимального усиления эффекта упрочнения границ зерен.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается в пределах от 6% до 8% (±1%) для достижения наилучшего баланса между твердостью и прочностью.

Оптимизация ингибитора: содержание VC было скорректировано до 0,2% - 0,5% (погрешность ± 0,01%), а содержание Cr_3C_2 было скорректировано до 0,5% - 1%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ± 0,01%) для оптимизации закрепления границ зерен и смачиваемости.

Обработка поверхности

Благодаря процессу прецизионной полировки шероховатость поверхности можно контролировать до Ra менее 0,01 мкм (погрешность ± 0,001 мкм), а скорость износа можно снизить примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Технические характеристики теста

Твердость проверяется в соответствии со стандартом ASTM E92, вязкость разрушения проверяется в соответствии со стандартом ISO 28079, а износостойкость проверяется в соответствии со стандартом ASTM G99 для обеспечения точности данных.

Например, твердость сплава WC6Co0.5VC (размер зерна 0,3 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигает HV 2450 (погрешность ±50), а ударная вязкость — 13 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что полностью подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

Применение сверхтонкого/нанотвердого сплава в машиностроении

Сверхтонкий/нанотвердый сплав обладает превосходной твердостью и прочностью и хорошо работает во многих высокоточных приложениях, включая:

Точные инструменты

Сплав WC6Co0.5VC (твердость HV 2450, погрешность ±50) имеет точность резки менее 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов), что особенно подходит для сложной обработки в авиационной и электронной промышленности.

Микроформа

Сплав WC8Co0.5Cr $_3$ C $_2$ (прочность 13 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) имеет срок службы более 10 ^{5} раз (погрешность ±10 ^{4} раз), что соответствует требованиям точности литья микродеталей.

Электронные компоненты

Сплав WC6Co0.2VC (скорость износа 0,02 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет шероховатость поверхности Ra менее 0,01 мкм (погрешность ±0,001 мкм) и отличную износостойкость. Широко используется в высоконадежной электронной упаковке.

Эти применения в полной мере демонстрируют, что сверхмелкозернистый твердый сплав может достигать как высокой твердости, так и прочности, что значительно повышает его конкурентоспособность в области высокоточного производства.

10.3.1.3 Применение сверхтонкого/наноспеченного карбида: прецизионные инструменты и микрообработка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Основные принципы и обзор технологии

Сверхтонкий/нанотвердый сплав (размер зерна менее 0,5 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) имеет широкий спектр применения в области прецизионных инструментов и микрообработки благодаря своей твердости, превышающей HV 2400 (погрешность ± 50), превосходной износостойкости (скорость износа менее 0,03 мм³/Н·м, погрешность ± 0,01 мм³/Н·м) и превосходному качеству поверхности (шероховатость поверхности Ra менее 0,01 мкм, погрешность ± 0,001 мкм). Эти инструменты могут поддерживать высокую точность (точность обработки менее 0,1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) при скоростях резания более 1000 м/мин (погрешность ± 10 м/мин), а его высокая плотность границ зерен (более 10^{14} м$^{-2}$, погрешность ± 10^{13} м$^{-2}$) обеспечивает термическую и механическую стабильность материала. Сценарии применения включают электронную промышленность (срок службы пресс-формы превышает 10^{5} раз, погрешность ± 10^{4} раз), производство медицинских приборов (точность обработки менее 0,05 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) и авиационную сферу (срок службы инструмента превышает 5000 часов, погрешность ± 500 часов).

Для проверки его эксплуатационных характеристик требуются испытания на резку (ISO 3685, точность измерения ±0,01 мм), измерение шероховатости поверхности (ISO 4287, точность измерения ±0,001 мкм) и испытания на износостойкость (ASTM G99, точность измерения ±0,01 мм³ / Н · м). Если взять в качестве примера сплав WC6Co0.5VC, то его размер зерна составляет 0,3 мкм (погрешность ±0,01 мкм), срок службы при резании превышает 5000 часов (погрешность ±500 часов), а шероховатость поверхности Ra составляет менее 0,01 мкм (погрешность ±0,001 мкм), что в полной мере демонстрирует его преимущества при высокоточной обработке.

Механизм и анализ сверхтонкого/нанотвердого сплава

Мелкие зерна (размер 0,3 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) значительно повышают твердость (достигая HV 2450, погрешность ± 50) за счет механизма упрочнения границ зерен (плотность границ зерен превышает 10^{14} м$^{-2}$, погрешность ± 10^{13} м$^{-2}$) , одновременно уменьшая зону термического влияния во время резки (менее 0,05 мм, погрешность ± 0,01 мм). Фаза Co (содержание 6%, погрешность ± 1%) образует в материале непрерывную сеть, обеспечивая необходимую прочность (прочность 13 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ± 0,5), эффективно предотвращая скалывание инструмента при высокоскоростном резании (глубина скалывания менее 0,01 мм, погрешность ± 0,001 мм). Низкая скорость износа (0,02 мм³/Н·м, погрешность ± 0,01 мм³/Н·м) обусловлена равномерным распределением зерен (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%), а процесс полировки поверхности (Ra менее 0,01 мкм , погрешность ± 0,001 мкм) дополнительно снижает коэффициент трения (менее 0,3, погрешность ± 0,05), тем самым повышая долговечность инструмента.

С помощью анализа SEM морфология износа сплава WC6Co0.5VC после резки однородна (глубина износа менее 0,01 мм, погрешность ± 0,001 мм), а тест EDS подтверждает равномерное распределение фазы Co (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%). Результаты теста на резку показывают, что срок службы сплава превышает 5000 часов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ± 500 часов), что значительно лучше по сравнению с мелкозернистым сплавом WC6Co (зерно 0,5 мкм , погрешность ± 0,01 мкм , срок службы 4000 часов, погрешность ± 500 часов). Однако, когда размер зерна превышает 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), скорость скалывания увеличивается примерно на 15% (погрешность ± 3%), что говорит о том, что контроль размера зерна является ключом к оптимизации применения.

Анализ факторов, влияющих на сверхтонкий/наноспеченный карбид

Эффект применения сверхтонкого/наноспеченного карбида ограничивается многими факторами, и производительность необходимо улучшить путем оптимизации процесса и условий использования:

Размер зерна

При размере зерна в диапазоне от 0,2 мкм до 0,3 мкм (погрешность ±0,01 мкм) точность обработки оптимальна, если же она превышает 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), то шероховатость поверхности Ra увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

Если содержание Co контролируется на уровне 6–8% (погрешность ±1%), то противосколочные свойства превосходны; но если оно превышает 10% (погрешность ±1%), скорость износа увеличится примерно на 15% (погрешность ±3%).

Обработка поверхности

Если шероховатость поверхности контролируется до Ra менее 0,01 мкм (погрешность ± 0,001 мкм) путем полировки, срок службы инструмента может быть увеличен примерно на 20% (погрешность ± 3%); если шероховатость превышает 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), скорость износа увеличится примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Скорость резки

При скорости резания более 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин) сплав WC6Co0.5VC показывает хорошие результаты; однако если скорость резания ниже 500 м/мин (погрешность ±10 м/мин), его эксплуатационные характеристики существенно снижаются.

Материал заготовки

Для твердосплавных деталей с твердостью более HV 1000 (погрешность ±50) износостойкость выдающаяся, однако для мягких материалов преимущество в производительности может оказаться избыточным.

Если взять в качестве примера WC10Co0.5VC, то из-за высокого содержания Co (10% ± 1%) точность резки снизилась до 0,2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), что свидетельствует о том, что оптимизация содержания Co имеет решающее значение для точности.

Стратегия оптимизации сверхтонкого/нанотвердого сплава

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Для достижения точности обработки менее 0,1 микрона (погрешность ±0,01 микрона) и срока службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов) рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Контроль размера зерна

Благодаря процессу SPS и ингибитору VC размер зерна контролируется в пределах от 0,2 мкм до 0,3 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), что обеспечивает высокую точность и износостойкость.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается в пределах от 6% до 8% (±1%) для предотвращения скалывания и сохранения прочности.

Оптимизация поверхности

Благодаря прецизионному процессу полировки шероховатость поверхности контролируется до Ra менее 0,01 мкм (погрешность ± 0,001 мкм), а коэффициент трения снижается до менее 0,3 (погрешность ± 0,05).

Помощь при нанесении покрытия

Нанесение покрытия TiAlN (толщина 2 мкм, допуск ±0,1 мкм) может увеличить срок службы инструмента примерно на 30% (допуск ±5%).

Технические характеристики испытаний: Испытания на резку проводились в соответствии со стандартом ISO 3685, а шероховатость поверхности измерялась в соответствии со стандартом ISO 4287 для проверки эффекта оптимизации.

Например, сплав WC6Co0.5VC (шероховатость поверхности Ra менее 0,01 мкм , погрешность ±0,001 мкм) имеет точность резки менее 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов), что в полной мере демонстрирует успешность стратегии оптимизации.

Применение сверхтонкого/нанотвердого сплава в машиностроении

Сверхтонкий/нанотвердый сплав хорошо себя проявляет в следующих сценариях высокоточной микрообработки:

Инструменты для обработки пресс-форм полупроводников

Сплав WC6Co0.5VC (твердость HV 2450, погрешность ±50) имеет точность обработки менее 0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и срок службы более 10^5 раз (погрешность ±10^4 раз), что соответствует сверхвысоким требованиям точности полупроводниковой промышленности.

Инструменты для обработки медицинского оборудования

Сплав $WC8Co0.5Cr_3C_2$ (шероховатость поверхности Ra менее 0,01 мкм , погрешность ±0,001 мкм) имеет точность резки менее 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов), что подходит для медицинского производства с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

высокой степенью чистоты.

Инструменты для обработки авиационных деталей

Сплав WC6Co0.2VC (скорость износа 0,02 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов) и хорошо зарекомендовал себя при высокоскоростной резке в авиационной отрасли.

Эти применения в полной мере демонстрируют, что сверхмелкозернистый твердый сплав стал основным материалом в области высокоточной микрообработки благодаря своим превосходным эксплуатационным характеристикам, а перспективы его развития заслуживают дальнейшего изучения и оптимизации.

10.3.2 Мелкозернистый твердый сплав

Мелкозернистый твердый сплав характеризуется размером зерна в диапазоне от 0,5 мкм до 2 мкм (допуск ± 0,01 мкм), что позволяет ему достичь хорошего баланса между твердостью (HV 1800-2200, допуск ± 30) и вязкостью (10-15 МПа·м ¹ / ² , допуск ± 0,5), имея при этом умеренную износостойкость (скорость износа 0,04-0,06 мм ³ /Н · м, допуск ± 0,01 мм ³ /Н · м). Такое сочетание свойств делает его особенно подходящим для общего резания (срок службы инструмента превышает 4000 часов, допуск ± 500 часов) и изготовления износостойких деталей (срок службы превышает 10 ⁵ раз, допуск ± 10 ⁴ раз). Процесс получения мелкозернистого твердого сплава является относительно зрелым, обычно с использованием технологии жидкофазного спекания, при этом температура спекания контролируется на уровне 1450°C (погрешность ±10°C). Себестоимость его производства низкая (менее 10 долл. США/кг, погрешность ±0,5 долл. США/кг), что дает ему значительные экономические преимущества и широкие перспективы применения в промышленном производстве.

В этом разделе будет проведен подробный анализ с двух сторон: эксплуатационных характеристик и конкретных применений, а также будут глубоко изучены преимущества мелкозернистого цементированного карбида в твердости, прочности и износостойкости, а также его практическая ценность применения в области общей резки и износостойких деталей. Благодаря систематическому изучению технологии подготовки, механизма производительности и сценариев применения этот раздел направлен на предоставление комплексной технической поддержки и практического руководства для инженеров и исследователей в смежных областях.

10.3.2.1 Эксплуатационные характеристики мелкозернистого твердого сплава: твердость HV 1800-2200

Основные принципы и технический обзор мелкозернистого твердого сплава

Мелкозернистый твердый сплав характеризуется размером зерна от 0,5 мкм до 2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) и достигает твердости в диапазоне от HV 1800 до 2200

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ± 30) за счет механизма упрочнения границ зерен (плотность границ зерен составляет около 10 ¹³ м⁻ ², погрешность ± 10 ¹² м⁻ ²) . Среди них Co в качестве связующей фазы (содержание 6% - 15%, погрешность ± 1%) обеспечивает прочность (10-15 МПа·м ¹ / ² , погрешность ± 0,5) за счет своей способности к пластической деформации, в то время как износостойкость материала остается на умеренном уровне (скорость износа 0,04-0,06 мм ³ /Н · м, погрешность ± 0,01 мм ³ /Н · м). Эта эксплуатационная характеристика делает его особенно подходящим для резки со средней скоростью (скорость резки 500-1000 м/мин, погрешность ± 10 м/мин) и деталей, используемых в условиях средней нагрузки (долговечность более 10 ⁵ раз, погрешность ± 10 ⁴ раз), удовлетворяя различные промышленные потребности с учетом твердости и прочности.

Для точной оценки его характеристик требуются стандартизированные методы испытаний, включая испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, испытательная нагрузка 10 кг, погрешность ± 0,1 кг), испытание на трещиностойкость (ISO 28079, точность измерения ± 0,5 МПа·м¹ / ²) и испытание на износостойкость (ASTM G65, испытательная нагрузка 130 Ньютон, погрешность ± 1 Ньютон). Если взять в качестве примера сплав WC10Co, то его размер зерна составляет 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), твердость достигает HV 2000 (погрешность ± 30), ударная вязкость составляет 12 МПа·м¹ /² (погрешность ± 0,5), а скорость износа составляет около 0,05 мм³/Н·м (погрешность ± 0,01 мм³/Н·м), что в полной мере отражает сбалансированные характеристики мелкозернистого твердого сплава.

Механизм и анализ мелкозернистого твердого сплава

Твердость мелкозернистого твердого сплава в основном определяется размером зерна. Эта зависимость может быть описана уравнением Холла-Петча:

$$H = H_0 + k \cdot d^{-1/2}$$

Где H0 представляет собой твердость матрицы (около HV 1000, ошибка ±50), k - коэффициент упрочнения (около 500 МПа·мкм ¹ / ² , ошибка ±50 МПа·мкм ¹ / ²) , a d - размер зерна (например, 1 мкм, ошибка ±0,01 мкм). Когда размер зерна составляет 1 мкм (ошибка ±0,01 мкм), твердость может быть стабилизирована на уровне HV 2000 (ошибка ±30) благодаря увеличению количества границ зерен и увеличению плотности дислокаций. Фаза Co (содержание 10%, погрешность ±1%) поглощает внешнюю энергию (более 50 джоулей/м2, погрешность ±5 джоулей/м2) посредством пластической деформации (удлинение около 1%, погрешность ±0,1%), благодаря чему ударная вязкость достигает 12 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5). Кроме того, скорость износа сохраняется на уровне 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что обусловлено равномерностью распределения границ зерен (отклонение менее 0,1%, погрешность ±0,02%) и непрерывностью сетки Co (покрытие более 95%, погрешность ±2%).

С помощью анализа SEM распределение зерен сплава WC10Co является высокооднородным (отклонение менее 0,1%, ошибка ±0,02%), а распределение фазы Co относительно непрерывно (охват превышает 95%, ошибка ±2%). Тест EDS дополнительно подтвердил

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

равномерное распределение содержания Co (отклонение менее 0,1%, ошибка ±0,02%). Тест на износостойкость показывает, что при размере зерна 1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа стабильна на уровне 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м); но когда размер зерна превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается примерно на 10% (погрешность ±2%), что связано с ослаблением упрочнения границ зерен. Прочность увеличивается с увеличением содержания Co. При содержании Co 15% (погрешность ±1%) вязкость может быть увеличена до 15 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5), однако это также приведет к снижению твердости, что говорит о необходимости оптимизации между твердостью и вязкостью.

Анализ факторов, влияющих на мелкозернистый твердый сплав

На эксплуатационные характеристики мелкозернистого твердого сплава влияет совокупность факторов, и наилучший баланс эксплуатационных характеристик должен быть достигнут путем оптимизации параметров процесса и разработки состава:

Размер зерна

При размере зерна в диапазоне от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) твердость может стабилизироваться выше HV 2000 (погрешность ± 30); но если он превышает 2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), твердость снизится примерно на 10% (погрешность ± 2%), что тесно связано с ослаблением упрочнения границ зерен.

Содержимое

При содержании Co 10% (погрешность ±1%) вязкость достигает 12 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5); но если оно превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с разупрочняющим эффектом фазы Co.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) плотность материала может достигать более 99,5% (погрешность ±0,1%); но если температура превысит 1500°C (погрешность ±10°C), размер зерна увеличится примерно на 15% (погрешность ±3%), что отразится на твердости.

Добавление ингибитора

Добавление 0,2% (погрешность ±0,01%) ВК может эффективно стабилизировать размер зерна; без ингибиторов размер зерна увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), что показывает важность ингибиторов в контроле зерна.

Внешние нагрузки

Если скорость резания находится в диапазоне 500–1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), производительность сбалансирована; но если она превышает 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), скорость износа увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), и необходимо скорректировать условия эксплуатации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Возьмем в качестве примера WC15Co: размер его зерна составляет 2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а твердость падает до HV 1800 (погрешность ± 30), что указывает на то, что чрезмерное увеличение размера зерна и содержания Co приведет к снижению твердости.

Для достижения твердости, превышающей HV 2000 (погрешность ±30), и вязкости, превышающей 12 МПа·м ¹ / ² (погрешность ±0,5), рекомендуются следующие стратегии **оптимизации :**

Контроль размера зерна

Добавляя ингибитор VC, можно контролировать размер зерна до 0,5–1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) для максимального усиления эффекта упрочнения границ зерен.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается в пределах от 8% до 12% (±1%) для достижения наилучшего баланса между твердостью и прочностью.

Оптимизация процесса спекания: был принят процесс спекания в жидкой фазе, температура спекания была установлена на уровне 1450°C (погрешность ±10°C), а приложенное давление составляло 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности, превышающей 99,5% (погрешность ±0,1%).

Обработка поверхности

Благодаря процессу прецизионной полировки шероховатость поверхности можно контролировать до уровня менее Ra 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а скорость износа можно снизить примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Технические характеристики теста

Твердость проверяется в соответствии со стандартом ASTM E92, а вязкость разрушения — в соответствии со стандартом ISO 28079 для обеспечения точности данных.

Например, твердость сплава WC10Co (размер зерна 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигает HV 2000 (погрешность ±30), а ударная вязкость — 12 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5), что полностью подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

Мелкозернистый твердый сплав в машиностроении

Мелкозернистый твердый сплав хорошо себя проявляет во многих общих сценариях благодаря сбалансированным эксплуатационным характеристикам и ценовым преимуществам, включая:

Обычная резка: сплав WC10Co (твердость HV 2000, допуск ±30) имеет срок службы более 4000 часов (допуск ±500 часов), особенно подходит для среднескоростной резки стали и чугуна.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкие детали

Сплав WC12Co (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет срок службы более 10 ⁵ раз (погрешность ±10 ⁴ раз) и широко используется в износостойких вкладышах и изнашиваемых деталях.

Механическое уплотнение

Сплав WC8Co (прочность 12 МПа·м¹ / ², погрешность ±0,5) имеет шероховатость поверхности Ra менее 0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и отличную износостойкость, что делает его пригодным для изготовления насосов, клапанов и уплотнений.

Эти области применения в полной мере демонстрируют, что мелкозернистый твердый сплав стал идеальным выбором в общих сценариях благодаря своим превосходным эксплуатационным характеристикам и низкой стоимости, а его сфера применения и рыночный потенциал заслуживают дальнейшего изучения.

10.3.2.2 Применение мелкозернистого твердого сплава: режущие и износостойкие детали общего назначения

Основные принципы и технический обзор мелкозернистого твердого сплава

Мелкозернистый твердый сплав (размер зерна от 0,5 мкм до 2 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) имеет широкий спектр применения при изготовлении режущих инструментов общего назначения и износостойких деталей благодаря диапазону твердости HV от 1800 до 2200 (погрешность ± 30), прочности 10-15 МПа·м¹ /² (погрешность ± 0,5) и умеренной износостойкости (скорость износа 0,04-0,06 мм³/Н·м, погрешность ± 0,01 мм³/Н·м). Эти инструменты могут сохранять высокую производительность при скоростях резания 500-1000 м/мин (погрешность ± 10 м/мин) и имеют срок службы более 4000 часов (погрешность ± 500 часов), при этом срок службы износостойких деталей может достигать более 10 ⁵ раз (погрешность ± 10 ⁴ раз). Кроме того, мелкозернистый цементированный карбид имеет низкую себестоимость производства (менее 10 долл. США/кг, с погрешностью ±0,5 долл. США/кг) и легко масштабируется (годовой выпуск превышает 10 ⁴ кг, с погрешностью ±10 ³кг/год), что делает его обладающим значительными экономическими преимуществами в промышленных применениях.

Для проверки его эксплуатационных характеристик требуются испытания на резку (ISO 3685, точность измерения ±0,01 мм), испытания на износостойкость (ASTM G65, точность измерения ±0,01 мм³ / Н · м) и испытания на усталостную прочность (ASTM E466, точность измерения ±10 ⁴ раз). Если взять в качестве примера сплав WC10Co, то его размер зерна составляет 1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), срок службы при резке превышает 4000 часов (погрешность ±500 часов), а скорость износа составляет около 0,05 мм³ / Н · м (погрешность ±0,01 мм³ / Н · м), что в полной мере демонстрирует его превосходные характеристики при общей резке.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Механизм и анализ мелкозернистого твердого сплава

Размер зерна мелкозернистого твердого сплава составляет 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), что обеспечивает твердость HV 2000 (погрешность ± 30) за счет механизма упрочнения границ зерен, в то время как фаза Co (содержание 10%, погрешность ± 1%) обеспечивает ударную вязкость (ударная вязкость 12 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ± 0,5) за счет пластической деформации, эффективно снижая скорость роста трещин (менее 10^{-3} мм/с, погрешность ± 10^{-4} мм/с). Скорость износа поддерживается на уровне 0,05 мм³/Н·м (погрешность ± 0,01 мм³/Н·м), что обусловлено равномерностью распределения границ зерен (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%) и эффектом снижения трения за счет процесса полировки поверхности (шероховатость поверхности Ra менее 0,05 мкм, погрешность ± 0,01 мкм).

С помощью анализа SEM морфология износа сплава WC10Co после резки однородна (глубина износа менее 0,05 мм, погрешность ± 0,01 мм), а тест EDS подтверждает равномерное распределение фазы Co (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%). Результаты теста на резку показывают, что срок службы сплава WC10Co превышает 4000 часов (погрешность ± 500 часов), что значительно лучше по сравнению с крупнозернистым сплавом WC10Co (зерно 3 мкм, погрешность ± 0,01 мкм, срок службы 3000 часов, погрешность ± 500 часов). Это показывает, что мелкозернистая структура имеет очевидные преимущества в продлении срока службы и повышении износостойкости.

Анализ факторов, влияющих на мелкозернистый твердый сплав

Эффект применения мелкозернистого твердого сплава ограничивается многими факторами, и его производительность необходимо улучшать за счет оптимизации процесса и корректировки условий использования:

Размер зерна

Если размер зерна находится в диапазоне от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), срок службы инструмента велик; но если он превышает 2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), скорость износа увеличится примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Содержимое

Если содержание Co составляет 10% (погрешность ±1%), прочность отличная; но если оно превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что повлияет на производительность резки.

Обработка поверхности

Если шероховатость поверхности контролируется до Ra менее 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) с помощью полировки, срок службы инструмента может быть увеличен примерно на 15% (погрешность ± 3%); если шероховатость превышает 0,1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), скорость износа увеличится примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Скорость резки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

В диапазоне скоростей резания 500-1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин) производительность сбалансирована, но если она превышает 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), скорость износа увеличится примерно на 15% (погрешность ±3%).

Материал заготовки

При обработке стали (твердость HV менее 500, погрешность ±50) производительность отличная, но для заготовок из твердого сплава требуется сверхмелкозернистая структура для повышения износостойкости.

Если взять в качестве примера сплав WC15Co, то его размер зерна составляет 2 микрона (погрешность ± 0,01 микрона), а срок службы режущего инструмента снижается до 3500 часов (погрешность ± 500 часов), что свидетельствует о том, что чрезмерное увеличение размера зерна и содержания Co приведет к снижению производительности.

Для достижения срока службы резания более 4000 часов (погрешность ±500 часов) и скорости износа менее 0,06 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м) рекомендуются следующие стратегии **оптимизации :**

Контроль размера зерна

Благодаря процессу жидкофазного спекания размер зерна контролируется в пределах от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), что обеспечивает высокую твердость и износостойкость.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается в пределах от 8% до 12% (±1%) для обеспечения баланса твердости и прочности.

Оптимизация поверхности

Благодаря процессу прецизионной полировки шероховатость поверхности можно контролировать до Ra менее 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а скорость износа можно снизить примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Помощь при нанесении покрытия

Нанесение покрытия TiN (толщина 2 мкм, допуск ± 0,1 мкм) может увеличить срок службы инструмента примерно на 20% (допуск ± 3%).

Технические характеристики теста

Испытания на режущую способность проводились в соответствии со стандартом ISO 3685, а испытания на износостойкость проводились в соответствии со стандартом ASTM G65 для подтверждения эффекта оптимизации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Например, стойкость сплава WC10Co (размер зерна 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм , шероховатость поверхности Ra менее 0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) превышает 4000 часов (погрешность ±500 часов), что в полной мере демонстрирует успешность стратегии оптимизации.

Мелкозернистый твердый сплав в машиностроении

Мелкозернистый твердый сплав хорошо себя проявляет в следующих общих сценариях резания и износостойкости:

Мелкозернистые твердосплавные токарные инструменты

Сплав WC10Co (твердость HV 2000, допуск ±30) имеет стойкость более 4000 часов (допуск ±500 часов) и особенно подходит для общей токарной обработки стали и чугуна.

Износостойкая мелкозернистая карбидная футеровка

Сплав WC12Co (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет срок службы более 10^{5} раз (погрешность ±10^{4} раз) и широко применяется в износостойких деталях в горнодобывающей и строительной промышленности.

Детали насоса и клапана из мелкозернистого карбида

Сплав WC8Co (прочность 12 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ±0,5) имеет шероховатость поверхности Ra менее 0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и превосходную износостойкость, что делает его пригодным для производства насосов и клапанов в химической и нефтяной промышленности.

Эти области применения в полной мере демонстрируют, что мелкозернистый твердый сплав стал идеальным материалом для общего режущего и износостойкого производства деталей благодаря своим сбалансированным характеристикам, низкой стоимости и высокой эффективности производства, а сфера его применения и рыночный потенциал заслуживают дальнейшего расширения.

10.3.3 Средне/крупнозернистый твердый сплав

Средне-/крупнозернистый цементированный карбид характеризуется размером зерна от 2 мкм до 10 мкм (погрешность ± 0,01 мкм). Этот более крупный размер зерна придает ему высокую прочность (более 20 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ± 0,5), в то время как его твердость относительно низкая (HV 1300-1800, погрешность ± 30), но его ударопрочность превосходна (более 10^{6} раз, погрешность ± 10^{5} раз), что делает его особенно подходящим для горнодобывающей промышленности (например, срок службы буровых долот более 10^{4} часов, погрешность ± 10^{3} часов) и производства тяжелого инструмента (например, ударопрочность более 10^{6} раз, погрешность ± 10^{5} раз). Процесс приготовления средне-/крупнозернистого твердого сплава относительно прост, обычно с использованием технологии спекания в диапазоне температур от 1450°C до 1500°C (погрешность ±10°C) и низкой себестоимостью

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

производства (менее 8 долл. США/кг, погрешность ±0,5 долл. США/кг), что делает его значительно экономически эффективным и практичным в областях, требующих высокой прочности и ударопрочности.

В этом разделе будут подробно обсуждаться два аспекта оптимизации прочности и конкретные приложения, а также будет проведен глубокий анализ технических характеристик и преимуществ средне-/крупнозернистого цементированного карбида в конструкции с высокой прочностью, механизме производительности и горнодобывающем и тяжелом инструменте. Цель этого раздела — предоставить комплексные технические ссылки и практическое руководство для инженеров и исследователей в смежных областях посредством систематического изучения процессов подготовки, влияющих факторов и стратегий оптимизации.

10.3.3.1 Оптимизация прочности средне- и крупнозернистого твердого сплава

Средне/крупнозернистый цементированный карбид основные принципы и технический обзор

Средне/крупнозернистый цементированный карбид характеризуется размером зерна от 2 мкм до 10 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и значительно повышает прочность (более 20 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) за счет более высокого содержания Co (от 15% до 20%, погрешность ±1%) и большего размера зерна. Хотя его твердость составляет от HV 1300 до 1800 (погрешность ±30), что ниже, чем у мелкозернистых или ультрамелкозернистых сплавов, он обладает чрезвычайно высокой ударопрочностью (более 10^6 раз, погрешность $\pm10^5$ раз), что делает его особенно подходящим для сценариев с высокими ударными нагрузками, таких как горнодобывающие сверла и ковочные штампы. Больший размер зерна (например, 5 мкм, погрешность ±0,01 мкм) приводит к меньшей плотности границ зерен (приблизительно 10^{12} м$^{-2}$, погрешность $\pm10^{11}$ м$^{-2}$), что снижает твердость, но значительно повышает сопротивление материала распространению трещин, благодаря чему он хорошо работает при высоких нагрузках.

Для точной оценки его прочности и ударных свойств требуются стандартизированные методы испытаний, включая испытание на вязкость разрушения (ISO 28079, точность измерения ±0,5 МПа·м $^{1/2}$), испытание на удар (ASTM E23, точность измерения $\pm10^4$ раз) и испытание на твердость (ASTM E92, испытательная нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг). Если взять в качестве примера сплав WC20Co, то его размер зерна составляет 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), прочность достигает 22 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), твердость составляет HV 1400 (погрешность ±30), а ударная вязкость превышает 10^6 раз (погрешность $\pm10^5$ раз), что в полной мере демонстрирует превосходные характеристики средне-/крупнозернистого цементированного карбида в конструкции высокой прочности.

Механизм и анализ

средне-/крупнозернистого цементированного карбида Прочность средне-/крупнозернистого

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

цементированного карбида в основном определяется пластической деформационной способностью фазы Co и размером зерна. Эта связь может быть описана следующим механизмом: $K_{Ic} \propto f_{Co} \cdot d^{1/2}$

Где d — размер зерна (например, 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм), a fCo - объемная доля Co (например, 20%, ±1%). Сетка Co (объемная доля 20%, ±1%) поглощает энергию удара (более 100 Дж/м2, погрешность ±10 Дж/м2) благодаря своей высокой пластичности (удлинение около 1%, ±0,1%), что приводит к ударной вязкости 22 МПа·м ¹ / ² (погрешность ±0,5). Однако по мере увеличения размера зерна твердость уменьшается, поскольку упрочнение границ зерен ослабевает, и когда размер зерна составляет 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), твердость стабилизируется на уровне HV 1400 (погрешность ±30).

С помощью анализа SEM распределение зерен сплава WC20Co является высокооднородным (отклонение менее 0,1%, ошибка ±0,02%), а распределение фазы Co относительно непрерывно (охват превышает 95%, ошибка ±2%), что обеспечивает микроскопическую основу для высокой вязкости. Тестирование EDS дополнительно подтвердило равномерное распределение содержания Co (отклонение менее 0,1%, ошибка ±0,02%). Испытания на ударопрочность показывают, что ударопрочность сплава WC20Co превышает 10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз), что значительно улучшено по сравнению с мелкозернистым сплавом WC10Co (зерно 1 мкм, ошибка ± 0,01 мкм , ударопрочность 10 ⁵ раз, ошибка ±10 ⁴ раз). Это показывает, что больший размер зерна и более высокое содержание Co играют ключевую роль в улучшении ударопрочности.

Анализ факторов, влияющих на средне-/крупнозернистый твердый сплав

На прочность средне-/крупнозернистого твердого сплава влияет совокупность факторов, и наилучший баланс характеристик должен быть достигнут путем оптимизации параметров процесса и разработки состава:

Размер зерна

При размере зерна в диапазоне от 5 до 10 мкм (погрешность ±0,01 мкм) вязкость может стабилизироваться на уровне более 20 МПа·м¹ /² (погрешность ±0,5); если же он меньше 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), вязкость снизится примерно на 20% (погрешность ±3%), что связано с увеличением плотности границ зерен.

Содержимое

При содержании Co 20% (погрешность ±1%) вязкость оптимальна; но если оно ниже 15% (погрешность ±1%), вязкость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с дефицитом сетки Co.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) плотность материала может достигать более 99,5% (погрешность ±0,1%); но если температура превысит 1500°C

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ±10°C), сегрегация фазы Co увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), что повлияет на ударную вязкость.

Содержание углерода

Если отклонение содержания углерода контролируется на уровне ±0,1% (погрешность ±0,01%), вязкость остается стабильной; если оно слишком низкое (ниже 0,2%, погрешность ±0,01%), образование η-фазы приведет к снижению вязкости примерно на 20% (погрешность ±3%).

Частота удара

Если число ударов превышает 10^{6} ($\pm 10^{5}$) , сплав WC20Co показывает хорошие результаты; однако, если число ударов меньше 10^{5} ($\pm 10^{4}$) , более подходящими могут оказаться мелкозернистые сплавы.

Если взять в качестве примера WC15Co, то размер его зерна составляет 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а ударная вязкость падает до 15 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что указывает на то, что недостаточный размер зерна и содержание Co ослабят ударную вязкость.

Для достижения прочности более 20 МПа·м ^{1} / ^{2} (допуск ±0,5) и твердости более HV 1400 (допуск ±30) рекомендуются следующие стратегии оптимизации **:**

Контроль размера зерна

Размер зерна контролируется в пределах от 5 до 10 микрон (допуск ± 0,01 микрона) без использования ингибиторов, что позволяет в полной мере использовать более крупные зерна для повышения прочности.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается на уровне 15–20% (погрешность ±1%) для повышения ударопрочности и прочности материала.

Оптимизация процесса спекания: Процесс спекания был принят с температурой 1450°C (погрешность ±10°C) и приложенным давлением 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности более 99,5% (погрешность ±0,1%).

Контроль содержания углерода

Поддерживайте отклонение содержания углерода менее ±0,1% (погрешность ±0,01%), чтобы избежать образования η-фазы.

Технические характеристики теста

Для испытания на вязкость разрушения использовался стандарт ISO 28079, а для испытания ударных свойств с целью подтверждения эффекта оптимизации — стандарт ASTM E23.

Например, прочность сплава WC20Co (размер зерна 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

достигает 22 МПа·м¹ /² (погрешность ±0,5), а твердость — 1400 HV (погрешность ±30), что полностью подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

инженерные применения

/ крупнозернистый цементированный карбид хорошо себя проявляет в различных условиях высоких ударных нагрузок благодаря своей высокой прочности и ударопрочности, в том числе:

Средне-/крупнозернистые твердосплавные горнодобывающие буровые коронки: сплав WC20Co (прочность 22 МПа·м ¹/ ², погрешность ±0,5) с ударопрочностью более 10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз) и сроком службы более 10 ⁴ часов (погрешность ±10 ³ часов), особенно подходят для бурения скальных пород.

Средне-/крупнозернистые твердосплавные штампы: сплав WC15Co (твердость HV 1400, допуск ±30) со сроком службы более 10 4 часов (допуск ±10 3 часа), отвечающие требованиям ударопрочности тяжелой ковки.

Средне/крупнозернистый карбидный вкладыш для тяжелых условий эксплуатации: сплав WC20Co (ударная стойкость превышает 10 ⁶ раз, погрешность ±10 ⁵ раз) с интенсивностью износа около 0,08 мм³/Н · м (погрешность ±0,01 мм³/Н · м). Умеренная износостойкость подходит для тяжелых условий эксплуатации.

Эти области применения в полной мере демонстрируют, что средне- и крупнозернистый твердый сплав является идеальным выбором для условий с высокими ударными нагрузками благодаря своей высокой прочности и низкой стоимости, а его потенциал применения заслуживает дальнейшего развития.

10.3.3.2 Средне-/крупнозернистый твердый сплав Применение: горнодобывающие и тяжелонагруженные инструменты

Средне- и крупнозернистый твердый сплав. Основные принципы и технический обзор.

Средне- и крупнозернистый твердый сплав (размер зерна от 2 мкм до 10 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) показал широкие перспективы применения при изготовлении горнодобывающих буровых коронок (срок службы более 10 ⁴ часов, погрешность ± 10 ³ часов) и тяжелого инструмента (например, кузнечно-прессового и дробильного оборудования) благодаря своей высокой прочности (более 20 МПа · м ¹/², погрешность ± 0,5) и отличной ударопрочности (более 10 ⁶ раз, погрешность ± 10 ⁵ раз). Диапазон его твердости умеренный: от HV 1300 до 1800 (погрешность ± 30), себестоимость производства низкая (менее 8 долл. США/кг, погрешность ± 0,5 долл. США/кг), и его легко наладить в крупномасштабном производстве (годовой объем производства превышает 10 4 кг, погрешность ± 10 3 кг/год), что обеспечивает значительные экономические преимущества в тяжелой промышленности.

Для проверки его эксплуатационных характеристик требуются ударные испытания (ASTM E23, точность измерения ±10 ⁴ раз), испытания на износостойкость (ASTM G65, точность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

измерения ±0,01 мм³/Н·м) и испытания на усталостную прочность (ASTM E466, точность измерения ±10 ⁴ раз). Если взять в качестве примера сплав WC20Co, то его размер зерна составляет 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), ударопрочность превышает 10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз), а скорость износа составляет около 0,08 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что в полной мере демонстрирует его превосходные характеристики в условиях высоких нагрузок.

Механизм и анализ средне/крупнозернистого цементированного карбида

Размер зерна средне/крупнозернистого цементированного карбида составляет 5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) в сочетании с содержанием Co 20% (погрешность ± 1%) обеспечивает высокую вязкость (вязкость 22 МПа·м¹ / ², погрешность ± 0,5), эффективно снижая скорость роста трещин (менее 10 ⁻ ³ мм/с, погрешность ± 10 ⁻ ⁴ мм/с). Твердость сохраняется на умеренном уровне HV 1400 (погрешность ± 30), а износостойкость немного плохая (скорость износа 0,08 мм³/Н·м, погрешность ± 0,01 мм³/Н·м), что связано с большим размером зерна, снижающим плотность границ зерен. С помощью анализа SEM длина трещины сплава WC20Co после удара мала (менее 0,1 мм, погрешность ± 0,01 мм), а тестирование EDS подтверждает равномерное распределение фазы Co (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%). Испытания на ударопрочность показывают, что ударопрочность сплава WC20Co превышает 10 ⁶ раз (погрешность ± 10 ⁵ раз), что значительно лучше, чем у мелкозернистого сплава WC10Co (размер зерна 1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм , ударопрочность 10 ⁵ раз, погрешность ± 10 ⁴ раз).

Анализ факторов, влияющих на средне-/крупнозернистый твердый сплав

Эффект применения средне-/крупнозернистого твердого сплава ограничивается многими факторами, и его производительность необходимо улучшать за счет оптимизации процесса и корректировки условий использования:

Размер зерна

Если размер зерна находится в диапазоне от 5 мкм до 10 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), ударопрочность оптимальна; если же он меньше 2 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), ударопрочность снизится примерно на 20% (погрешность ± 3%).

Содержимое

Если содержание Co составляет 20% (погрешность ±1%), вязкость отличная; но если оно ниже 15% (погрешность ±1%), вязкость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%).

Состояние поверхности

Если шероховатость поверхности контролируется до Ra менее 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) путем полировки, срок службы может быть увеличен примерно на 10% (погрешность ±2%); если шероховатость превышает 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличится примерно на 15% (погрешность ±3%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ударная вязкость

Если число ударов превышает 10^6 ($\pm10^5$) , сплав WC20Co показывает хорошие результаты; однако, если оно меньше 10^5 ($\pm10^4$) , более подходящими могут оказаться мелкозернистые сплавы.

Факторы окружающей среды

В среде, содержащей песчаник (содержание SiO_2 более 50%, погрешность ±5%), скорость износа увеличивается примерно на 10% (погрешность ±2%).

Если взять в качестве примера WC15Co, то его размер зерна составляет 2 микрона (погрешность ±0,01 микрона), а ударопрочность снижается до 5×10^5 раз (погрешность $\pm10^4$ раз), что указывает на то, что недостаточный размер зерна ослабит ударопрочность.

Стратегия оптимизации для средне/крупнозернистого твердого сплава

Для достижения ударопрочности более 10^6 раз (погрешность $\pm10^5$ раз) и прочности более 20 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5) рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Контроль размера зерна

Размер зерна контролируется в пределах от 5 до 10 микрон (допуск ± 0,01 микрона) для оптимизации прочности и ударопрочности.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается на уровне 15–20% (±1%) для повышения ударопрочности.

Оптимизация процесса спекания

Процесс спекания был принят с температурой 1450°C (погрешность ±10°C) и приложенным давлением 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности более 99,5% (погрешность ±0,1%).

Оптимизация поверхности

Благодаря процессу прецизионной полировки шероховатость поверхности можно контролировать до уровня менее 0,1 мкм Ra (погрешность ± 0,01 мкм), а скорость износа можно снизить примерно на 10% (погрешность ± 2%).

Технические характеристики теста

Испытание на удар проводилось в соответствии со стандартом ASTM E23, а испытания на износостойкость проводились в соответствии со стандартом ASTM G65 для подтверждения эффекта оптимизации.

Например, сплав WC20Co (размер зерна 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет ударопрочность более 10^6 раз (погрешность $\pm10^5$ раз), что в полной мере демонстрирует успешность стратегии оптимизации.

Средне-/крупнозернистый твердый сплав для машиностроения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Средне- и крупнозернистый твердый сплав отлично подходит для следующих горнодобывающих и тяжелых условий эксплуатации:
Средне-/крупнозернистые твердосплавные горнодобывающие буровые коронки: сплав WC20Co (прочность 22 МПа·м $^{1/2}$, допуск ±0,5) со сроком службы более 10^4 часов (допуск $\pm10^3$ часов), особенно подходят для работ по бурению скальных пород с высокими ударными нагрузками.

Головка молотка дробления из средне-/крупнозернистого карбида: сплав WC15Co (ударная прочность превышает 10^6 раз, погрешность $\pm10^5$ раз) со сроком службы более 10^4 часов (погрешность $\pm10^3$ часов), что соответствует высоким требованиям к дробильному оборудованию.

Средне-/крупнозернистый твердосплавный инструмент для проходки тоннелей: сплав WC20Co (скорость износа 0,08 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) обладает превосходной ударопрочностью и подходит для проходки тоннелей и горных работ .

Эти области применения в полной мере демонстрируют, что средне- и крупнозернистый твердый сплав стал идеальным материалом для горнодобывающей промышленности и производства тяжелого инструмента благодаря своей высокой прочности, ударопрочности и низкой стоимости, а перспективы его применения заслуживают дальнейшего изучения.

10.3.4 Распределение размера зерна и контроль производительности твердого сплава

Распределение размера зерен твердого сплава может значительно улучшить комплексные характеристики материала за счет бимодальной структуры (комбинация мелких и крупных зерен) и оптимизации градиента, включая твердость (HV 1800-2400, погрешность ±30), вязкость (K_1 с 10-20 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) и износостойкость (скорость износа 0,03-0,06 мм ^{3} /Н · м, погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м). Этот контроль распределения основан на точных процессах подготовки, таких как технология послойного спекания (диапазон температур от 1450°C до 1600°C, погрешность ±10°C) и передовые методы микроскопического анализа (такие как СЭМ/ТЭМ, разрешение менее 0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм), чтобы удовлетворить разнообразные потребности в композитных материалах в области инструментов, форм и т. д. Такая структурная конструкция эффективно уравновешивает твердость и прочность за счет оптимизации распределения зерен, значительно улучшая долговечность и область применения материала.

В этом разделе будет проведен подробный анализ с двух сторон: бимодальная структура зерна и градиентное зерно, а также будет изучен механизм регулирования его производительности и преимущества в практическом применении. С помощью систематического изучения процесса подготовки, микроскопического механизма и инженерного применения этот раздел направлен на предоставление теоретической

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

поддержки и практического руководства для техников в смежных областях.

10.3.4.1 Двухпиковая структура зерен твердого сплава (мелкое зерно + крупное зерно)

Основные принципы и обзор технологии

Бимодальная структура зерна твердого сплава достигается путем объединения мелких зерен (от 0,5 мкм до 1 мкм , погрешность ± 0,01 мкм) и крупных зерен (от 5 мкм до 10 мкм, погрешность ± 0,01 мкм). Мелкозернистая часть обеспечивает высокую твердость (HV 2000-2400, погрешность ± 30) за счет упрочнения границ зерен, в то время как крупнозернистая часть повышает прочность (K_1 с 15-20 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ± 0,5) за счет мостиков фазы Co, а износостойкость поддерживается на умеренном уровне (скорость износа 0,04-0,06 мм ^{3} /Н · м, погрешность ± 0,01 мм ^{3} /Н · м). Эта структура изготавливается путем поэтапного смешивания (размер частиц мелкого порошка менее 0,5 мкм, с погрешностью ±0,01 мкм; размер частиц крупного порошка более 5 мкм, с погрешностью ±0,01 мкм) и равномерно распределяется с использованием технологии спекания (температура 1450°C - 1500°C, с погрешностью ±10°C). Подходит для композитного инструмента (срок службы более 4000 часов, с погрешностью ±500 часов) и износостойких деталей (срок службы более 10 ^{5} раз, с погрешностью ±10 ^{4} раз).

Для точной оценки его характеристик требуются стандартизированные методы испытаний, включая испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, испытательная нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг), испытание на трещиностойкость (ISO 28079, точность измерения ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) и испытание на износостойкость (ASTM G65, точность измерения ±0,01 мм^3/Н·м). На примере сплава WC10Co его бимодальная структура содержит мелкие зерна размером 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и крупные зерна размером 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм) в соотношении 1:1, твердость HV 2100 (погрешность ±30) и вязкость 18 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что в полной мере отражает эксплуатационные преимущества бимодальной структуры.

Механизм и анализ бимодальной структуры зерен твердого сплава

Мелкозернистая часть (0,5 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) достигает упрочнения границ зерен за счет высокой плотности границ зерен (более 10 ^{13} м$^{-2}$, погрешность ± 10 ^{12} м$^{-2}$), а твердость достигает HV 2100 (погрешность ± 30), в то время как крупнозернистая часть (5 мкм, погрешность ± 0,01 мкм) повышает ударную вязкость (K_1 с 18 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ± 0,5) за счет мостикового эффекта фазы Co (объемная доля 10%, погрешность ± 1%). Бимодальная структура значительно снижает скорость роста трещин (менее 10 $^{-3}$мм /с, погрешность ± 10 $^{-4}$мм /с) за счет синергетического эффекта мелких и крупных зерен, а скорость износа стабилизируется на уровне 0,05 мм ^{3} /Н · м (погрешность ± 0,01 мм ^{3} /Н · м). Анализ SEM показывает, что мелкие и крупные зерна распределены равномерно (отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%), а сеть Co непрерывна (охват превышает 95%, погрешность ± 2%), что обеспечивает микроскопическую основу для оптимизации производительности. Тестирование EDS дополнительно подтверждает равномерность распределения Co

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(отклонение менее 0,1%, погрешность ± 0,02%).

Сравнительные испытания производительности показывают, что бимодальная структура имеет значительные преимущества в повышении вязкости по сравнению с однозернистой структурой (размер зерна 1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм , вязкость 12 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ± 0,5) благодаря вкладу вязкости крупнозернистой части и поддержке твердости мелкозернистой части.

Анализ факторов, влияющих на бимодальную структуру зерен твердого сплава

На характеристики бимодальной структуры зерен влияет множество факторов, и наилучший баланс характеристик должен быть достигнут путем оптимизации параметров процесса:

Соотношение мелкого и крупного зерна

При соотношении мелких зерен к крупным зеренам 1:1 характеристики сбалансированы; если соотношение мелких зерен превышает 2:1, прочность снизится примерно на 10% (погрешность ±2%), что может быть связано с недостаточным соотношением крупных зерен.

Содержимое

При содержании Co 10% (погрешность ±1%) прочность отличная; но если оно превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с размягчающим эффектом фазы Co.

Температура спекания

При температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) распределение зерен стабильно, но если она превышает 1500°C (погрешность ±10°C), размер крупного зерна увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), что повлияет на твердость.

Равномерность смешивания порошка

Если однородность смешивания превышает 95% (погрешность ±2%), производительность оптимальна; если она ниже 90% (погрешность ±2%), прочность снизится примерно на 10% (погрешность ±2%), что связано с неравномерным распределением зерен.

Внешние нагрузки

количество ударов превышает 10^5 раз (погрешность ±10^4 раз), прочность выдающаяся; когда скорость резания превышает 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), твердость становится ключевым фактором.

Возьмем в качестве примера бимодальный сплав WC15Co: его мелкое зерно составляет 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), крупное зерно — 10 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), соотношение составляет 2:1, а твердость падает до HV 1900 (погрешность ± 30), что указывает на то, что слишком высокое соотношение мелкого зерна ухудшит баланс производительности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Стратегия оптимизации бимодальной зернистой структуры твердого сплава

Для достижения твердости более HV 2000 (допуск ±30) и вязкости более 15 МПа·м $^{1/2}$ (допуск ±0,5) рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Контроль соотношения зерен

Размер мелкого зерна контролируется в диапазоне от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а размер крупного зерна контролируется в диапазоне от 5 мкм до 10 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а соотношение устанавливается равным 1:1 для баланса твердости и прочности.

Регулировка содержания

Содержание Co поддерживается в пределах от 8% до 12% (±1%) для достижения наилучшего сочетания твердости и прочности.

Оптимизация процесса спекания

Процесс спекания был принят с температурой 1450°C (погрешность ±10°C) и приложенным давлением 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности более 99,5% (погрешность ±0,1%).

Оптимизация процесса смешивания

Процесс шарового измельчения (время более 24 часов, погрешность ± 1 час) обеспечивает однородность смешивания порошка более 95% (погрешность ± 2%).

Технические характеристики теста

Твердость была проверена в соответствии со стандартом ASTM E92, а вязкость разрушения — в соответствии со стандартом ISO 28079 для подтверждения эффекта оптимизации.

Например, твердость сплава WC10Co (мелкое зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм ; крупное зерно 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигает HV 2100 (погрешность ±30), а ударная вязкость составляет 18 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что полностью подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

Инженерные применения двухмодальной зеренной структуры твердого сплава

Двухмодальная зеренная структура превосходна в следующих композитных сценариях:

Композитный режущий инструмент с двойной вершиной из твердого сплава

Сплав WC10Co (твердость HV 2100, допуск ±30) имеет срок службы более 4000 часов (погрешность ±500 часов) и особенно подходит для процессов резки, требующих высокой точности и высокой прочности.

Износостойкая матрица с двойной вершиной из твердого сплава

Сплав WC12Co (прочность 18 МПа·м^{1} / ^{2}, погрешность ±0,5) имеет срок службы более 10 ^{5}

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

раз (погрешность ±10 ⁴ раз), что соответствует требованиям износостойкости сложных пресс-форм.

Инструменты для бурения нефтяных скважин из карбида вольфрама с двойной зернистостью

Сплав WC10Co (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет ударопрочность более 10 ⁵ раз (погрешность ±10 ⁴ раз), что делает его пригодным для суровых условий бурения нефтяных скважин.

Эти примеры применения в полной мере демонстрируют, что бимодальная структура зерна значительно повышает конкурентоспособность твердого сплава в композитных материалах за счет баланса твердости и прочности.

10.3.4.2 Градиент зерен твердого сплава

Обзор основных принципов и технологии градиентных зерен твердого сплава

Структура градиентных зерен твердого сплава оптимизирована путем проектирования поверхностных мелких зерен (от 0,5 мкм до 1 мкм, погрешность ±0,01 мкм) и внутренних крупных зерен (от 5 мкм до 10 мкм, погрешность ±0,01 мкм), благодаря чему достигается высокая поверхностная твердость (HV 2000-2400, погрешность ±30) и высокая внутренняя вязкость (K_{1} с 15-20 МПа·м ¹ / ² , погрешность ±0,5), при сохранении износостойкости на умеренном уровне (скорость износа 0,04-0,06 мм ³ /Н · м, погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м). Такая структура обычно изготавливается методом послойного спекания (температура от 1450°C до 1600°C, допуск ±10°C) или методом цементации (градиент углерода ±0,1%, допуск ±0,01%) и подходит для высокопроизводительных инструментов (срок службы более 4000 часов, допуск ±500 часов) и форм (срок службы более 10 ⁵ раз, допуск ±10 ⁴ раз).

Для оценки его эксплуатационных характеристик используются стандартизированные методы испытаний, включая испытание на твердость по Виккерсу (ASTM E92, испытательная нагрузка 10 кг, погрешность ± 0,1 кг), испытание на вязкость разрушения (ISO 28079, точность измерения ± 0,5 МПа·м¹ / ²) и испытание на износостойкость (ASTM G65, точность измерения ± 0,01 мм³/Н·м). Если взять в качестве примера сплав WC10Co, то его поверхностный размер зерна составляет 0,5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), внутренний размер зерна составляет 5 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), поверхностная твердость достигает HV 2200 (погрешность ± 30), внутренняя вязкость составляет 18 МПа·м¹ /² (погрешность ± 0,5), что отражает эксплуатационные преимущества градиентной структуры.

Механизм и анализ градиентных зерен цементированного карбида

Поверхностные мелкие зерна (0,5 мкм, погрешность ±0,01 мкм) достигают упрочнения границ зерен за счет высокой плотности границ зерен (более 10 ¹³ м⁻ ², погрешность ±10 ¹² м⁻ ²), а твердость достигает HV 2200 (погрешность ±30), в то время как внутренние крупные зерна (5 мкм, погрешность ±0,01 мкм) повышают ударную вязкость (K_{1} с 18 МПа·м¹ /²,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

погрешность ±0,5) за счет мостикового эффекта фазы Co (содержание 10%, погрешность ±1%). Градиентная структура снижает концентрацию напряжений (менее 100 МПа, погрешность ±10 МПа) за счет синергетического эффекта поверхностной твердости и внутренней прочности, а скорость износа стабилизируется на уровне 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Анализ SEM показал, что поверхностные зерна были равномерно распределены (отклонение менее 0,1%, погрешность ±0,02%), внутренняя сеть Co была непрерывной (покрытие превысило 95%, погрешность ±2%), а тестирование EDS подтвердило равномерное распределение градиентов Co и углерода (отклонение менее 0,1%, погрешность ±0,02%).

Сравнительные испытания производительности показывают, что градиентная структура имеет значительные преимущества как по твердости, так и по вязкости по сравнению с однородной зернистой структурой (размер зерна 1 мкм, погрешность ± 0,01 мкм , вязкость 12 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ± 0,5).

Анализ факторов, влияющих на градиентные зерна твердого сплава

На характеристики структур градиентных зерен влияет множество факторов, и наилучший баланс характеристик должен быть достигнут путем оптимизации параметров процесса:

Градиент зернистости

Наилучшие характеристики достигаются, когда поверхностные зерна составляют от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а внутренние зерна — от 5 мкм до 10 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если градиент слишком мал, прочность снизится примерно на 10 % (погрешность ±2 %).

Содержимое

При содержании Co 10% (погрешность ±1%) прочность отличная; но если оно превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снизится примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с размягчением фазы Co.

Температура спекания

При температуре спекания 1500°C (погрешность ±10°C) градиент зерен стабилен, но если она превышает 1600°C (погрешность ±10°C), размер зерен увеличится примерно на 10% (погрешность ±2%), что повлияет на твердость поверхности.

Градиент углерода

Если градиент углерода контролируется на уровне ±0,1% (погрешность ±0,01%), характеристики сбалансированы; если он превышает ±0,2% (погрешность ±0,01%), фаза η увеличивается примерно на 5% (погрешность ±1%), влияя на ударную вязкость.

Внешние нагрузки

При скоростях резания, превышающих 1000 м/мин (допуск ±10 м/мин), поверхностная твердость становится критически важной, в то время как внутренняя прочность становится

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

более важной, когда количество ударов превышает 10^5 раз ($\pm 10^4$ раз).

Если взять в качестве примера WC15Co, то его поверхностное зерно составляет 1 микрон (погрешность ±0,01 микрона), внутреннее зерно — 2 микрона (погрешность ±0,01 микрона), а прочность падает до 12 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что указывает на то, что недостаточный градиент снизит эксплуатационные характеристики.

Для достижения поверхностной твердости, превышающей HV 2000 (погрешность ±30), и внутренней вязкости, превышающей 15 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), рекомендуются следующие **стратегии оптимизации:**

Контроль зерна
Размер поверхностного зерна контролируется в пределах от 0,5 мкм до 1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), а внутренний размер зерна контролируется в пределах от 5 мкм до 10 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) для оптимизации твердости и прочности.

Регулировка содержания
Содержание Co поддерживается в пределах от 8% до 12% (±1%) для обеспечения баланса между твердостью поверхности и внутренней прочностью.

Оптимизация процесса спекания
Использовался процесс послойного спекания с температурой 1500°C (погрешность ±10°C) и приложенным давлением 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности более 99,5% (погрешность ±0,1%).

Контроль содержания углерода
Градиент углерода поддерживался на уровне ±0,1% (погрешность ±0,01%), чтобы избежать образования η-фазы.

Технические характеристики теста
Твердость была проверена в соответствии со стандартом ASTM E92, а вязкость разрушения — в соответствии со стандартом ISO 28079 для подтверждения эффекта оптимизации.

Например, поверхностная твердость сплава WC10Co (размер поверхностного зерна 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм ; внутренний размер зерна 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигла HV 2200 (погрешность ±30), а внутренняя вязкость составила 18 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5), что полностью подтвердило успешность стратегии оптимизации.

Применение градиентной зернистости в технике твердого сплава.
Градиентная зернистая структура хорошо работает в следующих высокопроизводительных сценариях:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокоскоростной инструмент

Сплав WC10Co (твердость поверхности HV 2200, допуск ±30) имеет ресурс резания более 4000 часов (допуск ±500 часов) и подходит для задач высокоскоростной резки.

Штамповочный штамп

Сплав WC12Co (внутренняя вязкость 18 МПа·м¹ / ², погрешность ±0,5) имеет срок службы более 10 ⁵ раз (погрешность ±10 ⁴ раз), что соответствует требованиям высокоударной штамповки.

Износостойкое покрытие подложки

Сплав WC10Co (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет адгезию более 50 МПа (погрешность ±5 МПа), что подходит для поддержки износостойких покрытий.

Эти примеры применения в полной мере демонстрируют, что градиентная структура зерна значительно повышает ценность применения твердого сплава в условиях сложных эксплуатационных требований за счет оптимизации поверхностной твердости и внутренней прочности.

10.4 Классификация по функции применения

Твердые сплавы классифицируются в соответствии с функциями их применения и отвечают конкретным потребностям путем оптимизации их свойств (таких как твердость HV 800-2500, погрешность ±30, вязкость K_1 с 8-25 МПа·м ¹/ ², погрешность ±0,5, износостойкость 0,02-0,1 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Классификация основана на химическом составе (WC, TiC , Co, Ni и т. д.), размере зерна (0,2–10 мкм , погрешность ±0,01 мкм) и процессе подготовки (температура спекания 1450–2000 °C, погрешность ±10 °C, давление 50–100 МПа, погрешность ±1 МПа) и подтверждена микроскопическим анализом (разрешение СЭМ <0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм , точность рентгеновской дифракции ±0,01 мкм) и эксплуатационными испытаниями (ASTM E92, G65). Его применение включает резку (срок службы > 10 часов, погрешность ± 1 час), износостойкость (> 10 ⁵ раз, погрешность ± 10 ⁴ раз), коррозионную стойкость (потеря веса < 0,1 мг/см² , погрешность ± 0,01 мг/см²) , высокие температуры (> 1000 °C, погрешность ± 10 °C) и многофункциональные сценарии (проводимость < 12 мкОм·см , погрешность ± 0,1 мкОм·см).

В этом разделе мы рассмотрим пять аспектов: твердый сплав для резки, твердый сплав для износостойкости, твердый сплав для коррозионной стойкости, твердый сплав для высоких температур и многофункциональный твердый сплав, а также систематически проанализируем механизм соответствия между функцией и применением.

10.4.1 Твердый сплав для резки

Режущий карбид характеризуется высокой твердостью (HV 1600-2000, погрешность ±30), отличной износостойкостью (скорость износа <0,06 мм³ / Н · м, погрешность ±0,01 мм³ / Н · м)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

и хорошей термической стабильностью (>800 °C, погрешность ±10 °C). Подходит для высокоскоростной резки (>1000 м/мин, погрешность ±10 м/мин), фрезерования и токарной обработки. Широко используется в авиации (срок службы инструмента >10 часов, погрешность ±1 час), автомобилестроении и машиностроении. Его производительность достигается за счет оптимизации размера зерна (0,5-2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) и содержания связующей фазы (Co 6%-10%, погрешность ±1%).

В этом разделе анализируются его технические характеристики по трем аспектам: классификация ISO, эксплуатационные требования и типичные марки.

10.4.1.1 Классификация ISO твердых сплавов для резки (классы P, M, K)

Классификация ISO твердого сплава для резки Основные принципы и технический обзор

Твердый сплав для резки делится на марки P (обработка стали), M (нержавеющая сталь/легированная сталь) и K (чугун/цветной металл) в соответствии со стандартом ISO 513. Химический состав оптимизируется в зависимости от материала заготовки и условий резания (скорость 500-1500 м/мин, погрешность ±10 м/мин). Марка P содержит TiC / TaC (5%-20%, погрешность ±0,1%) и обладает превосходной износостойкостью; марка M имеет высокое содержание Co (8%-12%, погрешность ±1%) и выдающуюся прочность; марка K имеет высокое содержание WC (>90%, погрешность ±1%) и высокую твердость (HV 1800-2000, погрешность ±30). Размер зерна контролируется на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) для обеспечения точности обработки (<0,1 мм, погрешность ±0,01 мм).

Методы испытаний включают испытания на резку (ISO 3685, точность ±0,01 мм), испытания на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, допуск ±0,1 кг) и испытания на износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³ / Н · м). Например, твердость P10 (WC8Co10TiC) составляет HV 1900 (допуск ±30), а скорость резания составляет до 1200 м/мин (допуск ±10 м/мин).
Механизм классификации ISO и анализ твердого сплава для резки

Марка P повышает твердость (HV 1900, погрешность ±30) за счет упрочнения твердого раствора TiC (постоянная решетки 4,3 Å, погрешность ±0,01 Å) и имеет высокую износостойкость (скорость износа <0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Марка M поглощает ударную нагрузку при резании (>50 Дж/м² , погрешность ±5 Дж/м²) за счет сетки Co (объемная доля 10, погрешность ±1%) и имеет прочность K_{1c}10-12 МПа ·м¹ /² (погрешность ±0,5). Класс K основан на высокой энергии связи WC (около 700 кДж/моль, погрешность ±10 кДж/моль) для обеспечения термической стабильности (>800°C, погрешность ±10°C). Анализ SEM показывает, что P10 имеет однородные зерна (0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм , отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), а EDS подтверждает, что TiC распределен равномерно (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%). Испытания на резку показывают, что P10 имеет срок службы >12 часов (погрешность ±1 час), что лучше, чем K20 (срок службы 10 часов, погрешность ±1 час).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

На анализ факторов, влияющих на режущую способность твердого сплава,
влияют следующие факторы:

Выбор класса
Марка P подходит для высокоскоростной резки (>1000 м/мин, погрешность ±10 м/мин); марка M подходит для случаев, когда требуются высокие показатели вязкости; марка K подходит для обработки чугуна.

Размер зерна
0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) обладает отличной износостойкостью; >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа увеличивается примерно на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое
6%-10% (погрешность ±1%): умеренная прочность; >12% (погрешность ±1%): твердость уменьшается примерно на 15% (погрешность ±3%).
покрытие
Срок службы покрытия TiAlN (толщина 2 мкм , погрешность ±0,1 мкм) увеличивается на 30% (погрешность ±5%).

Твердость заготовки
HV>1000 (погрешность ±50), марка P предпочтительнее; HV<500 (погрешность ±50), марка K применима.
Например, скорость износа стали марки M (WC12Co) при обработке быстрорежущей сталью увеличивается до 0,08 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Стратегия оптимизации резки твердого сплава
заключается в достижении скорости резки >1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин) и срока службы >10 часов (погрешность ±1 час). Рекомендации:

Соответствие бренда
P10 (сталь), M20 (нержавеющая сталь), K20 (чугун).
Контроль зерна: 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), с использованием ингибитора ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация сотрудничества
6%-10% (погрешность ±1%), баланс между твердостью и прочностью.

Процесс нанесения покрытия
CVD TiAlN (толщина 2-3 мкм , погрешность ±0,1 мкм), износостойкость увеличилась на 20% (погрешность ±3%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Технические характеристики теста

ИСО 3685

(резка), ASTM G99 (износ).

Например, срок службы P10 (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм , покрытие TiAlN) составляет >12 часов (погрешность ±1 час).

Инженерное применение твердого сплава для резки

Классы ISO превосходны в следующих случаях:

P-бренд

P10 (обработка стали, скорость 1200 м/мин, погрешность ±10 м/мин) срок службы>12 часов (погрешность ±1 час).

M-бренд

M20 (обработка нержавеющей стали, K_1 с 12 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) антискальзывающая, срок службы>10 часов (погрешность ±1 час).

K-бренд

K20 (обработка чугуна, твердость HV 1900, погрешность ±30) точность <0,1 мм (погрешность ±0,01 мм).

Эти примеры показывают, что классификации ISO точно соответствуют требованиям к резке.

10.4.1.2 Требования к производительности режущего твердого сплава (скорость резания > 1000 м/мин, срок службы > 10 часов)

Скорость резания твердого сплава для резки Основные принципы и технический обзор

Режущий твердый сплав для резки должен соответствовать высокоскоростной резке (>1000 м/мин, погрешность ±10 м/мин), длительному сроку службы (>10 часов, погрешность ±1 час) и высокой точности (<0,1 мм, погрешность ±0,01 мм). Основные требования включают твердость HV 1600-2000 (погрешность ±30), износостойкость (скорость износа <0,06 мм ^{3} /Н · м, погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м) и термостойкость (>800 °C, погрешность ±10 °C). Размер зерна контролируется в пределах 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), содержание Co составляет 6–10 % (погрешность ±1 %), и часто дополняется покрытием TiAlN (толщина 2–3 мкм , погрешность ±0,1 мкм).

Методы испытаний включают испытание на резку (ISO 3685, точность ±0,01 мм), испытание на износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм^3 / Н · м) и испытание на тепловой удар (ISO 1832, точность ±10°C). Например, P10 (WC8Co10TiC, зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет скорость резки 1200 м/мин (погрешность ±10 м/мин) и срок службы 12 часов (погрешность ±1 час).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Режущий карбид Скорость резания Механизм и анализ

Твердость HV 1900 (допуск ±30) обусловлена упрочнением мелкозернистой структуры (плотность границ зерен>10^{13} $м^{-2}$, погрешность ±10^{12} $м^{-2}$), износостойкость (скорость износа <0,06 $мм^3$ /Н · м, погрешность ±0,01 $мм^3$ /Н · м) обусловлена покрытием TiC (твердость>HV 2000, погрешность ±50) и TiAlN (коэффициент трения <0,3, погрешность ±0,05). Co (8%, погрешность ±1%) обеспечивает прочность (K_1 с 10 МПа·$м^{1/2}$, погрешность ±0,5) и предотвращает скалывание (<0,01 мм, погрешность ±0,001 мм). Термическая стабильность гарантируется WC (температура разложения>2000°C, погрешность ±50°C) и TiAlN (температура окисления>1000°C, погрешность ±10°C). Анализ SEM показал, что P10 был равномерно изношен после резки (глубина <0,01 мм, погрешность ±0,001 мм), а EDS подтвердил, что TiC был равномерно распределен (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%). Испытания на резку показали, что P10 имел срок службы >12 часов (погрешность ±1 час) при 1200 м/мин (погрешность ±10 м/мин).

Анализ факторов, влияющих на скорость резания твердосплавных пластин,
определяется следующими факторами:

Скорость резки

>1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин) требуется поддержка покрытия; предпочтительна твердость <500 м/мин (погрешность ±10 м/мин).

Размер зерна

0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) обладает отличной износостойкостью; >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Содержимое

6%-10% (погрешность ±1%) противорежущая кромка; >12% (погрешность ±1%) твердость снижается на 10% (погрешность ±2%).

Толщина покрытия

2-3 мкм (погрешность ±0,1 мкм) срок службы увеличивается на 30% (погрешность ±5%); >5 мкм (погрешность ±0,1 мкм) скорость отслаивания увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Материал заготовки

Для стали (HV>1000, погрешность ±50) предпочтительнее P10, для чугуна больше подходит K20.

Например, срок службы K20 (зерно 2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) при обработке быстрорежущей стали сокращается до 8 часов (погрешность ±1 час).

Стратегия оптимизации скорости резания твердого сплава

заключается в достижении скорости>1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин) и срока

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

службы>10 часов (погрешность ±1 час). Рекомендуется:

Контроль зерна

0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), с использованием ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация сотрудничества

6%-10% (погрешность ±1%), сбалансированная прочность.

покрытие

TiAlN (2-3 мкм , погрешность ±0,1 мкм), износостойкость увеличилась на 20% (погрешность ±3%).

Обработка кромок

Радиус пассивации составляет <0,01 мм (погрешность ±0,001 мм), а скорость скалывания кромки снижается на 15% (погрешность ±3%).

Технические характеристики теста

ISO 3685 (резка), ASTM G99 (износ).

Например, срок службы P10 (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм , покрытие TiAlN) составляет >12 часов (погрешность ±1 час).

Режущий карбид Применение в машиностроении для измерения скорости резки

Режущий карбид хорошо работает в следующих сценариях:

Обработка авиационных деталей

P10 (скорость 1200 м/мин, погрешность ±10 м/мин) точность <0,1 мм (погрешность ±0,01 мм), срок службы >12 часов (погрешность ±1 час).

Обработка коленчатого вала автомобиля

M20 (K_1 с 12 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ±0,5) срок службы>10 часов (погрешность ±1 час).

Обработка чугуна: K20 (твердость HV 1900, допуск ±30) скорость износа <0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Эти применения демонстрируют, что высокая производительность соответствует требованиям высокоскоростной резки.

10.4.1.3 Типичные марки: P10, K20 (твердость HV 1600-2000)

Основные принципы и технический обзор

P10 (WC8Co10TiC) и K20 (WC6Co) являются типичными режущими марками с твердостью HV 1600-2000 (погрешность ±30), отличной износостойкостью (скорость износа <0,06 мм³ / Н · м, погрешность ±0,01 мм³ / Н · м) и термостойкостью (>800°C, погрешность ±10°C). P10 подходит для обработки стали (скорость>1000 м/мин, погрешность ±10 м/мин), а K20

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

подходит для обработки чугуна/цветных металлов (скорость 800-1200 м/мин, погрешность ±10 м/мин). Размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), содержание Co 6%-8% (погрешность ±1%).

Методы испытаний включают испытания на резку (ISO 3685, точность ±0,01 мм), испытания на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг) и испытания на износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³ / Н · м). Например, твердость P10 HV 1900 (погрешность ±30), срок службы>12 часов (погрешность ±1 час); твердость K20 HV 1800 (погрешность ±30), срок службы>10 часов (погрешность ±1 час).

Механизм и анализ

TiC (10%, ошибка ±0,1%) в P10 увеличивает твердость (HV 1900, ошибка ±30), скорость износа <0,05 мм³ / Н · м (ошибка ±0,01 мм³ / Н · м); Co (8%, ошибка ±1%) обеспечивает прочность (K_{1c} 10 МПа·м¹ / ², ошибка ±0,5). WC (>90%, ошибка ±1%) в K20 обеспечивает термическую стабильность (прирост веса при окислении <0,5 мг/см² , ошибка ±0,05 мг/см²) , Co (6%, ошибка ±1%) умеренный, твердость HV 1800 (ошибка ±30). Анализ SEM показывает, что размер зерна P10 составляет 0,5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), распределение TiC равномерное (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%); размер зерна K20 составляет 1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а сетка Co непрерывна (>95%, погрешность ±2%). Испытания на резку показывают, что срок службы P10 при обработке стали составляет >12 часов (погрешность ±1 час); скорость износа K20 при обработке чугуна составляет 0,05 мм ³ /Н · м (погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м).

Анализ факторов влияния

На эффективность влияют следующие факторы:

Выбор класса

P10 подходит для стали, а K20 — для чугуна.

Размер зерна

0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) имеет отличную износостойкость; >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) имеет срок службы, сокращенный на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

6%-8% (погрешность ±1%): сбалансированная производительность; >10% (погрешность ±1%): твердость уменьшается на 10% (погрешность ±2%).

Покрытие: TiAlN (2 мкм , погрешность ±0,1 мкм), срок службы увеличен на 20% (погрешность ±3%).

Условия резания

Скорость > 1000 м/мин (погрешность ±10 м/мин), P10 отлично; < 800 м/мин (погрешность ±10 м/мин), применим K20 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Например, срок службы P10 (размер зерна 2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) снижается до 10 часов (погрешность ±1 час).

Стратегия оптимизации
заключается в достижении твердости > HV 1800 (погрешность ±30), срока службы > 10 часов (погрешность ±1 час), рекомендуется:

Оптимизация оценок
P10 (сталь), K20 (чугун).

Контроль зерна
0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), с использованием ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация сотрудничества
6%-8% (погрешность ±1%), сбалансированная производительность.

Процесс нанесения покрытия
TiAlN (2 мкм , погрешность ±0,1 мкм), износостойкость увеличилась на 20% (погрешность ±3%).

Технические характеристики теста
ISO 3685 (резка), ASTM E92 (твердость).
Например, срок службы P10 (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм , покрытие TiAlN) составляет >12 часов (погрешность ±1 час).

Типичные оценки **для инженерных приложений хорошо себя зарекомендовали в следующих сценариях:**

P10: Обработка стали (скорость 1200 м/мин, погрешность ±10 м/мин), срок службы>12 часов (погрешность ±1 час).
K20: Обработка чугуна (твердость HV 1800, погрешность ±30), точность <0,1 мм (погрешность ±0,01 мм).
Авиационный инструмент: P10 (скорость износа <0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), срок службы >12 часов (погрешность ±1 час).
Эти примеры показывают, что сплавы P10 и K20 отвечают различным требованиям резки.

10.4.2 Износостойкий твердый сплав

Износостойкие цементированные карбиды широко используются в сценариях, требующих длительной износостойкости из-за их превосходной высокой твердости (HV 1800-2200, ±30) и чрезвычайно низкой скорости износа (<0,06 мм³ / Н · м, ±0,01 мм³ / Н · м) в качестве основных характеристик. Эти материалы оптимизированы путем точного контроля размера

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

зерна (0,5-2 мкм , ±0,01 мкм) и содержания Co в связующей фазе (6%-8%, ±1%) и производятся с использованием передовой порошковой металлургии (температура спекания 1450°C, ±10°C) для обеспечения их надежности при высоких нагрузках и сложных условиях. Износостойкие цементированные карбиды особенно подходят для таких применений, как пресс-формы (срок службы >10 ⁶ раз, ±10 ⁵ раз), уплотнения и сопла (срок службы до износа >10 ⁴ часов, ±10 ³ часов), а их преимущество в производительности заключается в их способности выдерживать постоянное трение и удары, сохраняя при этом структурную целостность. Разработка и применение этого материала зависит не только от химического состава и микроструктуры самого материала, но также должно сочетаться с передовыми производственными процессами и технологиями обработки поверхности для соответствия строгим требованиям долговечности и эффективности в промышленной сфере.

Этот раздел начинается с трех аспектов: требования к производительности, типичные марки и области применения, и объединяет подробный анализ механизма, обсуждение влияющих факторов и стратегий оптимизации для всестороннего анализа его технических характеристик и потенциала инженерного применения.

10.4.2.1 Требования к эксплуатационным характеристикам износостойкого твердого сплава: скорость износа <0,06 мм³/Н · м (ASTM G65)

Обзор основных принципов и технологий износостойкого твердого сплава

Целью разработки износостойкого твердого сплава является достижение чрезвычайно низкой скорости износа (<0,06 мм ³ /Н · м, погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м, стандарт испытаний ASTM G65) для обеспечения длительного срока службы в условиях высокого трения. Кроме того, материал должен иметь высокую твердость (HV 1800-2200, погрешность ±30) и умеренную прочность (K_{1} с 10-12 МПа·м ¹ / ² , погрешность ±0,5) для удовлетворения двойных требований износостойкости и трещиностойкости для таких компонентов, как пресс-формы, уплотнения и сопла. Типичное требование к сроку службы составляет >10 ⁴ часов (погрешность ±10 ³ часов), что требует упрочнения границ зерен путем точного контроля размера зерен (0,5-1 мкм , погрешность ±0,01 мкм), в то время как содержание Co (6%-8%, погрешность ±1%) повышает трещиностойкость, обеспечивая определенную способность к пластической деформации. В условиях высокого трения (например, коэффициент трения <0,5, погрешность ±0,05) качество поверхности и стабильность внутренней структуры материала особенно важны, что также способствует развитию технологии обработки поверхности.

Методы испытаний включают испытания на износ (ASTM G65, нагрузка 130 Н, погрешность ±1 Н), испытания на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг) и испытания на трещиностойкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м ¹ / ²) . Например, YG6 (WC6Co, зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) показывает отличную скорость износа 0,05 мм ³ /Н · м (погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м) и твердость HV 2000 (погрешность ±30), становясь представительным примером этого типа материала.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Механизм и анализ износостойкого твердого сплава

Реализация твердости HV 2000 (погрешность ±30) в основном зависит от эффекта упрочнения мелкозернистой структуры. Плотность границ зерен достигает $>10^{13}$ м $^{-2}$ (погрешность $\pm10^{12}$ м $^{-2}$) , что значительно повышает деформационную стойкость материала. Низкая скорость износа (<0,06 мм ^{3} /Н · м, погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м) обусловлена высокой энергией связи WC (около 700 кДж/моль, погрешность ±10 кДж/моль). Стабильность этой химической связи эффективно противостоит потере материала при трении. Co в качестве связующей фазы (6%, погрешность ±1%) поглощает внешнюю энергию (>50 Дж/м² , погрешность ±5 Дж/ м²) посредством пластической деформации (удлинение 1%, погрешность ±0,1 %) , тем самым повышая ударную вязкость до K_1 с 10 МПа·м $^{1/2}$ (погрешность ±0,5). Анализ SEM показывает, что распределение зерен YG6 является высокооднородным (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), а поверхность износа гладкая (Ra <0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм), что тесно связано с оптимизированной микроструктурой. Тестирование EDS дополнительно подтверждает однородность распределения Co (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), обеспечивая микроскопическую основу для общих характеристик материала. Данные испытаний на износ показывают, что скорость износа YG6 составляет 0,05 мм³ /Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что лучше, чем у YG8 (0,06 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что подчеркивает положительное влияние низкого содержания Co на износостойкость.

Анализ факторов, влияющих на износостойкость твердого сплава.

На эксплуатационные характеристики износостойкого твердого сплава влияет множество факторов, и их необходимо оптимизировать с помощью следующих процессов:

Размер зерна

Мелкие зерна размером 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) значительно снижают скорость износа; если размер зерна превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа может увеличиться на 15% (погрешность ±3%), что связано с уменьшением площади границ зерен и концентрации напряжений.

Содержимое

Содержание Co в пределах 6–8% (погрешность ± 1%) обеспечивает умеренную вязкость; если оно превышает 10% (погрешность ± 1%), твердость снижается примерно на 10% (погрешность ± 2%), что может быть связано с разупрочняющим эффектом фазы Co.

Обработка поверхности

При контроле шероховатости поверхности на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа уменьшается на 10% (погрешность ±2%); если шероховатость превышает 0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%), что тесно связано с характеристиками поверхностного трения.

Нагрузка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

При стандартной нагрузке ASTM G65 130 Н (погрешность ±1 Н) эксплуатационные характеристики стабильны; если нагрузка превышает 200 Н (погрешность ±1 Н), скорость износа увеличивается на 10% (погрешность ±2%), что свидетельствует об ограничении износостойкости материала при высоких нагрузках.

Факторы окружающей среды

В песчаных средах (содержание SiO_2 > 50%, ±5%) скорость износа может увеличиться на 20% (±3%), что требует дополнительной коррозионной стойкости или конструкции защиты.

^{3} /Н · м (погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м) при тех же условиях, что указывает на негативное влияние чрезмерного размера зерна на производительность.

Стратегия оптимизации для износостойкого твердого сплава

Для достижения скорости износа <0,06 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м) и твердости >HV 2000 (погрешность ±30) рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Контроль зерна

Размер зерна контролировался на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а рост зерна подавлялся добавлением ингибитора ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация сотрудничества

Содержание Co поддерживается на уровне 6–8 % (погрешность ±1 %) для обеспечения баланса твердости и прочности в соответствии с требованиями различных областей применения.

Обработка поверхности

Технология прецизионной полировки используется для контроля шероховатости поверхности до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) с целью снижения трения и износа.

Процесс спекания

Спекание проводится при температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) и давлении 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности >99,5% (погрешность ±0,1%) и повышения плотности материала.

Технические характеристики теста

Для подтверждения эффекта оптимизации износостойкость была проверена в соответствии со стандартом ASTM G65, а твердость — в соответствии со стандартом ASTM E92.

Например, YG6 (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм , поверхность Ra < 0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) показал скорость износа 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

Износостойкий твердый сплав в машиностроении

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкий твердый сплав демонстрирует превосходные характеристики в следующих сценариях:

Износостойкие твердосплавные штамповочные штампы

^{6} раз (погрешность ±10 ^{5} раз) при высокочастотной штамповке и подходит для изготовления автомобильных деталей.

Износостойкое карбидное механическое уплотнение

YG8 (скорость износа 0,06 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет срок службы более 10 ^{4} часов (погрешность ±10³ часов) в насосном оборудовании, обеспечивая долговременную стабильность уплотнительных характеристик.

Износостойкое твердосплавное сопло

YG6 (K $_{1}$ с 10 МПа·м ^{1} / ^{2} , погрешность ±0,5) обладает отличной износостойкостью в пескоструйном оборудовании, а шероховатость поверхности Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) продлевает срок службы.

Эти приложения в полной мере демонстрируют практическую ценность конструкций с низкой скоростью износа в условиях высокого трения и высоких нагрузок, обеспечивая надежные решения в области материалов для промышленного производства.

10.4.2.2 Типичные марки: YG6, YG8 (содержание Co 6%-8%)

Типичные марки твердого сплава YG6, YG8 (содержание Co 6%-8%) Основные принципы и технический обзор

YG6 (WC6Co) и YG8 (WC8Co) являются типичными марками износостойкого твердого сплава с содержанием Co, контролируемым на уровне 6%-8% (погрешность ±1%), диапазоном твердости HV 1800-2000 (погрешность ±30) и скоростью износа, поддерживаемой на уровне <0,06 мм³ / Н · м (погрешность ±0,01 мм³ / Н · м). Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), что делает его пригодным для форм с высокими требованиями к износостойкости (срок службы>10^{6} раз, погрешность ± 10^{5} раз) и уплотнений (срок службы>10^{4} часов, погрешность ± 10^{3} часов) . YG6 известен своей более высокой твердостью и особенно подходит для применений, требующих чрезвычайно высокой износостойкости; в то время как YG8 имеет немного более высокое содержание Co (8%, погрешность ±1%) и немного лучшую прочность (K $_{1}$ с 12 МПа·м ^{1} / ^{2} , погрешность ±0,5), поэтому он хорошо работает в условиях ударопрочности.

Методы испытаний включают испытание на износ (ASTM G65, нагрузка 130 Н, погрешность ±1 Н), испытание на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг) и испытание на вязкость разрушения (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м ^{1} / ^{2}) . Например, твердость YG6 достигает HV 2000 (погрешность ±30), а скорость износа составляет 0,05 мм ^{3} /Н · м (погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м); твердость YG8 составляет HV 1900 (погрешность ±30), а вязкость K $_{1}$ с 12 МПа·м ^{1} / ^{2} (погрешность ±0,5).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Механизм и анализ типичных марок твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%)

Низкое содержание Co в YG6 (6%, погрешность ±1%) значительно повышает твердость (HV 2000, погрешность ±30) за счет снижения доли связующей фазы, а скорость износа снижается до 0,05 мм ^{3} /Н · м (погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м), что подходит для высоких требований к износостойкости. Более высокое содержание Co в YG8 (8%, погрешность ±1%) повышает прочность материала (K_{1} с 12 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) и имеет отличную трещиностойкость, что особенно подходит для сцен, требующих определенной ударопрочности. Размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) обеспечивает эффект упрочнения границ зерен (плотность границ зерен>10^{13} м $^{-2}$, погрешность ±10^{12} м $^{-2}$) . Анализ SEM показывает, что YG6 имеет равномерное распределение зерен (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%) и гладкую поверхность износа (Ra <0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм), что отражает оптимизированную микроструктуру. Тестирование EDS подтверждает, что Co распределен равномерно (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), что обеспечивает гарантию постоянства характеристик. Данные испытаний на износ показывают, что YG6 превосходит YG8 по износостойкости (скорость износа 0,06 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что тесно связано с разницей в содержании Co.

Анализ факторов, влияющих на типичные марки твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%)

На производительность влияет совокупность следующих факторов:

Содержимое

Содержание Co 6% (погрешность ±1%) в YG6 обеспечивает высокую твердость; содержание Co 8% (погрешность ±1%) в YG8 улучшает прочность. Оба следует выбирать в зависимости от области применения.

Размер зерна

Размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) снижает скорость износа, если он превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Обработка поверхности

Шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) позволяет снизить скорость износа на 10% (погрешность ± 2%), что достигается за счет уменьшения площади контакта поверхности трения.

Нагрузка

Работоспособность стабильна при нагрузке 130 Н (погрешность ±1 Н); при нагрузке более 200 Н (погрешность ±1 Н) скорость износа увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

среда

Песчаная среда (SiO_2 >50%, ±5%) увеличит скорость износа на 20% (±3%) и потребует дополнительных мер защиты.

^{3} /Н · м (погрешность ±0,01 мм ^{3} /Н · м) при тех же условиях, что подчеркивает ключевое влияние размера зерна на износостойкость.

Стратегия оптимизации для типичных марок твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%)

заключается в достижении скорости износа <0,06 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м) и твердости >HV 1900 (погрешность ±30). Рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Выбор класса

YG6 подходит для высоких требований к твердости, а YG8 подходит для высоких требований к вязкости. Выбирайте в соответствии с конкретным сценарием применения.

Контроль зерна

Размер зерна контролируется на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а для предотвращения слишком крупного размера зерна используется ингибитор VC (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация сотрудничества

Содержание Co поддерживается на уровне 6–8% (погрешность ±1%) для достижения наилучшего баланса между твердостью и прочностью.

Обработка поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а скорость износа снижается на 10% (погрешность ±2%).

Технические характеристики теста

Для испытания на износостойкость используется стандарт ASTM G65, а для испытания на твердость — стандарт ASTM E92, что позволяет гарантировать соответствие эксплуатационных характеристик стандартам.

Например, скорость износа YG6 (размер зерна 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигает 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что подтверждает эффективность стратегии оптимизации.

Типичные марки твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%) используются в машиностроении

и хорошо себя зарекомендовали в следующих ситуациях:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YG6

Штамповочные штампы (твердость HV 2000, допуск ±30) имеют срок службы более 10^6 раз (допуск $\pm10^5$ раз) при высокочастотной штамповке и широко используются в обработке металлов давлением.

YG8

Торцевые уплотнения (K_{IC} 12 МПа·м$^{1/2}$, допуск ±0,5) имеют срок службы более 10^4 часов (допуск $\pm10^3$ часов) в насосном оборудовании, обеспечивая длительный эффект уплотнения.
сопло

YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) обладает превосходной износостойкостью в пескоструйном оборудовании и соответствует условиям высокой скорости потока.
Эти примеры применения показывают, что YG6 и YG8 успешно удовлетворяют разнообразные потребности в области износостойкости, уделяя особое внимание различным характеристикам.

10.4.2.3 Применение YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%): формы, уплотнения и сопла

) **Основные принципы и технический обзор**

Износостойкий цементированный карбид отлично работает в таких областях применения, как пресс-формы (срок службы>10^6 раз, погрешность $\pm10^5$ раз), уплотнения (срок службы>10^4 часов, погрешность $\pm10^3$ часов) и сопла (срок службы при ударе жидкости>10^4 часов, погрешность $\pm10^3$ часов) с твердостью HV 1800-2000 (погрешность ±30) и низкой скоростью износа (<0,06 мм^3 / Н · м, погрешность ± 0,01 мм^3 /Н · м). Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), содержание Co составляет 6%-8% (погрешность ±1%), а износостойкость и срок службы дополнительно улучшаются за счет полировки поверхности (Ra<0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм). Превосходные свойства этих материалов делают их первым выбором для деталей с высокой износостойкостью в промышленной сфере, особенно в оборудовании, требующем длительной стабильной работы.

Методы испытаний включают испытания на износ (ASTM G65, нагрузка 130 Н, погрешность ±1 Н), испытания на усталость (ASTM E466, точность $\pm10^4$ раз) и испытания на шероховатость поверхности (ISO 4287, точность ±0,001 мкм). Например, YG6 (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет срок службы более 10^6 раз (погрешность $\pm10^5$ раз) в пресс-формах, а скорость износа сопла остается на уровне 0,05 мм^3 /Н · м (погрешность ±0,01 мм^3 /Н · м).

Механизм и анализ твердого сплава YG6, YG8 (содержание Co 6%-8%)

Мелкозернистая структура (0,5-1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) обеспечивает твердость (HV 2000, погрешность ±30) за счет высокой плотности границ зерен (>10^{13} м$^{-2}$, погрешность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

±10 ¹² м⁻ ²), а содержание Co (6%, погрешность ±1%) обеспечивает ударную вязкость (K ₁ с 10 МПа·м¹ /², погрешность ±0,5) за счет пластической деформации (удлинение 1%, погрешность ±0,1%), а скорость износа поддерживается на уровне <0,06 мм³ /Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м). Полировка поверхности (Ra<0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) значительно снижает коэффициент трения (<0,5, погрешность ±0,05) и уменьшает износ. Анализ SEM показывает, что распределение износа YG6 в пресс-формах равномерное (глубина <0,05 мм, погрешность ±0,01 мм), что отражает оптимизированную микроструктуру. Тестирование EDS подтверждает, что Co распределен равномерно (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), что обеспечивает гарантию стабильности свойств материала. Данные испытаний на усталость показывают, что срок службы YG6 составляет >10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз), что лучше, чем у YG8 (10 ⁵ раз, погрешность ±10 ⁴ раз, Co 8%, погрешность ±1%), что тесно связано с более низким содержанием Co и более высокой твердостью.

Анализ факторов, влияющих на применение твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%).

На эффект применения влияет множество факторов:

Размер зерна

0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) увеличивает срок службы; если превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%), вероятно, из-за уменьшения границ зерен.

Содержимое

Содержание Co в пределах 6–8% (погрешность ±1%) обеспечивает сбалансированные характеристики; если оно превышает 10% (погрешность ±1%), твердость снижается на 10% (погрешность ±2%), что влияет на износостойкость.

Шероховатость поверхности

Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) увеличивает срок службы на 15% (погрешность ±3%); если шероховатость >0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Условия труда

Если скорость удара жидкости составляет >10 м/с (погрешность ±0,1 м/с), то хорошо работает YG6; в условиях низкой нагрузки более подходящим является YG8.

Факторы окружающей среды

Песчаная среда приводит к увеличению скорости износа на 20% (погрешность ±3%) и требует целенаправленной защиты.

Например, срок службы YG8 (шероховатость поверхности Ra>0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) при использовании сопла снижается до 5×10³ часов (погрешность ±500 часов), что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

свидетельствует о важности качества поверхности.

Стратегия оптимизации для твердого сплава YG6 и YG8 (содержание Co 6%-8%)
заключается в достижении срока службы >10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз) и скорости износа <0,06 мм ³ /Н · м (погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м). Рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Выбор класса
YG6 подходит для форм, а YG8 подходит для уплотнений. Выбирайте в соответствии с требованиями к применению.

Контроль зерна
Размер зерна контролировался на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а рост зерна подавлялся ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация поверхности
Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а скорость износа снижается на 10% (погрешность ±2%).

Процесс спекания
Спекание проводилось при температуре 1450°C (±10°C) и давлении 50 МПа (±1 МПа) для обеспечения плотности >99,5% (±0,1%).

Технические характеристики теста
Используйте ASTM G65 для испытания на износ и ISO 4287 для испытания шероховатости поверхности, чтобы убедиться, что эксплуатационные характеристики соответствуют стандартам.
Например, срок службы YG6 (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм , Ra < 0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) в пресс-форме превысил 10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз), что подтверждает успешность стратегии оптимизации.

Твердый сплав YG6, YG8 (содержание Co 6%-8%),
износостойкий твердый сплав, применяемый в машиностроении, хорошо работает в следующих сценариях:

Штамповочный штамп
⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз) при высокочастотной штамповке и широко применяется в прецизионном производстве.

Механическое уплотнение
YG8 (K_{1c} 12 МПа·м ¹ / ² , погрешность ±0,5) имеет срок службы >10 ⁴ часов (погрешность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

±10 ³ часов) в насосном оборудовании, обеспечивая долговременную эксплуатационную надежность.

Пескоструйное сопло

YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м) имеет срок службы > 10⁴часов (погрешность ± 10³часов) при высокоскоростной пескоструйной обработке, что соответствует промышленным потребностям.

Эти области применения в полной мере демонстрируют выдающиеся эксплуатационные характеристики износостойкого твердого сплава в условиях длительного срока службы и высокой износостойкости, предоставляя эффективные и долговечные варианты материалов для смежных отраслей.

10.4.3 Твердый сплав для коррозионной стойкости

Коррозионностойкий цементированный карбид характеризуется низкой скоростью коррозии (<0,1 мм/год, погрешность ±0,01 мм/год) и превосходной высокой химической стабильностью (потеря веса <0,1 мг/см² , погрешность ±0,01 мг/см²) и широко используется в экстремальных условиях, таких как кислотно-щелочная среда (pH 2-12, погрешность ±0,1), среда солевого тумана (NaCl>5%, погрешность ±0,1%). Эти материалы образуют эффективный защитный пассивирующий слой за счет оптимизированной конструкции на основе Ni (содержание Ni 8%-15%, погрешность ±1%) и добавления Cr (содержание Cr 0,5%-2%, погрешность ±0,01%), что значительно повышает коррозионную стойкость. Коррозионностойкий цементированный карбид хорошо работает в химическом оборудовании (срок службы>5 лет, погрешность ±0,5 года) и морской технике (срок службы>3 года, погрешность ±0,3 года), а его стабильность характеристик обеспечивает надежную гарантию материала для этих отраслей. Процесс подготовки материала использует точную технологию порошковой металлургии в сочетании с контролем размера зерна (0,5-2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) и высокотемпературным спеканием (1450 °C, погрешность ±10 °C), что обеспечивает скоординированное развитие микроструктуры и макросвойств.

Этот раздел начинается с двух аспектов оптимизации производительности и сценариев применения сплавов на основе никеля и с добавлением хрома и объединяет подробный анализ механизмов, обсуждение влияющих факторов и стратегий оптимизации для глубокого анализа их технических характеристик и инженерной ценности применения.

10.4.3.1 Сплавы на основе никеля и с добавлением хрома: скорость коррозии <0,1 мм/год

Обзор основных принципов и технологий коррозионно-стойких твердых сплавов Ni

-основанный цементированный карбид (содержание Ni 8%-15%, погрешность ±1%) и сплав с добавлением Cr (содержание Cr 0,5%-2%, погрешность ±0,01%) эффективно подавляют скорость коррозии до <0,1 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год) путем формирования на

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

поверхности пассивирующего слоя NiO /Cr_2O_3 (толщина около 10 нм, погрешность ±1 нм). Эти материалы также обладают умеренной твердостью (HV 1500-1800, погрешность ±30) и вязкостью (K_1 с 10-12 МПа·$м^{1/2}$, погрешность ±0,5), что позволяет им стабильно работать в течение длительного времени в кислых (pH < 3, погрешность ±0,1) или высокосоленых (NaCl> 5%, погрешность ±0,1%) средах. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5–2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а высокая плотность и однородная структура достигаются в процессе спекания при температуре 1450 °C (погрешность ±10 °C), что отвечает комплексным требованиям промышленного применения к коррозионной стойкости и механическим свойствам.

Методы испытаний включают испытание на коррозию в соляном тумане (ISO 9227, температура 35°C, погрешность ±1°C), электрохимическое испытание (ASTM G59, скорость сканирования 0,1 мВ/с, погрешность ±0,01 мВ/с) и испытание на износостойкость (ASTM G65, точность ±0,01 $мм^3$ / Н · м). Например, WC10Ni0.5Cr (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) показал скорость коррозии 0,08 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год) и твердость HV 1600 (погрешность ±30), что полностью подтвердило его эксплуатационные преимущества.

Механизм и анализ коррозионно-стойкого цементированного карбида

Электрохимическая стабильность Ni (E_{corr} около 0,1 В, погрешность ±0,02 В по сравнению с SCE) значительно лучше, чем у традиционных сплавов на основе Co (0,3 В, погрешность ±0,02 В), а проникновение ионов Cl^- эффективно блокируется образованием пассивирующего слоя NiO (толщина 10 нм, погрешность ±1 нм) (скорость проникновения <10^{-10} $см^2$/с, погрешность ±10^{-11} $см^2$/с). Добавление Cr дополнительно снижает плотность тока коррозии (i_{corr} <10^{-6} А/$см^2$, погрешность ±10^{-7} А/$см^2$) за счет образования слоя Cr_2O_3 (толщина 10 нм, погрешность ±1 нм), тем самым повышая стойкость материала к точечной коррозии. Твердость HV 1600 (погрешность ±30) в основном обеспечивается высокой долей WC (>80%, погрешность ±1%), в то время как Ni в качестве связующей фазы (содержание 10%, погрешность ±1%) обеспечивает вязкость K_1 с 10 МПа·$м^{1/2}$ (погрешность ±0,5) за счет пластической деформации (удлинение 1%, погрешность ±0,1%). Анализ SEM показывает, что распределение зерен WC10Ni0.5Cr является высокооднородным (отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%), а спектроскопия XPS дополнительно подтверждает наличие NiO (Ni 2p около 854 эВ, ошибка ±0,1 эВ) и Cr_2O_3 (Cr 3p около 577 эВ, ошибка ±0,1 эВ). Испытание на коррозию в соляном тумане (длительностью 1000 часов, ошибка ±100 часов) показало, что скорость коррозии WC10Ni0.5Cr была стабильной на уровне 0,08 мм/год (ошибка ±0,01 мм/год), показывая отличную коррозионную стойкость.

Анализ факторов, влияющих на коррозионную стойкость твердого сплава

На коррозионную стойкость и механические свойства материалов существенное влияние оказывают многие факторы:

Содержание Ni

Коррозионная стойкость наилучшая, когда содержание Ni составляет 10% (погрешность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

±1%); если оно превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снижается примерно на 10% (погрешность ±2%), что может быть связано с размягчающим эффектом фазы Ni.

Содержание Cr

Содержание Cr в пределах 0,5–1% (погрешность ±0,01%) образует устойчивый пассивирующий слой; если оно превышает 2% (погрешность ±0,01%), то вязкость K_{1c} снижается примерно на 15% (погрешность ±3%), а хрупкость может увеличиться из-за избыточного содержания Cr.

Размер зерна

Размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) минимизирует скорость коррозии, если он превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость питтинга увеличивается на 15% (погрешность ±3%), что связано с уменьшением границ зерен.

Условия окружающей среды

В сильнокислой среде (pH < 2, погрешность ± 0,1) плотность тока коррозии i_corr увеличивается на 20% (погрешность ± 5%); в среде с высокой соленостью (NaCl > 5%, погрешность ± 0,1%) скорость питтинга увеличивается на 10% (погрешность ± 2%).

Обработка поверхности

При шероховатости поверхности Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость коррозии снижается на 15% (погрешность ±3%); при шероховатости >0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость коррозии может увеличиться.

Например, скорость коррозии WC15Ni (без добавления Cr) увеличилась до 0,12 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год) при тех же условиях, что указывает на ключевую роль добавления Cr в коррозионной стойкости.

Стратегия оптимизации для коррозионно-стойкого твердого сплава

Для достижения скорости коррозии <0,1 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год) и твердости >HV 1600 (погрешность ±30) рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

Содержание Ni контролируется в пределах 8–12% (погрешность ±1%), а содержание Cr контролируется в пределах 0,5–1% (погрешность ±0,01%) для формирования эффективного пассивирующего слоя.

Контроль зерна

Размер зерна поддерживался на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а рост зерна предотвращался добавлением ингибитора ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Обработка поверхности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Технология прецизионной полировки позволяет контролировать шероховатость поверхности до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), снижая скорость образования точечной коррозии на 15% (погрешность ±3%).

Процесс спекания

Процесс спекания осуществляется при температуре спекания 1450°C (допуск ±10°C) и давлении 50 МПа (допуск ±1 МПа) для обеспечения плотности >99,5% (±0,1%) и повышения коррозионной стойкости.

Технические характеристики теста

Для проверки эффекта оптимизации использовались испытания на коррозию в соляном тумане в соответствии с ISO 9227 и испытания электрохимических характеристик в соответствии с ASTM G59.

Например, скорость коррозии WC10Ni0.5Cr (размер зерна 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) после оптимизации стабилизировалась на уровне 0,08 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год), что свидетельствует о значительном улучшении характеристик.

для применения в коррозионно-стойком машиностроении из цементированного карбида

хорошо зарекомендовали себя в следующих сценариях:

Химические насосы

Срок службы WC10Ni0.5Cr (скорость коррозии 0,08 мм/год, погрешность ±0,01 мм/год) в кислой среде превышает 5 лет (погрешность ±0,5 года), что обеспечивает длительную эксплуатацию оборудования.

Морские клапаны

WC12Ni1Cr (твердость HV 1600, погрешность ±30) имеет срок службы более 3 лет (погрешность ±0,3 года) в морской воде и обладает исключительной стойкостью к коррозии в солевом тумане.

Кислотная труба

WC10Ni (K_{1} с 10 МПа·$м^{1/2}$, погрешность ±0,5) имеет срок службы более 5 лет (погрешность ±0,5 года) в кислых условиях pH < 3 (погрешность ±0,1), что соответствует требованиям высококоррозионных сред.

Эти применения в полной мере демонстрируют надежность и практичность сплавов на основе никеля и с добавлением хрома в суровых условиях, обеспечивая эффективную материальную поддержку для химической и морской техники.

10.4.3.2 Применение коррозионно-стойкого твердого сплава: химическое оборудование и морская техника

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Обзор основных принципов и технологий применения коррозионно-стойкого твердого сплава.

Благодаря низкой скорости коррозии (<0,1 мм/год, погрешность ±0,01 мм/год) и превосходной химической стабильности коррозионно-стойкий твердый сплав широко используется в химическом оборудовании (насосы, клапаны, срок службы>5 лет, погрешность ±0,5 года) и морской технике (клапаны, буровые инструменты, срок службы>3 лет, погрешность ±0,3 года). Синергетический эффект содержания Ni (8%-15%, погрешность ±1%) и содержания Cr (0,5%-2%, погрешность ±0,01%) образует пассивирующий слой NiO /Cr_2O_3 с размером зерна, контролируемым в диапазоне 0,5-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), и диапазоном твердости HV 1500-1800 (погрешность ±30). Полировка поверхности (Ra<0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) дополнительно повышает долговечность и коррозионную стойкость материала, позволяя ему служить долгое время в средах с высокой соленостью и кислотностью. Эти свойства делают его незаменимым материалом в химической и морской промышленности.

Методы испытаний включают испытание на коррозию в соляном тумане (ISO 9227, 1000 часов, погрешность ±100 часов), испытание электрохимической производительности (ASTM G59, точность ±0,001 В) и испытание усталостной производительности (ASTM E466, точность $\pm 10^4$ раз). Например, WC10Ni0.5Cr (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет срок службы более 3 лет (погрешность ±0,3 года) в среде NaCl 5% (погрешность ±0,1%), что демонстрирует его потенциал для применения в морской технике.

из цементированного **карбида для коррозионной стойкости Пассивирующий слой**
NiO / Cr_2O_3 (толщина 10 нм, погрешность ±1 нм) защищает материал матрицы, снижая скорость коррозии (0,08 мм/год, погрешность ±0,01 мм/год), WC (содержание >80%, погрешность ±1%) обеспечивает твердость (HV 1600, погрешность ±30), а Ni (содержание 10%, погрешность ±1%) обеспечивает ударную вязкость (K_{1c} 10 МПа·$м^{1/2}$, погрешность ±0,5) за счет пластической деформации (удлинение 1%, погрешность ±0,1%), эффективно предотвращая расширение точечной коррозии (<0,01 мм, погрешность ±0,001 мм). Анализ SEM показывает, что поверхность WC10Ni0.5Cr гладкая после коррозии (Ra<0,05 мкм , ошибка ±0,01 мкм), а спектр XPS подтверждает наличие NiO (Ni 2p около 854 эВ, ошибка ±0,1 эВ) и Cr_2O_3 (Cr 3p около 577 эВ, ошибка ±0,1 эВ). Данные испытаний на коррозию в соляном тумане показывают, что срок службы сплава составляет более 3 лет (погрешность ±0,3 года). Для сравнения, производительность традиционного сплава WC10Co (скорость коррозии 0,5 мм/год, ошибка ±0,01 мм/год) значительно ниже, что подчеркивает превосходство добавления Ni и Cr.

Анализ факторов, влияющих на применение коррозионно-стойкого твердого сплава.

На эффект применения влияет совокупность факторов:

Содержание Ni/Cr

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Коррозионная стойкость наилучшая, когда содержание Ni составляет 10% (погрешность ±1%), а содержание Cr — 0,5% (погрешность ±0,01%); если содержание Ni превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снижается на 10% (погрешность ±2%); если содержание Cr превышает 2% (погрешность ±0,01%), снижается ударная вязкость.

Размер зерна

Размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) снижает питтинговую коррозию; если он превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость питтинговой коррозии увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Шероховатость поверхности

Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) увеличивает срок службы на 15% (погрешность ±3%); если шероховатость >0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость коррозии увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Условия окружающей среды

В сильнокислой среде (pH < 2, погрешность ± 0,1) скорость коррозии увеличивается на 20% (погрешность ± 3%); в среде с высокой соленостью (NaCl> 10%, погрешность ± 0,1%) скорость точечной коррозии увеличивается на 15% (погрешность ± 3%).

Условия загрузки

Если скорость удара жидкости превышает 10 м/с (погрешность ±0,1 м/с), для сопротивления механическим повреждениям требуется более высокая прочность.

Например, срок службы WC15Ni (шероховатость поверхности Ra>0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) в морской среде сокращается до 2 лет (погрешность ±0,2 года), что свидетельствует о решающем влиянии качества поверхности на срок службы.

Стратегия оптимизации применения коррозионно-стойкого твердого сплава

заключается в достижении срока службы >3 лет (погрешность ±0,3 года) и скорости коррозии <0,1 мм/год (погрешность ±0,01 мм/год). Рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

Содержание Ni контролируется в пределах 8–12% (погрешность ±1%), а содержание Cr контролируется в пределах 0,5–1% (погрешность ±0,01%) для усиления эффекта пассивации.

Контроль зерна

Размер зерна поддерживался на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а микроструктура оптимизировалась с помощью ингибитора VC (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а скорость выкрашивания снижается на 15%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ±3%).

Процесс спекания

Спекание проводилось при температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) и давлении 50 МПа (погрешность ±1 МПа), что обеспечивало плотность >99,5% (погрешность ±0,1%).

Технические характеристики теста

Для испытаний на коррозию в соляном тумане используется стандарт ISO 9227, а для испытаний электрохимических характеристик — стандарт ASTM G59, позволяющий убедиться в соответствии характеристик стандартам.

Например, срок службы WC10Ni0.5Cr (шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм , погрешность ± 0,01 мкм) после оптимизации превысил 3 года (погрешность ± 0,3 года), что подтверждает эффективность стратегии.

Применение коррозионно-стойких твердых сплавов. Инженерные применения.

Коррозионно-стойкие твердые сплавы хорошо работают в следующих сценариях:

Химические клапаны из коррозионно-стойкого карбида

WC10Ni0.5Cr (скорость коррозии 0,08 мм/год, погрешность ±0,01 мм/год) имеет срок службы более 5 лет (погрешность ±0,5 года) в кислых средах и пригоден для контроля химических процессов.

Коррозионностойкие твердосплавные инструменты для морского бурения

WC12Ni1Cr (твердость HV 1600, погрешность ±30) имеет срок службы более 3 лет (погрешность ±0,3 года) в морской среде, что соответствует потребностям глубоководной добычи полезных ископаемых.

Реактор из цементированного карбида кислоты для коррозионной стойкости

WC10Ni (K_{1c} 10 МПа·м$^{1/2}$, погрешность ±0,5) имеет срок службы более 5 лет в кислых условиях с pH <3 (погрешность ±0,1)
(погрешность ±0,5 года), что обеспечивает безопасную эксплуатацию реактора.

Эти области применения в полной мере демонстрируют превосходные эксплуатационные характеристики коррозионно-стойкого твердого сплава в химическом и морском машиностроении, обеспечивая эффективные и долговечные решения в области материалов для смежных отраслей.

10.4.4 Твердый сплав для применения при высоких температурах

Высокотемпературные цементированные карбиды широко используются в приложениях, требующих долговечности в экстремально высоких температурах, с их превосходной стойкостью к окислению (>1000°C, ±10°C, окислительный прирост веса <0,5 мг/см² , ±0,05

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

мг/см²) и превосходной термической стабильностью (потеря твердости <10%, ±2%) в качестве их основных характеристик. Эти материалы превосходны в аэрокосмических приложениях (срок службы инструмента >5000 часов, ±500 часов) и энергетических компонентах (срок службы >10 ⁴ часов, ±10 ³ часов), благодаря их системам материалов на основе TiC или WC в сочетании с упрочняющими добавками Mo/Nb (содержание 2%-10%, ±0,1%) и точным контролем размера зерна (1-2 мкм , ±0,01 мкм). Благодаря процессу спекания при температуре 1500°C (±10°C) эти сплавы достигают высокой плотности и однородной микроструктуры, что обеспечивает долговременную надежность в условиях высоких температур.

Этот раздел начинается с двух аспектов: требований к производительности и областей применения, и объединяет анализ механизма, обсуждение влияющих факторов и стратегий оптимизации для всестороннего анализа его технических характеристик и потенциала инженерного применения.

10.4.4.1 Требования к эксплуатационным характеристикам высокотемпературного твердого сплава: стойкость к окислению (>1000°C)

Основные принципы и обзор технологий высокотемпературного цементированного карбидаВысокий

-температурный цементированный карбид предназначен для сохранения стойкости к окислению (прирост массы при окислении <0,5 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) при экстремально высоких температурах, превышающих 1000°C (погрешность ±10° C) , сохраняя при этом высокую твердость (HV 1800-2000, погрешность ±30) и умеренную стойкость к разрушению (стойкость к разрушению 6-10 МПа·м¹ / ², погрешность ±0,5). Материал в основном основан на TiC (содержание 60%-80%, погрешность ±1%) или WC (содержание>80%, погрешность ±1%), с добавлением Mo/Nb (содержание 2%-5%, погрешность ±0,1%) для формирования упрочняющей фазы Mo ₂ C/ NbC , а размер зерна контролируется на уровне 1-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и изготавливается путем спекания при температуре 1500 °C (погрешность ±10 °C). Такая конструкция обеспечивает стабильность материала при высокотемпературном окислении и механическом напряжении, что делает его особенно подходящим для критических компонентов в аэрокосмической и энергетической промышленности.

Методы испытаний включают испытание на высокотемпературное окисление (ASTM E1876, температура 1000 °C, погрешность ±10 °C), испытание на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг) и испытание на износ (ASTM G99, нагрузка 10 Н, погрешность ±0,1 Н). Например , TiC20Ni5Mo (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет прирост веса при окислении всего 0,3 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) при высокой температуре и твердость HV 1900 (погрешность ±50), демонстрируя его превосходные характеристики.

Механизм и анализ высокотемпературного цементированного карбида

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокая энергия ковалентной связи TiC (около 500 кДж/моль, погрешность ±10 кДж/моль) обеспечивает ему превосходную термическую стабильность. Упрочняющая фаза Mo_2C (температура образования 1000 °C, погрешность ±10 °C) значительно повышает стойкость к окислению за счет повышения прочности связи интерфейса (>100 МПа, погрешность ±10 МПа), а прирост веса при окислении контролируется на уровне <0,5 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) . Ni в качестве связующей фазы (содержание 20%, погрешность ±1%) обеспечивает достижение сопротивления разрушению 8 МПа·м ¹ / ² (погрешность ±0,5) посредством пластической деформации (удлинение 1%, погрешность ±0,1 %) , эффективно предотвращая распространение трещин при высоких температурах. Анализ SEM показывает, что распределение зерен TiC20Ni5Mo является равномерным (отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%), а частицы Mo_2C (размер 0,1 мкм , ошибка ±0,01 мкм) равномерно внедрены в интерфейс, что дополнительно оптимизирует микроструктуру. Спектроскопия XPS подтверждает наличие слоев TiO_2 (Ti 2p около 459 эВ, ошибка ±0,1 эВ) и NiO, образованных на поверхности после высокотемпературного окисления, что повышает стойкость материала к окислению. Результаты высокотемпературных испытаний показывают, что прирост массы при окислении TiC20Ni5Mo составляет 0,3 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) , что значительно лучше, чем у традиционного WC10Co (прирост массы при окислении 0,8 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) .

Анализ факторов, влияющих на высокотемпературный твердый сплав

На эксплуатационные характеристики материалов влияет совокупность факторов:

Содержание Mo/Nb

Стойкость к окислению наилучшая, когда содержание Mo/Nb составляет 5% (погрешность ±0,1%); если оно превышает 10% (погрешность ±0,1%), сопротивление разрушению снижается примерно на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с чрезмерной фазой упрочнения, приводящей к повышенной хрупкости.

Размер зерна

Размер зерна 1-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) минимизирует прирост массы за счет окисления; если он превышает 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), то прирост массы за счет окисления увеличивается на 15% (погрешность ±3%), что связано с уменьшением границ зерен.

Содержание Ni

Содержание Ni 20% (погрешность ±1%) обеспечивает наилучшую стойкость к разрушению; если оно превышает 30% (погрешность ±1%), твердость снижается примерно на 10% (погрешность ±2%) из-за смягчающего эффекта фазы Ni.

Температура окружающей среды

При температуре >1200°C (погрешность ±10°C) прирост массы при окислении увеличивается на 20% (погрешность ±3%), и антиокислительное покрытие требует

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

дальнейшей оптимизации.

Обработка поверхности

При шероховатости поверхности Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость окисления снижается на 10% (погрешность ±2%), при большей шероховатости скорость окисления может ускориться.

Например, сопротивление разрушению сплава TiC20Ni10Mo (содержание Mo > 10%, погрешность ± 0,1%) при высокой температуре падает до 5 МПа·м ¹/² (погрешность ± 0,5), что указывает на негативное влияние избыточного содержания Mo/Nb на эксплуатационные характеристики.

Стратегия оптимизации для высокотемпературного цементированного карбида

Для достижения прироста окислительной массы <0,5 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) и твердости >HV 1800 (погрешность ±50) рекомендуется следующая стратегия оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

Содержание Mo/Nb контролируется на уровне 2–5% (погрешность ±0,1%), а содержание Ni контролируется на уровне 15–20% (погрешность ±1%) для обеспечения баланса между стойкостью к окислению и механическими свойствами.

Контроль зерна

Размер зерна поддерживался на уровне 1–2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а слишком большого размера зерна не допускали путем добавления ингибитора ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Обработка поверхности

Технология прецизионной полировки позволяет контролировать шероховатость поверхности до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), снижая скорость окисления на 10% (погрешность ±2%).

Процесс спекания

Процесс спекания осуществляется при температуре спекания 1500°C (погрешность ±10°C) и давлении 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности >99,5% (погрешность ±0,1%) и повышения высокотемпературной стабильности.

Технические характеристики теста

Для проверки стойкости к высокотемпературному окислению использовался стандарт ASTM E1876, а для проверки износостойкости с целью подтверждения эффекта оптимизации — стандарт ASTM G99.

Например, прирост веса окисления TiC20Ni5Mo (размер зерна 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) после оптимизации составляет всего 0,3 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) , что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

подтверждает эффективность стратегии.

Применение в машиностроении высокотемпературного твердого сплава
Высокотемпературный твердый сплав хорошо себя проявляет в следующих сценариях:

Авиационные инструменты
TiC20Ni5Mo (твердость HV 1900, погрешность ±50) имеет срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов) при высокотемпературной резке, что соответствует потребностям авиационной промышленности.

газовая турбина
WC10Ni5Nb (прирост массы при окислении 0,3 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) имеет срок службы более 10 4 часов (погрешность ±10 3 часа) в среде высокотемпературного газа, обеспечивая эффективную работу.

Высокотемпературная форма
TiC15Ni5Mo (сопротивление разрушению 8 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) имеет срок службы более 10 ^{5} раз (погрешность ±10 ^{4} раз) при горячей штамповке и подходит для высокотемпературной обработки.
Эти применения в полной мере демонстрируют надежность и практическую ценность высокотемпературного цементированного карбида в экстремальных температурных условиях, обеспечивая эффективную материальную поддержку для аэрокосмической и энергетической отраслей.

10.4.4.2 Высокотемпературные твердые сплавы: компоненты аэрокосмической и энергетической промышленности

Основные принципы и технический обзор высокотемпературного твердого сплава для аэрокосмической и энергетической промышленности
Высокотемпературный твердосплавный сплав широко используется в аэрокосмической отрасли (инструменты, лопатки турбин, срок службы>5000 часов, погрешность ±500 часов) и в энергетических компонентах (газовые турбины, компоненты ядерной энергетики, срок службы>10 ^{4} часов, погрешность ±10 ^{3} часов) благодаря своей превосходной стойкости к окислению (>1000 °C, погрешность ±10 °C, прирост массы при окислении <0,5 мг/см², погрешность ±0,05 мг/см²). Материал на основе TiC или WC с содержанием Mo/Nb 2%-5% (погрешность ±0,1%) для формирования упрочняющей фазы, размером зерна, контролируемым в пределах 1-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), и диапазоном твердости HV 1800-2000 (погрешность ±50). Эти характеристики позволяют ему стабильно и долго работать в условиях высоких температур и высоких нагрузок, что делает его незаменимым материалом для аэрокосмической и энергетической промышленности.

Методы испытаний включают испытание на высокотемпературное окисление (ASTM E1876,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

температура 1000 °C, погрешность ±10 °C), испытание на усталостную прочность (ASTM E466, точность ±10 ⁴ раз) и испытание на износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³ / Н · м). Например, TiC20Ni5Mo (зерно 1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) имеет срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов) в авиационных инструментах, демонстрируя свой потенциал в сценариях с высокими требованиями к производительности.

Механизм и анализ высокотемпературных твердых сплавов для аэрокосмической и энергетической промышленности

Термическая стабильность TiC и WC (температура разложения>2000°C, погрешность ±50°C) в сочетании с упрочняющей фазой Mo_2 C / NbC (твердость>HV 1500, погрешность ±50) обеспечивает стойкость материала к окислению (прирост веса при окислении 0,3 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) . Ni (содержание 20%, погрешность ±1%) обеспечивает стойкость к разрушению за счет пластической деформации (стойкость к разрушению 8 МПа· м¹/ ², погрешность ±0,5), эффективно предотвращая образование высокотемпературных термических трещин (ширина трещины <0,01 мм, погрешность ±0,001 мм). Анализ SEM показывает, что поверхность TiC20Ni5Mo остается плотной после высокотемпературного окисления (шероховатость поверхности Ra<0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм), а спектроскопия XPS подтверждает образование TiO_2 (Ti 2p составляет около 459 эВ, погрешность ±0,1 эВ). Результаты испытаний на усталость показывают, что сплав имеет срок службы более 10 ⁴ часов (погрешность ±10 ³ часов), что значительно лучше, чем WC10Co (срок службы 5×10 ³ часов, погрешность ±500 часов).

Анализ факторов, влияющих на применение высокотемпературных твердосплавных деталей в аэрокосмической и энергетической промышленности.

На эффективность применения влияет совокупность следующих факторов:

Содержание Mo/Nb

Наилучшие показатели достигаются при содержании Mo/Nb 5% (погрешность ±0,1%); если оно превышает 10% (погрешность ±0,1%), сопротивление разрушению снижается на 15% (погрешность ±3%), что может быть связано с чрезмерной фазой упрочнения.

Размер зерна

Размер зерна 1-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм) продлевает срок службы; если он превышает 5 мкм (погрешность ±0,01 мкм), прирост массы от окисления увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Шероховатость поверхности

Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) увеличивает срок службы на 10% (погрешность ±2%); если шероховатость >0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость окисления увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Рабочая температура

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

При температуре >1200°C (±10°C) окислительный прирост массы увеличился на 20% (±3%), и возникла необходимость в оптимизации антиоксидантной защиты.

Условия загрузки

высокочастотные вибрации (> 10 Гц, допуск ±1 Гц), требуется более высокая стойкость к разрушению для сопротивления усталостному повреждению.

Например, срок службы TiC20Ni10Mo (размер зерна 5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) при высокой температуре снижается до 3000 часов (погрешность ±500 часов), что указывает на существенное влияние размера зерна и содержания Mo на эксплуатационные характеристики.

Стратегия оптимизации для высокотемпературных твердосплавных аэрокосмических и энергетических компонентов

заключается в достижении срока службы >5000 часов (погрешность ±500 часов) и окислительного прироста веса <0,5 мг/см² (погрешность ±0,05 мг/см²) . Рекомендуются следующие стратегии оптимизации:

Оптимизация ингредиентов

Содержание Mo/Nb контролируется на уровне 2–5% (погрешность ±0,1%), а содержание Ni контролируется на уровне 15–20% (погрешность ±1%) для повышения стойкости к окислению и трещиностойкости.

Контроль зерна

Размер зерна поддерживался на уровне 1–2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а микроструктура оптимизировалась с помощью ингибитора VC (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация поверхности

Благодаря прецизионной полировке шероховатость поверхности контролируется на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а скорость окисления снижается на 10% (погрешность ±2%).

Процесс спекания

Спекание проводилось при температуре спекания 1500°C (погрешность ±10°C) и давлении 50 МПа (погрешность ±1 МПа), что обеспечивало плотность >99,5% (погрешность ±0,1%).

Технические характеристики теста

Стандарт ASTM E1876 используется для испытаний на стойкость к окислению при высоких температурах, а стандарт ASTM E466 — для испытаний на усталостную прочность, чтобы гарантировать соответствие эксплуатационных характеристик стандартам.

Например, срок службы TiC20Ni5Mo (шероховатость поверхности Ra < 0,05 мкм , погрешность ± 0,01 мкм) после оптимизации превысил 5000 часов (погрешность ± 500 часов), что подтверждает эффективность стратегии.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокотемпературный твердый сплав Компоненты аэрокосмической и энергетической промышленности Инженерные применения

Высокотемпературный твердый сплав хорошо работает в следующих сценариях:

Высокотемпературные авиационные инструменты из цементированного карбида

TiC20Ni5Mo (твердость HV 1900, погрешность ±50) имеет срок службы более 5000 часов (погрешность ±500 часов) при высокотемпературной резке, что соответствует высокоточным требованиям авиационного производства.

Высокотемпературные твердосплавные лопатки газовых турбин

WC10Ni5Nb (прирост массы при окислении 0,3 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) имеет срок службы более 10 ⁴ часов (погрешность ±10 ³ часов) в среде высокотемпературного газа , обеспечивая эффективную выработку электроэнергии.

Компоненты ядерной энергетики из высокотемпературного цементированного карбида

TiC15Ni5Mo (предел прочности на разрыв 8 МПа·м¹ / ², погрешность ±0,5) выдерживает высокие температуры в ядерных реакторах и имеет срок службы более 10 ⁴ часов (погрешность ±10 ³ часов), обеспечивая безопасную эксплуатацию.

Эти области применения в полной мере демонстрируют превосходные эксплуатационные характеристики высокотемпературного твердого сплава в аэрокосмической и энергетической отраслях, предлагая надежные решения в области материалов для экстремальных температурных условий.

10.4.5 Многофункциональный цементированный карбид

Многофункциональный цементированный карбид широко используется в области электроники (срок службы электрода >10 ⁴ часов, погрешность ±10 ³ часов) и топливных элементах (каталитическая эффективность >90% , погрешность ±2%) благодаря своей превосходной электропроводности (удельное сопротивление <12 мкОм·см , погрешность ±0,1 мкОм·см), каталитической эффективности (ток реакции окисления метанола >450 мА/см ² , погрешность ±10 мА/см ²) и хорошим механическим свойствам (твердость HV 1500-1800, погрешность ± 30). Материал в основном основан на WC с добавлением Co/Ni (содержание 6%-10%, погрешность ±1%) для повышения проводимости и каталитической активности, а размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм). Благодаря процессу спекания при температуре 1450°C (погрешность ±10°C) эти сплавы достигают высокой плотности и однородной микроструктуры, что отвечает требованиям многофункциональных применений.

Этот раздел начинается с двух аспектов: проводимости и каталитической эффективности, а также применения, и объединяет анализ механизма, обсуждение влияющих факторов и стратегий оптимизации для глубокого анализа его технических характеристик и инженерной ценности применения.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.4.5.1 Электропроводность и каталитические свойства

Основные принципы и обзор технологийМногофункциональный

Твердый сплав разработан для достижения превосходной электропроводности (сопротивление <12 мкОм·см , погрешность ±0,1 мкОм·см) и каталитической эффективности (ток реакции окисления метанола >450 мА/см² , погрешность ±10 мА/см²) , сохраняя при этом высокую твердость (HV 1500-1800, погрешность ±30) и умеренную стойкость к разрушению (стойкость к разрушению 8-10 МПа·м¹ / ², погрешность ±0,5). Материал основан на WC (содержание >80%, погрешность ±1%), который обеспечивает основные механические свойства, в то время как Co/Ni (содержание 6%-10%, погрешность ±1%) значительно улучшает электропроводность и каталитическую активность. Размер зерна контролируется в пределах 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) и изготавливается методом спекания при температуре 1450 °C (погрешность ±10 °C), что обеспечивает однородность микроструктуры и стабильность эксплуатационных характеристик материала.

Методы испытаний включают измерение сопротивления (метод четырех зондов, точность ±0,1 мкОм·см), испытание электрокаталитической производительности (реакция окисления метанола, 0,1 М метанол, точность ±10 мА/см²) и испытание твердости (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг). Например, WC8Ni (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) демонстрирует удельное сопротивление 10 мкОм·см (погрешность ±0,1 мкОм·см) и ток реакции окисления метанола 500 мА/см² (погрешность ±10 мА/см²) , подтверждая его многофункциональную производительность.

Механизм и анализ многофункционального цементированного карбида

Высокая проводимость Ni/Co (удельное сопротивление 7 мкОм·см , погрешность ±0,1 мкОм·см) эффективно снижает удельное сопротивление всего материала до 10 мкОм·см (погрешность ±0,1 мкОм·см). Каталитическая активность WC (поверхностная энергия 1 Дж/м² , погрешность ±0,1 Дж/м²) и синергетический эффект Ni значительно ускоряют реакцию окисления метанола, и ток достигает 500 мА/см² (погрешность ±10 мА/см²) . Твердость HV 1600 (погрешность ±30) в основном обеспечивается мелкими зернами (0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм), а сопротивление разрушению 8 МПа·м ¹ / ² (погрешность ±0,5) обусловлено способностью Ni/Co к пластической деформации. Анализ SEM показывает, что распределение зерен WC8Ni является высокооднородным (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%), а фаза Ni образует непрерывную сеть (покрытие >95%, погрешность ±2%), что оптимизирует проводимость и каталитические характеристики. Тестирование EDS дополнительно подтвердило однородность распределения Ni (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%). Испытания электрокаталитической эффективности показывают, что ток реакции окисления метанола у WC8Ni (500 мА/см² , погрешность ±10 мА/см²) значительно лучше, чем у WC8Co (400 мА/см² , погрешность ±10 мА/см²) .

На анализ факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики многофункциональных твердосплавных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

материалов, влияет совокупность следующих факторов:

Содержание Ni/Co

Наилучшая проводимость достигается при содержании Ni/Co 8% (погрешность ±1%); если оно превышает 12% (погрешность ±1%), твердость снижается примерно на 10% (погрешность ±2%), что может быть вызвано размягчением из-за избыточной фазы связующего.

Размер зерна

Наилучшие каталитические характеристики достигаются при размере зерна 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если он превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), ток реакции окисления метанола снижается на 15% (погрешность ±3%), что связано со снижением поверхностной активности.

Обработка поверхности

При шероховатости поверхности Ra менее 0,05 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) каталитическая эффективность увеличивается на 10% (погрешность ± 2%); при шероховатости более 0,1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм) удельное сопротивление увеличивается на 10% (погрешность ± 2%).

Электролитные условия

В 0,1 М растворе метанола ток реакции окисления метанола высок; если pH < 2 (погрешность ± 0,1), ток падает на 20% (погрешность ± 3%).

Условия загрузки

электрод работает при плотности тока >1 А/см² (погрешность ±0,1 А/см²) , для поддержания производительности требуется более высокая проводимость.

Например, ток WC12Ni (зерна 2 мкм , погрешность ±0,01 мкм) в реакции окисления метанола падает до 400 мА/см² (погрешность ± 10 мА/см²) , что указывает на значительное влияние размера зерна на каталитическую эффективность.

Для достижения удельного сопротивления <12 мкОм·см (погрешность ±0,1 мкОм·см) и тока реакции окисления метанола >450 мА/см² (погрешность ±10 мА/см²) рекомендуются следующие стратегии **оптимизации :**

Оптимизация ингредиентов

Содержание Ni/Co контролируется на уровне 6–10% (погрешность ±1%), а содержание WC поддерживается на уровне >80% (погрешность ±1%) для обеспечения баланса проводимости, каталитических и механических свойств.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Контроль зерна

Размер зерна поддерживался на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а рост зерна предотвращался добавлением ингибитора ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Оптимизация поверхности

Технология прецизионной полировки используется для контроля шероховатости поверхности до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), что повышает каталитическую эффективность на 10% (погрешность ±2%).

Процесс спекания

при температуре спекания 1450°C (погрешность ±10°C) и давлении 50 МПа (погрешность ±1 МПа) для обеспечения плотности >99,5% (погрешность ±0,1%), улучшения электропроводности и структурной стабильности.

Технические характеристики теста

Сопротивление проверялось методом четырех зондов, а каталитическая эффективность оценивалась с помощью теста реакции окисления метанола.

Например, после оптимизации удельное сопротивление WC8Ni (размер зерна 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) достигло 10 мкОм·см (погрешность ±0,1 мкОм·см), а ток реакции окисления метанола достиг 500 мА/см² (погрешность ±10 мА/см²) , что подтверждает эффективность стратегии.

Многофункциональные твердые сплавы в машиностроении

Многофункциональные твердые сплавы хорошо работают в следующих сценариях:

Многофункциональные цементированные карбидные электроды топливных элементов

WC8Ni (ток реакции окисления метанола 500 мА/см² , погрешность ±10 мА/см²) имеет каталитическую эффективность более 90% (погрешность ±2%) в топливных элементах, поддерживая эффективное преобразование энергии.

Многофункциональные карбидные электронные контакты

4 часов (погрешность ±10 3 часов) в электронном оборудовании, что обеспечивает долговременную стабильную работу.

Многофункциональный носитель катализатора из цементированного карбида

WC8Ni (твердость HV 1600, допуск ±30) имеет эффективность более 90% (погрешность ±2%) в каталитических реакциях и срок службы более 10 4 часов (погрешность ±10 3 часов), что соответствует промышленным потребностям.

Эти применения в полной мере демонстрируют надежность и практичность многофункционального твердого сплава в области электроники и катализа, обеспечивая эффективную многофункциональную материальную поддержку для смежных отраслей.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.5 Классификация по производственному процессу

Процесс производства твердого сплава напрямую влияет на его микроструктуру (размер зерна 0,2–10 мкм , погрешность ± 0,01 мкм), эксплуатационные характеристики (твердость HV 800–2500, погрешность ± 30, сопротивление разрушению 8–25 МПа·м¹ / ², погрешность ± 0,5) и область применения (срок службы > 10 часов, погрешность ± 1 час до > 10 ⁶ раз, погрешность ± 10 ⁵ раз). Выбор процесса основан на химическом составе (WC, TiC , Co, Ni и т. д.), характеристиках порошка (размер частиц 0,1–5 мкм , погрешность ± 0,01 мкм) и целевых характеристиках, которые проверяются с помощью сканирующей электронной микроскопии (разрешение < 0,1 мкм , погрешность ± 0,01 мкм), рентгеновской дифракции (точность ± 0,01 мкм) и испытаний производительности (ASTM E92, G65).

Категории включают обычное спекание (плотность > 99%, погрешность ± 0,1%), горячее изостатическое прессование (пористость < 0,1%, погрешность ± 0,01%), процесс нанесения покрытия (стойкость к износу повышается на 30–50%, погрешность ± 5%) и аддитивное производство (свобода формы > 95%, погрешность ± 2%), которые соответственно отвечают различным требованиям резки, износостойкости, коррозионной стойкости и высоких температур.

В этом разделе анализируются характеристики процесса и области применения с четырех сторон: обычный спеченный твердый сплав, твердый сплав, полученный методом горячего изостатического прессования (ГИП), твердый сплав с покрытием и твердый сплав, полученный аддитивным способом.

10.5.1 Обычный спеченный карбид

Обычный спеченный цементированный карбид изготавливается методом порошковой металлургии, которая включает смешивание порошков (WC, Co и т. д., размер частиц 0,5-2 мкм , погрешность ±0,01 мкм), прессование (давление 100-300 МПа, погрешность ±1 МПа) и спекание (1350-1500 °C, погрешность ±10 °C) для формирования плотной структуры. Он широко используется в режущих инструментах (срок службы>10 часов, погрешность ±1 час), формах (>10 ⁶ раз, погрешность ±10 ⁵ раз) и износостойких деталях (скорость износа <0,06 мм ³ /Н · м, погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м). Процесс отработан, а себестоимость производства низкая (<50 юаней/кг, погрешность ±5 юаней/кг).
В этом разделе анализируются его технические характеристики с двух сторон: вакуумное спекание и эксплуатационные характеристики.

10.5.1.1 Вакуумное спекание (1350-1500°C)

Основные принципы и технический обзор
Вакуумное спекание осуществляется при температуре 1350-1500°C (погрешность ±10°C) и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

степени вакуума <10 ⁻ ² Па (погрешность ±0,01 Па). Порошок (содержание WC 80%-95%, погрешность ±1%, содержание Co 5%-15%, погрешность ±1%) используется для формирования плотной структуры (плотность >99%, погрешность ±0,1%) посредством жидкофазного спекания (температура плавления Co ~1350°C, погрешность ±10°C). Процесс оптимизирует чистоту материала за счет удаления газов и летучих примесей (содержание кислорода <0,05%, погрешность ±0,01%), а размер зерна контролируется в пределах 0,5-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), твердость достигает HV 1600-2000 (погрешность ±30), а сопротивление разрушению достигает 10-15 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5).

Оборудование включает в себя вакуумную печь (мощность 100-500 кВт, погрешность ±10 кВт), а методы испытаний охватывают измерение плотности (ISO 3369, точность ±0,01 г/см³) , испытание на твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг, погрешность ±0,1 кг) и анализ микроструктуры (сканирующий электронный микроскоп, разрешение <0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм). Например, YG6 (WC6Co), спеченный при 1450 °C (погрешность ±10 °C), имеет плотность 14,9 г/см³ (погрешность ±0,01 г/см³) и твердость HV 2000 (погрешность ±30).

Анализ механизма

В процессе спекания в жидкой фазе Co смачивает WC (контактный угол <10°, погрешность ±1°) в жидкой форме (вязкость 0,01 Па·с , погрешность ±0,001 Па·с), способствует перегруппировке частиц (увеличение плотности >20%, погрешность ±2%) и диффузии (коэффициент диффузии 10 ⁻ ⁸ см²/с, погрешность ±10 ⁻ ⁹ см²/с) и образует интерфейс WCCo (прочность связи >100 МПа, погрешность ±10 МПа). Вакуумная среда снижает окисление (содержание кислорода <0,01%, ошибка ±0,001%), в то время как добавление VC (0,2%, ошибка ±0,01%) подавляет рост зерен и сохраняет размер зерен на уровне 0,5-1 мкм (ошибка ±0,01 мкм). Сканирующая электронная микроскопия показывает, что зерна YG6 распределены равномерно (отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%), а фаза Co распределена непрерывно (покрытие >95%, ошибка ±2%). Рентгеновская дифракция подтвердила наличие фазы WC (2θ около 35,6°, ошибка ±0,1°) и отсутствие фазы η (соотношение углерода и вольфрама <1,0, ошибка ±0,1). Эксплуатационные испытания показали, что скорость износа YG6 составила всего 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что лучше, чем при атмосферном спекании (0,08 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Анализ влияющих факторов

На эффективность влияют многие факторы:

Температура спекания

При температуре 1450°C (погрешность ±10°C) плотность составляет >99% (погрешность ±0,1%), если она превышает 1500°C (погрешность ±10°C), зерна растут, а твердость снижается на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Наилучшая стойкость к разрушению составляет 6%-10% (погрешность ±1%); если она превышает 15% (погрешность ±1%), твердость снижается на 15% (погрешность ±3%).

Размер зерна

Износостойкость высокая при диаметре 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если диаметр превышает 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Степень вакуума

<10^{-2} Па (погрешность ±0,01 Па) — примесей меньше; если >10^{-1} Па (погрешность ±0,01 Па) — пористость увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Время изоляции

Структура становится однородной через 1-2 часа (погрешность ±0,1 часа), если более 3 часов (погрешность ±0,1 часа), размер зерна увеличится на 10% (погрешность ±2%).

Например, размер зерна YG8 (1450°C, погрешность ±10°C, Co 8%, погрешность ±1%) увеличивается до 2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а твердость снижается до HV 1900 (погрешность ±30).

Стратегия оптимизации

заключается в достижении плотности>99% (погрешность ±0,1%) и твердости>HV 1900 (погрешность ±30). Рекомендуется:

Контроль температуры: Поддерживайте температуру 1450°C (±10°C), чтобы избежать чрезмерного размера зерна.

Оптимизация: содержание контролируется на уровне 6–10 % (погрешность ±1 %), обеспечивая баланс между твердостью и сопротивлением разрушению.

Контроль зернистости: добавьте VC (0,2%, погрешность ±0,01%), и размер зерен будет поддерживаться на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).

Степень вакуума: <10^{-2} Па (погрешность ±0,01 Па), снижение пористости.

Технические условия испытаний: ISO 3369 (плотность), ASTM E92 (твердость).

Например, YG6 (1450°C, погрешность ±10°C, VC 0,2%, погрешность ±0,01%) имеет плотность 14,9 г/см³ (погрешность ±0,01 г/см³) и твердость HV 2000 (погрешность ±30).

Инженерное применение

Вакуумно-спеченный твердый сплав хорошо себя проявляет в следующих сценариях:

Режущие инструменты

YG6 (твердость HV 2000, погрешность ±30) срок службы>10 часов (погрешность ±1 час).

Штамповочный штамп

YG8 (сопротивление разрушению 12 МПа·$м^{1/2}$, погрешность ±0,5) срок службы>10^{6} раз

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ±10 ^{5} раз).

Износостойкие детали

YG6 (скорость износа 0,05 мм³ / Н · м, погрешность ±0,01 мм³ / Н · м) срок службы >10 ^{4} часов (погрешность ±10³ часов) . Эти применения показывают, что вакуумное спекание соответствует общим требованиям высокой производительности .

10.5.1.2 Эксплуатационные характеристики: плотность>99%

Основные принципы и технический обзор

Обычный спеченный твердый сплав имеет плотность >99% (погрешность ±0,1%), теоретическую плотность 14,5-15,0 г/см³ (погрешность ±0,01 г/см³), пористость <0,5% (погрешность ±0,1%), твердость HV 1600-2000 (погрешность ±30) и сопротивление разрушению 10-15 МПа·м^{1} /^{2} (погрешность ±0,5), что подходит для сред с высокой нагрузкой (>100 МПа, погрешность ±10 МПа) и высоким трением (коэффициент трения <0,5, погрешность ±0,05). Размер зерна составляет 0,5-2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а содержание Co составляет 6%-15% (погрешность ±1%).

Тесты включают измерение плотности (ISO 3369, точность ±0,01 г/см³) , анализ пористости (ISO 4505, точность ±0,01%) и тестирование производительности (ASTM G65, точность ±0,01 мм³ / Н · м). Например, плотность YG6 (WC6Co) составляет 14,9 г/см³ (погрешность ±0,01 г/см³) , пористость 0,3% (погрешность ±0,05%) и твердость HV 2000 (погрешность ±30).

Высокая плотность достигается путем жидкофазного спекания (объемная доля Co >10%, ошибка ±1%), перегруппировки частиц (увеличение плотности >20%, ошибка ±2%) и заполнения пор (пористость <0,5%, ошибка ±0,1%) для оптимизации структуры. Интерфейс WCCo (энергия связи ~100 кДж/моль, ошибка ±10 кДж/моль) обеспечивает твердость HV 2000 (погрешность ±30), а сетка Co (покрытие >95%, ошибка ±2%) обеспечивает сопротивление разрушению 10 МПа·м ^{1} / ^{2} (погрешность ±0,5). Сканирующая электронная микроскопия показывает, что размер пор YG6 составляет <0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а распределение равномерное (отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%). Энергодисперсионная спектроскопия подтверждает равномерное распределение Co (отклонение <0,1%, погрешность ±0,02%).

Испытания на износ показывают, что скорость износа YG6 составляет всего 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что лучше, чем у сплава с низкой плотностью (<98%, погрешность ±0,1%, скорость износа 0,08 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Анализ влияющих факторов

На эффективность влияют многие факторы:

Плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Если погрешность составляет >99% (погрешность ±0,1%), износостойкость отличная; если она составляет <98% (погрешность ±0,1%), скорость износа увеличивается на 20% (погрешность ±3%).

Размер зерна

Твердость высокая при диаметре 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если диаметр >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), то твердость снижается на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

Эффективность сбалансирована, если значение находится в диапазоне от 6% до 10% (погрешность ±1%); если значение >15% (погрешность ±1%), сопротивление разрушению увеличивается, но твердость уменьшается на 15% (погрешность ±3%).

Температура спекания

Пористость низкая при 1450°C (погрешность ±10°C); если >1500°C (погрешность ±10°C), пористость увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Размер частиц порошка

Плотность высокая при диаметре 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если он >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), пористость увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Например, скорость износа YG8 (плотность 98%, погрешность ±0,1%) увеличивается до 0,07 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Стратегия оптимизации

заключается в достижении плотности > 99% (погрешность ± 0,1%) и твердости > HV 1900 (погрешность ± 30). Рекомендуется:

Оптимизация порошка: размер частиц 0,5-1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм), чистота > 99,9% (погрешность ± 0,01%).

Совместная оптимизация: содержание 6%-10% (погрешность ±1%), сбалансированная производительность.

Параметры спекания: 1450°C (погрешность ±10°C), выдержка в тепле 1-2 часа (погрешность ±0,1 часа).

Контроль зернистости: добавьте VC (0,2%, погрешность ±0,01%), и размер зерен будет поддерживаться на уровне 0,5–1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).

Технические условия испытаний: ISO 3369 (плотность), ASTM G65 (истирание).

Скорость износа YG6 (плотность 14,9 г/см³ , погрешность ±0,01 г/см³) составляет 0,05 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Инженерное применение

Высокоплотный твердый сплав хорошо себя проявляет в следующих сценариях:

Режущий инструмент: YG6 (плотность 14,9 г/см³ , погрешность ±0,01 г/см³) , срок службы>10 часов (погрешность ±1 час).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Форма : YG8 (твердость HV 1900, погрешность ±30), срок службы>10 ⁶ раз (погрешность ±10 ⁵ раз).
Уплотнения: YG6 (скорость износа 0,05 мм³ / Н · м, погрешность ±0,01 мм³ / Н · м) срок службы >10 ⁴ часов (погрешность ±10³ часов) . Эти применения показывают, что высокая плотность соответствует высоким требованиям к производительности.

1 0.5.2 Горячее изостатическое прессование (ГИП) твердого сплава

Горячее изостатическое прессование (ГИП) цементированного карбида успешно устраняет пористость (пористость <0,1%, погрешность ±0,01%) и значительно повышает прочность (>2000 МПа, погрешность ±50 МПа) и надежность (усталостная долговечность >10 ⁶ раз, погрешность ±10 ⁵ раз) посредством обработки при высокой температуре (1300-1500 °C, погрешность ±10 °C) и высоком давлении (100-200 МПа, погрешность ±1 МПа) . Этот процесс особенно подходит для высоконадежных инструментов, таких как авиационные инструменты (срок службы >5000 часов, погрешность ±500 часов) и износостойких деталей (скорость износа <0,04 мм ³ /Н · м, погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м). Однако из-за сложности процесса себестоимость его производства относительно высока (>100 юаней/кг, погрешность ±10 юаней/кг).
В этом разделе анализируются его технические характеристики и инженерная ценность с двух сторон: преимущества процесса и области применения.

10.5.2.1 Преимущества процесса: Пористость <0,1%

Основные принципы и технический обзор

Процесс горячего изостатического прессования (ГИП) заключается в обработке предварительно спеченного тела (плотность >95%, погрешность ±0,1%) в среде аргона (давление 100–200 МПа, погрешность ±1 МПа, температура 1300–1500 °C, погрешность ±10 °C) и использовании порошка (содержание WC 85–95%, погрешность ±1%, содержание Co 5–10%, погрешность ±1%) для получения плотной структуры с пористостью менее 0,1% (погрешность ±0,01%). Твердость материала достигает HV 1800-2200 (погрешность ±30), сопротивление разрушению составляет 12-15 МПа·м ¹/² (погрешность ±0,5), а размер зерна контролируется в пределах 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).

Оборудование представляет собой печь HIP (объем 0,1-1 м³, погрешность ±0,01 м³) , а методы испытаний включают измерение пористости (ISO 4505, точность ±0,01%), испытание на прочность (ISO 3327, точность ±10 МПа) и анализ микроструктуры (сканирующий электронный микроскоп, разрешение <0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм). Например, пористость YG6HIP (WC6Co) составляет всего 0,05% (погрешность ±0,01%), а твердость - HV 2100 (погрешность ±30).

Механизм и анализ

Высокое давление (100 МПа, погрешность ±1 МПа) приводит к закрытию пор (размер пор <0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм), а высокая температура (1400 °C, погрешность ±10 °C)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

способствует атомной диффузии (коэффициент диффузии составляет около 10^{-7} см²/с, погрешность $\pm10^{-8}$ см²/с), достигая структуры, близкой к теоретической плотности (>99,9%, погрешность ±0,01%). Интерфейс WCCo (прочность связи >150 МПа, погрешность ±10 МПа) значительно повышает прочность материала (>2000 МПа, погрешность ±50 МПа). Сканирующая электронная микроскопия показывает, что количество пор YG6HIP является редким (плотность $<10^{4}$ см$^{-2}$, ошибка $\pm10^{3}$ см$^{-2}$) , а зерна однородны (0,5 мкм , ошибка ±0,01 мкм , отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%). Энергодисперсионная спектроскопия подтвердила, что Co был равномерно распределен (отклонение <0,1%, ошибка ±0,02%). Результаты испытаний на усталость показали, что усталостная долговечность YG6HIP превысила 10^{6} раз (погрешность $\pm10^{5}$ раз), что было значительно лучше, чем при обычном спекании (5×10^{5} раз, ошибка $\pm5\times10^{4}$ раз).

Анализ влияющих факторов

На эффективность влияют многие факторы:

давление

Пористость составляет <0,1% (погрешность ±0,01%) при 100-150 МПа (погрешность ±1 МПа); если она ниже 50 МПа (погрешность ±1 МПа), пористость увеличивается на 20% (погрешность ±3%).

температура

Плотность достигает максимума при температуре 1400°C (погрешность ±10°C); если она превышает 1500°C (погрешность ±10°C), зерна растут, а твердость снижается на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

Сопротивление разрушению наилучшее, когда оно составляет 6%-10% (погрешность ±1%); если оно превышает 15% (погрешность ±1%), прочность снижается на 15% (погрешность ±3%).

Предварительно спеченное тело

Эффект HIP хорош, когда плотность >95% (погрешность ±0,1%); если она ниже 90% (погрешность ±0,1%), пористость увеличивается на 10% (погрешность ±2%).

Время изоляции

Структура становится однородной через 1-2 часа (погрешность ±0,1 часа), если более 3 часов (погрешность ±0,1 часа), размер зерна увеличится на 10% (погрешность ±2%).

Например, пористость YG8HIP (давление 50 МПа, погрешность ±1 МПа) увеличилась до 0,2% (погрешность ±0,01%).

Стратегия оптимизации

заключается в достижении пористости <0,1% (погрешность ±0,01%) и твердости >HV 2000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ±30). Рекомендуется:
Оптимизация давления: поддерживается на уровне 100–150 МПа (погрешность ±1 МПа), эффективно устраняя пористость.
Регулирование температуры: 1400°C (погрешность ±10°C) для предотвращения чрезмерного размера зерна.
Оптимизация содержания: содержание 6%-10% (погрешность ±1%), баланс прочности и сопротивления разрушению.
Оптимизация предварительного спекания: плотность предварительно спеченного тела >95% (погрешность ±0,1%), размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).
Спецификации испытаний: ISO 4505 (пористость), ISO 3327 (прочность).
Например, YG6HIP (1400°C, погрешность ±10°C, 150 МПа, погрешность ±1 МПа) имеет пористость 0,05% (погрешность ±0,01%) и твердость HV 2100 (погрешность ±30).

для инженерных приложений
хорошо работает в следующих сценариях:
Твердосплавный авиационный инструмент: YG6HIP (твердость HV 2100, погрешность ±30) срок службы>5000 часов (погрешность ±500 часов).
Твердосплавная прецизионная форма: YG8HIP (сопротивление разрушению 15 МПа·м $^{1/2}$, погрешность ±0,5) срок службы>10^6 раз (погрешность ±10^5 раз).
Износостойкие детали из карбида: YG6HIP (скорость износа 0,04 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), срок службы> 10^4часов (погрешность ± 10^3 часов) . Эти применения показывают, что процесс HIP соответствует высоким требованиям надежности.

10.5.2.2 Применение: Высоконадежные твердосплавные инструменты

Основные принципы и обзор технологийHIP
Твердый сплав подходит для высоконадежных инструментов, включая авиационные инструменты (срок службы>5000 часов, погрешность±500 часов), медицинские приборы (точность<0,01 мм, погрешность±0,001 мм) и прецизионные формы (>10^6 раз, погрешность±10^5 раз) благодаря своей низкой пористости (<0,1%, погрешность±0,01%) и высокой прочности (>2000 МПа, погрешность±50 МПа) . Размер зерна составляет 0,5-1 мкм (погрешность±0,01 мкм), содержание Co составляет 6%-10% (погрешность±1%), а диапазон твердости составляет HV 1800-2200 (погрешность±30).

Методы испытаний включают испытания на усталостную прочность (ASTM E466, точность ±10^4 раз), испытания на износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³ / Н · м) и измерение пористости (ISO 4505, точность ±0,01%). Например, срок службы YG6HIP (зерно 0,5 мкм , погрешность ±0,01 мкм) в авиационных инструментах превышает 5000 часов (погрешность ±500 часов), а скорость износа составляет всего 0,04 мм³ / Н · м (погрешность ±0,01 мм³ / Н · м).

Анализ механизма:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Низкая пористость (<0,1%, ошибка ±0,01%) снижает концентрацию напряжений (коэффициент концентрации напряжений <1,1, ошибка ±0,05), тем самым улучшая усталостную долговечность (>10 ⁶ раз, ошибка ±10 ⁵ раз). Интерфейс WCCo (энергия связи около 150 кДж/моль, ошибка ±10 кДж/моль) обеспечивает твердость HV 2100 (погрешность ±30), а Co (содержание 6%, ошибка ±1%) обеспечивает сопротивление разрушению 15 МПа·м ¹ / ² (погрешность ±0,5). Сканирующая электронная микроскопия показывает, что YG6HIP имеет низкую плотность пор (<10 ⁴ см ⁻ ² , ошибка ±10 ³ см ⁻ ²) и гладкую поверхность (шероховатость Ra < 0,05 мкм , ошибка ± 0,01 мкм). Энергодисперсионная спектроскопия подтверждает, что Co распределен равномерно (отклонение < 0,1%, ошибка ± 0,02%). Результаты испытаний на усталость показывают, что YG6HIP превосходит обычное спекание (срок службы 5×10 ⁵ раз, ошибка ± 5×10 ⁴ раз).

На анализ влияющих факторов

влияют многие факторы:

Пористость

Если он <0,1% (погрешность ±0,01%), то срок службы большой; если он >0,5% (погрешность ±0,01%), то усталостная долговечность уменьшается на 20% (погрешность ±3%).

Размер зерна

0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм); если >2 мкм (погрешность ±0,01 мкм), прочность уменьшается на 10% (погрешность ±2%).

Содержимое

Сопротивление разрушению хорошее, если оно составляет 6%-10% (погрешность ±1%); если оно >15% (погрешность ±1%), твердость снижается на 15% (погрешность ±3%).

Шероховатость поверхности

При Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа уменьшается на 10% (погрешность ±2%); если Ra>0,1 мкм (погрешность ±0,01 мкм) скорость износа увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Условия загрузки

Низкая пористость необходима для сопротивления усталости при высокочастотных вибрациях (>10 Гц, допуск ±1 Гц).

Например, срок службы YG8HIP (пористость 0,2%, погрешность ±0,01%) сокращается до 3000 часов (погрешность ±500 часов).

Стратегия оптимизации

заключается в достижении срока службы >5000 часов (погрешность ±500 часов) и пористости <0,1% (погрешность ±0,01%). Рекомендуется следующее:

Параметры ГИП: температура 1400°C (погрешность ±10°C), давление 150 МПа (погрешность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

±1 МПа).

Контроль зернистости: поддерживается на уровне 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм), добавляется ВК (0,2%, погрешность ±0,01%).

Совместная оптимизация: содержание 6%-10% (погрешность ±1%), сбалансированная производительность.

Оптимизация поверхности: благодаря полировке шероховатость контролируется на уровне Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), а скорость износа снижается на 10% (погрешность ±2%).

Спецификации испытаний: ASTM E466 (усталость), ISO 4505 (пористость).

Например, срок службы YG6HIP (шероховатость Ra<0,05 мкм , погрешность ±0,01 мкм) превышает 5000 часов (погрешность ±500 часов).

Инженерное применение.

Твердый сплав, подвергнутый горячему изостатическому прессованию, хорошо себя проявляет в следующих сценариях:

Твердосплавные авиационные режущие инструменты

YG6HIP (твердость HV 2100, погрешность ±30) срок службы>5000 часов (погрешность ±500 часов).

Медицинские сверла из карбида

YG8HIP (точность <0,01 мм, погрешность ±0,001 мм) срок службы>10^4 раз (погрешность ±10^3 раз).

Твердосплавная прецизионная форма

YG6HIP (скорость износа 0,04 мм³/Н · м, погрешность ±0,01 мм³/Н · м) срок службы>10^6 раз (погрешность ±10^5 раз). Эти применения в полной мере демонстрируют превосходные характеристики твердого сплава HIP в условиях высоких требований к надежности.

10.5.3 Твердый сплав с покрытием

Покрытый цементированный карбид значительно улучшает износостойкость (увеличение на 30%-50%, погрешность ±5%), коррозионную стойкость (скорость коррозии снижается на 50%, погрешность ±5%) и срок службы (>20 часов, погрешность ±2 часа) путем нанесения покрытия (толщина 1-10 мкм , погрешность ±0,1 мкм) на подложку (WCCo , твердость HV 1600-2000, погрешность ±30). Этот материал подходит для высокоскоростной резки (>1500 м/мин, погрешность ±10 м/мин) и суровых условий (pH 2-12, погрешность ±0,1).

В этом разделе анализируются технические характеристики и прикладная ценность покрытий HVOF, PVD и CVD, а также улучшение эксплуатационных характеристик.

10.5.3.1 Покрытия HVOF, PVD и CVD

Основные принципы и технический обзор покрытого цементированного карбида

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Покрытый цементированный карбид использует технологию высокоскоростного кислородно-топливного напыления (HVOF), физического осаждения из паровой фазы (PVD) или химического осаждения из паровой фазы (CVD) для нанесения покрытия TiN , TiAlN или Al_2O_3 на подложку (содержание WC 85%-95%, погрешность ±1%, содержание Co 5%-10%, погрешность ±1%), а толщина покрытия составляет 2-5 мкм (погрешность ±0,1 мкм). Скорость распыления HVOF превышает 500 м/с (погрешность ±10 м/с), температура осаждения PVD ниже 500 °C (погрешность ±10 °C), а температура осаждения CVD выше 800 °C (погрешность ±10 °C). Твердость покрытия достигает HV 2000-3000 (погрешность ±50), а коэффициент трения ниже 0,3 (погрешность ±0,05).
Печи PVD (вакуум $<10^{-3}$ Па, погрешность ±0,001 Па) и печи CVD (давление газа 1-10 кПа, погрешность ±0,1 кПа). Методы испытаний охватывают измерение толщины покрытия (ISO 18452, точность ±0,01 мкм), испытание адгезии (ISO 26443, точность ±1 МПа) и оценку износостойкости (ASTM G99, точность ±0,01 мм³ / Н м). Например, твердость покрытия TiAlN (PVD, толщина 3 мкм , погрешность ±0,1 мкм) составляет HV 2800 (погрешность ±50), а скорость износа составляет всего 0,03 мм³ / Н м (погрешность ±0,01 мм³ / Н м).

Механизм и анализ покрытия цементированного карбидаHVOF
образует плотное покрытие (пористость <1%, погрешность ±0,1%) посредством высокоскоростного осаждения частиц (>500 м/с, погрешность ±10 м/с), а адгезия превышает 70 МПа (погрешность ±5 МПа). PVD использует ионную бомбардировку (энергия 100 эВ, погрешность ±10 эВ) для создания мелкозернистых покрытий (зерна <0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм), а твердость достигает HV 2800 (погрешность ±50). CVD образует однородное покрытие (отклонение толщины <0,1 мкм , погрешность ±0,01 мкм) посредством химических реакций (скорость реакции 10^{-6} моль/с, погрешность ±10^{-7} моль/с), и имеет высокую термостойкость (>1000 °C, погрешность ±10°C). Сканирующая электронная микроскопия показала, что покрытие TiAlN (PVD) было плотным (поры <0,01%, ошибка ±0,001%), а рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия подтвердила распределение Ti и Al (Ti 2p составил около 459 эВ, ошибка ±0,1 эВ).

Испытания на износ показывают, что скорость износа покрытия TiAlN (PVD) составляет всего 0,03 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м), что значительно лучше, чем у непокрытой подложки (0,06 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

На анализ факторов, влияющих на
эксплуатационные характеристики твердого сплава с покрытием, влияют многие факторы:

Тип покрытия
TiAlN (PVD) имеет на 50% более высокую износостойкость (погрешность ±5%); Al_2O_3 (CVD) имеет лучшую устойчивость к высоким температурам.

толщина
Эффективность сбалансирована при диаметре 2–5 мкм (погрешность ±0,1 мкм); если

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

диаметр превышает 10 мкм (погрешность ±0,1 мкм), скорость отслаивания увеличивается на 20% (погрешность ±3%).

Твёрдость матрицы

При HV>1800 (погрешность ±30) адгезия сильная; при HV<1600 (погрешность ±30) скорость отслаивания увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Температура осаждения

При температуре PVD <500°C (погрешность ±10°C) эксплуатационные характеристики подложки остаются неизменными; при температуре CVD >800°C (погрешность ±10°C) сопротивление подложки разрушению снижается на 10% (погрешность ±2%).

Шероховатость поверхности

При Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм) износостойкость повышается на 10% (погрешность ±2%).

Например, скорость отслаивания TiN (CVD, толщина 10 мкм , погрешность ±0,1 мкм) увеличилась до 20% (погрешность ±3%).

Стратегия оптимизации для твердого сплава с покрытием

Для достижения улучшения износостойкости > 30% (погрешность ± 5%) и адгезии > 70 МПа (погрешность ± 5 МПа) рекомендуется:

Варианты покрытия: TiAlN (PVD, подходит для высокоскоростной резки), Al_2O_3 (CVD, подходит для высокотемпературных сред).

Контроль толщины: поддерживать на уровне 2–5 мкм (погрешность ±0,1 мкм) во избежание отслаивания.

Оптимизация матрицы: твердость HV>1800 (погрешность ±30), размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).

Предварительная обработка поверхности: Полировка до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), адгезия увеличена на 10% (погрешность ±2%).

Спецификации испытаний: ISO 26443 (адгезия), ASTM G99 (истирание).

Например, скорость износа TiAlN (PVD, толщина 3 мкм , погрешность ±0,1 мкм) составляет 0,03 мм³/Н·м (погрешность ±0,01 мм³/Н·м).

Применение в машиностроении карбида вольфрама с покрытием.

Карбид вольфрама с покрытием хорошо работает в следующих сценариях:

Быстрорежущий инструмент: TiAlN (PVD, твердость HV 2800, погрешность ±50), срок службы>20 часов (погрешность ±2 часа).

Форма: Al_2O_3 (CVD, высокая термостойкость >1000°C, погрешность ±10°C), срок службы $>10^6$ раз (погрешность $\pm10^5$ раз).

Износостойкие детали: HVOF WC-Co (скорость износа 0,03 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), срок службы > 10^4часов (погрешность ± 10^3 часов) . Эти применения в полной мере демонстрируют значительную роль технологии нанесения покрытий в повышении

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

производительности.

10.5.3.2 Улучшение характеристик твердого сплава с покрытием: износостойкость увеличивается на 30%-50%

Основные принципы и технический обзор твердого сплава с покрытием

Износостойкость твердого сплава с покрытием повышается на 30–50 % (погрешность ± 5 %), скорость износа снижается до <0,04 мм³ /Н·м (погрешность ± 0,01 мм³/Н·м), срок службы увеличивается на > 50 % (погрешность ± 5 %, > 20 часов, погрешность ± 2 часа), диапазон твердости составляет HV 2000–3000 (погрешность ± 50), а коэффициент трения составляет < 0,3 (погрешность ± 0,05). Материалы покрытия включают TiN , TiAlN , Al_2O_3 , толщина составляет 2-5 мкм (погрешность ± 0,1 мкм), а размер зерна матрицы составляет 0,5-1 мкм (погрешность ± 0,01 мкм).

Методы испытаний включают испытания на износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³ / Н · м), испытания на адгезию (ISO 26443, точность ±1 МПа) и оценку высокотемпературных характеристик (ISO 1832, точность ±10°C). Например, скорость износа TiAlN (PVD, толщина 3 мкм , погрешность ±0,1 мкм) составляет 0,03 мм³ / Н · м (погрешность ±0,01 мм³ / Н · м), а срок службы увеличивается на 50% (погрешность ±5%).

Механизм и анализ

Высокая твердость покрытия (HV 2800, погрешность ±50) эффективно снижает скорость износа (<0,04 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), а низкий коэффициент трения (<0,3, погрешность ±0,05) снижает тепловыделение в процессе резки (снижение температуры 20%, погрешность ±3%). Покрытие TiAlN генерирует Al_2O_3 при высокой температуре (>800°C, погрешность ±10°C), что повышает стойкость к окислению (прирост веса при окислении <0,5 мг/см² , погрешность ±0,05 мг/см²) . Сканирующая электронная микроскопия показывает, что покрытие TiAlN изнашивается равномерно (глубина <0,01 мм, ошибка ±0,001 мм), а рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия подтверждает наличие Al_2O_3 (Al 2p составляет около 74 эВ, ошибка ±0,1 эВ). Испытания на износ показывают, что скорость износа TiAlN (PVD) составляет 0,03 мм ³ /Н · м (погрешность ±0,01 мм ³ /Н · м), что лучше, чем у непокрытой подложки (0,06 мм ³ /Н · м, ошибка ±0,01 мм ³ /Н · м).

Анализ влияющих факторов

На эффективность влияют многие факторы:

Тип покрытия

Износостойкость TiAlN улучшается на 50% (погрешность ±5%); износостойкость TiN улучшается на 30% (погрешность ±5%).

толщина

Износостойкость наилучшая при диаметре 2–5 мкм (погрешность ±0,1 мкм); если диаметр >10 мкм (погрешность ±0,1 мкм), скорость отслаивания увеличивается на 20%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(погрешность ±3%).

Твёрдость матрицы

При HV>1800 (погрешность ±30) срок службы большой, при <1600 (погрешность ±30) частота отказов покрытия увеличивается на 15% (погрешность ±3%).

Условия труда

TiAlN лучше при скорости резания >1500 м/мин (погрешность ±10 м/мин); <500 м/мин (погрешность ±10 м/мин)

Применимо TiN .

Условия окружающей среды

$_2$ O $_3$ лучше работает при высоких температурах (>800°C, ±10°C).

Например, скорость износа TiN (PVD, толщина 10 мкм , допуск ±0,1 мкм) увеличивается до 0,05 мм³/Н·м (допуск ±0,01 мм³/Н·м).

Стратегия оптимизации

заключается в достижении улучшения износостойкости >30% (погрешность ±5%) и увеличения срока службы >50% (погрешность ±5%). Рекомендуется:

Оптимизация покрытия: TiAlN (PVD, подходит для высокоскоростной резки), Al $_2$ O $_3$ (CVD, подходит для высокотемпературной среды).

Контроль толщины: поддерживать на уровне 2–5 мкм (погрешность ±0,1 мкм) во избежание отслаивания.

Оптимизация матрицы: твердость HV>1800 (погрешность ±30), размер зерна 0,5-1 мкм (погрешность ±0,01 мкм).

Обработка поверхности: Полировка до Ra<0,05 мкм (погрешность ±0,01 мкм), износостойкость увеличена на 10% (погрешность ±2%).

Технические характеристики испытаний: ASTM G99 (истирание), ISO 1832 (стойкость к высоким температурам).

Например, срок службы TiAlN (PVD, толщина 3 мкм , погрешность ±0,1 мкм) увеличивается на 50% (погрешность ±5%).

для инженерного применения

хорошо себя проявляет в следующих сценариях:

Авиационный инструмент: TiAlN (PVD, скорость износа 0,03 мм³/Н·м, погрешность ±0,01 мм³/Н·м), срок службы>20 часов (погрешность ±2 часа).

Штамп: Al $_2$ O $_3$ (CVD, твердость HV 2500, погрешность ±50) срок службы>10 ^{6} раз (погрешность ±10 ^{5} раз).

Сопло: HVOF WC-Co (коэффициент трения <0,3, погрешность ±0,05) срок службы >10 ^{4} часов (погрешность ±10 ^{3} часов). Эти применения подчеркивают значительный эффект технологии покрытия в улучшении износостойкости и продлении срока службы.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Типы карбида с покрытием

Классификация в соответствии с	покрытие тип	Представительные материалы	Ключевые показатели	Типичные применения
Покрытие пресса Материал слоя материал	Азотирование вещь	Тин	Твердость: HV 20002300±50, Коэффициент трения: 0,40,6±0,05, Термостойкость: <600°C±10°C	Режущие инструменты (например, сверла)
		КрН	Твердость: HV 15002000±50, Коэффициент трения: 0,30,5±0,05, Повышение коррозионной стойкости: 20%30%±5%	Формы, детали нефтехимической промышленности
		АлТиН	Твердость: HV 30003500±50, Коэффициент трения: 0,30,4±0,05, Термостойкость: <900°C±10°C	Высокоскоростная фреза
		ЗГар	Твердость: HV 20002500±50, Коэффициент трения: 0,40,5±0,05	Декоративная форма
	карбид	ТиК	Твердость: HV 28003200±50, Коэффициент трения: 0,30,5±0,05, Вязкость: K_{1c} < 8 МПа·м ^{1} / ^{2} ± 0,5	Штамповочный штамп
		Туалет/С	Твердость: HV 10001500±50, Коэффициент трения: 0,10,2±0,01	Скользящие детали (например, подшипники)
	Окись	Al_2O_3	Твердость: HV 18002200±50, Коэффициент трения: 0,40,6±0,05, Термостойкость: <1000°C±10°C	токарный инструмент
	Борид	TiB_2	Твердость: HV 30003500±50, Коэффициент трения: 0,40,5±0,05, Вязкость: K_{1c} < 6 МПа·м ^{1} / ^{2} ± 0,5	Инструменты для обработки керамики
	Алмазоподобный углерод	DLC	Твердость: HV 20008000±100, Коэффициент трения: 0,050,2±0,01, Потеря веса из-за коррозии: <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²	Уплотнительное кольцо, форма
	сложный /Многослойный	TiN / AlTiN	Твердость: HV 25003500±50, толщина слоя: 0,52 мкм±0,1 мкм /слой, термостойкость: <900°C±10°C	Сложные режущие инструменты
		CrN /DLC	Твердость: HV 20004000±100, Коэффициент трения: 0,050,2±0,01, Повышение коррозионной стойкости: 20%30%±5%	Детали и формы для нефтехимической промышленности
Согласно процессу	ПВД	TiN , CrN , AlTiN , DLC	Твердость: HV 15003500±50, Адгезия:>50 МПа±5 МПа, Поверхность: Ra<0,05 мкм±0,01 мкм	Прецизионные инструменты, уплотнения
	ССЗ	TiC , TiN , Al_2O_3	Твердость: HV 20003000±50, Толщина: 510 мкм±0,5 мкм , Термостойкость: <1000°C±10°C	Тяжелые инструменты

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Классификация в соответствии с	покрытие тип	Представительные материалы	Ключевые показатели	Типичные применения
подготовки				и формы
	плазма Распыление	WC/ Co, Cr_3C_2 / NiCr	Твердость: HV 8001200±50, Толщина: 50500 мкм±10 мкм , Поверхность: Ra>0,5 мкм±0,1 мкм	Клапаны, износостойкие детали
	Ионная имплантация	H^+ , Cr^+	Увеличение твердости: 10%20%±5%, Уменьшение коэффициента трения : 10%±2%, Дозировка: 10^{17} 10^{18} см$^{-2}$ ± 10^{16} см$^{-2}$	Подшипники скольжения, уплотнения
По сценарию применения	Режущие инструменты	ТиН , АлТиН , ТиК , ТиН / АлТиН	Твердость: HV 20003500±50, Скорость износа: <0,05 /Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м, Срок службы: >5000 ±500 м	Фреза, сверло
	Форма	CrN , DLC, WC/C, CrN /DLC	Коэффициент трения: <0,2±0,01, Потеря веса из-за коррозии: <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Усилие извлечения из формы: <10 Н±1 Н	Штамповочные формы, литьевые формы
	Детали, устойчивые к износу и коррозии	CrN , Al_2O_3 , DLC, Cr_3C_2/ NiCr	Повышение коррозионной стойкости: 20%30%±5%, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 ³ часов	Нефтехимические клапаны и детали насосов
	Самосмазывающиеся детали	Композит DLC, WC/C, MoS_2	Коэффициент трения: 0,050,2±0,01, Адгезия: <1 Н±0,1 Н, Теплота трения: <100°C±1°C	Подшипники скольжения, уплотнения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Процесс производства покрытия из цементированного карбида

Тип процесса	шаг	Подробное описание	Ключевые параметры	Оборудование и технологии	Плюсы и минусы
Физическое осаждение из паровой фазы (PVD) (основные направления: магнетронное распыление, катодная дуга)	Матрица Подготовить	Очистите карбидную подложку (WCCo), чтобы удалить масло и окислы и обеспечить гладкую поверхность. Метод: ультразвуковая очистка (спирт/деионизированная вода), щелочная очистка, кислотная очистка. Полируйте до Ra<0,05 ±0,01 мкм .	Время очистки: 1030 мин±1 мин, шероховатость поверхности: Ra<0,05 мкм±0,01 мкм , остаточное напряжение: <50 МПа±5 МПа	Ультразвуковая очистная машина (частота 40 кГц ± 1 кГц), полировальная машина (алмазный абразив <1 мкм ± 0,1 мкм)	Преимущества: Тщательная очистка и высокое качество поверхности. Недостатки: Многоэтапная очистка увеличивает временные затраты.
	Зажим и Разогреть	Закрепите подложку в приспособлении вакуумной камеры и вращайте ее, чтобы обеспечить равномерное осаждение. Предварительно нагрейте, чтобы удалить поверхностную влагу и улучшить адгезию покрытия.	Температура предварительного нагрева: 150-300°C±10°C, Степень вакуума: <10 $^{-3}$ Па ± 10 $^{-4}$ Па, Скорость вращения: 510 об/мин±1 об/мин	Вакуумная камера PVD (объем >1 м³ ± 0,1 м³) , приспособление (термостойкость >500°C±10°C)	Преимущества: Равномерный предварительный нагрев повышает прочность соединения (>50 МПа±5 МПа). Недостатки: Сложное приспособление.
	3. Ионная очистка	Подложка подвергается бомбардировке плазмой Ar^+ или N^+ для удаления следов оксидных слоев и активации поверхности.	Напряжение смещения: от 100 до 300 В ± 10 В, Ионный ток: 10 ^{16} 10 ^{17} см $^{-2}$ ± 10 ^{15} см $^{-2}$, Время: 515 мин ± 1 мин	Источник ионов (RF/DC, мощность 15 кВт ± 0,1 кВт), вакуумный насос (скорость > 1000 л/с ± 100 л/с)	Преимущества: Активация поверхности улучшает адгезию на 10%20%±5%. Недостатки: Чрезмерная бомбардировка может повредить подложку (увеличение напряжения на 5%±1%).
	4. Возбуждение и осаждение мишени	Магнетронное распыление: высокоэнергетические частицы (Ar^+) бомбардируют мишень (например, Ti, Cr), и распыленные атомы осаждаются на подложке. Катодная дуга: дуга испаряет мишень (например, AlTi) для формирования плазменного осаждения. Реакционный газ (например, N_2 , CH_4) вводится для получения TiN , CrN , DLC и т. д.	Чистота цели: >99,9%±0,01%, Скорость осаждения: 0,11 мкм /мин± 0,01 мкм /мин, Напряжение смещения: от 50 до 200 В±10 В, Давление газа: 0,11 Па±0,01 Па	Магнетронная распылительная мишень (мощность 520 кВт ± 0,1 кВт), катодно-дуговой источник (ток 50200 А ± 1 А), расходомер газа (точность ± 1 см3/мин)	Преимущества: равномерное напыление и точный контроль толщины (отклонение <0,1 ±0,01 мкм). Недостатки: низкая скорость распыления магнетрона и катодная дуга склонна к образованию капель (<1 мкм ±0,1).
	5. Контроль газа-реагента	Точно контролируйте поток N_2 , C_2, H_2 , O_2 и других газов для	Чистота газа: >99,99%±0,01%, скорость потока: 10100	Регулятор массового расхода (PMP, точность ±0,1 см3/мин),	Преимущества: Состав покрытия регулируется

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип процесса	шаг	Подробное описание	Ключевые параметры	Оборудование и технологии	Плюсы и минусы
		формирования нитридного (TiN , CrN), карбидного (TiC) или DLC-покрытия.	см3/мин±1 см3/мин , время реакции: 30120 мин±1 мин	манометр вакуумной камеры (точность ±0,01 Па)	(например, твердость CrN HV 15002000±50). Недостатки: Отклонение газового соотношения (>5%±1%) влияет на производительность.
	6. Охлаждение и последующая обработка	После осаждения медленно охладите до комнатной температуры, чтобы избежать термического напряжения. Проверьте толщину и однородность покрытия и отполируйте для оптимизации поверхности (Ra < 0,05 мкм ± 0,01 мкм).	Скорость охлаждения: <5°C/мин±1°C/мин, толщина покрытия: 15 мкм±0,5 мкм , отклонение равномерности: <5%±1%	Система охлаждения вакуумной камеры (водяное охлаждение, расход >10 л/мин ± 1 л/мин), полировальный станок (точность Ra ± 0,01 мкм)	Преимущества: Снижение скорости образования трещин (<0,1%±0,02%). Недостатки: Длительное время охлаждения (12 ч±0,1 ч).
	7. Тестирование производительности	Испытание на твердость (по Виккерсу), адгезию (метод царапания), коэффициент трения (испытание штифтом по диску), коррозионную стойкость (солевой туман).	Твердость: HV 15003500±50, Адгезия: >50 МПа±5 МПа, Коэффициент трения: 0,050,6±0,05, Потеря веса из-за коррозии: <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²	Твердомер по Виккерсу (нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), царапающий прибор (нагрузка 0,100 Н ± 1 Н), тестер трения (ASTM G99)	Преимущества: Гарантия стабильности производительности (отклонение <5% ± 1%). Недостатки: Длительное обнаружение (>1 ч ± 0,1 ч/партию).
Химическое осаждение из паровой фазы (CVD) (основные направления: термическое CVD, плазменное CVD)	1. Подготовка матрицы	Очистите подложку из цементированного карбида и отполируйте, чтобы удалить дефекты поверхности и обеспечить Ra<0,1 мкм±0,01 мкм . Метод: ультразвуковая очистка, химическое травление.	Время очистки: 1530 мин ± 1 мин, шероховатость поверхности: Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм , чистота: остаток < 0,01% ± 0,001%	Ультразвуковая очистная машина (частота 40 кГц ± 1 кГц), травильная ванна (кислотный pH < 2 ± 0,1)	Преимущества: Мало дефектов поверхности (<0,1%±0,02%). Недостатки: Химическое травление требует защиты окружающей среды.
	2. Зажим и предварительный нагрев	Субстрат помещают в реактор CVD, закрепляют на графитовом поддоне и предварительно нагревают до температуры реакции, чтобы способствовать разложению газа.	Температура предварительного нагрева: 8001000°C±10°C, Степень вакуума: <10 Па±1 Па, Вращение лотка: 15 об/мин±0,5 об/мин	CVD-реактор (температурная стойкость >1200°C±10°C), графитовый лоток (чистота >99,9%±0,01%)	Преимущества: Высокая температура активирует матрицу (прочность связи увеличивается на 10%±2%). Недостатки: Высокая температура может снизить прочность матрицы (K_{1c} уменьшается на 5%10%±2%).
	3. Введение реакционного газа	Вводятся газы-предшественники (такие как $TiCl_4$, CH_4 , N_2 , H_2) , а	Расход газа: 50500 см3/мин±5 см3/мин , давление газа:	Система распределения газа (точность ±1 см3/мин),	Преимущества: Толстое покрытие (510 мкм ± 0,5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Тип процесса	шаг	Подробное описание	Ключевые параметры	Оборудование и технологии	Плюсы и минусы
		также TiC , Покрытия TiN , Al_2O_3 и другие образуются на поверхности подложки путем термического разложения или плазменно-усиленного разложения.	101000 Па±10 Па, температура: 8001000°C±10°C	плазменный генератор (мощность 110 кВт ±0,1 кВт, PECVD)	мкм), высокая термостойкость (<1000°C ± 10°C). Недостатки: $TiCl_4$ очень токсичен и требует безопасного обращения.
	4. Нанесение покрытия	Контролируйте время реакции, температуру и давление газа, чтобы обеспечить равномерное осаждение покрытия. Термическое CVD основано на термическом разложении, в то время как PECVD использует плазму для снижения температуры (600-800°C ± 10°C).	Скорость осаждения: 0,52 мкм /ч±0,1 мкм /ч, толщина: 510 мкм±0,5 мкм , отклонение равномерности: <5%±1%	Термическая CVD-печь (точность нагрева ±5°C), PECVD-электрод (смещение от 100 до 500 В ±10 В)	Преимущества: плотное покрытие (пористость <0,1% ± 0,02%). Недостатки: высокая температура термического CVD и сложное PECVD-оборудование.
	5. Охлаждение и последующая обработка	Медленно охладить в печи до <200°C±10°C, чтобы предотвратить растрескивание покрытия. Поверхность можно оптимизировать пескоструйной обработкой или полировкой (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм).	охлаждения : 24 ч±0,1 ч, остаточное напряжение: <100 МПа±10 МПа, шероховатость поверхности: Ra<0,1 мкм±0,01 мкм	Система охлаждения (азотная защита, расход >20 л/мин±1 л/мин), пескоструйный аппарат (давление 0,10,5 МПа±0,01 МПа)	Преимущества: Снижение образования трещин под действием термических напряжений (<0,1% ± 0,02%). Недостатки: Длительный цикл охлаждения и повышенная стоимость.
	6. Тестирование производительности	Испытайте твердость, адгезию, коэффициент трения, коррозионную стойкость и проверьте качество покрытия.	Твердость: HV 20003000±50, Адгезия:>60 МПа±5 МПа, Коэффициент трения: 0,40,6±0,05, Потеря веса из-за коррозии: <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см²	Твердомер по Виккерсу (нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), царапающий прибор (ASTM C1624), камера для испытаний в соляном тумане (ISO 9227)	Преимущества: Надежная работа (постоянство > 95% ± 2%). Недостатки: Для многопараметрического тестирования требуется специализированное оборудование.

10.5.4 Аддитивное производство твердого сплава

Аддитивное производство (3D-печать) твердого сплава методом SLM (селективное лазерное плавление) или струйной обработки связующим для получения сложных форм (степени свободы > 95% ± 2%), подходящих для индивидуальных инструментов (точность < 0,1 мм ± 0,01 мм) и сложных деталей (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов). К проблемам относятся контроль зерна (> 2 мкм ± 0,01 мкм) и плотность (< 99% ± 0,1%).

В этом разделе рассматриваются 3D-печать (SLM, Binder Jetting) и ее проблемы, а также

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

анализируются ее характеристики.

10.5.4.1 3D-печать (SLM, струйная печать связующим)

Обзор основных принципов и технологий аддитивного производства твердого сплава

SLM использует лазер (мощность 200500 Вт ± 10 Вт) для расплавления порошка (WC 85%95%± 1%, Co 5%10%± 1%, размер частиц 1050 мкм ± 0,01 мкм), толщина слоя 20100 мкм ± 1 мкм , плотность > 98% ± 0,1%. Струйное напыление связующего затвердевает через связующее (объем впрыска 0,11 г/с ± 0,01 г/с), а затем спекание (1450°C ± 10°C), плотность > 97% ± 0,1%. Твердость HV 15001800 ± 30, размер зерна 15 мкм ± 0,01 мкм .

Оборудование включает в себя принтер SLM (разрешение <0,1 мм ± 0,01 мм) и систему Binder Jetting (точность сопла ± 0,01 мм). Тесты охватывают плотность (ISO 3369, точность ± 0,01 г/см³), размер зерна (ASTM E112, точность ± 0,01 мкм) и производительность (ASTM G65, точность ± 0,01 мм³/ Н·м). Например, SLMWC6Co имеет плотность 98,5% ± 0,1% и твердость HV 1700 ± 30.

Механизм и анализ аддитивного производства твердого сплава

Высокая скорость охлаждения SLM (>10 ^{6} K/c±10 ^{5} K/c) формирует мелкие зерна (12 мкм±0,01 мкм), но термическое напряжение (>500 МПа±50 МПа) легко вызывает трещины (<0,1 мм±0,01 мм). Усадка при спекании Binder Jetting (10%20%±1%) влияет на точность (отклонение <0,1 мм±0,01 мм), и зерна имеют тенденцию к росту (>2 мкм±0,01 мкм). СЭМ показывает, что зерна SLMWC6Co однородны (отклонение <0,1%±0,02%), но есть микропоры (<0,1 мкм±0,01 мкм). ЭДС подтверждает распределение Co (отклонение <0,1%±0,02%). Испытания на износ показывают, что скорость износа SLMWC6Co составляет 0,06 мм³ /Н·м±0,01 мм³/ Н·м , что немного выше, чем при обычном спекании (0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ факторов, влияющих на твердый сплав в аддитивном производстве

На производительность влияют:

Размер частиц порошка: 1030 мкм ± 0,01 мкм , высокая плотность; >50 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.

Мощность лазера: 300400 Вт ± 10 Вт, достаточное плавление; <200 Вт ± 10 Вт, плотность уменьшается на 5% ± 1%.

Толщина слоя: 5080 мкм±1 мкм , высокая точность; >100 мкм±1 мкм , пористость увеличивается на 15%±3%.

Температура спекания: 1450°C±10°C (Binder Jetting), умеренный размер зерна; >1500°C±10°C, рост размера зерна 20%±3%.

Последующая обработка: горячее изостатическое прессование снижает пористость на 10%±2%.

Например, плотность Binder Jetting WC6Co (толщина слоя 100 мкм ± 1 мкм) снизилась до

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

97% ± 0,1%.

Стратегия оптимизации аддитивного производства твердого сплава

Для достижения плотности >98%±0,1% и твердости >HV 1700±30 рекомендуется:
Оптимизация порошка: размер частиц 1030 мкм ± 0,01 мкм , сферичность > 95% ± 2%.
Параметры СЛМ: мощность лазера 300400 Вт ± 10 Вт, толщина слоя 5080 мкм ± 1 мкм .
Оптимизация струйной обработки связующего: спекание при 1450°C ± 10°C, добавление VC (0,2% ± 0,01%).
Последующая обработка: горячее изостатическое прессование (1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа), снижение пористости 10%±2%.
Технические условия испытаний: ISO 3369 (плотность), ASTM E112 (зернистость).

Например, плотность SLMWC6Co (после HIP) составляет 99%±0,1%, а твердость — HV 1800±30.

Аддитивное производство Применение цементированного карбида в машиностроении

Аддитивное производство твердого сплава эффективно в следующих сценариях:

Аддитивное производство нестандартных твердосплавных инструментов

SLMWC6Co (точность <0,1 мм±0,01 мм), срок службы>10 часов±1 час.

Аддитивное производство сложных твердосплавных форм

Связующее струйное WC8Co (твердость HV 1700±30) Срок службы>10^5 раз±10^4 раз.

Аддитивное производство деталей из карбида вольфрама для аэрокосмической отрасли

SLMWC6Co (скорость износа 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) срок службы>10 4 часов±10^3 часов.
Эти приложения демонстрируют, что аддитивное производство может удовлетворить потребности в изделиях сложной формы.

10.5.4.2 Проблемы: контроль зерна и оптимизация плотности

Основные принципы и технический обзор

Аддитивное производство твердого сплава сталкивается с трудностями в контроле зерна (цель 0,51 мкм ± 0,01 мкм , факт 15 мкм ± 0,01 мкм) и оптимизации плотности (цель > 99% ± 0,1%, факт 97% 99% ± 0,1%), которые влияют на твердость (HV 1500-1800 ± 30) и износостойкость (скорость износа 0,06-0,08 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м). Основными проблемами являются термическое напряжение SLM (> 500 МПа ± 50 МПа) и усадка связующего струей (10% 20% ± 1%).

Тесты включают размер зерна (ASTM E112, точность ±0,01 мкм), плотность (ISO 3369, точность ±0,01 г/см³) и производительность (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

SLMWC6Co имеет размер зерна 2 мкм±0,01 мкм , плотность 98,5%±0,1% и твердость HV 1700±30.

Механизм и анализ

Высокий температурный градиент SLM (>10 ⁶ К/м ± 10 ⁵ К/м) приводит к росту зерен (>2 мкм ± 0,01 мкм), а микропоры (<0,1 мкм ± 0,01 мкм) снижают плотность (<99% ± 0,1%). Усадка при спекании струйного связующего (10% 20% ± 1%) вызывает образование пор (0,10,5 мкм ± 0,01 мкм), а зерна склонны превышать стандарт (>3 мкм ± 0,01 мкм). SEM показывает, что зерна SLMWC6Co неравномерны (отклонение <0,2%±0,02%), а Binder Jetting имеет больше пор (плотность <10 ⁵ см ⁻ ²±10 ⁴ см ⁻ ²). EDS подтверждает распределение Co (отклонение <0,1%±0,02%). Испытания на износ показывают, что скорость износа SLMWC6Co составляет 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , что выше, чем у HIP (0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов

На производительность влияют:

Размер зерна: >2 мкм±0,01 мкм , твердость уменьшается на 10%±2%; <1 мкм±0,01 мкм , износостойкость увеличивается на 15%±3%.

Плотность: <99%±0,1%, износ увеличился на 20%±3%; >99%±0,1%, отличные эксплуатационные характеристики.

Размер частиц порошка: 1030 мкм ± 0,01 мкм , высокая плотность; >50 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.

Параметры процесса: мощность SLM <200 Вт ± 10 Вт, снижение плотности 5% ± 1%; спекание Binder Jetting > 1500°C ± 10°C, рост зерна 20% ± 3%.

После обработки: без ГИП, пористость увеличилась на 15%±3%.

Например, твердость Binder Jetting WC6Co (зернистость 5 мкм ± 0,01 мкм) снижается до HV 1600 ± 30.

Стратегия оптимизации

Для достижения размера зерна <1 мкм±0,01 мкм и плотности >99%±0,1% рекомендуется:

Оптимизация порошка: размер частиц 1030 мкм ± 0,01 мкм , добавлен BX (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация SLM: мощность 300400 Вт ± 10 Вт, скорость охлаждения > 10 ⁶ К/с ± 10 ⁵ К/с.

Оптимизация струйной подачи связующего: спекание при 1450°C ± 10°C, выдержка 12 ч ± 0,1 ч.

Последующая обработка: горячее изостатическое прессование (1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа), плотность увеличилась на 2%±0,5%.

Спецификации испытаний: ASTM E112 (зерно), ISO 3369 (плотность).

Например, SLMWC6Co (после HIP, размер зерна 1 мкм ± 0,01 мкм) имеет плотность 99% ± 0,1% и твердость HV 1800 ± 30.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Инженерное приложение

Аддитивное производство твердого сплава эффективно в следующих сценариях:

Сложные инструменты: SLMWC6Co (зерно 1 мкм ± 0,01 мкм), срок службы > 10 часов ± 1 час.

Изготовленные по индивидуальному заказу детали: связующее вещество WC8Co (плотность 98,5% ± 0,1%), срок службы > 10 4 часов ± 10^3 часов.

Авиационная форма: SLMWC6Co (скорость износа 0,06 $мм^3/Н·м$±0,01 $мм^3/ Н·м$), точность <0,1 мм±0,01 мм.

Эти примеры показывают, что аддитивное производство позволяет преодолеть ограничения по форме, но при этом необходимо оптимизировать зернистость и плотность.

1 0,6 Классификация по форме

Классификация форм твердого сплава охватывает морфологию частиц порошка и геометрию готового продукта, что напрямую влияет на процесс производства (прессование, спекание, аддитивное производство), эксплуатационные характеристики (твердость HV 8002500±30, прочность K_1 с 825 МПа·$м^{1/2}$±0,5, износостойкость 0,02-0,1 $мм^3/Н·м$±0,01 $мм^3/ Н·м$) и применение (срок службы резания>10 часов ±1 час, износостойкие детали>10 4 часов ±10^3 часов). Морфология частиц (сферичность 80%95%±2%) определяет текучесть (13,020 секунд/50 г±0,1 секунд/50 г) и плотность (4,55,1 г/$см^3$±0,01 г/$см^3$), а форма готового продукта (лист, стержень, сложная геометрия) влияет на распределение напряжений (коэффициент концентрации напряжений <1,5±0,1) и функциональное соответствие. Проверено СЭМ (разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм), 3D-сканированием (точность <5 мкм±0,1 мкм) и эксплуатационными испытаниями (ASTM B213, G65), отвечает требованиям резки, износостойкости и точной обработки.

В этом разделе систематически анализируются характеристики формы и области применения по четырем аспектам: классификация по морфологии частиц порошка, классификация по геометрии готового продукта, влияние формы на производительность и процесс, а также методы испытаний и характеризации.

10.6.1 Классификация по морфологии частиц порошка

Морфология частиц порошка делится на сферическую (сферичность>95%±2%), близкую к сферической (80%95%±2%), нерегулярную и чешуйчатую/игольчатую, что влияет на текучесть (13,020 секунд/50 г±0,1 секунды/50 г), насыпную плотность (4,55,1 г/$см^3$±0,01 г/$см^3$) и равномерность прессования (отклонение <5%±1%). Морфология определяется процессом приготовления (плазменная сфероидизация, распылительная сушка, шаровая мельница) и используется в термическом напылении, режущих инструментах и композитных материалах. В этом разделе анализируются характеристики сферических частиц, почти сферических частиц, частиц неправильной формы и частиц чешуйчатой/игольчатой формы.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.1.1 Сферические частицы (сферичность > 95%)

10.6.1.1.1 Метод приготовления: плазменная сфероидизация (мощность 3050 кВт)

Основной принцип и технический обзор

Сферические частицы готовятся путем плазменной сфероидизации. Порошок (WC, Co, размер частиц 1050 мкм ± 0,01 мкм) расплавляется и затвердевает в плазме (температура> 10 000 ° C ± 100 ° C, мощность 3050 кВт ± 1 кВт), а сферичность составляет> 95% ± 2%. Процесс контролирует поток газа (Ar / H_2 , расход 50100 л/мин ± 1 л/мин) и скорость охлаждения (> 10^4 K/c ± 10^3 K/c) для обеспечения гладкой поверхности (Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм).

Оборудование представляет собой плазменную сфероидизирующую печь (срок службы электрода>100 часов ± 10 часов), а тесты включают сферичность (ISO 13322, точность ± 1%) и размер частиц (лазерный анализатор размера частиц, точность ± 0,01 мкм). Например, сферичность сферического порошка WC6Co (размер частиц 20 мкм ± 0,01 мкм) составляет 98% ± 1%, а дефект поверхности < 0,01% ± 0,001%.

Механизм и анализ

Высокотемпературная плазма (степень ионизации>90%±2%) плавит порошок (температура плавления ~2800°C±50°C), поверхностное натяжение (1 Н/м±0,1 Н/м) заставляет частицы сфероидизироваться, а быстрое охлаждение (>10^4 K/c±10^3 K/c) фиксирует морфологию. СЭМ показывает, что поверхность частиц гладкая (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм) и не имеет краев и углов (отклонение<0,01%±0,001%). Рентгеновская дифракция подтверждает фазу WC (2θ35,6°±0,1°) и отсутствие оксида (O<0,05%±0,01%). Тест на сферичность показывает, что 98%±1% лучше, чем распылительная сушка (90%±2%).

Анализ влияющих факторов

Мощность: 40 кВт ± 1 кВт, сферичность > 95% ± 2%; < 30 кВт ± 1 кВт, сферичность уменьшается на 10% ± 2%.

Размер частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , высокая скорость сфероидизации; >50 мкм ± 0,01 мкм , сферичность уменьшается на 5% ± 1%.

Расход воздуха: 80 л/мин ± 1 л/мин, равномерное охлаждение; <50 л/мин ± 1 л/мин, процент дефектов увеличивается на 10% ± 2%.

Чистота порошка: >99,9%±0,01%, меньше окисление; <99,5%±0,01%, содержание O увеличено на 20%±3%.

Скорость охлаждения: >10^4 K/c±10^3 K/c, гладкая поверхность; <10^3 K/c±10^2 K/c, увеличение Ra на 15%±3%.

Например, сферичность WC6Co (мощность 30 кВт ± 1 кВт) падает до 90% ± 2%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении сферичности > 95% ± 2%. Рекомендуется следующее:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация мощности: 4050 кВт ± 1 кВт, полное плавление.
Контроль размера частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , улучшение скорости сфероидизации.
Регулировка расхода воздуха: 80100 л/мин±1 л/мин, равномерное охлаждение.
Чистота порошка: >99,9%±0,01%, что снижает количество дефектов.
Спецификация теста: ISO 13322 (сферичность), лазерный анализ размера частиц.
Например, WC6Co (40 кВт ± 1 кВт, 20 мкм ± 0,01 мкм) имеет сферичность 98% ± 1%.

10.6.1.1.2 Влияние на производительность: текучесть 13,014,0 секунд/50 г, насыпная плотность 4,85,1 г/см³

Основной принцип и технический обзор

Сферические частицы имеют текучесть 13,014,0 секунд/50 г ± 0,1 секунд/50 г (ASTM B213), насыпную плотность 4,85,1 г/см³ ± 0,01 г/см³ и высокую сферичность (> 95% ± 2%) для снижения трения между частицами (коэффициент трения < 0,3 ± 0,05). Подходит для термического напыления (плотность покрытия > 99% ± 0,1%) и 3D-печати (равномерность распределения порошка < 0,1 мм ± 0,01 мм).

Тесты включают текучесть (ASTM B213, точность ±0,1 сек/50 г), насыпную плотность (ASTM B212, точность ±0,01 г/см³) и насыпную морфологию (SEM, разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм). Например, текучесть сферического порошка WC6Co составляет 13,5 сек/50 г±0,1 сек/50 г, а насыпная плотность составляет 5,0 г/см³±0,01 г/см³.

Механизм и анализ

Сферические частицы имеют меньше точек контакта (<5 точек/частица ±1 точка), низкое сопротивление качению (<0,1 Н ±0,01 Н) и текучесть 13,5 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г. Регулярная укладка (коэффициент укладки ~0,64 ±0,01) увеличивает насыпную плотность (5,0 г/см³ ±0,01 г/см³). СЭМ показывает, что зазоры между частицами равномерны (<0,1 мкм ±0,01 мкм) и нет перемычек (отклонение <0,01% ±0,001%). Тест на текучесть показывает, что 13,5 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г лучше, чем у почти сферических частиц (15,0 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г).

Анализ влияющих факторов

Сферичность: >95%±2%, отличная текучесть; <90%±2%, текучесть снижена на 10%±2%.
Размер частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , высокая плотность; >50 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.
Шероховатость поверхности: Ra<0,1 мкм±0,01 мкм , текучесть увеличивается на 5%±1%; >0,2 мкм±0,01 мкм , текучесть уменьшается на 10%±2%.
Распределение частиц: одиночный пик (D50~20 мкм ± 0,01 мкм), равномерная упаковка; широкое распределение, падение плотности 5% ± 1%.
Влажность: <0,1%±0,01%, текучесть стабильна; >0,5%±0,01%, текучесть снижается на 15%±3%.
Например, текучесть WC6Co (сферичность 90% ± 2%) падает до 15,0 с/50 г ± 0,1 с/50 г.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Стратегия оптимизации

заключается в достижении текучести 13,014,0 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г и насыпной плотности 4,85,1 г/см³ ± 0,01 г/см³. Рекомендуется:

Контроль сферичности: >95%±2%, оптимизированные параметры плазмы.

Оптимизированный размер частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , унимодальное распределение.

Обработка поверхности: Ra<0,1 мкм±0,01 мкм , снижение трения.

Контроль окружающей среды: влажность <0,1%±0,01%, избегать агломерации.

Спецификации испытаний: ASTM B213 (текучесть), ASTM B212 (плотность).

Например, WC6Co (сферичность 98%±1%) имеет текучесть 13,5 с/50 г ± 0,1 с/50 г и плотность 5,0 г/см³ ± 0,01 г/см³.

10.6.1.1.3 Применение: термическое напыление (HVOF, пористость покрытия <1%) и 3D-печать

Основные принципы и технический обзор

Сферические частицы подходят для термического напыления HVOF (пористость покрытия <1% ± 0,1%) и 3D-печати (SLM, плотность > 98% ± 0,1%) благодаря своей превосходной текучести (13,5 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г) и насыпной плотности (5,0 г/см³ ± 0,01 г/см³). Скорость напыления HVOF > 500 м/с ± 10 м/с, толщина слоя 3D-печати 50100 мкм ± 1 мкм , что соответствует требованиям износостойкости (скорость износа < 0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м) и высокой точности (< 0,1 мм ± 0,01 мм).

Испытания включают пористость покрытия (ISO 4505, точность ±0,01%), плотность (ISO 3369, точность ±0,01 г/см³) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, пористость покрытия WC6CoHVOF составляет 0,8%±0,1%, а плотность деталей SLM составляет 98,5%±0,1%.

Механизм и анализ:

Равномерный поток сферических частиц (отклонение <0,1%±0,01%) обеспечивает плотность покрытия HVOF (пористость 0,8%±0,1%), а высокая плотность упаковки (5,0 г/см³±0,01 г/см³) улучшает стабильность ванны расплава SLM (глубина ванны расплава ~100 мкм±10 мкм). СЭМ показывает, что покрытие HVOF имеет мелкие поры (<0,1 мкм±0,01 мкм), а зерна деталей SLM однородны (12 мкм±0,01 мкм). Испытания на износ показывают, что скорость износа покрытия HVOF составляет 0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , а деталей SLM — 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

Анализ влияющих факторов

Сферичность: >95%±2%, покрытие плотное; <90%±2%, пористость увеличивается на 20%±3%.

Размер частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , равномерное распыление; >50 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Скорость распыления: >500 м/с±10 м/с, покрытие плотное; <300 м/с±10 м/с, пористость увеличивается на 15%±3%.

Мощность печати: 300400 Вт ± 10 Вт, высокая плотность; <200 Вт ± 10 Вт, плотность падает на 5% ± 1%.

Последующая обработка: горячее изостатическое прессование снижает пористость на 10%±2%.

Например, пористость покрытия WC6Co (сферичность 90% ± 2%) HVOF увеличивается до 1,5% ± 0,1%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении пористости покрытия <1%±0,1% и плотности 3D-печати >98%±0,1%. Рекомендуется следующее:

Оптимизация частиц: сферичность>95%±2%, размер частиц 1030 мкм±0,01 мкм .

Параметры HVOF: скорость >500 м/с±10 м/с, мощность 50100 кВт±5 кВт.

Параметры СЛМ: мощность 300400 Вт±10 Вт, толщина слоя 5080 мкм±1 мкм .

Последующая обработка: горячее изостатическое прессование (1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа).

Технические условия испытаний: ISO 4505 (пористость), ASTM G65 (истирание).

Инженерное приложение

Износостойкое покрытие

HVOFWC6Co (пористость 0,8%±0,1%) срок службы>10^4часов ± 10^3часов.

Изготовленные на заказ детали

SLMWC6Co (плотность 98,5%±0,1%) точность <0,1 мм±0,01 мм.

Авиационная насадка

HVOFWC6Co (скорость износа 0,03 $мм^3$/Н·м±0,01 $мм^3$/ Н·м) срок службы>10 4 часов±10^3 часов.

Эти примеры показывают, что сферические частицы улучшают качество покрытия и печати.

10.6.1.2 Почти сферические частицы твердого сплава (сферичность 80%-95%)

10.6.1.2.1 Метод приготовления твердых сплавов с почти сферической формой частиц: распылительная сушка и спекание

Частицы цементированного карбида Основные принципы и технический обзор

Почти сферические частицы получаются распылительной сушкой (суспензия WC, Co, содержание твердого вещества 50%70%±1%) и спеканием (10001200°C±10°C), со сферичностью 80%95%±2%. Распылительная сушка контролирует сопло (отверстие 0,52 мм±0,01 мм) и поток воздуха (100200 л/мин±1 л/мин), спекание удаляет связующее (ПВС<5%±0,1%) и формирует частицы (1050 мкм±0,01 мкм).

В состав оборудования входит распылительная сушильная башня (высота 510 м±0,1 м) и спекательная печь (мощность 50100 кВт±5 кВт).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тесты включают сферичность (ISO 13322, точность ±1%) и размер частиц (лазерный анализатор размера частиц, точность ±0,01 мкм). Например, сферичность почти сферического порошка WC8Co составляет 90% ±2%, а размер частиц составляет 30 мкм ±0,01 мкм .

Механизм и анализ почти сферических частиц
твердого сплава Распылительная сушка образует капли (диаметр 50200 мкм ± 1 мкм), поверхностное натяжение (0,07 Н/м ± 0,01 Н/м) приводит к почти сферической форме , морфологии спекания и затвердевания (усадка <5% ± 1%). СЭМ показывает, что поверхность частиц слегка шероховатая (Ra0,2 мкм ± 0,01 мкм), а сферичность составляет 90% ± 2%. Рентгеновская дифракция подтверждает фазу WC (2θ~35,6° ± 0,1°) и отсутствие примесной фазы (C/W<1,0 ± 0,1).

Тест на сферичность показал, что показатель 90% ± 2% ниже показателя сфероидизации плазмы (98% ± 1%).

Анализ факторов, влияющих на близкую к сферической форму частиц твердого сплава
Концентрация пульпы: 60%±1%, высокая сферичность; <50%±1%, сферичность уменьшается на 10%±2%.
Расход воздуха: 150 л/мин ± 1 л/мин, однородные капли; <100 л/мин ± 1 л/мин, сферичность уменьшается на 5% ± 1%.
Температура спекания: 1100°C±10°C, стабильная морфология; >1200°C±10°C, адгезия частиц 10%±2%.
Отверстие сопла: 1 мм ± 0,01 мм, умеренный размер частиц; > 2 мм ± 0,01 мм, отклонение размера частиц увеличивается на 15% ± 3%.
Связующее: <5%±0,1%, мало остатка; >10%±0,1%, пористость увеличилась на 10%±2%.

Например, сферичность WC8Co (суспензия 50% ± 1%) снижается до 85% ± 2%.

Стратегия оптимизации для
твердых сплавов с почти сферической формой частиц заключается в достижении сферичности 80% 95% ± 2%. Рекомендуется следующее:
Оптимизация пульпы: содержание твердого вещества 60%70%±1%, вязкость 0,10,5 Па·с±0,01 Па·с .
Регулировка расхода воздуха: 150200 л/мин±1 л/мин, равномерные капли.
Оптимизация спекания: 1100°C±10°C, время выдержки 12ч±0,1ч.
Сопло: отверстие 1 мм ± 0,01 мм для контроля размера частиц.
Спецификация испытаний: ISO 13322 (сферичность), лазерный анализ размера частиц.

Например, WC8Co (суспензия 60% ± 1%) имеет сферичность 90% ± 2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.1.2.2 Влияние почти сферических карбидных частиц на свойства

Текучесть 14,516,0 секунд/50 г, равномерность прессования улучшена на 10%

Частицы твердого сплава Основные принципы и технический обзор

Почти сферические частицы имеют текучесть 14,516,0 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г, а равномерность прессования улучшается на 10% ± 2% (отклонение плотности < 0,1 г/см³ ± 0,01 г/см³), что подходит для порошковой металлургии (плотность> 99% ± 0,1%). Сферичность 80% 95% ± 2% уравновешивает текучесть и стоимость, а насыпная плотность составляет 4,54,8 г/см³ ± 0,01 г/см³.

Тесты включают текучесть (ASTM B213, точность ±0,1 сек/50 г), прессованную плотность (ISO 3927, точность ±0,01 г/см³) и морфологию частиц (SEM, разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм). Например, текучесть почти сферического порошка WC8Co составляет 15,0 сек/50 г±0,1 сек/50 г, а прессованная плотность составляет 7,5 г/см³±0,01 г/см³.

Механизм и анализ почти сферических частиц

цементированного карбида Почти сферические частицы имеют умеренные точки контакта (510 точек/частица ± 1 точка), коэффициент трения 0,30,5±0,05 и текучесть 15,0 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г. Насыпная плотность 4,5 г/см³ ± 0,01 г/см³ обусловлена регулярной морфологией (коэффициент укладки ~0,60±0,01). СЭМ показывает, что зазоры между частицами немного больше (0,10,2 мкм ± 0,01 мкм), а плотность однородна после прессования (отклонение <0,1% ± 0,01%).

Испытание на текучесть показывает, что 15,0 с/50 г ± 0,1 с/50 г лучше, чем нерегулярные частицы (> 16 с/50 г ± 0,1 с/50 г).

Анализ факторов, влияющих на близкую к сферической форму частиц твердого сплава

Сферичность: 90%±2%, отличная текучесть; <80%±2%, текучесть снижается на 10%±2%.

Размер частиц: 2040 мкм±0,01 мкм , равномерное прессование; >50 мкм±0,01 мкм , отклонение плотности увеличивается на 10%±2%.

Шероховатость поверхности: Ra~0,2 мкм±0,01 мкм , умеренная текучесть; >0,5 мкм±0,01 мкм , текучесть снижается на 15%±3%.

Распределение частиц: D50~30 мкм ± 0,01 мкм , хорошая укладка; широкое распределение, снижение плотности 5% ± 1%.

Давление прессования: 200 МПа±1 МПа, высокая однородность; <100 МПа±1 МПа, отклонение увеличивается на 10%±2%.

Например, текучесть WC8Co (сферичность 80% ± 2%) падает до 16,0 с/50 г ± 0,1 с/50 г.

Стратегия оптимизации для

твердых сплавов с почти сферическими частицами заключается в достижении текучести 14,516,0 секунд/50 г ± 0,1 секунд/50 г и повышении однородности на 10% ± 2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Рекомендации:
Оптимизация сферичности: 80% 95% ± 2%, отрегулируйте параметры распыления.
Контроль размера частиц: 2040 мкм±0,01 мкм , унимодальное распределение.
Оптимизация поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , снижение трения.
Оптимизация прессования: давление 200-300 МПа±1 МПа, равномерная плотность.
Технические условия испытаний: ASTM B213 (текучесть), ISO 3927 (плотность прессования).

Например, WC8Co (сферичность 90%±2%) имеет текучесть 15,0 с/50 г ± 0,1 с/50 г и повышение однородности на 10%±2%.

10.6.1.2.3 Применение твердых сплавов с почти сферическими частицами: твердосплавные инструменты и износостойкие детали

Основные принципы и технический обзор
Почти сферические частицы подходят для твердосплавных инструментов (срок службы>10 часов ± 1 час) и износостойких деталей (скорость износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) из-за их текучести (15,0 секунд/50 г±0,1 секунды/50 г) и однородности уплотнения (увеличение 10%±2%). Процесс порошковой металлургии (спекание 1450°C±10°C) формирует плотную структуру (>99%±0,1%).

Испытания включают в себя проверку срока службы инструмента (ISO 3685, точность ±0,01 мм), износа (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м) и плотности (ISO 3369, точность ±0,01 г/см³).

Например, срок службы инструмента из WC8Co составляет 12 часов ± 1 час , а скорость износа износостойких деталей составляет 0,05 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

Механизм и анализ:
Почти сферические частицы равномерно уложены (отклонение <0,1%±0,01%), что снижает дефекты спекания (пористость <0,5%±0,1%), а твердость составляет HV 1900±30. Равномерность прессования (отклонение плотности <0,1 г/см³±0,01 г/см³) повышает точность инструмента (<0,1 мм±0,01 мм). СЭМ показывает, что спеченное тело имеет однородные зерна (0,51 мкм±0,01 мкм) и мелкие поры (<0,1 мкм±0,01 мкм).

Испытания на износ показывают, что скорость износа WC8Co составляет 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , что лучше, чем у нерегулярных частиц (0,07 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов
Сферичность: 90%±2%, высокая плотность; <80%±2%, пористость увеличена на 10%±2%.
Размер частиц: 2040 мкм ± 0,01 мкм , хорошая однородность; >50 мкм ± 0,01 мкм , уровень дефектов увеличивается на 10% ± 2%.
Температура спекания: 1450°C±10°C, отличные характеристики; >1500°C±10°C, рост зерна

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

10%±2%.
Давление прессования: 200 МПа±1 МПа, высокая плотность; <100 МПа±1 МПа, пористость увеличивается на 15%±3%.
Содержание Co: 8%±1%, хорошая прочность; >15%±1%, твердость снижается на 10%±2%.

Например, скорость износа WC8Co (сферичность 80% ± 2%) увеличивается до 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

Стратегия оптимизации
заключается в достижении срока службы инструмента > 10 часов ± 1 час и скорости износа < 0,05 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м . Рекомендуется:
Оптимизация частиц: сферичность 90%±2%, размер частиц 2040 мкм±0,01 мкм .
Оптимизация прессования: давление 200-300 МПа±1 МПа, однородность увеличена на 10%±2%.
Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, размер зерна 0,51 мкм±0,01 мкм .
Совместная оптимизация: 6%10%±1%, сбалансированная производительность.
Технические условия испытаний: ISO 3685 (срок службы инструмента), ASTM G65 (износ).

Инженерное приложение
Режущий инструмент: WC8Co (твердость HV 1900±30), срок службы 12 часов±1 час.
Износостойкие детали: WC8Co (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), срок службы>10 4 часов±10³ часов.
Форма : WC8Co (плотность>99%±0,1%), срок службы>10 ⁶ раз±10 ⁵ раз.

Эти примеры показывают, что частицы почти сферической формы отвечают требованиям к стойкости инструмента и износостойкости.

10.6.1.3 Нерегулярные карбидные частицы

10.6.1.3.1 Нерегулярные карбидные частицы

Метод приготовления: Механическое шаровое измельчение (скорость 600-800 об/мин)

Основной принцип и технический обзор
Нерегулярные частицы готовятся путем механического шарового измельчения (WC, Co, размер частиц 0,55 мкм ± 0,01 мкм) со скоростью вращения 600800 об/мин ± 10 об/мин, соотношением шаров к материалу 10:120:1 ± 1 и временем измельчения 412 часов ± 0,1 часа. Стоимость процесса низкая (< 20 юаней/кг ± 2 юаня/кг), а морфология частиц случайная (сферичность < 80% ± 2%).

Оборудование представляет собой планетарную шаровую мельницу (объем резервуара 0,52 л ± 0,01 л), а тесты включают морфологию (СЭМ, разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и размер

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

частиц (лазерный анализатор размера частиц, точность ± 0,01 мкм). Например, нерегулярный размер частиц WC6Co составляет 2 мкм ± 0,01 мкм , а сферичность составляет 60% ± 2%.

Механизм и анализ

Шаровая мельница разрушает частицы ударом (энергия 1 Дж/г ± 0,1 Дж/г) и сдвигом (скорость сдвига 10^3 $с^{-1}$ ± 10^2 $с^{-1}$), образуя края и углы (угол <90° ± 5°). СЭМ показывает, что поверхность частицы шероховатая (Ra0,5 мкм ± 0,01 мкм), а морфология неровная (отклонение < 0,2% ± 0,02%). Рентгеновская дифракция подтверждает фазу WC (2θ35,6° ± 0,1°) и небольшое количество деформации (искажение решетки < 0,1% ± 0,01%).

Морфологический тест показал, что сферичность 60%±2% была ниже, чем почти сферичность (90%±2%).

Анализ влияющих факторов

Скорость вращения: 700 об./мин ± 10 об./мин, средний размер частиц; > 800 об./мин ± 10 об./мин, скорость переизмельчения увеличивается на 10% ± 2%.

Время измельчения: 8 часов ± 0,1 часа, морфология стабильна; > 12 часов ± 0,1 часа, загрязнение увеличивается на 5% ± 1%.

Соотношение шаров и материала: 15:1±1, высокая эффективность; <10:1±1, отклонение размера частиц увеличивается на 10%±2%.

Среда: этанол, меньше загрязнения; вода, окисление увеличивается на 10%±2%.

Твердость порошка: WC (HV>2000±50), трудно раздавливается; Co, деформация увеличивается на 5%±1%.

Например, загрязнение WC6Co (900 об/мин ± 10 об/мин) увеличивается до 0,1% ± 0,01%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении размера частиц 25 мкм ± 0,01 мкм и загрязнения < 0,05% ± 0,01%.

Рекомендуется следующее:

Оптимизация скорости: 600800 об/мин±10 об/мин, контролируемое дробление.

Контроль времени: 68 часов ± 0,1 часа, избегать чрезмерного измельчения.

Соотношение мяча к материалу: 15:1±1, повышает эффективность.

Выбор среды: этанол, чистота>99,5%±0,01%.

Спецификации испытаний: СЭМ (морфология), лазерный анализ размера частиц.

Например, WC6Co (700 об./мин ± 10 об./мин) имеет размер частиц 2 мкм ± 0,01 мкм и загрязнение < 0,05% ± 0,01%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.1.3.2 Влияние на производительность: текучесть>16 секунд/50 г, высокий коэффициент пустотности (70%75%)

Основной принцип и технический обзор

Нерегулярные частицы имеют текучесть >16 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г, пористость 70%75% ± 2% и насыпную плотность < 4,5 г/см³ ± 0,01 г/см³. Края и углы увеличивают трение (коэффициент трения > 0,5 ± 0,05), а прессованная плотность низкая (< 7 г/см³ ± 0,01 г/см³), что подходит для недорогих применений.

Тесты включают текучесть (ASTM B213, точность ±0,1 сек/50 г), пористость (ASTM B212, точность ±0,1%) и компрессионные характеристики (ISO 3927, точность ±0,01 г/см³). Например, текучесть нерегулярных частиц WC6Co составляет 18 сек/50 г ±0,1 сек/50 г, а пористость составляет 72% ±2%.

Механизм и анализ

Нерегулярные частицы имеют много точек контакта (>10 точек/частица ±2 точки), высокое трение (>0,2 Н ±0,01 Н) и текучесть 18 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г. Коэффициент пустотности 72% ±2% обусловлен случайной укладкой (коэффициент укладки ~0,30 ±0,01). СЭМ показывает, что мостики между частицами очевидны (пустоты 0,20,5 мкм ±0,01 мкм). Тест на текучесть показывает, что 18 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г уступает почти сферическому (15,0 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г).

Анализ влияющих факторов

Морфология: Сферичность <80%±2%, плохая текучесть; >80%±2%, текучесть увеличивается на 10%±2%.

Размер частиц: 25 мкм ± 0,01 мкм , умеренная пористость; > 10 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.

Шероховатость поверхности: Ra>0,5 мкм±0,01 мкм , текучесть уменьшается на 15%±3%; <0,2 мкм±0,01 мкм , текучесть увеличивается на 5%±1%.

Распределение частиц: широкое распределение, доля пустот увеличилась на 10% ± 2%; один пик, доля пустот уменьшилась на 5% ± 1%.

Влажность: >0,5%±0,01%, текучесть снижается на 20%±3%.

Например, пористость WC6Co (размер частиц 10 мкм ± 0,01 мкм) увеличивается до 75% ± 2%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении текучести <18 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г и коэффициента пустотности <75% ± 2%. Рекомендуется:

Оптимизация морфологии: сферичность >70%±2%, уменьшение краёв и углов.

Контроль размера частиц: 25 мкм ± 0,01 мкм , унимодальное распределение.

Оптимизация поверхности: Ra<0,5 мкм±0,01 мкм , снижение трения.

Контроль окружающей среды: влажность <0,1%±0,01%, избегать агломерации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Спецификации испытаний: ASTM B213 (текучесть), ASTM B212 (пустотность).
Например, WC6Co (сферичность 70% ± 2%) имеет текучесть 17 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г и пористость 72% ± 2%.

10.6.1.3.3 Применение: Недорогое износостойкое покрытие и инструменты для грубой обработки.

Обзор основных принципов и технологий

Нерегулярные частицы подходят для недорогих износостойких покрытий (срок службы > 10^3 часов ± 100 часов) и грубых обрабатывающих инструментов (срок службы > 5 часов ± 0,5 часа) из-за их низкой стоимости (< 20 юаней/кг ± 2 юаня/кг) и высокой пористости (72% ± 2%). Термическое напыление (APS) и прессование и спекание (1450°C ± 10°C) формируют структуры (плотность > 95% ± 0,1%).

Испытания включают в себя проверку характеристик покрытия (ASTM G65, точность ±0,01 $мм^3$/ Н·м), срока службы инструмента (ISO 3685, точность ±0,01 мм) и плотности (ISO 3369, точность ±0,01 $г/см^3$). Например, скорость износа покрытия WC6CoAPS составляет 0,08 $мм^3$/Н·м±0,01 $мм^3$/ Н·м , а срок службы инструмента для черновой обработки составляет 6 часов±0,5 часа.

Механизм и анализ

Высокая пористость нерегулярных частиц (72%±2%) снижает плотность покрытия (>95%±0,1%), но преимущество в стоимости очевидно. Твердость после прессования и спекания составляет HV 1600±30, что подходит для обработки с низкой точностью (<0,5 мм±0,01 мм). СЭМ показывает, что покрытие имеет больше пор (0,10,5 мкм±0,01 мкм), а размер зерен инструмента составляет 25 мкм±0,01 мкм . Испытания на износ показывают, что скорость износа покрытия составляет 0,08 $мм^3$/Н·м±0,01 $мм^3$/ Н·м , что выше, чем HVOF (0,03 $мм^3$/Н·м±0,01 $мм^3$/ Н·м).

Анализ влияющих факторов

Морфология: Сферичность <80%±2%, низкая стоимость; >80%±2%, плотность увеличена на 10%±2%.
Размер частиц: 25 мкм ± 0,01 мкм , равномерное покрытие; > 10 мкм ± 0,01 мкм , пористость увеличивается на 10% ± 2%.
Процесс напыления: APS, низкая стоимость; HVOF, скорость износа снижена на 50% ± 5%.
Температура спекания: 1450°C±10°C, умеренная производительность; >1500°C±10°C, рост зерна 10%±2%.
Нагрузка: Низкоскоростная обработка (<500 м/мин ± 10 м/мин), подходящий инструмент.
Например, скорость износа покрытия WC6Co (размер частиц 10 мкм ± 0,01 мкм) увеличивается до 0,1 $мм^3$/ Н·м ± 0,01 $мм^3$/ Н·м .

Стратегия оптимизации

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

заключается в достижении срока службы покрытия > 10^3 часов ± 100 часов и срока службы инструмента > 5 часов ± 0,5 часа. Рекомендуется:
Оптимизация частиц: размер частиц 25 мкм ± 0,01 мкм , сферичность>70% ± 2%.
Оптимизация процесса: APS (мощность 3050 кВт ± 5 кВт), спекание 1450°C ± 10°C.
Совместная оптимизация: 6%10%±1%, сбалансированная производительность.
Постобработка: полировка Ra<0,5 мкм±0,01 мкм , износ снижен на 10%±2%.
Технические условия испытаний: ASTM G65 (износ), ISO 3685 (срок службы инструмента).

Инженерное приложение
Износостойкое покрытие
WC6CoAPS (скорость износа 0,08 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), срок службы>10^3ч±100ч.
Инструменты для черновой обработки
WC6Co (твердость HV 1600±30) срок службы 6 часов ±0,5 часа.
Недорогие детали
WC6Co (плотность>95%±0,1%) срок службы>10^3 часов±100 часов.
Эти приложения демонстрируют, что нерегулярные частицы подходят для малозатратных сценариев.

10.6.1.4 Частицы чешуйчатой/игольчатой формы

10.6.1.4.1 Механизм образования: недостаточный контроль реакции карбонизации

Основной принцип и обзор технологии
Частицы в форме хлопьев/иголь образуются из-за недостаточного контроля реакции карбонизации (температура>2000°C±50°C, C/W<1,0±0,1), а кристаллы WC преимущественно растут вдоль определенной кристаллической плоскости (плоскость (0001)) с соотношением сторон>5:1±0,5. Процесс включает высокотемпературную карбонизацию (18002200°C±10°C) и быстрое охлаждение (>10^3 K/c±10^2 K/c), а размер частиц составляет 550 мкм±0,01 мкм .

Оборудование представляет собой печь для карбонизации (мощность 100200 кВт ± 10 кВт), а тесты включают морфологию (SEM, разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и кристаллическую структуру (XRD, точность ± 0,1°). Например, соотношение сторон частиц чешуек WC составляет 10:1 ± 0,5, а размер составляет 20 мкм ± 0,01 мкм .

Механизм и анализ
В реакции карбонизации недостаточное количество C (C/W<1,0±0,1) приводит к преимущественному росту кристаллов WC (скорость роста 10 $^{-6}$ м/с±10 $^{-7}$ м/с), образуя хлопья (толщина <5 мкм ±0,01 мкм) или иглы (диаметр <2 мкм ±0,01 мкм). СЭМ показывает, что поверхность частиц гладкая (Ra<0,2 мкм ±0,01 мкм), но края острые (угол <30°±5°). Рентгеновская дифракция подтверждает гексагональную структуру WC (a2,9 Å±0,01 Å), а плоскость (0001) усиливается (интенсивность>50%±5%). Морфологические испытания

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

показывают, что соотношение сторон 10:1±0,5 выше, чем у сферических частиц (1:1±0,1).

Анализ влияющих факторов

Содержание углерода: C/W~0,9±0,01, заметны хлопья; >1,0±0,01, сферичность увеличивается на 20%±3%.

Температура: 2000°C±10°C, в основном игольчатая; <1800°C±10°C, однородная морфология.

Скорость охлаждения: >10^3 К/с±10^2 К/с, высокое отношение сторон; <10^2 К/с±10 К/с, отношение сторон уменьшается на 10%±2%.

Атмосфера: Ar , менее окислительная; CO, отклонение C увеличивается на 10%±2%.

Размер частиц порошка: 520 мкм ± 0,01 мкм , стабильная морфология; >50 мкм ± 0,01 мкм , дефекты увеличиваются на 10% ± 2%.

Например, соотношение сторон WC (C/W>1,0±0,01) уменьшается до 5:1±0,5.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении соотношения сторон >5:1±0,5 и размера 520 мкм±0,01 мкм . Рекомендуется следующее:

Контроль содержания углерода: C/W~0,9±0,01, что способствует преимущественному росту.

Оптимизация температуры: 2000°C±10°C, улучшенная чешуйчатая/игольчатая форма.

Оптимизация охлаждения: >10^3 К/с±10^2 К/с, фиксированная форма.

Контроль атмосферы: Ar , чистота>99,9%±0,01%.

Спецификации испытаний: СЭМ (морфология), Рентгеновская дифракция (кристаллическая структура).

Например, WC (2000°C±10°C, C/W~0,9±0,01) имеет соотношение сторон 10:1±0,5.

10.6.1.4.2 Влияние на производительность: плохая текучесть (>20 секунд/50 г), низкая насыпная плотность (<4,5 г/см³)

Основные принципы и технический обзор

Текучесть хлопьевидных/игольчатых частиц составляет >20 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г, насыпная плотность составляет <4,5 г/см³ ± 0,01 г/см³, соотношение сторон (>5:1 ± 0,5) увеличивает запутывание частиц (степень запутывания>50% ± 5%), а коэффициент пустотности составляет >75% ± 2%. Подходит для специальных композитных материалов и носителей катализаторов.

Тесты включают текучесть (ASTM B213, точность ±0,1 сек/50 г), насыпную плотность (ASTM B212, точность ±0,01 г/см³) и морфологию (SEM, разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм). Например, текучесть хлопьевидных частиц WC составляет 22 сек/50 г±0,1 сек/50 г, а насыпная плотность составляет 4,0 г/см³±0,01 г/см³.

Механизм и анализ

Площадь контакта хлопьевидных/игольчатых частиц большая (>100 мкм²/частица ±10 мкм²),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

трение высокое (>0,5 Н±0,05 Н), а текучесть составляет 22 секунды/50 г ±0,1 секунды/50 г. Насыпная плотность 4,0 г/см³ ±0,01 г/см³ обусловлена неупорядоченной укладкой (коэффициент укладки ~0,25±0,01). СЭМ показывает, что зазоры между частицами большие (0,51 мкм ±0,01 мкм), и запутанность очевидна. Тест на текучесть показывает, что 22 секунды/50 г ±0,1 секунды/50 г уступают нерегулярным частицам (18 секунд/50 г ±0,1 секунды/50 г).

Анализ влияющих факторов

Соотношение сторон: >5:1±0,5, плохая текучесть; <3:1±0,5, текучесть увеличивается на 10%±2%.

Размер частиц: 520 мкм ± 0,01 мкм , умеренная укладка; > 50 мкм ± 0,01 мкм , коэффициент пустотности увеличен на 10% ± 2%.

Шероховатость поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , текучесть увеличивается на 5%±1%; >0,5 мкм±0,01 мкм , текучесть уменьшается на 10%±2%.

Распределение частиц: широкое распределение, коэффициент пустотности увеличился на 10% ± 2%; один пик, плотность увеличилась на 5% ± 1%.

Влажность: >0,5%±0,01%, текучесть снижается на 20%±3%.

Например, текучесть WC (соотношение сторон 3:1±0,5) увеличивается до 20 сек/50 г±0,1 сек/50 г.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении текучести <22 секунд/50 г±0,1 секунд/50 г и насыпной плотности >4,0 г/см³±0,01 г/см³. Рекомендуется следующее:

Оптимизация морфологии: соотношение сторон <5:1±0,5, снижение запутанности.

Контроль размера частиц: 520 мкм ± 0,01 мкм , унимодальное распределение.

Оптимизация поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , снижение трения.

Контроль окружающей среды: влажность <0,1%±0,01%, избегать агломерации.

Спецификации испытаний: ASTM B213 (текучесть), ASTM B212 (плотность).

Например, WC (соотношение сторон 5:1±0,5) имеет текучесть 21 с/50 г±0,1 с/50 г и плотность 4,2 г/см³±0,01 г/см³.

10.6.1.4.3 Применение твердого сплава: специальные композитные материалы из твердого сплава и носители катализаторов

Основные принципы и технический обзор

Частицы чешуйчатой/игольчатой формы подходят для специальных композитных материалов (прочность>100 МПа ± 10 МПа) и носителей катализаторов (каталитическая эффективность>80% ± 2%) из-за их высокой удельной площади поверхности (>10 м²/г ± 1 м²/г) и пористости (>75% ± 2%). Они могут быть получены высокотемпературным спеканием (1450°C ± 10°C) или гибридным методом для удовлетворения требований легкости и катализа.

Испытания включают удельную площадь поверхности (BET, точность ±0,1 м²/г),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

каталитическую эффективность (MOR, точность ±10 мА/см²) и прочность (ISO 3327, точность ±10 МПа). Например, прочность композитного материала с чешуйчатыми частицами WC составляет 120 МПа ±10 МПа, а каталитическая эффективность составляет 85% ±2%.

Механизм и анализ

Высокая удельная площадь поверхности хлопьевидных/игольчатых частиц (10 м²/г ± 1 м²/г) улучшает каталитическую активность (ток MOR>400 мА/см² ± 10 мА/см²), а пористость (>75% ± 2%) повышает легкость композитных материалов (плотность <5 г/см³ ± 0,01 г/см³). СЭМ показывает, что частицы равномерно распределены (отклонение <0,1% ± 0,01%) и имеют большие поры (0,51 мкм ± 0,01 мкм). Каталитические испытания показывают, что эффективность хлопьевидных частиц WC составляет 85% ± 2%, что лучше, чем у сферических частиц (70% ± 2%).

Анализ влияющих факторов

Соотношение сторон: >5:1±0,5, высокая удельная площадь поверхности; <3:1±0,5, эффективность падает на 10%±2%.

Размер частиц: 520 мкм ± 0,01 мкм , хорошие каталитические характеристики; > 50 мкм ± 0,01 мкм , эффективность падает на 10% ± 2%.

Температура спекания: 1450°C±10°C, структура стабильная; >1500°C±10°C, пористость уменьшается на 10%±2%.

Материал матрицы: полимер, средняя прочность; керамика, прочность увеличена на 20%±3%.

Окружающая среда: кислая (pH<3±0,1), каталитическая эффективность снизилась на 15%±3%.

Например, каталитическая эффективность WC (размер частиц 50 мкм ± 0,01 мкм) снизилась до 75% ± 2%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении каталитической эффективности > 80% ± 2% и прочности > 100 МПа ± 10 МПа. Рекомендуется следующее:

Оптимизация частиц: соотношение сторон>5:1±0,5, размер частиц 520 мкм±0,01 мкм .

Оптимизация спекания: 1450°C ± 10°C, сохранение пористости.

Выбор подложки: керамика или полимер, сбалансированные свойства.

Оптимизация поверхности: Ra<0,2 мкм ± 0,01 мкм , каталитическая активность увеличена на 5% ± 1%.

Характеристики испытаний: BET (удельная площадь поверхности), MOR (каталитическая эффективность).

Инженерное приложение

Композитные материалы из цементированного карбида

Вес частиц чешуек WC (прочность 120 МПа ± 10 МПа) уменьшается на 20% ± 3%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Носитель катализатора из цементированного карбида
Игольчатые частицы WC (эффективность 85%±2%) имеют срок службы > 10^4часов ±10^3часов.

Легкие детали из цементированного карбида
Частицы чешуйчатого WC (плотность <5 г/$см^3$±0,01 г/$см^3$), прочность >100 МПа±10 МПа.
Эти приложения демонстрируют, что частицы в форме пластинок/игольчатых частиц отвечают определенным требованиям.

10.6.2 Классификация по геометрии готового изделия

Готовые изделия из карбида доступны в пластинчатой (лезвия, листы), стержневой/цилиндрической (сверла, фрезы), сложной геометрии (формы, сопла) и индивидуальных/нестандартных формах, которые влияют на распределение напряжений (коэффициент концентрации напряжений <1,5±0,1), точность обработки (<0,1 мм±0,01 мм) и срок службы (>10 часов±1 час до >10^6 раз±10^5 раз). Они изготавливаются путем прессования, спекания, шлифования или аддитивного производства для удовлетворения потребностей обработки на станках с ЧПУ, глубокого сверления и прецизионных форм.

В этом разделе анализируются характеристики листового карбида, стержневого/цилиндрического карбида, сложных геометрических форм, а также индивидуальных и нестандартных форм.

10.6.2.1 Пластинчатый карбид (лезвия, листы)

10.6.2.1.1 Характеристики листового твердого сплава (лезвия, листы): толщина 0,510 мм, радиус режущей кромки <50 мкм

Основной принцип и технический обзор
Пластинчатый цементированный карбид (толщина 0,510 мм ± 0,01 мм) изготавливается путем прессования порошка (200-300 МПа ± 1 МПа) и спекания (1450°C ± 10°C), с радиусом режущей кромки <50 мкм ± 1 мкм и шероховатостью поверхности Ra <0,2 мкм ± 0,01 мкм . Он соответствует высокоскоростной резке (> 1000 м/мин ± 10 м/мин) и высокой точности (< 0,1 мм ± 0,01 мм).

Оборудование включает в себя пресс с ЧПУ (точность ±0,01 мм) и шлифовальный станок (разрешение <1 мкм ±0,1 мкм). Испытания охватывают геометрическую точность (ISO 1832, точность ±0,01 мм) и качество кромок (оптический микроскоп, разрешение <1 мкм ±0,1 мкм). Например, лезвие P10 имеет толщину 3 мм ±0,01 мм и радиус кромки 40 мкм ±1 мкм .

Механизм и анализ:
Тонкий срез (толщина 0,510 мм ± 0,01 мм) снижает сопротивление резанию (<100 Н ± 10 Н),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

а радиус кромки <50 мкм ± 1 мкм повышает точность резки (шероховатость поверхности Ra < 0,5 мкм ± 0,01 мкм). После спекания размер зерна составляет 0,51 мкм ± 0,01 мкм , а твердость составляет HV 1900 ± 30. СЭМ показывает, что на кромке нет сколов (дефекты < 1 мкм ± 0,1 мкм), а поверхность гладкая (Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм). Геометрические испытания показывают, что точность < 0,1 мм ± 0,01 мм лучше, чем у стержня (< 0,5 мм ± 0,01 мм).

Анализ влияющих факторов

Толщина: 35 мм±0,01 мм, высокая прочность; <0,5 мм±0,01 мм, скорость разрушения увеличивается на 10%±2%.

Радиус режущей кромки: <50 мкм ± 1 мкм , превосходная точность; >100 мкм ± 1 мкм , сила резания увеличивается на 15% ± 3%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , высокая твердость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , твердость снижается на 10% ± 2%.

Температура спекания: 1450°C±10°C, однородная структура; >1500°C±10°C, рост зерна 10%±2%.

Точность шлифования: <1 мкм ± 0,1 мкм , хорошее качество кромки; >5 мкм ± 0,1 мкм , скорость скалывания кромки увеличивается на 10% ± 2%.

Например, сила резания пластины P10 (кромка 100 мкм ± 1 мкм) увеличивается до 120 Н ± 10 Н.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении толщины 0,510 мм ± 0,01 мм и радиуса режущей кромки < 50 мкм ± 1 мкм . Рекомендуется следующее:

Оптимизация прессования: давление 200-300 МПа±1 МПа, равномерная толщина.

Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, размер зерна 0,51 мкм±0,01 мкм .

Оптимизация шлифования: точность <1 мкм±0,1 мкм , радиус режущей кромки <50 мкм±1 мкм .

Оптимизация: 6%10%±1%, балансировка твердости и прочности.

Спецификация теста: ISO 1832 (геометрия), оптический микроскоп (кромка).

Например, точность лезвия P10 (кромка 40 мкм ± 1 мкм) составляет < 0,1 мм ± 0,01 мм.

10.6.2.1.2 Требования к эксплуатационным характеристикам листового твердого сплава (лезвия, тонкие пластины): твердость HV 1600-2000, стойкость к резанию > 10 часов

Основные принципы и технический обзор:

Твердость пластинчатого твердого сплава должна быть HV 16002000±30, стойкость резания>10 часов±1 час, вязкость K_{1} с 1012 МПа·м$^{1/2}$±0,5, подходит для обработки на станках с ЧПУ (скорость>1000 м/мин±10 м/мин). Зерно 0,51 мкм±0,01 мкм , содержание Co 6%10%±1%, часто с покрытием (TiAlN , толщина 25 мкм±0,1 мкм).

Испытания включают твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), срок службы (ISO 3685, точность ± 0,01 мм) и износ (ASTM G99, точность ± 0,01 мм^{3}/ Н·м). Например, лезвие P10 имеет твердость HV 1900 ± 30 и срок службы 12 часов ± 1 час.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Анализ механизма:

Мелкие зерна (0,51 мкм ± 0,01 мкм) обеспечивают твердость HV 1900 ± 30, Co (8% ± 1%) обеспечивает прочность K_1 с 10 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, а покрытие TiAlN (коэффициент трения < 0,3 ± 0,05) продлевает срок службы (> 12 часов ± 1 час). СЭМ показывает равномерный износ после резки (глубина < 0,01 мм ± 0,001 мм) и отсутствие сколов (< 0,01 мм ± 0,001 мм). EDS подтверждает распределение TiAlN (отклонение < 0,1% ± 0,02%). Испытание на долговечность показывает, что P10 лучше, чем K20 (срок службы 10 часов ± 1 час).

Анализ влияющих факторов

Твердость: HV>1800±30, длительный срок службы; <1600±30, скорость износа увеличивается на 20%±3%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличная износостойкость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , срок службы сокращается на 10% ± 2%.

Содержание Co: 6%10%±1%, противостоит образованию сколов; >12%±1%, снижение твердости на 10%±2%.

Толщина покрытия: 25 мкм±0,1 мкм , срок службы увеличивается на 30%±5%; >10 мкм±0,1 мкм , скорость отслаивания увеличивается на 15%±3%.

Скорость резки: >1000 м/мин ±10 м/мин, требуется покрытие; <500 м/мин ±10 м/мин, предпочтительна подложка.

Например, срок службы лезвия K20 (без покрытия) сокращается до 8 часов ± 1 час .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении твердости HV 16002000±30 и срока службы>10 часов±1 час. Рекомендуется:

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Совместная оптимизация: 6%10%±1%, сбалансированная производительность.

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 30% ± 5%.

Обработка режущей кромки: радиус <50 мкм ± 1 мкм , скорость выкрашивания режущей кромки снижена на 10% ± 2%.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 3685 (срок службы).

Например, срок службы вставки P10 (TiAlN , 2 мкм ± 0,1 мкм) составляет 12 часов ± 1 час .

10.6.2.1.3 Применение карбидных пластин (лезвий, листов): обработка на станках с ЧПУ (ISO P10, K20)

Основные принципы и технический обзор

Пластинчатый твердый сплав (P10, K20) широко используется в обработке на станках с ЧПУ (сталь, чугун, точность <0,1 мм ± 0,01 мм) благодаря своей твердости HV 1600-2000±30 и сроку службы > 10 часов ± 1 час. P10 подходит для стали (скорость > 1000 м/мин ± 10 м/мин), а K20 подходит для чугуна (скорость 800-1200 м/мин ± 10 м/мин).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытания включают производительность резания (ISO 3685, точность ±0,01 мм), износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³/ Н·м) и точность (ISO 1832, точность ±0,01 мм). Например, срок службы лезвия P10 при обработке стали составляет 12 часов ±1 час, а точность K20 при обработке чугуна составляет <0,1 мм ±0,01 мм.

Анализ механизма:

TiC (10%±0,1%) P10 увеличивает твердость до HV 1900±30, а WC (>90%±1%) K20 обеспечивает термическую стабильность (>800°C±10°C). Покрытие (TiAlN , 2 мкм±0,1 мкм) снижает скорость износа (0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м). СЭМ показывает, что P10 изнашивается равномерно (глубина <0,01 мм±0,001 мм), а K20 имеет гладкую поверхность (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм).

Испытания на резку показывают, что срок службы P10 составляет 12 часов ± 1 час , что лучше, чем у K20 (10 часов ± 1 час).

Анализ влияющих факторов

Марка: P10 (сталь), K20 (чугун), соответствующая заготовка.

Покрытие: TiAlN , срок службы увеличен на 30%±5%; без покрытия срок службы уменьшен на 20%±3%.

Радиус режущей кромки: <50 мкм ± 1 мкм , высокая точность; >100 мкм ± 1 мкм , точность снижается на 10% ± 2%.

Скорость резки: >1000 м/мин ±10 м/мин, P10 отлично; <800 м/мин ±10 м/мин, применимо K20.

Твердость заготовки: HV>1000±50, предпочтительно P10; <500±50, применимо K20.

Например, срок службы K20 (без покрытия) сокращается до 8 часов ± 1 час .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении срока службы >10 часов ±1 час и точности <0,1 мм ±0,01 мм.

Рекомендуется:

Выбор марки: P10 (сталь), K20 (чугун).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 30% ± 5%.

Оптимизация режущей кромки: радиус <50 мкм ± 1 мкм , точность увеличена на 10% ± 2%.

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Технические условия испытаний: ISO 3685 (резка), ISO 1832 (точность).

Инженерное приложение

Обработка стали: лезвие P10 (твердость HV 1900±30), срок службы 12 часов ±1 час.

Обработка чугуна: лезвие K20 (точность <0,1 мм ± 0,01 мм), срок службы 10 часов ± 1 час.

Авиационные детали: P10 (скорость износа 0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) точность <0,1 мм±0,01 мм.

Эти примеры применения демонстрируют, что пластинчатые сплавы отвечают требованиям обработки на станках с ЧПУ.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

CTIA GROUP LTD

Введение в ювелирные изделия из карбида никеля (вольфрамовая сталь)

Знакомство с ювелирными изделиями из никелевого цементированного карбида (вольфрамовая сталь) CTIA GROUP LTD

В карбидном сплаве на основе никеля (вольфрамовая сталь) в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC), а в качестве связующей фазы — никель (Ni). Благодаря сверхвысокой твердости (HV800–2200), превосходной износостойкости, коррозионной стойкости, высокой термостойкости, ударопрочности, высокой плотности (19 г/см³) , сверхдлительной прочности и уникальной эстетике он стал предпочтительным материалом для ювелирных изделий высокого класса, функциональных табличек, предметов коллекционирования и высококачественных имитаций чистого золота. По сравнению с карбидным сплавом на основе кобальта (WC-Co), WC-Ni демонстрирует лучшую коррозионную стойкость, биосовместимость, радиационную стойкость и экологическую устойчивость, а также подходит для длительного ношения, экстремальных условий (глубокое море, космос) и наследования из поколения в поколение.

CTIA GROUP LTD (CTIA) — основной бренд компании China Tungsten Online Technology Co., Ltd., специализирующейся на разработке и производстве ювелирных изделий из вольфрамовой стали, функциональных изделий, предметов коллекционирования и высококачественных имитаций изделий из чистого золота. Продукция охватывает **52 категории** , включая кольца, ожерелья, браслеты, серьги, подвески, запонки, футляры для часов, цепочки для ключей, броши, пряжки для ремней, оправы для очков, аксессуары для волос, пряжки для кошельков, зажимы для галстука, украшения для ручек, пряжки для ремней, украшения для чехлов для мобильных телефонов, значки, держатели визитных карточек, футляры для зажигалок, украшения для шкатулок для драгоценностей, пряжки для ремней для часов, украшения для тростей, таблички с именами солдат, бирки для домашних животных, бирки для багажа, сувениры на годовщину компании, VIP-удостоверения личности финансовых предприятий, памятные украшения из вольфрамовой стали в полнолуние, заменители виртуальной валюты, вольфрамовые кубики, закладки, подвески для брелоков, держатели для мобильных телефонов, визитные карточки, скульптурные украшения, циферблаты часов, спиннеры, шахматные фигуры, позолоченные цепочки для часов, золотые кирпичи, золотые кольца, золотые браслеты, золотые ожерелья, золотые серьги, золотые подвески, золотые броши, золотые запонки, золотые пряжки для ремней, а также Позолоченные заменители банковских финансовых продуктов (позолоченные золотые слитки, памятные медали, инвестиционные монеты) экспортируются в США, Европу, Японию, Юго-Восточную Азию, Ближний Восток, Австралию, Африку и другие мировые рынки.

Основанная в 1997 году, компания China Tungsten Online является мировым лидером в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

электронной коммерции вольфрамовых изделий. Она сертифицирована по стандарту ISO 9001:2015, обслуживает более 10 000 клиентов в более чем 200 странах и регионах и успешно поставляет более 100 000 стандартных и индивидуальных вольфрамовых изделий.

Опираясь на научно-исследовательский потенциал Chinatungsten Online, CTIA создает прочные, красивые, экологически чистые, интеллектуальные и прослеживаемые изделия из вольфрамовой стали с помощью порошковой металлургии, покрытия PVD/DLC/IP, гравировки фемтосекундным лазером, 3D-печати, EDM, микродугового оксидирования, прецизионной гравировки с ЧПУ, встраивания RFID/NFC и технологии блокчейн. Вольфрамовая сталь популярна в обручальных кольцах, модных аксессуарах, функциональных украшениях, высококачественной кастомизации, умных аксессуарах, деловых аксессуарах, военных табличках, домашнем хозяйстве, сувенирах, коллекциях криптовалют и высококачественных имитациях чистого золота из-за ее блеска драгоценного металла, устойчивости к царапинам, высокой плотности, стойкости к радиации, экологической устойчивости и ценности наследования между поколениями.

Позолоченные изделия (включая заменители банковских финансовых продуктов) используют PVD/IP-покрытие из 18-каратного/24-каратного золота толщиной 0,5–2,5 мкм . Они выглядят так же, как чистое золото, имеют износостойкость в 5–8 раз выше и стоят всего 1/10 чистого золота, что делает их популярными среди коллекционеров, инвесторов и потребителей высокого класса. Заменители банковских финансовых продуктов (такие как позолоченные слитки, медали и инвестиционные монеты) заменяют традиционные золотые слитки и монеты высокой плотностью и имитацией чистого золота, обеспечивая недорогие, долговечные инвестиционные и коллекционные варианты, подходящие для наследования из поколения в поколение.

Ювелирные изделия из карбида вольфрама на основе никеля (вольфрамовая сталь) похожи на авиационные сопла (эрозионно-стойкое покрытие), электроды электролитических ячеек (коррозионно-стойкое покрытие), высокотемпературные формы (износостойкое покрытие) и аэрокосмические компоненты (радиационно-стойкое покрытие), что отражает перекрестное применение карбида вольфрама. Ювелирные изделия из вольфрамовой стали CTIA обладают превосходной устойчивостью к царапинам, коррозионной стойкостью, эстетикой, интеллектуальными функциями, высокой термостойкостью, ударопрочностью, высокой плотностью, радиационной стойкостью и сверхдлительным сроком службы. По сравнению с золотом, платиной, углеродным волокном и другими материалами, они обладают высокой экономической эффективностью и конкурентоспособностью на рынке, особенно в коллекции заменителей виртуальной валюты, вольфрамовых кубиков, позолоченных изделий и заменителей банковских финансовых продуктов.

2. Виды ювелирных изделий из карбида вольфрама и их внедрение

CTIA предлагает разнообразные ювелирные изделия из карбида вольфрама, функциональные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

продукты, предметы коллекционирования и высококачественные имитационные изделия из чистого золота для удовлетворения потребностей в обручальных кольцах, модных украшениях, функциональных украшениях, высококачественной кастомизации, умных украшениях, деловых аксессуарах, военных изделиях, содержании домашних животных, сувенирах, криптовалютных коллекциях, банковских финансовых продуктах и дорогих подарках. В следующей таблице перечислены все изделия из карбида вольфрама, разработанные и произведенные CTIA GROUP LTD, и их введение, подчеркивая стойкость к радиации, высококачественный имитационный внешний вид чистого золота и ценность наследования между поколениями.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Введение во все изделия и принадлежности из вольфрамовой стали, разработанные и произведенные CTIA GROUP LTD.

тип	Подкатегории	Введение
кольцо	Обручальные кольца	Зеркальная полировка или PVD-покрытие золото/черное/радужное, твердость HV800-2200, инкрустация бриллиантами, цирконием или керамикой, устойчиво к царапинам и коррозии, подходит для передачи по наследству из поколения в поколение.
	Модные кольца	Гравировка фемтосекундным лазером индивидуальных узоров (отпечатки пальцев, карта звездного неба, логотип), покрытие DLC (золото, черный, синий, радуга), устойчив к радиации, модный и долговечный.
	Функциональные кольца	Устойчив к воздействию морской воды и пота, с матовой/шлифованной поверхностью, подходит для дайвинга и альпинизма, износостойкость увеличена на 80%, подходит для экстремальных условий.
	Смарт-кольцо	Встроенный чип NFC/RFID, поддерживает платежи, контроль доступа, мониторинг состояния здоровья, покрытие DLC, защита от электромагнитных помех, подходит для умной жизни.
	Кольца на годовщину свадьбы	С выгравированной датой свадьбы, клятвами или миниатюрным портретом, с покрытием PVD- ZrN и драгоценными камнями, он идеально подходит для годовщин и может передаваться из поколения в поколение.
ожерелье	Ожерелье с подвеской	Подвески из вольфрамовой стали (круглые, квадратные, в форме сердца, животных) сочетаются с цепочками из нержавеющей стали, кожи или вольфрамовой стали, покрытыми PVD- TiN , устойчивыми к разрывам и подходящими для коллекционирования.
	Цепное ожерелье	Полностью вольфрамовая стальная цепь (цепь «ёлочка», цепь «змейка», цепь «канат»), полированная или матовая, твёрдость HV1500, прочность на разрыв увеличена на 60%, стойкая к радиации.
браслет	Закрытый браслет	Цельная отливка, инкрустация керамикой, драгоценными камнями или углеродным волокном, твердость HV1800, устойчивая к царапинам, зеркальная/матовая, подходит для наследования.
	Открытый браслет	Регулируемая конструкция, PVD-покрытие (розовое золото, черный), легкий вес (4–8 г), устойчивый к радиации и стильный.
серьга	Серьги	Небольшие серьги из вольфрама, инкрустированные цирконом, жемчугом или сапфиром, полированные, Ra<0,03 мкм , выделение Ni<0,1 мкг /см²/неделю, подходят для чувствительной кожи.
	серьги	Серьги-подвески, кольца или асимметричные серьги с DLC-покрытием (черного, синего цвета), устойчивые к окислению и подходящие для длительного ношения.
Подвески	Персонализированный кулон	Фемтосекундная лазерная гравировка 3D-рельефа, букв или логотипов, в сочетании с кожей, вольфрамовой сталью или веревочной цепью, покрытие PVD- ZrN , подходит для коллекционирования.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	Функциональные подвески	Встроенные инструменты (открывашка для бутылок, компас, USB-накопитель), устойчив к коррозии, подходит для использования на открытом воздухе, высокая прочность.
Запонки	-	Полированный или матовый, инкрустированный углеродным волокном, драгоценными камнями или эмалью, твердость HV1500, устойчивый к царапинам, подходит для костюмов, элитного бизнеса.
Случай	-	Корпус из вольфрамовой стали, покрытие PVD/DLC, твердость HV1800, устойчив к царапинам, доступен с кожаным, металлическим или силиконовым ремешком, совместим с механическими/умными часами, подходит для наследования.
Брелок	-	Брелок из вольфрамовой стали с гравировкой логотипа, рисунка или QR-кода, износостойкий и устойчивый к коррозии, подходит для повседневного использования.
брошь	-	Инкрустация драгоценными камнями, эмалью или жемчугом, PVD-покрытие, твердость HV1500, подходит для торжественного ношения или коллекционирования, имеет высокую наследственную ценность.
Пряжка для ремня	-	Пряжка для ремня из вольфрамовой стали, полированная или матовая, с гравированным узором, устойчивая к царапинам, сочетается с кожаным или тканевым ремнем, долговечная для бизнеса.
Оправы для очков	-	Оправа для очков из вольфрамовой стали, PVD-покрытие (черное, золотое), твердость HV1200, устойчива к царапинам, легкая (8–18 г), подходит для длительного ношения.
Аксессуары для волос	Шпилька	Шпильки из вольфрамовой стали, инкрустированные цирконием или эмалью, полированные или с покрытием DLC, устойчивые к коррозии, модные и долговечные.
	Повязка для волос	Резинка для волос из вольфрамовой стали, гравированный узор, покрытие PVD- TiN , износостойкая, подходит для ежедневного ношения.
Пряжка для кошелька	-	Пряжка кошелька из вольфрамовой стали, лазерная гравировка логотипа или рисунка, твердость HV1200, устойчивость к царапинам, практичность для бизнеса.
Зажим для галстука	-	Зажим для галстука из вольфрамовой стали, инкрустированный драгоценными камнями или углеродным волокном, полированный или матовый, твердость HV1500, подходит для деловых мероприятий, высококачественный и долговечный.
Украшения для ручек	-	Колпачок ручки или декор корпуса ручки из вольфрамовой стали, покрытие PVD/DLC, твердость HV1200, устойчиво к царапинам, подходит для высококачественных канцелярских товаров.
Пряжки для ремней	-	Пряжка для ремня из вольфрамовой стали, инкрустированная углеродным волокном или эмалью, покрытие PVD, твердость HV1500, устойчивая к царапинам, деловая мода.
Украшение чехла для телефона	-	Рамка или декоративная полоса корпуса мобильного телефона из вольфрамовой стали, покрытие DLC (черное, радужное), твердость HV1800, устойчивость к царапинам, подходит для мобильных телефонов высокого класса.
значок	-	Значок из вольфрамовой стали, логотип или памятный узор, гравированный фемтосекундным лазером, покрытие PVD- TiN , подходит для коллекции или подарка, имеет высокую наследственную ценность.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Визитница	-	Визитница из вольфрамовой стали, полированная или матовая, с гравировкой персонализированного текста, твердость HV1200, устойчивая к царапинам, высококлассный деловой стиль.
Более легкая оболочка	-	Корпус зажигалки из вольфрамовой стали, покрытие DLC (черное, золотое), твердость HV1500, устойчив к царапинам, пригоден для коллекционирования.
Украшение шкатулки для драгоценностей	-	Каркас или замок для шкатулки для драгоценностей из вольфрамовой стали, PVD-покрытие, твердость HV1200, устойчиво к царапинам, подходит для дорогих подарков.
Пряжка для ремешка часов	-	Пряжка для ремешка из вольфрамовой стали, полированная или с DLC-покрытием, твердость HV1500, устойчива к царапинам, подходит для часов высокого класса.
Украшение трости	-	Верхняя часть трости из вольфрамовой стали или декоративная деталь, инкрустированная драгоценными камнями или эмалью, покрытие PVD, твердость HV1200, подходит для коллекционирования.
Табличка с именем солдата	-	Табличка с именем солдата из вольфрамовой стали, гравировка имени, номера или эмблемы подразделения фемтосекундным лазером, твердость HV1800, устойчивость к царапинам и ударам, в комплекте с цепью из нержавеющей стали, подходит для использования в военных целях.
Бирки для домашних животных	-	Бирка для домашних животных из вольфрамовой стали с гравировкой имени питомца, контактной информации владельца или QR-кода, покрытие DLC, твердость HV1500, износостойкая и устойчивая к коррозии, подходит для содержания домашних животных.
Багажная бирка	-	Багажная бирка из вольфрамовой стали, лазерная гравировка имени, адреса или логотипа, PVD-покрытие, твердость HV1200, устойчива к царапинам, подходит для путешествий.
Сувениры на годовщину компании	Медали	Памятная медаль из вольфрамовой стали с гравировкой логотипа компании, датой юбилея, покрытием PVD золото/черный, твердостью HV1500, подходит для корпоративных праздников, высокая коллекционная ценность.
	Памятные монеты	Памятные монеты из вольфрамовой стали, тисненый корпоративный логотип или рисунок в формате 3D, покрытие DLC, твердость HV1800, подходят для коллекционирования и передачи по наследству из поколения в поколение.
Фамилия бренда		Вырежьте фамилии семей, например, семья Хань, фамилии, ветви и т. д., чтобы подчеркнуть особенности и сильные стороны семьи.
VIP-карта для идентификации финансового предприятия	-	VIP-карта из вольфрамовой стали со встроенным чипом RFID, выгравированным именем или номером клиента, покрытием PVD из розового золота/черного цвета, твердостью HV1800, подходит для состоятельных клиентов.
Памятные вольфрамовые украшения в	Подвески	Памятный кулон в виде полной луны из вольфрамовой стали, с выгравированным именем ребенка, датой рождения или портретом, инкрустированный цирконием, с покрытием PVD, подходит для семейного наследования.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

честь полнолуния	Мемориальная доска	Памятная табличка из вольфрамовой стали с изображением полной луны, лазерная гравировка благословений или узоров, покрытие DLC, твердость HV1500, подходит для коллекционирования, высокая ценность для наследования.
Виртуальные заменители валюты	Монеты Вызова	Монета вызова из вольфрамовой стали с гравировкой логотипа криптовалюты (например, Bitcoin, Ethereum) или узором блокчейна, PVD-покрытие золото/черного цвета, твердость HV1800, зеркальная полировка, вращается более 2 минут, подходит для коллекционирования.
	Памятные монеты	Памятная монета из вольфрамовой стали, тисненый 3D-логотип виртуальной валюты, встроенный чип RFID для поддержки отслеживания блокчейна, покрытие DLC, высокая коллекционная ценность, подходит для наследования.
Вольфрамовый куб	Коллекционный куб	Куб из вольфрамовой стали, электроэрозионная обработка, зеркальная полировка, плотность 19 г/см³ , размер 10–50 мм (19,1–2300 г), подходит для демонстрации на рабочем столе или в качестве коллекционного предмета, а также для передачи по наследству из поколения в поколение.
	Мемориальный куб	Гравировка индивидуальных узоров или логотипов, PVD-покрытие, твердость HV1500, устойчивость к царапинам, подходит для подарков или коллекционирования криптовалюты, высокая ценность для наследования.
Закладки	-	Закладка из вольфрамовой стали, гравировка текста или рисунка фемтосекундным лазером, PVD-покрытие, твердость HV1200, устойчива к царапинам, подходит для любителей чтения и для передачи по наследству.
Брелок-подвеска	-	Подвеска-брелок из вольфрамовой стали, гравированный 3D-рельеф или QR-код, покрытие DLC, твердость HV1500, износостойкий и устойчивый к коррозии, подходит для повседневного использования.
Держатель для мобильного телефона	-	офисов высокого класса .
визитная карточка	-	Визитная карточка из вольфрамовой стали, лазерная гравировка имени, должности или QR-кода, покрытие DLC, твердость HV1800, устойчивость к царапинам, высококлассный бизнес, подходит для наследования.
Скульптуры	-	Скульптурные украшения из вольфрамовой стали, сложная геометрия, напечатанная на 3D-принтере, покрытие PVD, твердость HV1500, подходят для домашнего или офисного экспонирования и могут передаваться из поколения в поколение.
Циферблат часов	-	Циферблат из вольфрамовой стали, шкала или узор гравированы фемтосекундным лазером, покрытие DLC, твердость HV1800, устойчив к царапинам, подходит для часов высокого класса и коллекций.
Спиннер Fidget	-	Спиннер из вольфрамовой стали, обработан на станке с ЧПУ, покрытие PVD, твердость HV1500, вращение в течение 3-5 минут, декомпрессионный сбор, подходит для передачи по наследству.
кусок	-	Шахматные фигуры из вольфрамовой стали, с гравировкой в виде шахматных фигур

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

		или узоров для игры в го, с покрытием DLC, твердостью HV1200, устойчивы к царапинам, подходят для коллекционирования или соревнований, имеют высокую наследственную ценность.
Позолоченная цепочка для часов	-	Позолоченная цепочка для часов из вольфрамовой стали, IP-покрытие 18-каратным/24-каратным золотом (0,5–2,5 мкм), твердость HV1800, устойчива к царапинам, выглядит так же, как цепочка для часов из чистого золота, устойчива к коррозии, подходит для часов высокого класса.
Позолоченные кирпичи	-	Позолоченный кирпич из вольфрамовой стали, PVD-покрытие 24-каратным золотом, плотность 19 г/см³ , размер 50×30×20 мм (около 570 г), зеркальная полировка, высокая имитация чистого золота, подходит для коллекции или подарка.
Позолоченное золотое кольцо	-	Позолоченное кольцо из вольфрамовой стали, IP-покрытие 18-каратным золотом, твердость HV800-2200, инкрустация цирконием или бриллиантом, устойчивое к царапинам, имитация обручального кольца из чистого золота, подходит для наследования.
Позолоченный браслет	-	Браслет из вольфрамовой стали с золотым покрытием, PVD-покрытие 24-каратного золота, твердость HV1500, цепочная или замкнутая конструкция, устойчив к коррозии, высокая имитация чистого золота, подходит для модного ношения.
Позолоченное ожерелье	-	Позолоченное ожерелье из вольфрамовой стали, IP-покрытие 18-каратным золотом, твердость HV1500, дизайн цепочки «елочка» или «змейка», устойчиво к поломкам, текстура имитации чистого золота, подходит для официальной одежды.
Позолоченные серьги	-	Позолоченные серьги из вольфрамовой стали, PVD-покрытие 24-каратным золотом, твердость HV1200, инкрустированные жемчугом или драгоценными камнями, антиокислительные, имитация чистого золота, подходят для женщин.
Позолоченный кулон	-	Подвеска из вольфрамовой стали с золотым покрытием, IP-покрытие 18-каратным золотом, твердость HV1500, гравированный 3D-рельеф, имитация чистого золота, подходит для коллекции.
Позолоченная золотая брошь	-	Брошь из вольфрамовой стали с золотым покрытием, PVD-покрытие 24-каратным золотом, твердость HV1500, инкрустация эмалью или драгоценными камнями, имитация чистого золота, подойдет для наряда или коллекции.
Позолоченные запонки	-	Запонки из вольфрамовой стали с золотым покрытием, IP-покрытие 18-каратным золотом, твердость HV1500, полированные или матовые, имитация чистого золота, подходят к костюму.
Позолоченная пряжка ремня	-	Пряжка для ремня из вольфрамовой стали с золотым покрытием, PVD-покрытие 24-каратного золота, твердость HV1500, гравированный узор, пряжка для ремня из имитации чистого золота, подходит для деловых мероприятий.
Позолоченные заменители банковских финансовых	Позолоченные слитки	Золотой слиток из вольфрамовой стали с золотым покрытием, PVD-покрытие 24-каратным золотом, плотность 19 г/см³ , размер 100×50×10 мм (около 950 г), зеркальная полировка, гравировка логотипа или номера банка, имитация слитка чистого золота, подходит для инвестиций и коллекционирования.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

продуктов		
	Позолоченная медаль	Медальон из вольфрамовой стали с золотым покрытием, IP-покрытие 18-каратным золотом, твердость HV1800, диаметр 50 мм (около 100 г), тисненый 3D-логотип банка или памятный узор, встроенный чип RFID, подходит для инвестиционной коллекции.
	Позолоченные инвестиционные монеты	Позолоченная инвестиционная монета из вольфрамовой стали, PVD-покрытие 24-каратным золотом, твердость HV1800, диаметр 40 мм (около 60 г), гравировка на инвестиционную тему или логотип банка, имитирующая монету из чистого золота, вращается в течение 2 минут, подходит для подарка.

3. Характеристики вольфрамовых украшений

Продукция CTIA из вольфрамовой стали изготавливается на основе WC (80-95 мас. %) и Ni (5-20 мас. %) с добавлением Cr_3C_2 , ТиС , TaC , VC и NbC . Характеристики включают:

Физические свойства ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Твёрдость ювелирных изделий из вольфрамовой стали
HV800–2200, твердость по шкале Мооса 8,5–9,5, уступает только алмазу (10), устойчивость к царапинам выше, чем у 18-каратного золота (HV100–200), а срок службы составляет более 30 лет.

Плотность ювелирных изделий из карбида вольфрама
19 г/см³ , что близко к золоту (19,32 г/см³) и намного превосходит свинец (13 г/см³) , вес изделия составляет 4–2300 г, что придает золотым слиткам и памятным медалям тяжелую фактуру.

Прочность ювелирных изделий из вольфрамовой стали
K_IC 8–16 МПа·м ¹ / ², устойчив к легким ударам, может быть удален путем аварийного отсоединения с помощью фиксирующих клещей.

Теплопроводность ювелирных изделий из вольфрамовой стали
80–120 Вт/ м·К , быстрое рассеивание тепла, удобство ношения, подходит для использования в условиях высоких температур.

Коэффициент теплового расширения ювелирных изделий из карбида вольфрама
4–7×10 ⁻⁶ /°C, скорость деформации <0,03%, размерная стабильность, подходит для прецизионных изделий.

Высокая термостойкость ювелирных изделий из вольфрамовой стали
Температура плавления составляет около 2870°C, и он все еще стабилен при 2500°C, что лучше, чем золото (1064°C). Он подходит для аэрокосмической отрасли, глубоководных и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

высокотемпературных форм.

Ударопрочность ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Устойчив к ударам силой 10–20 кН , подходит для изготовления солдатских табличек, золотых слитков и использования на открытом воздухе.

Радиационная стойкость ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Устойчив к гамма-излучению 15 кГр , лучше, чем нержавеющая сталь (1 кГр), защищает встроенные чипы и подходит для использования в космической и ядерной среде.

Термическая стабильность ювелирных изделий из вольфрамовой стали

1000–2500°C. Без изменения характеристик, подходит для экстремально высоких температур.

Химические свойства ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Коррозионная стойкость ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Он устойчив к воздействию кислот и щелочей (pH 2–12), пота и морской воды, а скорость коррозии составляет <0,001 мм/тысяча лет, что лучше, чем у WC-Co (0,01 мм/год), что делает его пригодным для коллекционирования из поколения в поколение.

Биосовместимость вольфрамовых украшений

Скорость выделения Ni <0,1 мкг /см²/неделю (лучше, чем EU EN1811), уровень аллергии <0,2%, лучше, чем у нержавеющей стали (5–10%), подходит для чувствительной кожи.

Антиокислительная защита ювелирных изделий из вольфрамовой стали

Устойчив к окислению при температуре 1200°C без изменения цвета или образования раковин, подходит для использования в условиях высоких температур.

Антибактериальные свойства ювелирных изделий из карбида вольфрама

Покрытие DLC подавляет рост бактерий (таких как Staphylococcus aureus и Escherichia coli) со степенью ингибирования >99%, что повышает гигиеничность.

Химическая стабильность ювелирных изделий из карбида вольфрама

Сверхдолгая долговечность, свойства поверхности остаются неизменными на протяжении тысяч лет, подходят для культурного наследия.

Эстетические свойства вольфрамовых украшений

Блеск ювелирных изделий из карбида вольфрама

Полировка Ra<0,02 мкм , зеркальный эффект, сравнимый с платиной, долговечный блеск, подходит для золотых слитков и инвестиционных монет.

Цветовое разнообразие вольфрамовых украшений

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Покрытие PVD/DLC/IP может достигать золотого, черного, синего, розово-золотого и радужного цветов. Позолоченные изделия могут имитировать чистое золото, а цвет останется стабильным на протяжении тысяч лет.

Гравировальная способность ювелирных изделий из карбида вольфрама

Фемтосекундная лазерная гравировка имеет точность ±0,001 мм, поддерживает 3D-рельеф и микрогравировку, а также имеет долговечные узоры, подходящие для персонализированного дизайна.

Разнообразие текстур ювелирных изделий из карбида вольфрама

Матовые, зеркальные, а также 3D-печатные текстуры отвечают требованиям моды и коллекционирования.

Функциональные характеристики ювелирных изделий из карбида вольфрама

Устойчивость к царапинам ювелирных изделий из карбида вольфрама

Уменьшение глубины царапин на 95%, 30 лет без износа, долговечная эксплуатация поверхности.

Долговечность вольфрамовых украшений

Срок службы подложки превышает тысячу лет, срок службы позолоченного изделия составляет 5-15 лет, а расходы на обслуживание низкие.

Защита окружающей среды ювелирных изделий из карбида вольфрама

Полностью перерабатываемый, потребление энергии при спекании снижено на 70% (по сравнению с плавкой золота), отходы отсутствуют, что соответствует принципам экологической устойчивости.

Проводимость ювелирных изделий из карбида вольфрама

Удельное сопротивление составляет 10 $^{-6}$ Ом·м , поддерживает NFC/RFID и подходит для интеллектуальных функций.

Защита ювелирных изделий из вольфрамовой стали от электромагнитных помех

Экранирует 99,5% низкочастотных электромагнитных волн, защищает встроенные чипы и подходит для интеллектуальных аксессуаров.

Прослеживаемость ювелирных изделий из карбида вольфрама

RFID-чипы поддерживают аутентификацию личности и отслеживание блокчейна. Срок службы чипа составляет тысячи лет, что делает его пригодным для заменителей виртуальной валюты и золотых слитков.

Интеллектуальные функции вольфрамовых украшений

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оснащенный встроенными датчиками, он поддерживает платежи, контроль доступа, мониторинг сердечного ритма и мониторинг окружающей среды, что делает его подходящим для умной жизни.

Ювелирные изделия из вольфрама требуют крайне минимального ухода.
Нет необходимости в полировке или ремонте, эксплуатационные характеристики поверхности остаются неизменными на протяжении тысяч лет, что снижает стоимость эксплуатации.

Передача ювелирных изделий из вольфрама из поколения в поколение
Химическая стабильность придает ему культурную и коллекционную ценность, делая его пригодным для семейного наследования и исторических реликвий.

Приспособляемость ювелирных изделий из карбида вольфрама к экстремальным условиям
Он выдерживает высокую температуру 2500 °C, глубоководное давление 15 МПа и радиацию 15 кГр и подходит для использования в аэрокосмической, глубоководной и ядерной средах.

Коллекционная и инвестиционная ценность ювелирных изделий из вольфрамовой стали
Высокая плотность и внешний вид, имитирующий чистое золото, придают золотым слиткам, памятным медалям и инвестиционным монетам инвестиционную ценность, подходящую для рынка управления банковскими активами.

Усталостная прочность ювелирных изделий из вольфрамовой стали
Устойчив к 10^6 циклам нагрузки, не образует усталостных трещин, пригоден для длительного использования.

Устойчивость к термическим ударам вольфрамовых ювелирных изделий
Устойчив к циклам быстрого охлаждения и нагрева до 1000°C, не образует трещин, подходит для экстремальных условий.

Эти характеристики соответствуют требованиям, предъявляемым к авиационным соплам (коррозионностойкое покрытие), высокотемпературным формам (износостойкость), электродам электролитических ячеек (коррозионностойкие) и аэрокосмическим компонентам (радиационностойкие), что подчеркивает межотраслевые преимущества вольфрамовой стали.

4. Процесс изготовления ювелирных изделий из вольфрамовой стали

CTIA полагается на Chinatungsten Онлайн -ведущая в мире технология производства ювелирных изделий из вольфрамовой стали с использованием порошковой металлургии.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Производственный процесс включает:

Приготовление порошка

Сверхтонкий порошок WC (0,06–1,0 мкм) и порошок Ni высокой чистоты (>99,98%) были измельчены в шаровой мельнице с высокой энергией, а Cr_3C_2 , Добавлялись TiC , TaC , VC и NbC с размером зерна 0,08–0,8 мкм .

формирование

Холодное изостатическое прессование (CIP, 100–800 МПа), литье металлов под давлением (MIM), селективное лазерное спекание (SLS), прямое лазерное спекание металлов (DMLS), поддержка сложных геометрических форм (например, золотых слитков и скульптурных украшений).

спекание

Вакуумно-водородное спекание (1150–1500°C), плотность 95–99,5%, твердость HV800–2200.

Модификация поверхности

полировка

Механическая/электрохимическая полировка, Ra<0,02 мкм , зеркальный блеск, подходит для золотых слитков.

покрытие

PVD- TiN / ZrN /DLC/IP (0,2–10 мкм), твердость HV2000–5000, износостойкость повышена на 70–85%; IP-золотое покрытие (золото 18K/24K, 0,5–3 мкм), износостойкость повышена в 5–10 раз.

Ионная имплантация

Имплантация азота/углерода/фтора снижает скорость скалывания на 98%, что подходит для памятных медалей.

Микродуговое оксидирование

Образуется керамическая поверхность, а ее коррозионная стойкость повышается на 60%, что подходит для изготовления заводских табличек.

Нано покрытие

Толщина 5–50 нм, износостойкость повышена на 25%, подходит для инвестиционных монет.

Радиационно-стойкое покрытие

Устойчив к излучению 15 кГр , защищает поверхность и чипы, подходит для использования в аэрокосмической отрасли.

Прецизионная обработка

Фемтосекундная лазерная гравировка

Точность ±0,001 мм, гравировка 3D рельеф, микрорезьба, подходит для инвестиционных монет.

Электронная танцевальная музыка

Высокоточная обработка золотых слитков, допуск ±0,005 мм, зеркальный эффект.

Прецизионная гравировка с ЧПУ

Девятиосевой ЧПУ, точность ±0,0005 мм, подходит для медалей и шахматных фигур.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Алмазная шлифовка

Шероховатость поверхности Ra<0,01 мкм , подходит для циферблатов.

Ультразвуковая обработка

Обработка сложных микроструктур с допуском ±0,002 мм, подходящих для скульптур и украшений.

Инкрустация и сборка

Благодаря вкраплениям алмазов, циркония и керамики, а также фиксации высокотемпературным клеем или микромеханическим способом прочность увеличивается на 50%.

Встроенный RFID/NFC

Интегрированный чип RFID/NFC поддерживает аутентификацию личности, отслеживаемость блокчейна и срок службы чипа в тысячу лет.

Оптимизация ИИ

ИИ моделирует подбор цвета покрытия, геометрический дизайн и интеллектуальную интеграцию функций, сокращая цикл разработки на 60%.

3D-печать микроструктур

DMLS печатает наномасштабные структуры (например, скульптурные текстуры) с точностью ±0,0005 мм и снижает затраты на 50%.

Интеграция блокчейна

Встроенный чип блокчейна поддерживает отслеживаемость NFT и подходит для заменителей виртуальной валюты и золотых слитков.

Тест на имитацию окружающей среды

Имитация высокой температуры 2500°C, глубоководного давления 15 МПа и радиации 15 кГр для обеспечения экстремальных характеристик окружающей среды.

Этот процесс аналогичен технологиям, применяемым при производстве авиационных сопел (прецизионное покрытие), высокотемпературных форм (износостойкая поверхность), аэрокосмических компонентов (стойкость к радиации) и глубоководного оборудования (стойкость к давлению), что отражает производственный потенциал CTIA.

5. Сравнение украшений из вольфрама с украшениями из других материалов

Устойчивость к царапинам, коррозионная стойкость, эстетика, интеллектуальные функции, высокая термостойкость, ударопрочность, высокая плотность, радиационная стойкость и сверхдолгая долговечность ювелирных изделий из **вольфрама** CTIA явно сопоставимы с характеристиками других материалов. Ниже приведена сравнительная таблица:

Материал	характеристика	Преимущества	Недостатки
Карбид вольфрама (WC-Ni, CTIA)	Испытание на твердость: отсутствие царапин при использовании алмазного ножа/наждачной бумаги (HV800-2200). Коррозионная стойкость: отсутствие изменения цвета после 168 часов погружения в пот или морскую воду и отсутствие	Устойчив к царапинам (95% без следов), устойчив к коррозии (никаких повреждений в	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	повреждений после 1000 лет имитации коррозии. Эстетика: PVD/IP-покрытие золотом 18K/24K, 3D-гравировка фемтосекундным лазером. Интеллектуальные функции: оплата с помощью кольца NFC, верификация с помощью блокчейна с помощью RFID-карты. Высокая термостойкость: 2500°C без деформации. Ударопрочность: отсутствие повреждений после удара силой 15 кН (табличка с именем солдата). Высокая плотность: золотые слитки можно ронять без повреждения (19 г/см³) , инвестиционные монеты можно вращать в течение 2 минут. Радиационная стойкость: гамма-излучение 15 кГр неразрушающее. Долговечность: имитация тысяч лет без ухудшения характеристик. Ношение и демонстрация: свадьба, армия, заменитель финансового продукта, наследование из поколения в поколение. Обработка: MIM, SLS, PVD/IP, EDM, CNC, интеграция с блокчейном.	течение тысячи лет), интуитивно понятен. Позолоченный внешний вид, имитирующий чистое золото, одновременно модный и выгодный для инвестиций.	
Желтое золото (18-каратное золото)	Испытание на твердость: царапины от стальной иглы очевидны (HV100-200). Эстетика: натуральное золото, традиционное мастерство. Ношение: свадебное, требует полировки.	Высококачественное золото, традиционная эстетика. Сложные конструкции демонстрируют пластичность.	Царапины заметны, требуется обслуживание через 1 год. Плотность 15–19 г/см³ , ограниченная долговечность. Не устойчив к радиации, легко окисляется.
Платина	Испытание на твердость: легкая царапина (HV200–300). Коррозионная стойкость: устойчив к поту. Эстетика: серебристо-белый цвет, высококачественная текстура.	Антикоррозийный, подходит для чувствительной кожи. Высокое позиционирование, люксовый рынок.	Царапины очевидны и требуют полировки. Плотность 21,5 г/см³ , тяжелый. Ограниченная прочность, не устойчив к радиации.
платина	Испытание на твердость: царапины более заметны (HV200–250). Эстетика: Яркий белый цвет, элегантная текстура. Износ: обручальное кольцо, требует ухода.	Ярко-белый, идеально подходит для обручальных колец. Устойчив к коррозии и более долговечен, чем золото.	Царапины заметны, требуется частое обслуживание. Плотность 19–21 г/см³ , ограниченная долговечность.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Палладий	Испытание на твердость: царапины заметны (HV250–350). Эстетика: серебристо-белый, легкий. Ношение: Обручальное кольцо, легкое и удобное.	Легкий (12 г/ см³) , удобный. Антикоррозионный, подходит для чувствительной кожи.	Царапины заметны, а долговечность уступает вольфрамовой стали. Низкая плотность и ограниченная долговечность.
Розовое золото	Испытание на твердость: царапины заметны (HV150–250). Эстетика: Розовая, романтическая текстура. Износ: Обручальное кольцо, требует полировки.	Романтичные тона, подходящие женщинам. Модный дизайн, привлекающий молодых потребителей.	Очевидные царапины и легкость окисления. Плотность 15–18 г/ см³, ограниченная прочность.
Родий	Испытание на твердость: царапины более заметны (HV300-400). Эстетика: Яркое серебро с зеркальной отделкой. Изделие: Высококачественные ювелирные изделия, требующие ухода.	Зеркальный блеск, высококачественная текстура. Антикоррозийное, подходит для чувствительной кожи.	Царапины заметны, а покрытие легко изнашивается. Плотность 12,4 г/см³ , ограниченная долговечность.
Серебро (925 пробы)	Испытание на твердость: Устойчивость к сильным царапинам (HV80–150). Эстетика: серебристо-белый, минималистичный. Ношение: ежедневное, легко окисляется.	Разнообразие дизайнов и низкая стоимость. Легкий (3–8 г) и удобный.	Легко окисляется, обесцвечивается в течение 1 года. Низкая твердость и ограниченная долговечность.
Нержавеющая сталь (316L)	Испытание на твердость: царапины заметны (HV200–300). Коррозионная стойкость: устойчив к поту, незначительному изменению цвета. Эстетика: шлифованная/полированная, минималистичная.	Устойчив к коррозии, подходит для ежедневного ношения. Разнообразие дизайнов и низкая стоимость.	Низкая твердость и множество царапин. Текстура обычная, а прочность ограничена.
керамика	Испытание на твердость: стойкость к царапинам (HV1000–2000). Эстетика: Черно-белый, светлый. Ношение: Модно, но с осторожностью.	Высокая твердость, устойчивость к царапинам. Легкий (5–10 г) и удобный.	Низкая прочность и легкость разрушения. Одноцветный, ограниченная долговечность.
Титановый сплав	Испытание на твердость: легкая царапина (HV300–400). Коррозионная стойкость: устойчив к поту/морской воде, не	Легкий (4–8 г) и удобный.	Низкая твердость и заметные царапины.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	меняет цвет. Эстетика: серебристо-серый, современный.	Устойчив к коррозии, подходит для чувствительной кожи.	Одноцветный, ограниченная долговечность.
Углеродное волокно	Испытание на твердость: царапины на поверхности очевидны (HV100–200). Эстетика: Черная текстура, современный вид. Ношение: легкое и осторожное.	Сверхлегкий (1–5 г) и удобный. Современная фактура, сильное чувство моды.	Низкая прочность и легкость разрушения. Низкая износостойкость и ограниченная долговечность.

Ювелирные изделия из вольфрамовой стали CTIA прошли испытания на твердость (отсутствие следов от алмазных ножей), испытания на коррозионную стойкость (отсутствие повреждений в течение тысяч лет), эстетический вид (PVD/IP 18K/24K золотое покрытие, 3D гравировка), интеллектуальные функции (NFC-платежи, проверка блокчейна RFID), испытания на устойчивость к высоким температурам (отсутствие деформации при 2500 °C), испытания на ударопрочность (отсутствие повреждений при 15 кН), испытания на высокую плотность (отсутствие повреждений при падении золотых слитков, вращение инвестиционных монет в течение 2 минут), испытания на радиационную стойкость (отсутствие повреждений при 15 кГр) и испытания на долговечность (отсутствие деградации в течение тысяч лет), что подчеркивает преимущества вольфрамовой стали, которая лучше золота (очевидные царапины), платины/белого золота/палладия/родия (частое обслуживание), розового золота (легко окисляется), серебра (легко окисляется), нержавеющей стали (обычная текстура), керамики (хрупкая), титанового сплава (низкая твердость) и углеродного волокна (низкая прочность). Технологии MIM, SLS, фемтосекундного лазера, электрической искры, ЧПУ, IP-золочения, RFID и блокчейна от CTIA являются ведущими, а **ювелирные изделия из вольфрамовой стали** на 100% подлежат вторичной переработке и могут передаваться из поколения в поколение.

6. Преимущества производительности

Преимущества вольфрамовых украшений CTIA:

Устойчивость к царапинам : HV800–2200, глубина царапин уменьшена на 95%, 30 лет без износа.

Коррозионная стойкость : устойчив к поту и морской воде, скорость коррозии <0,001 мм/тысяча лет, подходит для коллекционирования из поколения в поколение.

Эстетическое разнообразие : покрытие PVD/DLC/IP, 3D-гравировка фемтосекундным лазером, позолота для имитации чистого золота, цвет остается стабильным на протяжении тысяч лет.

Биосовместимость : выделение Ni <0,1 мкг /см²/неделю, уровень аллергии <0,2%, подходит для чувствительной кожи.

Долговечность : срок службы подложки составляет более тысячи лет, а позолоченных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

изделий — 5–15 лет при низких затратах на техническое обслуживание.

Антибактериальные свойства : покрытие DLC имеет антибактериальный уровень >99%, что улучшает гигиену.

Интеллектуальные функции : чип NFC/RFID, датчики, поддерживающие платежи, контроль доступа, мониторинг сердечного ритма, отслеживаемость блокчейна.

Высокая термостойкость : 2500 °C без деформации, подходит для использования в аэрокосмической отрасли и на больших глубинах.

Ударопрочность : **ударопрочность** 15 кН , подходит для табличек с именами и золотых слитков.

Высокая плотность : 19 г/ см³, что придает золотым слиткам, медалям и инвестиционным монетам уникальный вес и коллекционную ценность.

Радиационная стойкость : устойчив к гамма-излучению 15 кГр , защищает встроенные чипы, подходит для использования в ядерной среде.

Сверхнизкие эксплуатационные расходы : не требуется полировка или ремонт, свойства поверхности остаются неизменными в течение тысяч лет.

Экологическая устойчивость : 100% перерабатывается, ноль отходов, лучше, чем выплавка золота.

Наследование из поколения в поколение : химическая стабильность придает сорту культурную и коллекционную ценность, что делает его пригодным для семейного наследования.

Адаптируемость к экстремальным условиям : устойчив к температуре 2500°C, глубоководному давлению 15 МПа и радиации 15 кГр , подходит для экстремальных сценариев.

Коллекционная и инвестиционная ценность : Имитация внешнего вида чистого золота, подходит для рынка банковских финансовых продуктов и криптовалютного сообщества.

Усталостная прочность : выдерживает 10 ^{6} циклов нагрузки, не образует усталостных трещин, подходит для длительного использования.

Акустические свойства : Высокая плотность обеспечивает уникальный металлический резонанс, улучшая ощущения от сбора.

Устойчивость к термическому удару : выдерживает быстрые циклы охлаждения и нагрева до 1000°C, не образует трещин, подходит для экстремальных условий.

7. Сферы применения ювелирных изделий из карбида вольфрама

Обручальные кольца и кольца на годовщину : кольца на годовщину, подвески в виде полной луны, покрытие PVD- ZrN , инкрустированные драгоценными камнями, подходят для передачи по наследству из поколения в поколение.

Модные аксессуары : ожерелья, браслеты, серьги, радужное покрытие DLC, привлекающее молодых потребителей.

Функциональные украшения : кольца и подвески для использования на открытом воздухе, устойчивые к коррозии в морской воде, пригодные для глубоководных исследований.

Высококачественная персонализация : запонки, корпуса часов, броши, инкрустированные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

драгоценными камнями, подходящие для официальных случаев.

Умные аксессуары : умные кольца, корпуса часов, NFC-платежи, мониторинг здоровья, защита от электромагнитных помех, подходят для умной жизни.

Деловые аксессуары : зажимы для галстука, визитницы, VIP-карты, лазерная гравировка логотипов, элитный бизнес.

Военные и управленческие : таблички с именами солдат, бирки для домашних животных, бирки для багажа, ударопрочные, отслеживаемые, пригодные для использования в ядерной среде.

Коллекционирование и подарки : медали в честь юбилеев компаний, памятные монеты, памятные медали в честь полнолуния, подходящие для чествования или подарков.

Коллекция криптовалют : виртуальные валютные токены, вольфрамовые кубики, золотые кирпичи, с выгравированным логотипом Bitcoin, со встроенной RFID-меткой для поддержки проверки блокчейна, подходят для отображения на рабочем столе.

Настольные и домашние экспонаты : золотые кирпичи, вольфрамовые кубики, скульптуры, закладки, зеркальная полировка, текстура высокой плотности, подходят для коллекционирования.

Изделия с имитацией чистого золота : позолоченные цепочки для часов, золотые кольца, золотые браслеты, золотые ожерелья, IP-покрытие из 18-каратного/24-каратного золота, имитация чистого золота, подходят для свадеб и коллекций.

Замена банковским финансовым продуктам : позолоченные золотые слитки, памятные медали, инвестиционные монеты, PVD-покрытие из 24-каратного золота, имитация слитков и монет из чистого золота, подходящая для инвестиций и коллекционирования.

Авиация и глубоководье : таблички из вольфрамовой стали и золотые слитки устойчивы к радиации и выдерживают давление на глубине до 15 МПа, подходят для экстремальных условий.

Культурное и историческое наследие : памятные медали, скульптуры и резные культурные образцы подходят для музейной экспозиции и семейного наследования.

Случай : изготовленные по индивидуальному заказу CTIA инвестиционные монеты из вольфрамовой стали с золотым покрытием, предназначенные для китайского рынка, PVD-покрытие 24-каратным золотом, твердость HV1800, вращение в течение 2 минут, объем экспорта 10 000 штук; позолоченные золотые слитки, экспортируемые на Ближний Восток, PVD-покрытие 24-каратным золотом, радиационная стойкость, объем экспорта 3 000 штук; памятные медали, экспортируемые в Европу, IP-покрытие 18-каратным золотом, встроенная RFID-метка, объем экспорта 5 000 штук.

8. Проблемы и ограничения вольфрамовых украшений

Вес : 19 г/ см³, изделие 4–2300 г, облегченная конструкция необходима для повышения комфорта при ношении.

Прочность : K_IC 8–16 МПа·м ¹ / ², необходимо указать метод удаления трещин.

Аллергия на никель : необходимо разработать сплавы, не содержащие никель, чтобы исключить риск возникновения аллергии.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Долговечность покрытия : срок службы покрытия PVD/DLC/IP составляет 5–15 лет и требует усовершенствования для увеличения срока службы.

Сложность обработки : электроэрозионная и ЧПУ-обработка требуют высокоточного оборудования и длительного цикла.

9. Перспективы развития ювелирных изделий из карбида вольфрама

Нанозерна : размер частиц WC <0,06 мкм , твердость **HV2200–2500** , прочность увеличена на 40%.

Сплав без содержания никеля : Ti, Cr и Co заменяют Ni, а уровень аллергии снижается до 0%.

Многослойное покрытие : PVD- TiN / ZrN /DLC/IP, срок службы 40–50 лет.

Экологичное производство : низкотемпературное спекание (<1100°C), снижение энергопотребления на 75%.

3D- печать : SLS/DMLS, точность ±0,0005 мм, поддержка сложных конструкций.

Проектирование на основе ИИ : ИИ оптимизирует геометрию, подбор цвета покрытия и интеллектуальные функции, сокращая цикл разработки на 70%.

Интеллектуальная интеграция : встроенные датчики для мониторинга частоты сердечных сокращений, уровня кислорода в крови и параметров окружающей среды в режиме реального времени, что повышает конкурентоспособность на рынке на 60%.

Интеграция блокчейна : токены виртуальной валюты, золотые слитки и медали встроены в чипы блокчейна для поддержки прослеживаемости NFT.

Дисплей дополненной реальности : Золотые слитки и инвестиционные монеты используют технологию дополненной реальности для отображения деталей дизайна и улучшения впечатлений от коллекционирования.

Радиационно-стойкое покрытие : устойчиво к радиации 150 кГр , подходит для аэрокосмической и ядерной промышленности.

Самовосстанавливающееся покрытие : нанопокрытие самовосстанавливается от микроцарапин и продлевает срок службы поверхности.

Биосенсоры : встроенные биосенсоры для контроля показателей здоровья, подходят для интеллектуальных аксессуаров.

10. Сводная таблица основных характеристик и технических характеристик ювелирных изделий из карбида вольфрама CTIA

проект	описывать
Производитель	CTIA GROUP LTD (CTIA), дочерняя компания China Tungsten Online, ISO 9001:2015.
Состав материала	WC 80–95 мас. %, Ni 5–20 мас. %, Cr_3C_2 , TiC , TaC , VC, NbC
Виды украшений	Кольца (обручальные кольца, модные, функциональные, элегантные, на годовщину свадьбы), ожерелья (кулоны, цепочки), браслеты (закрытые, открытые), серьги (гвоздики, серьги-гвоздики), кулоны (персонализированные, функциональные), запонки, футляры для часов, цепочки для ключей, броши, пряжки для ремней, оправы для очков, аксессуары для волос (шпильки, резинки для волос), пряжки для кошельков, зажимы для галстуков, украшения для ручек, пряжки для ремней, украшения для чехлов для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	мобильных телефонов, значки, держатели для визиток, футляры для зажигалок, украшения для шкатулок для драгоценностей, пряжки для ремешков для часов, украшения для тростей, таблички с именами солдат, бирки для домашних животных, бирки для чемоданов, сувениры на годовщину компании (медали, памятные монеты), VIP-карты для финансовых предприятий, памятные украшения из вольфрамовой стали в полнолуние (кулоны, памятные таблички), заменители виртуальной валюты (монеты вызова, памятные монеты), вольфрамовые кубики (коллекционные, памятные), закладки, подвески для брелоков, держатели для мобильных телефонов, визитные карточки, скульптуры, циферблаты часов, спиннеры, шахматные фигуры, позолоченные цепочки для часов, золотые слитки, золотые кольца, золотые браслеты, золотые ожерелья, золотые серьги, золотые подвески, золотые броши, золотые запонки, золотые пряжки для ремней, позолоченные заменители банковских финансовых продуктов (позолоченные золотые слитки, памятные медали, инвестиционные монеты)
Основные характеристики	Твёрдость: HV800–2200, Moос 8,5–9,5 Плотность: 19 г/см³ Коррозионная стойкость: Скорость коррозии <0,001 мм/1000 лет Биосовместимость: выделение Ni <0,1 мкг /см²/неделю Эстетика: Ra<0,02 мкм , покрытие золотом 18K/24K Антибактериальные свойства: уровень антибактериальности >99% Проводимость: Поддержка NFC/RFID Высокая термостойкость: 2500°C без деформации Ударопрочность: 15 кН Стойкость к радиации: 15 кГр Сверхдолгая долговечность: свойства поверхности остаются неизменными на протяжении тысяч лет Очень низкие эксплуатационные расходы: не требуется полировка Экоустойчивость: 100% перерабатывается Межпоколенческое наследование: культурная коллекция Адаптируемость к экстремальным условиям: аэрокосмическая промышленность, глубоководные районы Усталостная прочность: 10 ⁶ циклов Акустические свойства: Металлический резонанс Устойчивость к термическому удару: устойчивость к циклу 1000°C Коллекционная и инвестиционная ценность: Имитация чистого золота, заменитель банковского финансового менеджмента.
Процесс производства	Подготовка порошка → CIP/MIM/SLS/DMLS → Вакуумное спекание → Полировка/PVD/DLC/IP/Микродуговое оксидирование/Нанопокрытие/Антирадиационное покрытие → Гравировка фемтосекундным лазером/EDM/CNC/Ультразвуковая обработка → Инкрустация → Внедрение RFID/NFC → Оптимизация ИИ → Микроструктура 3D-печати → Интеграция блокчейна → Тест на моделирование окружающей среды
Модификация поверхности	Полировка: Ra<0,02 мкм PVD- TiN / ZrN /IP: HV2000–5000, износостойкость +70–85% DLC: износостойкость +75%, антибактериальность +99% Микродуговое оксидирование: коррозионная стойкость +60% Нанопокрытие: износостойкость +25%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	Радиационно-стойкое покрытие: устойчиво к 15 кГр
Сценарий применения	Обручальные кольца, модные украшения, функциональные украшения, высококачественная кастомизация, умные украшения, деловые аксессуары, военные товары, содержание домашних животных, предметы коллекционирования, подарки, криптовалютная коллекция, настольные дисплеи, высококачественные имитации золотых изделий, банковские финансовые продукты, аэрокосмическая промышленность, глубоководье, культурное наследие
Преимущества производительности	Устойчивость к царапинам +95%, коррозионная стойкость +85%, свойства поверхности остаются неизменными на протяжении тысяч лет, высокая плотность 19 г/см³ , радиационная стойкость +15 кГр , экологическая устойчивость +100%, имитация чистого золота, коллекционная и инвестиционная ценность
Видео сравнение	Испытание на твердость (без царапин), коррозионная стойкость (без повреждений в течение тысяч лет), интеллектуальные функции (платежи NFC, проверка блокчейна RFID), высокая термостойкость (2500 °C), ударопрочность (15 кН), высокая плотность (падение золотого слитка, вращение инвестиционной монеты), радиационная стойкость (15 кГр), долговечность (без ухудшения качества в течение тысяч лет), лучше, чем у золота, платины, белого золота, палладия, розового золота, родия, серебра, нержавеющей стали, керамики, титанового сплава, углеродного волокна
испытание	Вес (4–2300 г), прочность, аллергия на никель, срок службы покрытия, сложность обработки
Будущие направления	Нанокристаллические зерна, сплавы без содержания никеля, многослойные покрытия, экологичное производство, 3D-печать, проектирование с использованием искусственного интеллекта, интеллектуальная интеграция, интеграция с блокчейном, дисплей дополненной реальности, радиационно-стойкие покрытия, самовосстанавливающиеся покрытия, биосенсоры

11. Заключение

CTIA GROUP LTD (CTIA) опирается на глобальный научно-исследовательский потенциал China Tungsten Online в области вольфрамовой продукции для производства **52 видов** изделий из вольфрамовой стали, включая кольца, ожерелья, браслеты, серьги, подвески, запонки, корпуса часов, цепочки для ключей, броши, пряжки для ремней, оправы для очков, аксессуары для волос, пряжки для кошельков, зажимы для галстуков, украшения для ручек, пряжки для ремней, украшения для чехлов мобильных телефонов, значки, держатели визитных карточек, футляры для зажигалок, украшения для шкатулок для драгоценностей, пряжки для ремешков для часов, украшения для тростей, таблички с именами солдат , бирки для домашних животных, бирки для багажа, сувениры на годовщины компании, VIP-удостоверения личности финансовых предприятий, памятные украшения из вольфрамовой стали в полнолуние, заменители виртуальной валюты, вольфрамовые кубики, закладки, подвески для брелоков, держатели для мобильных телефонов, визитные карточки, скульптурные украшения, циферблаты часов, спиннеры, шахматные фигуры, позолоченные цепочки для часов, золото кирпичи, золотые кольца, золотые браслеты, золотые ожерелья, золотые серьги, золотые подвески, золотые броши, золотые запонки, золотые пряжки для ремней и позолоченные заменители банковских финансовых продуктов (позолоченные золотые слитки, памятные медали, инвестиционные монеты) для удовлетворения потребностей в обручальных кольцах, модных аксессуарах, функциональных ювелирных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

изделиях, высококачественной кастомизации, смарт-аксессуарах, деловых аксессуарах, военной тематике, содержании домашних животных, сувенирах, коллекционировании криптовалют, настольных дисплеях, высококачественных имитациях изделий из чистого золота, заменителях банковских финансовых продуктов, аэрокосмической отрасли, глубоководной отрасли и культурного наследия. Вольфрамовая сталь известна своей сверхвысокой твердостью (HV800–2200), устойчивостью к царапинам (снижение царапин на 95%), коррозионной стойкостью (скорость коррозии <0,001 мм/1000 лет), антибактериальными свойствами (скорость антибактериальности >99%), высокой термостойкостью (2500°C), ударопрочностью (15 кН), радиационной стойкостью (15 кГр), высокой плотностью (19 г/см³) , сверхдлительным сроком службы и коллекционной и инвестиционной ценностью имитации золота. Покрытие PVD/DLC/IP, гравировка фемтосекундным лазером, технология RFID/NFC и блокчейн придают драгоценным металлам блеск, персонализированный дизайн и интеллектуальные функции, а стоимость намного выше, чем у золота и платины. Видео демонстрирует преимущества вольфрамовой стали по сравнению с другими материалами посредством испытаний на твердость, испытаний на коррозионную стойкость, эстетического представления, интеллектуальных функций, испытаний на стойкость к высоким температурам, испытаний на ударопрочность, испытаний на высокую плотность, испытаний на радиационную стойкость и испытаний на долговечность, особенно в области коллекционирования и инвестиций заменителей виртуальной валюты, вольфрамовых кубиков, позолоченных изделий и заменителей продуктов управления банковским капиталом. Химическая стабильность и ценность наследования между поколениями делают изделия из вольфрамовой стали идеальным выбором для семейных коллекций, культурного наследия и экстремальных условий. Подобно технологиям авиационных сопел (коррозионно-стойкие покрытия), высокотемпературных форм (износостойкие поверхности), аэрокосмических компонентов (радиационная стойкость) и глубоководного оборудования (стойкость к давлению), технологии MIM, SLS, фемтосекундного лазера, EDM, CNC, IP-золочения, микродугового оксидирования, встраивания RFID, интеграции блокчейна и оптимизации ИИ от CTIA отражают кросс-доменные сильные стороны.

Несмотря на проблемы с весом, прочностью и долговечностью покрытия, нанозерна, сплавы без содержания никеля, 3D-печать, экологичное производство, интеграция блокчейна, дисплеи дополненной реальности и самовосстанавливающиеся покрытия позволят изделиям из карбида вольфрама стать высокопроизводительными, устойчивыми и интеллектуальными, привнося инновационную энергию в мировые рынки ювелирных изделий, функциональных изделий, предметов коллекционирования, высококачественных имитаций чистого золота и продуктов для управления банковскими активами.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

Описание формы и перечень применений пластин из цементированного карбида

1. Обзор листов из карбида вольфрама

Листы из цементированного карбида изготавливаются из спеченного карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co) или других связующих веществ (таких как Ni, TiC) (содержание WC 80% 96% ± 1%, содержание Co 4% 15% ± 0,5%), с высокой твердостью (HV 16002100 ± 50), высокой износостойкостью (скорость износа <0,030,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), высокой прочностью на изгиб (>4000 МПа ± 50) и широко используются в режущих инструментах, износостойких деталях, формах, вкладышах, заготовках инструментов и т. д. Листы из цементированного карбида незаменимы в машиностроении, аэрокосмической, энергетической, горнодобывающей, электронной, автомобильной, литейной, химической и других отраслях промышленности благодаря своим превосходным механическим свойствам и коррозионной стойкости (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,002 мм/год).

2. Описание формы пластин из твердого сплава

Формы обычных твердосплавных пластин (геометрические характеристики и типичные размеры)

Тип формы	Описание геометрических характеристик (мм)	Типичные размеры (мм)
Прямоугольная пластина Прямоугольная пластина	Прямоугольная плоскость, четыре прямых угла, плоская поверхность (Ra<0,2 мкм ±0,01 мкм), фаска кромок (R0,20,5 ±0,05). Внешний вид - серебристо-серая металлическая пластина с гладкими краями, пригодная для резки на мелкие кусочки.	Длина: 50 - 400 ± 0,1 Ширина: 20 - 200 ± 0,1 Толщина: 1 - 30 ± 0,05
Квадратная пластина Квадратная пластина	Квадратная плоскость, равные стороны, зеркально полированная поверхность (Ra<0,10,2 мкм±0,01 мкм), четыре угла слегка закруглены (R0,10,3 ±0,05). Внешний вид — серебристый квадрат, однородный размер.	Длина стороны: 10 - 150 ±0,1 Толщина: 1 - 15 ±0,05
Круглая пластина Круглая пластина/диск	Круглая плоскость, центральное опциональное отверстие диаметром 0,510 ± 0,01, фаска кромки (45° ± 1°, ширина 0,20,5 ± 0,05). Внешний вид — серебристо-серый диск, подходит для вращающихся заготовок инструментов.	Диаметр: 10 - 300 ±0,1 Толщина: 1 - 20±0,05
Трапециевидная пластина Трапециевидная пластина	Трапециевидное сечение, короткое верхнее основание, длинное нижнее основание, наклонная сторона (угол 5°30°±1°), гладкая поверхность. Внешний вид - серебристый трапециевидный лист с прозрачной фаской, подходит для изготовления ножей или форм по индивидуальному заказу.	Верхнее основание: 10 - 60 ± 0,1 Нижнее основание: 20 - 100 ± 0,1 Высота: 10 - 60 ± 0,1 Толщина: 2 - 15 ± 0,05
Пластина специальной формы Пластина	Неправильные формы, многоугольники, пятиугольники, шестиугольники, выемки (R15 ± 0,1), дуговые края (R520 ± 0,1). Внешний вид представляет собой серебряную нерегулярную металлическую пластину для	Максимальный размер: 10 - 300 ± 0,1 Толщина: 1 - 30 ± 0,05

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип формы	Описание геометрических характеристик (мм)	Типичные размеры (мм)
индивидуальной формы	удовлетворения специальных потребностей.	

Характеристики формы пластин из цементированного карбида

Прямоугольная/квадратная пластина

Он обладает высокой универсальностью и легко режется на заготовки инструментов и детали пресс-форм. Допуск составляет ±0,1 мм , а поверхность полируется (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм).

Круглая пластина

Для вращающихся инструментов (например, фрез, заготовок сверл), с центральным отверстием для легкого зажима и скошенными краями для предотвращения сколов.

Трапециевидные/специальной формы пластины

Изготавливаются по индивидуальному заказу в соответствии с требованиями к сложным инструментам, пресс-формам или износостойким деталям с высокой точностью обработки (отклонение <0,01 мм).

Появление

Серебристо-серый (компонент WCCo), зеркально полированный или слегка матовый, покрытия (такие как DLC, TiN , AlTiN) могут быть черными, золотистыми или темно-серыми.

3. Список применений твердосплавных пластин

Ниже приведено применение пластин из цементированного карбида в различных отраслях промышленности, перечислены соответствующие формы, марки, конкретные области применения и требования к эксплуатационным характеристикам, охватывающие машиностроение, аэрокосмическую промышленность, энергетику, горнодобывающую промышленность, электронику, автомобилестроение, изготовление пресс-форм, химическую промышленность и т. д. (ссылка на литературу ISO 513):

использовать	Применимая форма	Бренд	Конкретное применение (мм)	Требования к производительности (мм)
Заготовки режущего инструмента	Прямоугольник, квадрат, круг	YL10.2, K10, K05	Перерабатывается во фрезы, сверла, токарные инструменты, режущую сталь, алюминиевый сплав, композитные материалы, подложки печатных плат, древесину. Пример: фрезерование авиационного титанового сплава (Ti6Al4V), сверление подложек HDI (апертура 0,051,0 ± 0,005).	Твердость: HV 1600 - 2100±50Вязкость: K_{1c} 711 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5Точность режущей кромки: <0,002 ±0,0005Скорость износа: <0,03 ^{3} /Н · м ± 0,01 мм ^{3} /Н · м
Износостойкие детали	Прямоугольные, круглые, специальной	K05, K10, K20	Изготовление износостойких футеровок, направляющих и уплотнительных колец для использования в горнодобывающем	Скорость износа: <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н· мПрочность на изгиб : >4000 МПа±50Шероховатость поверхности :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

использовать	Применимая форма	Бренд	Конкретное применение (мм)	Требования к производительности (мм)
	формы		оборудовании (футеровки дробилок), литьевых машинах (винтовые втулки) и электронных литьевых формах (прессование подложек HDI). Например, футеровки горнодобывающих дробилок (срок службы > 10^6 тонн ± 10^5 тонн).	Ra<0,1 мкм±0,01 мкм
Детали пресс-форм	Трапеция, специальная форма, прямоугольник	Ю12, К05, ЯЛ10.2	Штампы холодной высадки, штампы для пробивки отверстий, литьевые формы, производство автомобильных болтов, корпусов мобильных телефонов, авиационных крепежей. Пример: Штампы холодной высадки для формирования болтов М6 (>10^5 шт. ±10^4 шт.).	Прочность на изгиб: 4200 МПа±50 Температурная стойкость: >900°C±10°C Отклонение размеров: <0,01 Твердость: HV 1600 - 1900±50
Коррозионностойкое покрытие	Прямоугольник, Квадрат	К10, YL10.2, WCNi	Футеровка химического оборудования, футеровка клапанов насосов, защита гальванических ванн (меднение печатных плат), травильное оборудование (H_2SO_4, HCl) . Пример: гальваническое покрытие ванн (срок службы > 2 года ± 0,2 года).	Скорость коррозии: <0,01 / год ± 0,002 / год< br >Твердость: HV 1700 - 2000 ± 50>Потеря массы: <0,01 мг/см² ± 0,002 мг/см²
Высокочастотные инструменты	Круглая, особой формы	К05, К10	Высокочастотные инструменты (например, фрезы для подложки 5G, гравировальные фрезы для стекла), обработка керамики, ПТФЭ, сапфира. Пример: высокочастотное фрезерование платы 5G (потеря сигнала <0,02 дБ/см±0,005 дБ/см).	Проводимость: <1 мкОм·м±0,1 мкОм·м Округлость кромки: <0,001 ±0,0002 Твердость: HV 1800 - 2100±50
Компоненты энергетического оборудования	Прямоугольный, круглый	К20 、WCNi	Насадки для бурения нефтяных скважин, износостойкие прокладки для ядерной энергетики, выдерживают высокое давление и высокую температуру (>100 МПа±5 МПа, >1000°C±10°C). Пример: насадка для бурения (срок службы>500 часов±50 часов).	Термостойкость: >1000°C±10°C< br >Прочность на сжатие: >6000 МПа±100 МПа< br >Скорость коррозии: <0,02 года±0,005/год
Аэрокосмические детали	Специальная форма, круглая	Ю12, К05	Износостойкие прокладки для авиационных двигателей, композитная оснастка, обработка углеродного волокна и титанового сплава. Пример: фрезерование пластин из углеродного волокна (шероховатость поверхности Ra<0,2 мкм±0,01 мкм).	Прочность: K_{1c} 1012 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5 Температурная стойкость: >900°C±10°C Точность кромки: <0,002±0,0005
Инструменты для	Прямоугольник,	К20, К30	Режущие головки тоннелепроходческих	Ударопрочность: >200 Дж±10 ДжТвердость :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

использовать	Применимая форма	Бренд	Конкретное применение (мм)	Требования к производительности (мм)
горнодобывающей промышленности	Трапеция		машин, футеровки дробилок, дробление твердых пород (твердость по Моосу 68±0,5). Пример: Режущие головки тоннелепроходческих машин (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч).	HV 1400 - 1800±50Скорость износа: <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м

Применение и характеристики твердосплавных пластин

Заготовки режущего инструмента (45%±5%)

Прямоугольные/круглые пластины перерабатываются во фрезы и сверла (YL10.2, K05) для использования в машиностроении (резка стали), электронике (сверление печатных плат) и авиации (обработка титановых сплавов) с точностью режущей кромки <0,002 мм ± 0,0005 мм.

Износостойкие детали (25%±3%)

Пластины K05/K10 используются в горнодобывающей промышленности (футеровка дробилок) и электронике (формовочные формы), имеют срок службы >10 ^{6} раз ±10 ^{5} раз и скорость износа <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м.

Детали пресс-форм (15% ± 2%)

Специальная/трапециевидная пластина YU12 используется в производстве автомобилей (штампы холодной высадки) и мобильных телефонов (штампы для корпусов). Они устойчивы к высоким температурам (>900°C±10°C) и имеют допуск <0,01 мм.

Коррозионностойкое покрытие (5%±1%)

K10/ WCNi применяются в химической промышленности (гальванические ванны) и энергетике (кислые среды), скорость коррозии составляет <0,01 мм/год ±0,002 мм/год.

Высокочастотные инструменты (5% ± 1%)

Обработка круглой пластины K05, подложка 5G, сапфировый инструмент, круглость режущей кромки <0,001 мм ± 0,0002 мм.

Энергетика/Авиация/Горнодобывающая промышленность (5%±1%)

Пластины K20/YU12 используются для изготовления буровых сопел, прокладок двигателей и головок тоннелепроходческих резцов с ударной вязкостью >200 Дж ± 10 Дж.

Распределение пластин из карбида вольфрама в отрасли

Машиностроение: режущие инструменты, износостойкие детали (50%±5%), такие как стальные фрезы и направляющие.

Аэрокосмическая промышленность: высокоточные инструменты, износостойкие прокладки (15%±2%), например, обработка углеродного волокна.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Энергия: Сопла, вкладыши (10% ± 2%), например, для бурения нефтяных скважин.
Горнодобывающая промышленность: режущая головка, футеровка (10% ± 2%), например, дробление твёрдых пород.
Электроника: заготовки для микросверления, формовочные формы (10% ± 2%), такие как подложки HDI.
Автомобильная/химическая промышленность: формы , облицовочные плиты (5% ± 1%), например, для формовки болтов и гальванических ванн.

Формы твердосплавных пластин включают прямоугольные пластины (50 - 400×20 - 200×1 - 30 мм ± 0,1 мм), квадратные пластины (длина стороны 10 - 150 мм ± 0,1 мм), круглые пластины (диаметр 10 - 300 мм ± 0,1 мм), трапециевидные пластины (верхнее основание 10 - 60 мм, нижнее основание 20 - 100 мм ± 0,1 мм) и пластины специальной формы (максимальный размер 10 - 300 мм ± 0,1 мм) с шероховатостью поверхности Ra < 0,10,2 мкм ± 0,01 мкм .

Применение пластин из цементированного карбида включает заготовки режущего инструмента (45% ± 5%), износостойкие детали (25% ± 3%), детали пресс-форм (15% ± 2%), коррозионно-стойкие вкладыши (5% ± 1%), высокочастотные инструменты (5% ± 1%), детали для энергетики/авиации/горнодобывающей промышленности (5% ± 1%) и используются в машиностроении (резка стали), аэрокосмической промышленности (обработка титановых сплавов), энергетике (буровые сопла), горнодобывающей промышленности (дробильные вкладыши), электронике (сверление подложки), автомобилестроении (болтовые формы) и химии (гальванические вкладыши). Такие марки, как YL10.2, K05, K10, YU12 и K20, отвечают требованиям высокой точности (отклонение кромки < 0,002 мм ± 0,0005 мм) и высокой износостойкости (срок службы> 10^6 раз ± 10^5 раз) и широко используются в различных отраслях промышленности.

приложение:

Комплексное применение чешуйчатого, пластинчатого и блочного твердого сплава

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
Резка	Поворот лезвие	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >800°C±10°C, Вязкость: K_{1c} > 10 МПа·м $^{1}/^{2}$ ± 0,5	WC10Co, TiN , AlTiN	Точение коленчатых валов и шестерен (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Фрезерование лезвие	лезвие	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Коэффициент трения: <0,4±0,05, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, AlTiN , DLC	Фрезерование титанового сплава, штамповой стали (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Бурение лезвие	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Коррозионная	WC10Co, TiAlN	Сверление композитных материалов, стальных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²		пластин (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Распиловка лезвие	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Амплитуда вибрации: <0,1 мм±0,01 мм, Термостойкость: >600°C±10°C	WC6Co, CrN , TiN	Резка металлических труб, дерева (скорость > 10 м/мин ± 1 м/мин)
	Резьбовые вставки	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC10Co, TiCN	Обработка болтов и соединений (отклонение шага <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Строгальные лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, TiN	Строгание реек и деревянных досок (плоскостность <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Микрообработка лезвий	лезвие	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,2±0,01	WC6Co, ДЛС	Обработка микроотверстий, прецизионные детали (отклонение апертуры <0,002 мм ± 0,0005 мм)
Изготовление пресс-форм	Лезвия штамповочных штампов	лезвие	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Износостойкость: Скорость износа <0,06 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Усилие извлечения из формы: <10 Н±1 Н	WC10Ni, CrN , DLC	Штамповка корпусов мобильных телефонов, дверей автомобилей (срок службы > 10 ⁶ раз ± 10 ⁵ раз)
	Лист для растягивания штампа	лист	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1	WC8TiC10Ni, WC/C	Алюминиевые растянутые банки, медные трубки (отклонение толщины стенки <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Пластина для формования порошка	тарелка	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Co, TiC , CrN /DLC	Прессованные магнитные материалы, керамика (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Блоки штампов холодной высадки	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >120 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC12Co, ТиБ ₂	Холодновысадочные винты, заклепки (усилие формовки <500 кН ± 10 кН)
	Лист для экструзии	лист	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Термостойкость: >600°C±10°C	WC10Co, ДЛС	Алюминиевые экструдированные профили, пластиковые трубы (отклонение <0,05 мм ± 0,01 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	Ковочная плита	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC12Co, TiC	Кованые шестерни и валы (срок службы > 10 ⁵ шт. ± 10 ⁴ шт.)
Износостойкие детали	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Футеровка насоса, транспортировочный желоб (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Скользящее лезвие	лезвие	Твердость: HV 1000 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Адгезия: <1 Н±0,1 Н	$WC5MoS_2$, DLC, WC/C	Ножи для текстильных машин, ножи для упаковочных машин (Ra<0,05 мкм±0,01 мкм)
	Лист сопла	лист	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Эрозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см²	WC8 Co, Al_2O_3	Форсунки для нефти и газа, пескоструйные форсунки (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
	Износостойкие накладки	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 ³ часов	WC10Co, TiC	Дробильные подушки, опоры редукторов экскаваторов (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
	Износостойкие направляющие полосы	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >10 ⁴ часов±10 ³ часов	WC10Ni, CrN	Направляющие конвейерных лент, футеровки мельниц (сопротивление <10 Н ± 1 Н)
	Уплотнительная пластина	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Скорость утечки: <10 ⁻⁶ Па·м³ /с ± 10 ⁻⁷ Па·м³ /с	WC10Co, CrN	Прокладки насосов высокого давления, гидравлические уплотнения (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
Электронная промышленность	Лезвия для прецизионной резки	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC6Co, DLC, TiN	Резка печатных плат и пластин (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Проводящий лист	лист	Удельное сопротивление: <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см , Контактное сопротивление: <0,1 мОм±0,01 мОм , Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Ni, ПВДCrN	Литейная батарея, контактная подложка (эффективность>99%±1%)
	Формовочная плита для упаковки чипсов	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,005 мм	WC10Co, CrN /DLC	Корпусирование полупроводников (цикл <1 с±0,1 с, срок службы >10 ⁶ раз)
	Свинцовые рамочные	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005	WC8Co, TiN	Штамповка выводной рамки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	лезвия		мм±0,001 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м		(отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Лезвия для резки оптоволокна	лезвие	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,001 мм±0,0002 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01	WC6Co, ДЛС	Обрезка торца волокна (Ra<0,02 мкм±0,005 мкм)
Аэрокосмическая промышленность	Композитные лопасти	лезвие	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >900°C±10°C	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Резка углеродного волокна, стекловолокна (усилие резки <10 Н ± 1 Н)
	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Усталостная долговечность: >10^6 раз ±10^5 раз, Плотность: <12 г/см³ ± 0,1 г/см³	Градиент WCCo , CrN	Прокладки лопаток турбин, облегчающие накладки (срок службы > 10 лет ± 1 год)
	Структурные опорные блоки	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Прочность на сжатие: >2000 МПа±50 МПа, Усталостная долговечность: >10^6 раз	WC12Co, TiC	Кронштейны космических аппаратов, блоки крепления двигателей (степень деформации <0,1%±0,01%)
	Термостойкая прокладка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Термостойкость: >1000°C±10°C, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10 Co, Al_2O_3	Вкладыш сопла ракеты, накладка камеры сгорания (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
	Пластина для изготовления деталей спутника	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10^6 раз±10^5 раз	WC10Co, CrN /DLC	Формование корпуса спутника (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Энергетика и химия	Лист уплотнителя клапана	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Стойкость к давлению: >100 МПа	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Масляные клапаны, футеровки реакторов (скорость утечки <10^{-6} Па·м³/с ± 10^{-7} Па·м³/с)
	Лезвие устойчиво к коррозии	лезвие	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Срок службы: >10^4 часов ±10^3 часов	WC8TiC10Ni , Al_2O_3	Резка трубопроводов морской воды, химического сырья (срок службы > 5 лет ± 0,5 года)
	Износостойкая подкладка	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Эрозионная стойкость: потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Термостойкость: >500°C	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Сепаратор нефтеносного песка, футеровка угольного газификатора (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
	Пластина-носитель катализатора	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Пористость: 10%20%±1%, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	Пористый WCCo , Al_2O_3	Носитель химического каталитического реактора (срок службы > 2 лет ± 0,2

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
					года)
	Лезвие для ремонта труб	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1	WC10Co, CrN	Шлифовка внутренней стенки нефте- и газопроводов (точность <0,05 мм±0,01 мм)
Плотницкое дело и горное дело	Пилы для деревообработки	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >5000 м±500 м	WC6Co, TiN , CrN	Резка твердой древесины, фанеры (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Горнодобывающие лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC10Co, TiC , TiB_2	проходческие , дробление камней (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
	Износостойкие пластины для горнодобывающей промышленности	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Ударопрочность: >100 Дж	WC12 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Дробильная футеровка, желоб обогащения руды (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Блоки для бурения скальных пород	кусок	твердость: HV 2000 - 3000±50, сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, сопротивление усталости: >10^5 раз±10^4 раз	WC10Co, TiB_2	Основание бура, опора буровой коронки (частота ударов>2000 Гц±100 Гц)
	Лезвие для обогащения руды	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, CrN	Ножи для сортировки руды, ножи флотационных машин (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
Бамбуковая и деревообрабатывающая промышленность	Лезвия для резки бамбукового дерева	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >5000 м±500 м, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC6Co, TiN , CrN	Резка бамбуковых досок и деревянных полов (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм , отклонение резки<0,005 мм±0,001 мм)
	Лезвия для резьбы по дереву из бамбука	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC8Co, ДЛС	Резьба по бамбуку, резьба по дереву (точность <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Лезвие для рубанка из бамбукового дерева	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м, Плоскостность: <0,02 мм±0,005 мм	WC6Co, TiN	Строгание бамбуковых планок и деревянных брусьев (плоскостность поверхности Ra<0,5 мкм±0,01 мкм)
	Лезвия для сверления бамбукового дерева	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, TiAlN	Сверление бамбуковой мебели и деревянных конструкций (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
					± 0,01 мм)
	Штампованный шпон из бамбукового дерева	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,06 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC10Ni, CrN	Упаковка из бамбука, вырубная, деревянные модели (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Медицинский	Хирургические лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Совместимость: >95%±2%	WC6Co, ДЛС	Ортопедические ножи, офтальмологические ножи (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Лист имплантата	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Совместимость: >95%±2%	Пористый WCCo , TiN	Костные пластины, суставные прокладки (срок службы > 10 лет ± 1 год)
	Блок стоматологических инструментов	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм	WC8 Co, Al_2O_3	Основание сверла, ортодонтическая форма (скорость вращения>10 ⁵ об./мин.±10 ⁴ об./мин.)
	Медицинские режущие лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Точность: <0,005 мм±0,001 мм	WC6Co, ДЛС	Резка медицинской марли и катетеров (отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Пластина для восстановления костей	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 ⁶ раз ±10 ⁵ раз	WC10Co, TiN	Формование пластины для восстановления кости (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
Автомобильный	Лезвие для штамповки	лезвие	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Износостойкость: Скорость износа <0,06 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ раз ±10 ⁵ раз	WC10Ni, CrN , DLC	Штамповка дверей и капотов (отклонение <0,1 мм±0,01 мм)
	Сварочное приспособление для тонкой пластины	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Термостойкость: >600°C±10°C, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, TiN	Приспособления для точечной сварки, лазерные сварочные площадки (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
	Износные блоки двигателя	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC12 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Седло клапана, вкладыш коленвала (срок службы>10 ⁶ км±10 ⁵ км)
	Пластина для пресс-формы тормозных	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁶	WC10Co, TiC	Нажим тормозных колодок и колодок сцепления (точность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	колодок		раз±10 ⁵ раз		<0,02 мм ± 0,005 мм)
	Лезвие для формовки шин	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC8Co, CrN	Гравировка рисунка протектора шин (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
архитектура	Режущие лезвия	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >5000 м±500 м	WC6Co, TiN , CrN	Резка бетона, камня (глубина> 50 мм ± 5 мм)
	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Ударопрочность: >100 Дж	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Футеровка смесителя, отвал бульдозера (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Опорные прокладки	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC12Co, TiC	Мостовые опоры, опоры башенных кранов (степень деформации <0,1%±0,01%)
	Лопасти для бурения фундаментов	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC10Co, TiB_2	Лопасти для роторных буровых установок, буровые коронки для свайных фундаментов (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч)
	Лезвия для бурения тоннелей	лезвие	Твердость: HV 200 - 03000±50, Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³/Н·м	WC12Co, TiC	Лезвия щитовых машин, рытье котлованов в метро (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
Общее машиностроение	Ножевое лезвие	лезвие	Твердость: HV 20003 - 000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм	WC10Co, DLC, TiN	Резка стальной пластины, пластиковой пленки (Ra<0,05 мкм±0,01 мкм)
	Износостойкая направляющая пластина	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >10 ⁴ часов±10 ³ часов	WC10Ni, CrN , WC/C	Направляющие конвейерных лент, направляющие упаковочных машин (сопротивление <10 Н ± 1 Н)
	Механический базовый блок	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Прочность на сжатие: >2000 МПа±50 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз	WC12Co, TiB_2	Станина станка, гидравлическая прессовая плита (амплитуда колебаний <0,1 мм ± 0,01 мм)
	Компрессорная накладка	тарелка	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, CrN	Прокладки воздушного компрессора, накладки корпуса насоса (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
					часов)
	Лезвие упаковочной машины	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC6Co, ДЛС	Нож для резки и запайки упаковочной пленки (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Железная дорога и железнодорожный транзит	Рельсошлифовальные лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м	WC10Co, AlTiN	Шлифовка высокоскоростных рельсов (плоскостность <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Лопасти для обработки колес	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Температурная стойкость: >800°C±10°C	WC8Co, TiN	Точение железнодорожных колес (отклонение от круглости <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Ударопрочность: >100 Дж	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Подкладка тележки, башмак гусеницы (срок службы > 5 лет ± 0,5 года)
	Тормозные колодки	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Термостойкость: >600°C±10°C	WC12Co, TiC	Тормозная база высокоскоростного железнодорожного транспорта, буферная колодка (коэффициент трения <0,3±0,05)
	Лезвие для разделки стрелок	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм	WC10Co, CrN	Ремонт стрелочных переводов (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Судостроение	Обработка лопастей пропеллера	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Фрезерование гребного винта из медного сплава (точность <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Коррозионностойкое покрытие	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >5 лет ±0,5 лет	WC10TiC10Ni, алмазоподобный углерод	Прокладка насоса каюты, прокладка клапана забортной воды (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
	Блоки износа палубы	кусок	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/ см²	WC12 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Основание палубного крана, подушка якорной цепи (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
	Лопасть для ремонта	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость:	WC10Co, CrN	Шлифовка корпусных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	корпуса		Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1		стальных листов (точность <0,05 мм±0,01 мм)
Сельскохозяйственная техника	Почвообрабатывающие лезвия	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC10Co, TiC , CrN	Роторный культиватор, режущий диск (глубина обработки почвы >30 см ±5 см)
	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >2 года ±0,2 года	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Направляющая пластина сеялки, футеровка зерновой мельницы (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов)
	Трансмиссионная накладка	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10^6 раз±10^5 раз	WC12Co, TiB_2	Подушки редукторов тракторов, основания комбайнов (амплитуда вибрации <0,1 мм ± 0,01 мм)
	Молотильный нож	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10^4 часов	WC10Co, CrN	Нож для молотьбы кукурузы, нож для уборки риса (эффективность>95%±2%)
Пищевая промышленность	Лезвия для резки продуктов	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Совместимость: >95%±2%	WC6Co, ДЛС	Мясорубка, овощерезка (Ra<0,05 мкм±0,01 мкм)
	Износостойкая направляющая пластина	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10^4 часов	WC10Co, CrN	Направляющие конвейерных лент, накладки консервных машин (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Подушечка для перемешивания	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC12 Co, Al_2O_3	Основание миксера, насадка для измельчения (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
	Лезвие для запечатывания упаковки	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC6Co, ДЛС	Герметизация пищевой упаковки (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Текстиль и печать	Режущее лезвие	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC6Co, DLC, TiN	Резка ткани и бумаги (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Печать листа формы	лист	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10^6 раз	WC10Co, CrN	Формы для глубокой печати, пластины для высечки этикеток (точность <0,02 мм ± 0,005 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	Блок направляющей нити	кусок	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >10 ⁴ часов±10 ³ часов	WC10Ni, WC/C	Блок нитеводителя прядильной машины, накладка ткацкого станка (сопротивление <5 Н ± 1 Н)
	Лезвие для высечки	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC8Co, ДЛС	Высечка этикеток, высечка упаковочной бумаги (отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
Энергетическое оборудование	Лопасти ветряных турбин	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1	WC10Co, AlTiN , CrN	Резка лопастей ветровых турбин (точность <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Износостойкая пластина для ядерной энергетики	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 лет ±1 год	WC10TiC10Ni , Al_2O_3	Футеровка насосов ядерного реактора, прокладки охлаждающих труб (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
	Опорный блок турбины	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC12Co, TiC	Основание ветряной турбины, прокладка клапана атомной электростанции (степень деформации <0,1%±0,01%)
	Солнечная пластина-лопасть	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC6Co, ДЛС	Резка кремниевой пластины (отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
Геологическая разведка	Буровые лопасти	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC10Co, TiB_2 , TiK	Буровые долота, геологический буровой инструмент (скорость бурения >1 м/ч±0,1 м/ч)
	Износостойкая подкладка	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Направляющая плита буровой установки, вкладыш бурового насоса (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Пробоотборник	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, CrN	Основание геологического пробоотборника, держатель керна (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
	Площадка	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление	WC10Co, TiC	Подложка датчика

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	обнаружения землетрясений		давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 ³ часов		сейсмографа (амплитуда вибрации <0,01 мм ± 0,001 мм)
Спорт и развлечения	Лезвия для сноуборда	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см²	WC6Co, ДЛС	Лезвия для сноуборда, коньки (сопротивление <10 Н ± 1 Н)
	Износостойкий лист	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >2 года ±0,2 года	WC10Co, CrN	Направляющие велосипедной цепи, накладки на фитнес-оборудование (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
	Опорные прокладки	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC12Co, TiC	Накладки на гоночные шасси, основания для яхтенных принадлежностей (степень деформации <0,1%±0,01%)
	Износостойкое лезвие для рыболовных снастей	лезвие	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >2 лет ±0,2 года	WC6Co, CrN	Нож для резки лески, нож для заточки рыболовных крючков (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
Искусство и декор	Лезвие для гравировки	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,2±0,01	WC6Co, DLC, TiN	Резьба по нефриту и металлическим украшениям (точность <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Декоративный лист	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Поверхность: Ra<0,05 мкм	WC10Ni, CrN	Строительные декоративные панели, скульптурные основания (срок службы > 10 лет ± 1 год)
	Распорки для пресс-форм	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Co, TiC	Формы для керамических изделий, гравировальные основания на стекле (точность <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Лезвия для резки ювелирных изделий	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01	WC6Co, ДЛС	Огранка алмазов, золотых украшений (отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
военный	Лезвия для обработки брони	лезвие	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м,	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Фрезерование броневых листов танков, стальных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			Термостойкость: >900°C±10°C		листов бронетехники (точность <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Пластина для формовки пули	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ^{6} раз±10 ^{5} раз	WC10Co, TiC , CrN	Подавленные артиллерийские снаряды, боеголовки ракет (отклонение <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Износостойкость ствола	тарелка	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >800°C±10°C	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Винтовочные и пулеметные накладки (срок службы > 10 4 выстрелов ± 10 3 выстрелов)
	Лезвия для резки боеприпасов	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, CrN , DLC	Резка корпуса боеприпаса и взрывателя (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Износостойкие накладки ракет	кусок	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >200 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ^{6} раз±10 ^{5} раз	WC12Co, TiC	Площадки пусковых установок ракет, основания двигателей (степень деформации <0,1%±0,01%)
	Подкладка из пуленепробиваемой пластины	тарелка	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10 Co, Al_2O_3	Подкладка бронежилета, защитная пластина бронетранспортера (срок службы > 10 лет ± 1 год)
	Военные сверлильные лезвия	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м	WC10Co, TiB_2	Сверление броневой стали и композитных материалов (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Лист коррозионно-стойкий для военных кораблей	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >5 лет ±0,5 лет	WC10TiC10Ni, CrN , DLC	Прокладка клапана насоса военного корабля, прокладка трубопровода забортной воды (срок службы > 10 ^{4} часов ± 10 ^{3} часов)
	Лезвия для ремонта артиллерии	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >800°C±10°C	WC10Co, AlTiN	Шлифовка внутреннего канала ствола оружия (точность <0,05 мм±0,01 мм)
	Твердосплавная сабля	лезвие	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Острота: <0,01 мм±0,001 мм	WC8Co, DLC, TiN	Полевой нож, кинжал спецназа (усилие резки <20 Н ± 2 Н, срок службы >10 ^{4} раз ± 10 ^{3} раз)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	Вставка из бронежилета низкой плотности	лист	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Плотность: <8 г/см³ ± 0,1 г/см³ , Ударопрочность : >300 Дж±20 Дж, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см²	Градиент WCCoTi , Al_2O_3 , КрН	Вставки для бронежилетов, легкая броня (уровень защиты NIJ IV, срок службы > 10 лет ± 1 год)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD Пластина из цементированного карбида

Компания CTIA GROUP LTD, имеющая 30-летний опыт в производстве твердосплавных пластин, предлагает вам высокопроизводительные твердосплавные пластины для удовлетворения разнообразных потребностей машиностроения, аэрокосмической, энергетической, горнодобывающей, электронной, автомобильной, химической и других отраслей промышленности. Наши пластины известны своей высокой твердостью (HV 16002100±50), сверхизносостойкостью (скорость износа <0,030,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м) и высокой прочностью (>4000 МПа±50). В сочетании с передовыми технологиями и индивидуальными услугами мы поможем вам открыть новую главу в интеллектуальном производстве!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696
Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com
Публичный аккаунт WeChat: « **China Tungsten Online** »

Форма пластин из карбида вольфрама

Тип формы	Описание геометрических характеристик (мм)	Типичные размеры (мм)
Прямоугольная пластина	Прямоугольная плоскость, четыре прямых угла, плоская поверхность (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм), фаска кромок (R0,20,5±0,05). Серебристо-серый вид, гладкие края, легко режется.	Длина: 50 - 400 ± 0,1 Ширина: 20 - 200 ± 0,1 Толщина: 1 - 30 ± 0,05
Квадратная пластина	Квадратная плоскость, равные стороны, зеркально полированная поверхность (Ra<0,10,2 мкм±0,01 мкм), четыре угла слегка закруглены (R0,10,3 ±0,05). Серебряный вид, однородный размер.	Длина стороны: 10 - 150 ±0,1 Толщина: 1 - 15 ±0,05
Круглая пластина	Круглая плоская поверхность, опциональное центральное позиционное отверстие (диаметр 0,510 ± 0,01), фаска кромки (45° ± 1°, ширина 0,20,5 ± 0,05). Серебристо-серый диск, подходит для вращающихся инструментов.	Диаметр: 10 - 300 ± 0,1 Толщина: 1 - 20 ± 0,05
Трапециевидная пластина	Трапециевидное сечение, короткое верхнее основание, длинное нижнее основание, наклонная сторона (угол 5°30°±1°), гладкая поверхность. Серебряный трапециевидный лист, прозрачная фаска, подходит для индивидуальных форм.	Верхнее основание: 10 - 60 ± 0,1 Нижнее основание: 20 - 100 ± 0,1 Высота: 10 - 60 ± 0,1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

		Толщина: 2 - 15 ± 0,05
Пластина специальной формы	Неправильные формы, такие как многоугольники (пятиугольники, шестиугольники), выемки (R15 ± 0,1), дуговые края (R520 ± 0,1). Серебряные нерегулярные пластины для удовлетворения специальных требований.	Максимальный размер: 10 - 300 ±0,1 Толщина: 1 - 30 ±0,05

Преимущества твердосплавных пластин CTIA GROUP LTD

Прямоугольные/квадратные пластины : очень универсальны, легко перерабатываются в заготовки инструментов и детали форм, допуск ±0,1 мм.

Круглая пластина : подходит для вращающихся инструментов (например, фрез, сверл), центральное отверстие удобно для зажима.

Трапециевидные/специальной формы пластины : поддерживают сложную настройку и высокую точность (отклонение <0,01 мм).

Внешний вид : серебристо-серый, зеркально полированный (Ra<0,10,2 мкм ± 0,01 мкм), опционально покрытие DLC, TiN , AlTiN (черный, золотой, темно-серый).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Введение в стержни из цементированного карбида CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD, с 30-летним опытом в производстве твердосплавных изделий, предоставляет вам высокопроизводительные твердосплавные стержни, соответствующие жестким требованиям машиностроения, аэрокосмической, энергетической, горнодобывающей, электронной, автомобильной, химической и других отраслей промышленности. Наши стержни известны своей высокой твердостью, сверхизносостойкостью и высокой прочностью. В сочетании с передовыми технологиями и точными услугами по настройке мы поможем вам открыть новую главу в интеллектуальном производстве!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

Геометрические характеристики и типичные размеры распространенных форм стержней из твердого сплава

Тип формы	Описание геометрических характеристик (мм)	Типичные размеры (мм)
Круглый стержень Цельный круглый стержень	Цельный цилиндрический, поверхность полированная (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм), торцевая поверхность плоская или с фаской (R0,20,5±0,05). Серебристо-серый цвет, прямолинейность <0,05/±0,01, подходит для высокоточной обработки.	Диаметр: 0,150 ± 0,01 Длина: 5 - 500 ± 0,5
Стержень с отверстиями Стержень отверстия для охлаждающей жидкости	Цилиндрический, с одинарными или двойными отверстиями (отверстие 0,35±0,01, угол наклона винтовой линии 0° или 30°±1°), гладкая поверхность (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм). Серебряный стержень, равномерные поры, оптимизированный поток охлаждающей жидкости.	Диаметр: 340±0,01 Длина: 50400±0,5 Апертура: 0,35±0,01
Тонкий стержень Микро стержень	Сверхтонкая цилиндрическая форма, зеркально полированная поверхность (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм), равномерный диаметр (допуск h5/h6). Серебристо-серый тонкий стержень, коэффициент гибкости до 100:1, подходит для микроинструментов.	Диаметр: 0,13±0,005 Длина: 5 - 150±0,3
Лестничный стержень Ступенчатый стержень	Цилиндрический, с многократным изменением диаметра (переходное сечение R0,52±0,1), гладкая поверхность. Корпус стержня ступенчатый серебряный, для удовлетворения потребностей сложных заготовок инструментов.	Диаметр: 2 - 40 ±0,01 (на сегмент) Длина: 20 - 300 ±0,5
Стержни специальной формы Стержень индивидуальной формы	Некруглое поперечное сечение (например, квадратное, шестиугольное) или с прорезью (ширина прорези 0,55±0,1), шпоночный паз (R13±0,1). Серебряные стержни специальной формы, сильная настройка, для удовлетворения специальных потребностей.	Максимальное поперечное сечение: 250±0,1 Длина: 10 - 400±0,5

Список применений стержней из твердого сплава

использовать	Применимая	Бренд	Конкретные приложения	Требования к производительности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	форма			
Резка инструмент	Круглый стержень Стержень с отверстиями	YL10.2, K10, K05	Сверла, фрезы, развертки, токарные инструменты для резки стали, алюминиевых сплавов, титановых сплавов, подложек печатных плат и композитных материалов.	Твердость: HV 16002100±50 Точность кромки: <0,002 мм±0,0005 мм Скорость износа: <0,03 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м
Прецизионная форма Заготовка инструмента	Круглые стержни, ступенчатые стержни, стержни специальной формы	Ю12, K05, ЯЛ10.2	Изготавливаем пуансоны, вытяжные штампы, заготовки для холодновысадочных штампов, а также производим автомобильные болты, электронные разъемы и авиационные крепежи.	Прочность на изгиб: >4200 МПа±50 Температурная стойкость: >900°C±10°C Отклонение размеров: <0,01 мм
Износостойкий Компонент	Круглый стержень, Стержень с отверстиями	K05, K10, K20	Перерабатывается в рукава, уплотнительные кольца, сопла и используется в литьевых машинах, насосах и клапанах, а также в горнодобывающем оборудовании. Пример: сопла для горнодобывающих буров (>500 часов ±50 часов).	Скорость износа: <0,03 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · мПрочность на сжатие : >6000±100 МПа Шероховатость поверхности: Ra<0,1 ±0,01 мкм
Электронный Микро Тип инструмента	Тонкий стержень	K05, K10	Микросверло для печатных плат (0,051,0±0,005 мм), гравировальный нож, обработка подложки HDI, керамики, сапфира. (Срок службы>10 ⁵ отверстий±10 ⁴ отверстий).	Твердость: HV 18002100±50Точность диаметра: <0,005 мм±0,001 ммРезка Округлость кромки: <0,001 мм±0,0002 мм
энергия Бурение	Круглые стержни, стержни с отверстиями	K20 、 WCNi	Буровые долота и насадки для нефтяных скважин подвергаются воздействию высокого давления и высокой температуры (>100 МПа ± 5 МПа, >1000°C ± 10°C).	Термостойкость: >1000°C±10°C Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж Скорость коррозии: <0,02 мм/год±0,005 мм/год
авиация аэрокосмическая промышленность	Лестничный стержень Стержни специальной формы	Ю12, K05	Перерабатывается в износостойкие валы, заготовки инструментов, режущее углеродное волокно, титановый сплав. Пример: сверление пластины из углеродного волокна (шероховатость Ra<0,2 мкм±0,01 мкм).	Прочность: K ₁ с 1012 МПа·м ¹ / ² ± 0,5 Температурная стойкость: >900°C±10°C
1 добыча инструмент	Круглый стержень Стержни специальной формы	K20, K30	Производство буровых головок и инструмента для разрушения твердых пород, например, буровых головок для проходческих комбайнов (скорость бурения > 1 м/ч ± 0,1 м/ч).	Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж Твердость: HV 1400 - 1800±50

10.6.2.2 Стержни из твердого сплава/цилиндрические твердосплавные (сверла, фрезы)

10.6.2.2.1 Характеристики стержней из твердого сплава/цилиндрических стержней из твердого сплава

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Общие характеристики: диаметр 250 мм, длина 330 мм.

Стержень/цилиндр из твердого сплава Основной принцип стержня/цилиндра из твердого сплава

Стержень/цилиндр из твердого сплава (диаметр 250 мм ± 0,01 мм, длина 50 - 330 мм ± 0,1 мм) изготавливается методом экструзии (давление 50 - 100 МПа ± 1 МПа) и спекания (1450 °C ± 10 °C), с шероховатостью поверхности Ra < 0,5 мкм ± 0,01 мкм . Он может соответствовать глубокому сверлению (глубина > 100 мм ± 1 мм) и высокоскоростному фрезерованию (> 1500 м/мин ± 10 м/мин).

Оборудование включает экструдеры (точность ±0,01 мм) и шлифовальные станки с ЧПУ (разрешение <1 мкм ±0,1 мкм). Испытания охватывают геометрическую точность (ISO 1832, точность ±0,01 мм) и качество поверхности (ISO 4287, точность ±0,001 мкм). Например, сверло YG6 имеет диаметр 10 мм ±0,01 мм и длину 150 мм ±0,1 мм.

Анализ механизма стержня из цементированного карбида/цилиндрического цементированного карбида

Цилиндрическая форма (диаметр 250 мм ± 0,01 мм) обеспечивает жесткость (модуль упругости > 500 ГПа ± 10 ГПа), а соотношение сторон (<150:1 ± 5:1) снижает вибрацию (амплитуда < 0,01 мм ± 0,001 мм). После спекания размер зерна составляет 0,52 мкм ± 0,01 мкм , а твердость HV 1800 ± 30. СЭМ показывает, что на поверхности нет трещин (< 1 мкм ± 0,1 мкм), а зерна однородны (отклонение < 0,1% ± 0,02%). Геометрические испытания показывают, что точность < 0,01 мм ± 0,001 мм лучше, чем сложная геометрия (< 0,1 мм ± 0,01 мм).

твердосплавный стержень/цилиндрический карбид

Диаметр: 1020 мм±0,01 мм, хорошая жесткость; <2 мм±0,01 мм, скорость разрушения увеличивается на 10%±2%.

Длина: <200 мм±0,1 мм, высокая стабильность; >300 мм±0,1 мм, вибрация увеличивается на 15%±3%.

Размер зерна: 0,52 мкм±0,01 мкм , высокая прочность; >5 мкм±0,01 мкм , прочность падает на 10%±2%.

Температура спекания: 1450°C±10°C, однородная структура; >1500°C±10°C, рост зерна 10%±2%.

Точность шлифования: <1 мкм±0,1 мкм , хорошее качество поверхности; >5 мкм±0,1 мкм , скорость износа увеличивается на 10%±2%.

Например, вибрация сверла YG6 (длина 350 мм ± 0,1 мм) увеличилась до 0,02 мм ± 0,001 мм.

Стержни из твердого сплава/цилиндрические из твердого сплава

должны иметь диаметр 250 мм ± 0,01 мм и длину < 300 мм ± 0,1 мм. Рекомендуется:

Оптимизация экструзии: давление 50100 МПа±1 МПа, равномерный диаметр.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, размер зерна 0,52 мкм±0,01 мкм .
Оптимизация шлифования: точность <1 мкм±0,1 мкм , Ra<0,5 мкм±0,01 мкм .
Оптимизация Co: 6%10%±1%, улучшает прочность.
Спецификации испытаний: ISO 1832 (геометрия), ISO 4287 (поверхность).
Например, точность сверла YG6 (диаметр 10 мм ± 0,01 мм) составляет < 0,01 мм ± 0,001 мм.

10.6.2.2.2 Требования к эксплуатационным характеристикам стержней из твердого сплава/цилиндрических стержней из твердого сплава
Прочность на изгиб >4000 МПа, ударная вязкость K_{1c} >15 МПа·м¹/²

Основные принципы и технический анализ
стержней из твердого сплава/цилиндрических стержней из твердого сплава /цилиндрических стержней из твердого сплава требуют прочности на изгиб>4000 МПа±50 МПа, ударной вязкости K_1 с >15 МПа·м¹/²±0,5, твердости HV 16002000±30, подходят для глубокого сверления и высокоскоростного фрезерования. Зерно 12 мкм±0,01 мкм , содержание Co 8%12%±1%, дополнено ГИП (1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа) для улучшения производительности.

Испытания включают прочность на изгиб (ISO 3327, точность ±10 МПа), ударную вязкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м¹/²) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, прочность на изгиб сверла YG8 составляет 4200 МПа±50 МПа, а K_1 с составляет 16 МПа·м¹/²±0,5.

Анализ
стержней из твердого сплава/цилиндрического твердого сплава Высокий уровень Co (10%±1%) образует прочную сетку (объемная доля>10%±1%) с прочностью на изгиб 4200 МПа±50 МПа. Мелкие зерна (12 мкм±0,01 мкм) увеличивают твердость до HV 1800±30, а HIP снижает пористость (<0,1%±0,01%). СЭМ показывает, что характеристики вязкости разрушения очевидны (ямочки <1 мкм±0,1 мкм). ЭДС подтверждает распределение Co (отклонение <0,1%±0,02%). Испытания на прочность показывают, что YG8 лучше, чем YG6 (прочность на изгиб 3800 МПа±50 МПа).

твердосплавный стержень/цилиндрический карбид
Содержание Co: 10%±1%, отличная прочность; <6%±1%, K_1 с уменьшается на 20%±3%.
Размер зерна: 12 мкм±0,01 мкм , высокая прочность; >5 мкм±0,01 мкм , прочность падает на 15%±3%.
Пористость: <0,1%±0,01%, отличные эксплуатационные характеристики; >0,5%±0,01%, снижение прочности на 10%±2%.
Давление HIP: 150 МПа ± 1 МПа, низкая пористость; <100 МПа ± 1 МПа, пористость увеличивается на 10% ± 2%.
Точность обработки: <0,01 мм±0,001 мм, меньше вибрация; >0,1 мм±0,01 мм, скорость разрушения увеличивается на 10%±2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

K_1 с сверла YG6 (Co 6%±1%) снижается до 12 МПа·м$^{1/2}$±0,5.

Стержни из твердого сплава/цилиндрические из твердого сплава
должны достигать предела прочности на изгиб>4000 МПа±50 МПа, $K_{1}c$ > 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5.
Рекомендуется:
Оптимизация Co: 8%12%±1%, улучшенная прочность.
Контроль зерна: 12 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).
Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа.
Оптимизация шлифования: точность <0,01 мм ± 0,001 мм, снижение напряжений.
Спецификации испытаний: ISO 3327 (прочность), ISO 28079 (вязкость).

Например, предел прочности на изгиб сверла YG8 (HIP, Co 10%±1%) составляет 4200 МПа±50 МПа.

10.6.2.2.3 Применение твердосплавных стержней/цилиндров : глубокое сверление и высокоскоростное фрезерование

Стержень/цилиндр из твердого сплава Стержень/цилиндр из твердого сплава Обзор основных принципов и технологии
Стержень/цилиндр из твердого сплава Стержень/цилиндр из твердого сплава подходит для глубокого сверления (глубина>100 мм±1 мм) и высокоскоростного фрезерования (скорость>1500 м/мин±10 м/мин) благодаря своей прочности на изгиб>4000 МПа±50 МПа и K_1 с >15 МПа·м$^{1/2}$±0,5. YG8 и YG10 используются в авиационной и автомобильной обработке (точность<0,1 мм±0,01 мм).

Испытания включают производительность сверления (ISO 1832, точность ±0,01 мм), срок службы фрезерования (ISO 3685, точность ±0,01 мм) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм^3/ Н·м). Например, срок службы сверла YG8 при глубоком сверлении составляет 10 часов ±1 час, а срок службы фрезы YG10 составляет 12 часов ±1 час.

Анализ механизма твердосплавного стержня/цилиндрического твердосплавного инструмента
Высокая прочность (4200 МПа ± 50 МПа) и вязкость (K_1 с 16 МПа·м$^{1/2}$± 0,5) противостоят крутящему моменту сверления (> 50 Нм ± 5 Нм) и вибрации фрезерования (амплитуда < 0,01 мм ± 0,001 мм). Зерно 12 мкм ± 0,01 мкм обеспечивает твердость HV 1800 ± 30. СЭМ показывает, что сверло YG8 изнашивается равномерно (глубина < 0,01 мм ± 0,001 мм). Испытания на износ показывают, что скорость износа YG8 составляет 0,05 мм^3/Н·м±0,01 мм^3/ Н·м , что лучше, чем у YG6 (0,06 мм^3/Н·м±0,01 мм^3/ Н·м).

стержень из твердого сплава/цилиндрический стержень из твердого сплава
Содержание Co: 10%±1%, длительный срок службы; <6%±1%, скорость разрушения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

увеличивается на 10%±2%.
Размер зерна: 12 мкм±0,01 мкм , отличная износостойкость; >5 мкм±0,01 мкм , срок службы сокращается на 10%±2%.
Скорость обработки: >1500 м/мин ±10 м/мин, требуется покрытие; <800 м/мин ±10 м/мин, применима подложка.
Глубина отверстия: >100 мм±1 мм, требуется высокая прочность; <50 мм±1 мм, предпочтительна твёрдость.
Охлаждающая жидкость: на масляной основе, скорость износа снижена на 10% ± 2%; на водной основе, скорость износа увеличена на 10% ± 2%.
Например, срок службы сверла YG6 (без покрытия) сокращается до 8 часов ± 1 час .

стержни из твердого сплава/цилиндрические из твердого сплава
должны обеспечивать срок службы >10 часов ±1 час и точность <0,1 мм ±0,01 мм. Рекомендуется:
Оптимизация Co: 8%12%±1%, улучшенная прочность.
Оптимизация зерна: 12 мкм ± 0,01 мкм , добавлен VC (0,2% ± 0,01%).
Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 20% ± 3%.
Оптимизация обработки: СОЖ на масляной основе, скорость>1500 м/мин±10 м/мин.
Технические условия испытаний: ISO 1832 (сверление), ISO 3685 (фрезерование).

Практика применения стержней из цементированного карбида/цилиндрических цементированных карбидов в машиностроении

Твердосплавное сверло для глубоких отверстий
Срок службы сверла YG8 (прочность на изгиб 4200 МПа±50 МПа) составляет 10 часов±1 час.

Высокоскоростная фреза из твердого сплава
Фреза YG10 (K_1 с 16 МПа·м$^{1/2}$±0,5) срок службы 12 часов±1 час.

Твердосплавное авиационное сверло
Сверло YG8 (точность <0,1 мм±0,01 мм), срок службы: 10 часов±1 час.
Эти применения показывают, что сплавы для прутков соответствуют требованиям высокопрочной обработки.

10.6.2.2.4 Применение стержневых/цилиндрических изделий из цементированного карбида в микросверлении печатных плат (компьютерных подложек)

Изделия из твердого сплава в виде стержня/цилиндра широко используются в микросверлении печатных плат благодаря своей высокой твердости (HV 16002100±50), высокой износостойкости (скорость износа <0,03±0,05 мм³/Н·м ±0,01 мм³/Н·м) и высокой точности (отклонение апертуры <0,002 мм±0,0005 мм). Они используются для сверления печатных плат (ПП), особенно компьютерных подложек (таких как материнские платы ПК,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

серверные платы, модули графических процессоров, высокочастотные платы 5G и т. д.). Микросверление печатных плат поддерживает обработку сквозных отверстий (PTH), глухих переходных отверстий (Blind Via), скрытых переходных отверстий (Buried Via) и микропереходных отверстий (Micro Via), отвечая требованиям высокой плотности соединений (HDI), многослойности (624 слоя) и высокой надежности, и используется в смартфонах, серверах, автомобильной электронике, аэрокосмической и медицинской технике. В этой статье будут подробно рассмотрены марка, размер, производительность, процесс производства твердосплавных микросверл, а также параметры сверления, количество отверстий и срок службы микросверл для компьютерных подложек, а также проанализировано его применение в сочетании с типичными случаями.

Марки и ингредиенты микросверл для печатных плат из карбида (компьютерная подложка)

Микросверление печатных плат в основном использует мелкозернистый цементированный карбид (размер зерна 0,10,8 мкм ± 0,1 мкм) для баланса высокой твердости и прочности. Обычные марки и составы следующие (см. ISO 513, GB/T 18376, литературу и т. д.):

Бренд	Основные ингредиенты	Размер зерна (мкм)	Эксплуатационные характеристики	Типичные применения
YL10.2	WC10Co	0,40,8 ±0,1	Твердость: HV 1600 - 1900±50, Ударная вязкость: K ı c 911 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Прочность на изгиб: >4000 МПа±50	Высокоточное микросверление печатных плат (отверстие 0,11 мм ± 0,005 мм), сверление HDI-подложек, серверных материнских плат
K10	WC6	0,20,6 ±0,1	Твердость: HV 1700 - 2000±50, вязкость: K ı c 810 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, скорость износа: <0,03 мм ³ /Н · м ± 0,01 мм ³ /Н · м	Стандартное микросверло для печатных плат (отверстие 0,10,8 мм ± 0,005 мм), сверление материнской платы FR4
K05	WC4Co	0,10,5 ±0,1	Твердость: HV 1800 - 2100 ± 50, вязкость: K ı c 79 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, точность: <0,001 мм ± 0,0002 мм	Сверхтонкое микросверление печатных плат (отверстие 0,050,2 мм ± 0,005 мм), сверление высокочастотных плат 5G, керамических подложек
Ю12	WC12Co	0,30,7 ±0,1	Твердость: HV 1600 - 1800±50, Ударная вязкость: K ı c 1012 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Прочность на изгиб: >4200 МПа±50	Высокоскоростное микросверление печатных плат (отверстие 0,21,0 мм ± 0,005 мм), сверление композитных подложек, подложек из ПТФЭ

Особенности ингредиентов:

WC (карбид вольфрама)

Обеспечивает высокую твердость (по шкале Мооса 8,59±0,5) и износостойкость, а размер зерна <1 мкм±0,1 мкм повышает прочность.

Co (Кобальт)

Содержание 4%12%±0,5%, улучшает прочность, предотвращает растрескивание кромок, подходит для высоких скоростей (10 ⁵ 3,5×10 ⁵ об/мин±10 ⁴ об/мин).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Мелкое зерно

Размер зерна составляет 0,10,8 мкм±0,1 мкм , микротрещины уменьшены, а шероховатость стенок отверстия Ra<0,2 мкм±0,01 мкм .

Основа отбора:

K05: Сверхвысокая твердость, подходит для микроотверстий (0,05-0,2 мм), таких как высокочастотные платы 5G.

YL10.2/K10: Сбалансированная твердость и прочность, подходит для стандартных отверстий (0,11,0 мм), таких как материнские платы FR4/HDI.

YU12: Высокая прочность, подходит для сложных субстратов (таких как ПТФЭ, композитные материалы), снижает трещинообразование.

3. Технические характеристики микросверла для твердосплавной печатной платы (компьютерной подложки)

В микросверлах для печатных плат в основном используются стержневые карбиды без отверстий (круглого сечения), а спецификации размеров следующие (см. таблицу стержней без отверстий в предыдущей статье, также добавлен ультрамикроразмер, который соответствует стандарту ISO 286):

Морфология	Диапазон диаметров Окружность мм	Диапазон длин Окружность мм	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
Стержнеобразный Круглый раздел	0,050,2 ±0,005	5 - 30 ±0,3	x5	Шлифовка, DLC/алмазное покрытие	Сверхтонкое микросверление печатных плат, сверление высокочастотных плат 5G, микроотверстия HDI, отклонение диаметра отверстий <0,001 мм±0,0002 мм
	0,210,5 ±0,005	10 - 50 ±0,5	x5, x6	Шлифовка, покрытие PVDTiN /DLC	Микросверло для печатных плат высокой плотности, типичный диаметр 0,3 мм, сверление материнских плат серверов, срок службы >10 ^{5} отверстий ±10 ^{4} отверстий
	0,511,0 ±0,005	20 - 100 ±0,5	x6	Шлифовка, покрытие AlTiN /DLC	Стандартное микросверло для печатных плат, типичный диаметр 0,8 мм, сверление материнской платы FR4, стенка отверстия Ra<0,2 мкм±0,01 мкм
	1.13.0 ±0,01	30 - 150 ±0,5	x6, x7	Шлифовка, покрытие TiN	Большое микросверло для печатной платы, типичный диаметр 2 мм, сверление отверстий под алюминиевую подложку PTH, отклонение положения отверстия <0,005 мм ± 0,001 мм

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Характеристики размера:

диаметр

микроотверстий HDI используется сверхмикросверло (0,050,2 мм) , для FR4/HDI используется стандартное сверло (0,31,0 мм), для PTH используется большее сверло (1,13,0 мм).

длина

5150 мм ± 0,30,5 мм, короткий стержень (530 мм) подходит для высоких скоростей (>2×10 ^{5} об/мин ± 10 ^{4} об/мин), длинный стержень (50150 мм) используется для глубоких отверстий (>3,2 мм ± 0,1 мм).

толерантность

h5/h6 (0/0,004 мм, диаметр 0,1 мм; 0/0,008 мм, диаметр 1 мм), что обеспечивает точность апертуры <0,002 мм ± 0,0005 мм.

Твердосплавный стержень с отверстием

Микросверление компьютерных подложек обычно не использует стержни с отверстиями, поскольку диаметр отверстия слишком мал (0,051,0 мм), а охлаждающий канал не применим. Экспериментальные односпиральные стержни с отверстиями (диаметр 0,8 мм ± 0,005 мм, диаметр отверстия 0,3 мм ± 0,01 мм, угол наклона спирали 30° ± 1°) используются для высокотемпературных подложек (таких как керамика).

4. Параметры производительности микросверления твердосплавных печатных плат (компьютерных подложек)

Твердосплавные стержни для микросверления печатных плат должны соответствовать следующим эксплуатационным требованиям (см . ASTM E384, ASTM G65, литературу и т. д.):

производительность	параметр	проиллюстрировать
твердость	ВН 16002100±50	Высокая твердость обеспечивает износостойкость, K05 (HV 1800-2100±50) подходит для сверхтонкого сверления, YL10.2 (HV 1600-1900±50) подходит для стандартного сверления
прочность	K $_{1}$ c 712 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5	Предотвращает скалывание режущей кромки, YU12 (K $_{1}$ c 1012 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) подходит для высокоскоростного сверления, K05 (K $_{1}$ c 79 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5) подходит для микроотверстий
Прочность на изгиб	>40004500 МПа±50	Коэффициент гибкости опоры (>50:1), YL10.2 (>4000 МПа±50), YU12 (>4200 МПа±50)
Скорость износа	<0,030,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³/Н·м	Низкий износ и увеличенный срок службы, K10 (<0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, ASTM G65)
Шероховатость поверхности	Ra<0,10,2 мкм ±0,01 мкм	Зеркальная полировка снижает адгезию медной фольги к смоле, для микроотверстий HDI требуется Ra<0,15 мкм ±0,01 мкм
Точность	Отклонение	Микроотверстие (0,05-0,2 мм) отклонение <0,001 мм ± 0,0002 мм, PTH (0,3-1,0 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

производительность	параметр	проиллюстрировать
	апертуры <0,002 мм ±0,0005 мм	отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм

Улучшение покрытия:

DLC (алмазоподобное покрытие)

Коэффициент трения составляет <0,15±0,01, износостойкость увеличивается на 30%50%±5%, снижается налипание мусора, подходит для микропор (0,05-0,3 мм).

ПВДТиН

Твердость увеличивается на 20%±5%, подходит для стандартных отверстий (0,31,0 мм), а стоимость ниже.

АлТиН

Термостойкость>900°C±10°C, срок службы увеличен на 20%30%±5%, подходит для высокотемпературных оснований (например, керамики).

Алмазный

Твердость HV 8000 - 10000±500, срок службы увеличен на 50%70%±10%, подходит для керамических оснований, но стоимость высока ().

Режим отказа:

Абразивный износ (70%±5%): стекловолокно (твердость по Моосу 4,56,5±0,5) истирает WC (твердость по Моосу 8,59±0,5).

Адгезия (20% ± 5%): Фольга из смолы/меди прилипает к режущей кромке при температуре 120–150°C ± 10°C.

Микросколы (10% ± 2%): При высокой скорости обработки микроотверстий напряжение на режущей кромке составляет >500 МПа ± 50 МПа.

5. Производственный процесс

Процесс изготовления твердосплавных микросверл обеспечивает высокую точность и долговечность. Этапы следующие (ссылки):

Подготовка сырья:

Ультратонкий порошок WC (размер частиц 0,10,8 мкм ± 0,1 мкм), порошок Co (4%12% ± 0,5%).

Мокрое измельчение и смешивание, отклонение однородности <0,5%±0,1%, чтобы избежать сегрегации Co.

Компрессионное формование:

Изостатическое прессование (CIP), давление 200 - 300 МПа ± 10 МПа, формование прутков диаметром 0,053,0 мм ± 0,005 мм.

Отклонение размеров контролируется в пределах ±0,01 мм, а коэффициент гибкости составляет >50:1.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

спекание:

Вакуумное спекание или ГИП (горячее изостатическое прессование), температура 14001500°C±10°C, давление 56 МПа±0,1 МПа.

Плотность спеченного материала составляет 14,514,9 г/см³ ± 0,1 г/см³ (ISO 3369), размер зерна <0,8 мкм ± 0,1 мкм , а пористость <0,1% ± 0,01%.

Прецизионная обработка:

Бесцентровое шлифование: допуск диаметра h5/h6, шероховатость поверхности Ra<0,2 мкм±0,01 мкм .

Зеркальная полировка: устранение микротрещин, круглость кромок <0,001 мм±0,0002 мм.

Шлифование на станке с ЧПУ: геометрия формовочного микросверла, угол при вершине 130°140°±2°, угол наклона винтовой линии 30°40°±1°, отклонение режущей кромки <0,002 мм±0,0005 мм.

Лазерная тонкая настройка (опция): точность режущей кромки <0,0005 мм ± 0,0001 мм, подходит для сверхтонкого сверления (0,05-0,2 мм).

покрытие:

DLC, TiN , AlTiN или алмаз, нанесенный методом PVD/CVD, толщиной 0,53 мкм ± 0,1 мкм . Адгезия >50 Н ± 5 Н (ASTM C1624), коэффициент трения DLC < 0,15 ± 0,01, твердость алмаза HV 8000 - 10000 ± 500.

Контроль качества:

Точность апертуры: лазерное измерение, отклонение <0,002 мм±0,0005 мм.

Твердость: твердомер по Виккерсу (ASTM E384), HV 1600 - 2100 ± 50.

Испытание на долговечность: испытание сверлением, FR4> 10^5отверстий ± 10^4 отверстий, HDI>6× 10^4отверстий ±5× 10^3отверстий ().

6. Параметры сверления компьютерного основания

Параметры сверления компьютерных подложек (FR4, HDI, керамика, алюминий, PTFE) различаются в зависимости от материала, количества слоев и диаметра отверстия. Ниже приведены параметры механического сверления с ЧПУ (ссылка ISO 1832):

Тип субстрата	Диапазон диафрагмы (мм)	Скорость (об/мин)	Скорость подачи (мм/мин)	Дяньцзяо (Тратить)	Угол наклона винтовой линии (градусы)	Глубина отверстия (мм)	остывать Способ	Замечание
FR4 (612 этаж)	0,10,5 ±0,005	150 000 - 300 000 ±10 000	1000 - 3000 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	0,83,2 ±0,1	Сжатый воздух/водяной туман	Материнская плата ПК, стенка отверстия Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , отклонение положения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип субстрата	Диапазон диафрагмы (мм)	Скорость (об/мин)	Скорость подачи (мм/мин)	Дяньцзяо (Тратить)	Угол наклона винтовой линии (градусы)	Глубина отверстия (мм)	остывать Способ	Замечание
								отверстия<0,005 мм±0,001 мм
	0,511,0 ±0,005	100 000 - 200 000 ±10 000	2000 - 4000 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,66,4 ±0,1	Водяной туман/эмульсия	Отверстие PTH, типичный диаметр 0,8 мм, меньшая адгезия смолы
ИРЧП (1224 этаж)	0,050,2 ±0,005	200 000 - 350 000 ±10 000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,21,0 ±0,05	Сжатый воздух	Материнская плата сервера, точность микроотверстий <0,001 мм±0,0002 мм
	0,210,5 ±0,005	150 000 - 250 000 ±10 000	1000 - 2000 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Сжатый воздух	Глухое/скрытое отверстие, стенка отверстия Ra<0,15 мкм±0,01 мкм
керамика субстрат	0,10,3 ±0,005	100 000 - 200 000 ±10 000	300 - 1000 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	0,51,5 ±0,05	Водяной туман	Высокочастотный модуль, скорость износа <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м
	0,310,8 ±0,005	80 000 - 150 000 ±10 000	500 - 1500 ±50	140 ±2	35 - 40 ±1	1.02.0 ±0.05	Эмульсия	Стенка отверстия Ra<0,1 мкм±0,01 мкм , антитермическое растрескивание
Алюминиевая подложка	0,20,8 ±0,005	80 000 - 150 000 ±10 000	1000 - 2500 ±100	130 ±2	30 - 35 ±1	1,03,0 ±0,1	Водяной туман/эмульсия	Радиатор графического процессора, отклонение шага отверстий <0,003 мм ± 0,0005 мм
Подложка из ПТФЭ	0,10,5 ±0,005	120 000 - 200 000 ±10 000	500 - 1500 ±50	135 ±2	32 - 38 ±1	0,52,0 ±0,05	Сжатый воздух	Материнская плата 5G, покрытие DLC для предотвращения прилипания, коэффициент трения <0,15±0,01

Описание параметра:

Диафрагма

0,051,0 мм ± 0,005 мм, микроотверстие (0,050,2 мм) для HDI, PTH (0,31,0 мм) для подложки FR4/алюминий.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Скорость

10 ⁵ 3,5×10 ⁵ об/мин±10 ⁴ об/мин. Микроотверстия HDI требуют высокой скорости (>2×10 ⁵ об/мин) для обеспечения гладкости. Керамические подложки требуют низкой скорости (<2×10 ⁵ об/мин) для предотвращения термического растрескивания.

Скорость подачи

300 - 4000 мм/мин ±50 - 100 мм/мин, низкая подача для микроотверстий (500 - 1500 мм/мин) повышает точность, высокая подача для PTH (2000 - 4000 мм/мин) повышает эффективность.

Дяньцзяо

130° - 140° ± 2°, керамические подложки используют больший угол при вершине (140°) для уменьшения сколов кромок.

Угол наклона спирали

30° - 40° ± 1°, большой угол наклона спирали (38°) оптимизирует отвод стружки и снижает адгезию смолы/медной фольги ().

Глубина отверстия

0,26,4 мм ± 0,050,1 мм, толщина FR4 1,63,2 мм ± 0,1 мм, толщина HDI 0,82,0 мм ± 0,05 мм.

Метод охлаждения

Сжатый воздух (микропористый, антизасоряющий), водяной туман/эмульсия (PTH, охлаждение), вязкость эмульсии 1020 мПа·с±2 мПа·с .

7. Количество отверстий в плинтусе компьютера

Количество отверстий в компьютерных подложках варьируется в зависимости от сложности и функциональных требований (ссылки):

Тип субстрата	Сценарий применения	Количество слоев	Диапазон номеров отверстий	Распределение размеров пор	Тип отверстия	Замечание
FR4 (стандарт)	Материнская плата ПК (ATX, MicroATX	612	5000 - 20000 ±500	0,11,0 мм	PTH, слепое отверстие	Обычно 10 000 отверстий (материнская плата Intel Z790), PTH составляет 70%±5%, шаг отверстий>0,2 мм±0,01 мм
FR4 (Высокая плотность)	Материнская плата сервера	1016	15 000 - 50 000 ±1 000	0,10,8 мм	ПТГ, Глухие отверстия, скрытые отверстия	Типичное количество отверстий: 30 000 (материнская плата AMD EPYC), отклонение положения отверстий <0,005 мм±0,001 мм
ИРЧП	Модуль графического процессора Модуль ЦП	1224	20 000 - 100 000 ±2 000	0,050,5 мм	Микро Виа, Глухие отверстия, скрытые отверстия	Типичное количество отверстий — 50 000 (NVIDIA RTX 4090), микроотверстия составляют 60%80%±5%
керамика субстрат	Высокочастотный модуль 5G	48	2000 - 10000 ±200	0,10,8 мм	ПТГ, Слепой	Обычно 5000 отверстий (серверная высокая частота),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип субстрата	Сценарий применения	Количество слоев	Диапазон номеров отверстий	Распределение размеров пор	Тип отверстия	Замечание
					проход	стенка отверстия Ra<0,1 мкм±0,01 мкм
Алюминиевая подложка	радиатор графического процессора	26	1000 - 5000 ±100	0,21,0 мм	ПТГ	Обычно 3000 отверстий (отверстия для отвода тепла), шаг отверстий > 0,5 мм ± 0,01 мм
ПТФЭ опорная плита	5G-сервер Материнская плата	612	5000 - 15000 ±300	0,10,5 мм	PTH, слепое отверстие	Типичное количество отверстий — 8000 (высокая частота и низкие потери), высокие требования к защите от сколов

Характеристики количества отверстий:

Стандартная материнская плата FR4

Количество отверстий: 5000–20 000, в основном сквозные (>70%±5%), используются для установки таких компонентов, как слоты ЦП и карты памяти.

HDI-субстрат

Количество отверстий составляет 20 000–100 000, причем микроотверстия (0,05–0,2 мм) составляют 60–80 % ± 5 %, что обеспечивает высокую плотность соединений (например, модулей графических процессоров).

Керамическая/ПТФЭ подложка

Количество отверстий составляет 2000–15000. Высокочастотные сигналы требуют большего расстояния между отверстиями (>0,2 мм ± 0,01 мм).

Алюминиевая подложка

Количество отверстий составляет 1000-5000, в основном это отверстия для отвода тепла, диаметром 0,51,0 мм±0,005 мм.

8. Срок службы твердосплавных микросверл

Срок службы микросверла зависит от материала подложки, диаметра отверстия, скорости вращения и покрытия. Ниже приведены данные о сроке службы под компьютерной подложкой (ссылка ASTM G65):

субстрат тип	Диафрагма мм	Бренд	покрытие	Срок службы (количество отверстий)	Скорость износа (мм³ / Н · м)	Режим отказа	Замечание
FR4 612 этаж	0,10,3 ±0,005	YL10.2	DLC	100 000 - 150 000 ±10 000	<0,03 ±0,01	Абразивный износ, адгезия	Материнская плата ПК, стенка отверстия Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , самый долгий срок службы
	0,310,8 ±0,005	K10	Тин	80 000 - 120 000 ±10 000	<0,04 ±0,01	Абразивный износ	Отверстие PTH, меньшая адгезия смолы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

субстрат тип	Диафрагма мм	Бренд	покрытие	Срок службы (количество отверстий)	Скорость износа (мм³ / Н · м)	Режим отказа	Замечание
ИРЧП 1224 этаж	0,050,2 ±0,005	К05	DLC	50 000 - 80 000 ±5 000	<0,02 ±0,005	Микросколы, износ	Материнская плата сервера, точность <0,001 мм±0,0002 мм
	0,210,5 ±0,005	Ю12	АлТиН	60 000 - 100 000 ±5 000	<0,03 ±0,01	Износ и распространение	Глухие/скрытые переходные отверстия, термостойкость >900°C±10°C
керамика субстрат	0,10,3 ±0,005	К05	Алмазный	20 000 - 50 000 ±3 000	<0,02 ±0,005	Абразивный износ и растрескивание	Высокочастотный модуль, требует большого угла при вершине (140°±2°) и имеет самый короткий срок службы ()
	0,310,8 ±0,005	YL10.2	TiB_2	30 000 - 60 000 ±3 000	<0,03 ±0,01	Износ, микротрещины	Стенка отверстия Ra<0,1 мкм±0,01 мкм , антитермическое растрескивание
Алюминиевая подложка	0,20,8 ±0,005	К10	Тин	80 000 - 120 000 ±10 000	<0,04 ±0,01	Адгезия, износ	Радиатор графического процессора, отклонение шага отверстий <0,003 мм ± 0,0005 мм
ПТФЭ субстрат	0,10,5 ±0,005	Ю12	DLC	60 000 - 100 000 ±5 000	<0,03 ±0,01	Адгезия, износ	Материнская плата 5G, коэффициент трения <0,15±0,01

Характеристики продолжительности жизни:

FR4

Самый высокий срок службы (80 000 - 150 000 отверстий ± 10 000), мягкая подложка (стекловолокно + смола, твердость по Моосу 4,56 ± 0,5), низкая скорость износа (< 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м).

ИРЧП

Средний ресурс (50 000 - 100 000 отверстий ± 5000), высокая скорость сверления микроотверстий (>2×10^5 об./мин ± 10^4 об./мин) приводит к образованию микросколов.

Керамическая подложка

Срок службы самый низкий (20 000–60 000 отверстий ± 3000), а высокая твердость (по шкале Мооса 6,57 ± 0,5) приводит к абразивному износу.

Алюминиевая подложка

Более длительный срок службы (80 000 - 120 000 отверстий ±10 000), но склонен к налипанию алюминиевой стружки, требует покрытия TiN /DLC.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Подложка из ПТФЭ
Покрытие DLC со средним сроком службы (60 000 - 100 000 отверстий ± 5000) обладает значительным противосколочным эффектом.

Влияние покрытия:
DLC
Коэффициент трения <0,15±0,01, срок службы увеличен на 30%50%±5%, подходит для микроотверстий.

TiN / AlTiN
Температурная стойкость>900°C±10°C, срок службы увеличен на 20%30%±5%, подходит для ПТГ.

Алмазный
Твердость HV 8000 - 10000±500, срок службы увеличен на 50%70%±10%, подходит для керамических оснований, высокая стоимость.

Режим отказа:
Абразивный износ (70% ± 5%): абразивное воздействие стекловолокна/керамики WC.
Адгезия (20% ± 5%): Адгезия смолы к алюминию при 120-150°C ± 10°C.
Микросколы (10%±2%): напряжение в микропорах>500 МПа±50 МПа.

9. Конкретные приложения и случаи
Типичные области применения твердосплавных микросверл на компьютерных подложках (интеграция смартфонов, серверов, графических процессоров и т. д.):

Тип субстрата	Случаи применения	Количество отверстий	Отверстие (мм)	Параметры микросверления	Срок службы (количество отверстий)	Требования к производительности
FR4	Материнская плата ATX Intel Z790	10000 ±500	0,20,8 ±0,005	YL10.2, DLC, 0,30,8 мм, 200 000 об/мин ± 10 000, 2000 мм/мин ± 100	100 000 - 120 000 ±10 000	Отклонение положения отверстия <0,005 мм±0,001 мм, стенка отверстия Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , доля ПТГ составляет 70%
ИРЧП	Материнская плата сервера AMD EPYC	50 000 ± 2 000	0,050,3 ±0,005	K05, DLC, 0,10,2 мм, 300 000 об/мин ± 10 000, 1000 мм/мин ± 50	60 000 - 80 000 ±5 000	Точность микропор <0,001 мм±0,0002 мм, доля микропор 80%±5%
Керамическая подложка	Высокочастотный модуль 5G	5000 ±200	0,10,5 ±0,005	K05, Алмаз, 0,2 мм, 150 000 об/мин ± 10 000, 500 мм/мин ± 50	30 000 - 50 000 ±3 000	Скорость износа <0,02 мм³/Н·м ± 0,005 мм³/Н·м, стенка отверстия Ra<0,1 мкм±0,01 мкм

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип субстрата	Случаи применения	Количество отверстий	Отверстие (мм)	Параметры микросверления	Срок службы (количество отверстий)	Требования к производительности
Алюминиевая подложка	Охлаждающая пластина графического процессора NVIDIA RTX 4090	3000 ±100	0,31,0 ±0,005	K10, TiN , 0,5 мм, 100 000 об/мин ± 10 000, 2000 мм/мин ± 100	80 000 - 100 000 ±10 000	Отклонение расстояния между отверстиями <0,003 мм ± 0,0005 мм, антисколы
Подложка из ПТФЭ	Основная плата базовой станции 5G	8000 ±300	0,10,5 ±0,005	YU12, DLC, 0,3 мм, 150 000 об/мин ± 10 000, 1000 мм/мин ± 50	60 000 - 100 000 ±5 000	Коэффициент трения <0,15±0,01, потеря сигнала <0,02 дБ/см±0,005 дБ/см
Гибрид FR4/HDI	Печатная плата смартфона (iPhone 15 Pro)	30 000 ± 1 000	0,050,5 ±0,005	K05/YL10.2, DLC, 0,10,3 мм, 250 000 об/мин ± 10 000, 10002000 мм/мин ± 50	80 000 - 100 000 ±5 000	Отклонение апертуры <0,001 мм±0,0002 мм, стенки отверстия Ra<0,15 мкм±0,01 мкм

Исследование случая:

Материнская плата ATX (Intel Z790)

Количество отверстий составляет около 10 000, из них 70% ± 5% приходится на PTH (0,3-0,8 мм), для сверления слотов ЦП и слотов PCIe используется микросверло YL10.2+DLC (0,3-0,8 мм), срок службы составляет 100 000 - 120 000 отверстий ± 10 000, а отклонение положения отверстий составляет < 0,005 ± 0,001 мм, что соответствует требованиям высокоскоростной передачи сигнала.

Материнская плата сервера (AMD EPYC)

Количество отверстий составляет 50 000, микроотверстия (0,05-0,2 мм) составляют 80% ± 5%, микросверла K05+DLC (0,1 мм) сверлят межслойные соединения HDI, срок службы составляет 60 000 - 80 000 отверстий ± 5000, скорость составляет 300 000 об/мин ± 10 000 для обеспечения точности < 0,001 ± 0,0002 мм.

Высокочастотный модуль 5G (керамический)

Количество отверстий: 5000, диаметр отверстий: 0,10,5 мм, микросверло K05+Diamond (0,2 мм) для сверления отверстий для передачи сигнала, срок службы: 30 00050 000 отверстий ±3 000, стенка отверстия Ra<0,1 мкм±0,01 мкм , что снижает потери сигнала.

Радиатор графического процессора (RTX 4090)

Количество отверстий: 3000, PTH (0,51,0 мм), микросверло K10+TiN (0,5 мм) для сверления каналов отвода тепла, срок службы: 80 000 - 100 000 отверстий ±10 000, отклонение расстояния между отверстиями <0,003 ±0,0005 мм.

Печатная плата iPhone 15 Pro

Количество отверстий 30 000, смешанные FR4/HDI, сверление микросверлом K05/YL10.2+DLC (0,10,3 мм), межсоединения чипов A17, срок службы 80 000 - 100 000 отверстий ±5000, отклонение апертуры <0,001 ±0,0002 мм, соответствует компактности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10. Передовые технологии и тенденции

Ультрамелкое зерно

Размер зерна <0,2 мкм ± 0,05 мкм (например, K05), твердость HV 2000 - 2200 ± 50, подходит для сверхтонкого сверления (0,05 мм ± 0,005 мм).

Нано покрытие

DLC+TiN (толщина 0,51 мкм ± 0,1 мкм , коэффициент трения < 0,1 ± 0,01), срок службы увеличен на 50% ± 10%; для керамических подложек используется CVM Dimond (твердость HV 8000 - 10000 ± 500).

Лазерная обработка

Лазерная тонкая настройка режущей кромки, круглость <0,0005 мм ± 0,0001 мм, стенка отверстия Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм , подходит для высокочастотных плат 5G.

Интеллектуальный мониторинг

Н·м) и износа (<0,001 мм±0,0002 мм) в режиме реального времени для оптимизации эффективности сверления и срока службы.

Экологичное производство

Низкоэнергетическое спекание методом HIP (потребление энергии снижено на 10% ± 2%), переработка порошка WCCo (степень извлечения > 90% ± 5%) и снижение воздействия на окружающую среду.

11. Заключение

Применение твердосплавных стержневых/цилиндрических изделий при микросверлении печатных плат в основном касается мелкозернистых марок, таких как YL10.2, K05, K10, YU12, диаметром 0,053,0 мм ± 0,0050,01 мм, твердостью HV 1600 - 2100 ± 50, отклонением отверстия < 0,002 мм ± 0,0005 мм, сроком службы 20 000 - 150 000 отверстий ± 3 000 10 000. Параметры сверления для компьютерных подложек (FR4, HDI, керамика, на основе алюминия, PTFE) составляют диаметр отверстия 0,051,0 мм ± 0,005 мм, скорость вращения 10 ⁵ 3,5×10 ⁵ об/мин ± 10 ⁴ об/мин, скорость подачи 300 - 4000 мм/мин ± 50 100 мм/мин, количество отверстий 1 000 100 000 и высокая доля микропор (HDI достигает 60% 80% ± 5%). Покрытие DLC, TiN , AlTiN , алмазное (коэффициент трения < 0,15 ± 0,01, срок службы увеличен на 30% 70% ± 5% 10%) и прецизионное производство (такое как CIP, HIP, шлифовка с ЧПУ, лазерная тонкая настройка) обеспечивают высокую точность и долговечность. Материнская плата FR4 имеет самый высокий срок службы (100 000 - 150 000 отверстий), а керамическая подложка имеет самый низкий срок службы (20 000 - 60 000 отверстий). Типичные случаи (такие как Intel Z790, AMD EPYC и iPhone 15 Pro) показывают, что микросверла из цементированного карбида отвечают требованиям высокой плотности и высокой надежности компьютерных подложек и будут развиваться в направлении сверхтонких зерен, нанопокрытий и интеллектуального мониторинга в будущем.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

Краткое описание областей применения стержневых/цилиндрических твердосплавных инструментов и конкретных вариантов использования

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
Резка	общий Фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >900°C±10°C, Вязкость: K_{1c} > 10 МПа·м $^{1/2}$ ± 0,5	WC8Co, AlTiN , DLC	Фрезерование авиационного алюминиевого сплава, штамповой стали (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм , срок службы>5000 м±500 м)
	сверлить	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см²	WC10Co, TiAlN	Сверление нержавеющей стали, композитных материалов (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм, срок службы > 10 4 отверстий ± 10 3 отверстий)
	Развертка	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC6Co, TiN , DLC	Развертка блоков цилиндров автомобилей и отверстий под подшипники (Ra<0,4 мкм±0,01 мкм , отклонение<0,002 мм±0,0005 мм)
	Краны	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Температурная стойкость: >600°C±10°C, Точность: <0,01 мм	WC10Co, TiCN	Обработка резьбовых отверстий (шаговое отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм, ресурс > 10 4 шт. ± 10 ³ шт.)
	Концевые фрезы	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Амплитуда вибрации: <0,1 мм±0,01 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, AlTiN	Высокоскоростное фрезерование титановых сплавов и твердых сталей (скорость резания > 200 м/мин ± 10 м/мин)
	Микро Нож	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,002 мм±0,0005 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC6Co, ДЛС	Микрообработанные электронные детали и формы (размер элемента <0,01 мм ± 0,001 мм)
Изготовление пресс-форм	Сердечник фильеры для волочения проволоки	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок	WC10Co, DLC, CrN	Волочение медной проволоки, стальной проволоки (отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			службы: >10 ⁶ м±10 ⁵ м		
	Ядро экструзионной головки	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Термостойкость: >600°C±10°C, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC12Co, TiC	Алюминиевые экструдированные трубы, пластиковые стержни (отклонение толщины стенки <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Стержень штамповочного штампа	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Ударопрочность: >120 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,06 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Ni, CrN	Штамповка гаек, шайб (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
	Порошковый сердечник для формования	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Co, TiC /DLC	Прессованный керамический порошок, магнитный материал (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Холодновысадочный сердечник штампа	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ шт.±10 ⁵ шт.	WC12Co, ТиБ ₂	Болты и заклепки холодной высадки (усилие формовки <500 кН±10 кН)
Износостойкие детали	Износостойкая втулка	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ч ± 10 ³ч	WC10 Co, Cr₃C ₂ / NiCr	Втулка вала насоса, втулка вала двигателя (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
	Сердцевина сопла	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Эрозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC8 Co, Al_2O_3	Водоструйное сопло высокого давления, нефтегазовое сопло (отклонение расхода <1% ± 0,1%)
	Подшипники скольжения	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 3 часов	WC10Ni, ДЛС	Механические подшипники скольжения, подшипники насосов (скорость вращения > 5000 об/мин ± 500 об/мин)
	Износостойкий штифт	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, TiC	Пальцы и шарниры экскаваторов (степень деформации <0,1%±0,01%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	Уплотнительное кольцо сердечника	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Скорость утечки: <10 ⁻⁶ Па·м³ / с ± 10 ⁻⁷ Па·м³ / с	WC10Co, CrN	Уплотнения насосов высокого давления, уплотнения клапанов (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
Электронная промышленность	**Микросверление печатных плат**	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,002 мм±0,0005 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м, Срок службы: >10 ⁵ отверстий±10 ⁴ отверстий	WC6Co, DLC, PVDTiN	Сверление многослойных печатных плат, плат HDI (диаметр отверстия 0,11 мм ± 0,005 мм, отклонение < 0,001 мм ± 0,0002 мм)
	Прецизионные сверла	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC6Co, DLC, TiN	Сверление подложек чипов, разъемов (отклонение апертуры <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Микро фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,002 мм±0,0005 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC6Co, ДЛС	Фрезерование пресс-форм микросхем, деталей датчиков (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм)
	Проводящий стержень	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Удельное сопротивление: <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см , Контактное сопротивление: <0,1 мОм±0,01 мОм , Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Ni, ПВДCrN	Контактные стержни аккумуляторных батарей, разъемы (эффективность>99%±1%)
	Матрица для упаковки чипов	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,005 мм±0,001 мм	WC10Co, CrN /DLC	Ядро пресс-формы для корпусирования полупроводников (цикл <1 с±0,1 с, срок службы>10 ⁶ раз)
Аэрокосмическая промышленность	Сверла из композитных материалов	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Температурная стойкость: >900°C±10°C, Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC8Co, AlTiN , TiB_2	Сверление углеродного волокна, титанового сплава (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 25003500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >900°C±10°C, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, AlTiN	Фрезерование деталей авиадвигателей (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Износостойкий вал	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50,	WC12Co, CrN	Сердечник вала турбины,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов		шарнир космического корабля (скорость деформации <0,1%±0,01%)
	Уплотнительный стержень	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Термостойкость: >1000°C±10°C, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Скорость утечки: <10 ⁻⁶ Па·м³ / с	WC10 Co, Al_2O_3	Уплотнения ракетных двигателей, сердечники клапанов (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)
Энергетика и химия	Коррозионностойкое сверло	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: > 10 ⁴отверстий	WC10Co, CrN , DLC	Бурение трубопроводов морской воды, химических контейнеров (отклонение отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Сердечник клапана	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Стойкость к давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10TiC10Ni, CrN	Масляные клапаны, сердечники газовых клапанов (скорость утечки <10 ⁻⁶ Па·м³/с ± 10 ⁻⁷ Па·м³/с)
	Износостойкий корпус	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Эрозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Термостойкость: >500°C±10°C, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Корпус насоса для перекачки нефтяного песка, сердечник химического насоса (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Катализатор формовочного сердечника	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Пористость: 10%20%±1%, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ часов	Пористый WCCo , Al_2O_3	Формирование частиц катализатора (точность <0,01 мм ± 0,001 мм)
Плотницкое дело и горное дело	Сверла по дереву	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC6Co, TiN , CrN	Сверление твердых пород дерева, фанеры (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Горнодобывающие сверла	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Co, TiC , TiB_2	Бурение горных пород, бурение руды (скорость бурения > 1 м/ч ± 0,1 м/ч)
	Сердечник фрезы для	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50,	WC12Co, TiB_2	Прокладка тоннелей,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	проходческой машины		Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов		горнодобывающая промышленность (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Шлифовальный стержень для обогащения руды	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10 Co, Cr₃C ₂ / NiCr	Измельчение и обогащение руды (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч)
Бамбуковая и деревообрабатывающая промышленность	Сверло по дереву из бамбука	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC6Co, TiN , CrN	Сверление бамбуковой мебели и деревянных конструкций (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Фреза для бамбукового дерева	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, ДЛС	Фрезерование бамбуковой доски, резьба по дереву (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Стержень штампа из бамбукового дерева	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ м±10 ⁵ м	WC10Co, CrN	Тянутые бамбуковые полоски, древесные волокна (отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Основа для формовки из бамбукового дерева	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Ni, ДЛС	Упаковка из прессованного бамбука, деревянные изделия (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Медицинский	Стоматологические сверла	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Совместимость: >95%±2%	WC6Co, ДЛС	Сверление и реставрация зубов (скорость вращения >10 ⁵ об/мин±10 ⁴ об/мин, отклонение <0,002 мм±0,0005 мм)
	Ортопедические сверла	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC8Co, TiN	Сверление кости, установка имплантата (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	Медицинская фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC6Co, ДЛС	Фрезерование форм для восстановления кости, имплантатов (Ra<0,4 мкм±0,01 мкм)
	Ядро формы для акупунктурной иглы	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Точность: <0,002 мм±0,0005 мм, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см²	WC10Co, CrN	Формованные медицинские иглы для акупунктуры (отклонение диаметра <0,001 мм ± 0,0002 мм)
Автомобильный	Сверлильные долота	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, TiAlN	Сверление блока цилиндров двигателя, шасси (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Фрезерные инструменты	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >800°C±10°C, Срок службы: >5000 м	WC8Co, AlTiN	Фрезерование коленчатых валов, шестерен (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Сердечник фильеры для волочения проволоки	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ м	WC10Co, ДЛС	Проволока стальная тянутая автомобильная, пружинная (отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Стержень штамповочного штампа	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Точность: <0,01 мм±0,001 мм	WC10Ni, CrN	Штамповка корпусных деталей, гаек (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
архитектура	Сверло по бетону	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC10Co, TiC	Сверление бетона, камня (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Фреза для обработки камня	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >600°C±10°C, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, TiN	Фрезерование мрамора, гранита (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Буровые коронки для	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50,	WC12Co, ТиБ ₂	Бурение свайных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
	фундаментного бурения		Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов		фундаментов, проходка тоннелей (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч)
	Износостойкая оправка	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, CrN	Вал смесителя, вал дробилки (степень деформации <0,1%±0,01%)
Общее машиностроение	Сдвиговое ядро	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Co, DLC, TiN	Резка стальной проволоки, пластика (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Износостойкие направляющие штифты	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 3 часов	WC10Ni, CrN	Направляющие стойки станков, направляющие стойки пуансонов (сопротивление скольжению <10 Н ± 1 Н)
	Гидравлический сердечник клапана	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Co, CrN	Гидравлические клапаны, сердечники сервоклапанов (скорость утечки <10 ⁻⁶ Па·м³/с ± 10 ⁻⁷ Па·м³/с)
	Вал компрессора	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, TiC	Вал воздушного компрессора, вал сердечника насоса (амплитуда вибрации <0,1 мм ± 0,01 мм)
Железная дорога и железнодорожный транзит	Сверла для рельсов	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, TiAlN	Рельсы и стрелочные переводы сверленые (отклонение диаметра отверстий <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Колесная фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >800°C±10°C, Срок службы: >5000 м	WC8Co, AlTiN	Фрезерование железнодорожных колес (отклонение от круглости <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Износостойкая втулка	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01,	WC10 Co, Cr_3C_2 / NiCr	Втулки тележек, оси колес (срок службы > 5 лет ± 0,5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 4 часов±10 3 часов		года)
	Сердечник тормозного клапана	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Термостойкость: >600°C±10°C, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, CrN	Сердечник тормозного клапана высокоскоростного железнодорожного транспорта (коэффициент трения <0,3±0,05)
Судостроение	Фреза пропеллерная	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Срок службы: >5000 м	WC8Co, AlTiN , CrN	Фрезерование гребного винта из медного сплава (точность <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Коррозионностойкий сердечник клапана	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Стойкость к давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10TiC10Ni, алмазоподобный углерод	Сердечник морского клапана, сердечник насоса морской воды (срок службы > 5 лет ± 0,5 года)
	Сверла для корпусов	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, CrN	Сверление стальной пластины корпуса (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
Сельскохозяйственная техника	Сверло для обработки почвы	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Co, TiC , CrN	Бурение почвы, посевные лунки (отклонение диаметра лунок <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Фреза для комбайна	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м, Точность: <0,01 мм	WC8Co, TiN	Фрезерование стеблей сельскохозяйственных культур и деревянных деталей (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Износостойкий вал	Цилиндрический	Твердость: HV 16002200±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, CrN	Вал привода трактора, вал комбайна (амплитуда вибрации <0,1 мм ± 0,01 мм)
Пищевая промышленность	Сверло для еды	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01,	WC6Co, ДЛС	Сверление форм для упаковки пищевых продуктов, костей

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			Совместимость: >95%±2%, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий		(отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Пищевая фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Совместимость: >95%±2%, Срок службы: >5000 м±500 м	WC6Co, ДЛС	Формы для фрезерования пищевых продуктов, формы для нарезки фруктов и овощей (Ra<0,4 мкм± 0,01 мкм)
	Уплотнительное ядро	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Co, CrN	Форма для герметизации пищевой упаковки (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
Текстиль и печать	Сердечник фильеры для волочения текстильной проволоки	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ м	WC10Co, DLC, CrN	Волочение химического волокна, пряжи (отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Печать сердечника пресс-формы	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Co, CrN	Сердечник цилиндра глубокой печати, сердечник высекальной машины (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Направляющий стержень пряжи	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Ni, WC/C	Направляющий стержень прядильной машины (сопротивление скольжению <5 Н ± 1 Н)
Энергетическое оборудование	Ветроэлектростанция	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Коррозионная стойкость: pH 212±0,1, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, TiB_2 , КрН	Сверление лопастей и башен ветряных турбин (отклонение апертуры <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Сердечник клапана ядерной энергетики	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Стойкость к давлению: >100 МПа±10 МПа, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10TiC10Ni , Al_2O_3	Сердечник клапана охлаждения ядерной энергетики, сердечник насоса (срок службы > 10 лет ± 1 год)
	Сверло для солнечных пластин	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01	WC6Co, ДЛС	Сверление кремниевой пластины (отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ отверстий		
Геологическая разведка	Геологические буровые коронки	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Co, ТиБ ₂ , ТиК	Бурение нефтяных скважин, геологоразведка (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч)
	Износостойкий корпус	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ /Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,1 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12 Co, Cr₃C ₂ / NiCr	Корпус буровой установки, сердечник бурового насоса (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
	Буровые коронки для отбора керна	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, CrN	Геологический отбор керна (отклонение апертуры <0,05 мм ± 0,01 мм)
Спорт и развлечения	Сверло для рыболовных снастей	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC6Co, CrN	Сверление форм для удилищ и рыболовных снастей (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Вал для спортивного инвентаря	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC10Co, CrN	Сердечник оси велосипеда, ось скейтборда (амплитуда вибрации <0,1 мм ± 0,01 мм)
	Сверла для сноуборда	Стержнеобразный	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Коэффициент трения: <0,2±0,01, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC6Co, ДЛС	Сверление форм для лыж и коньков (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
Искусство и декор	Гравировальное сверло	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Срок службы: >10 4 шт.±10 3 шт.	WC6Co, DLC, TiN	Резьба по нефриту, резьба по дереву (точность <0,002 мм ± 0,0005 мм)
	Сердечник фильеры для волочения ювелирной проволоки	Цилиндрический	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок	WC10Co, ДЛС	Тянутая золотая и серебряная проволока (отклонение диаметра <0,001 мм ± 0,0002 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение поле	специфический использовать	форма	Требования к производительности	Типичные материалы и покрытия	Примеры применения
			службы: >10 ⁶ м		
	Декоративная сердцевина формы	Цилиндрический	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,05 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз	WC10Ni, CrN	Прессованные керамические украшения, стеклянные формы (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
военный	Сверло для брони	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Ударопрочность: >200 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁴ отверстий	WC8Co, TiB ₂ , АлТиН	Сверление танковой брони, броневой стали (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
	Сердечник формы для литья под давлением	Цилиндрический	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	WC10Co, TiC , CrN	Подавленные артиллерийские снаряды, боеголовки ракет (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм)
	Сверла для стволов	Стержнеобразный	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,01 мм±0,001 мм, Термостойкость: >800°C±10°C, Срок службы: >10 4 отверстий±10 3 отверстий	WC10Co, AlTiN	Сверление стволов ружей и пушек (отклонение апертуры <0,02 мм ± 0,005 мм)
	Военная фреза	Стержнеобразный	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Термостойкость: >900°C±10°C, Срок службы: >5000 м±500 м	WC8Co, AlTiN	Фрезерование деталей бронетехники, корпусов ракет (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
	Износостойкий вал	Цилиндрический	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >200 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов	WC12Co, TiC	Сердечник шахты ракетной установки, шарнир танка (степень деформации <0,1%±0,01%)

Таблица различных марок и областей применения стержней/колонн/полос из твердого сплава

Бренд	Основные ингредиенты	Параметры производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
YG6	WC6	Твердость: HV 1500 - 1800±50, Ударная вязкость: K ₁с 1012 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,9 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1800 МПа±50	Резка, деревообработка, изделия из бамбука и дерева	Сверла по дереву, фрезы по бамбуковому дереву, универсальные	Сверление твердой древесины (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм), фрезерование бамбука (Ra <0,8 мкм ± 0,01 мкм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Основные ингредиенты	Параметры производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
				фрезы	
YG8	Wlq	Твердость: HV 1400 - 1700±50, Ударная вязкость: K ₁с 1214 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,7 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2000 МПа±50	Резка, добыча, строительство	Горнодобывающие сверла, сверла по бетону, фрезы	Бурение горных пород (скорость бурения >1 м/ч±0,1 м/ч), фрезерование стали (срок службы >5000 м±500 м)
YG10	WC10Co	Твердость: HV 1300 - 1600±50, Ударная вязкость: K ₁с 1416 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2200 МПа±50	пресс-форм, износостойких деталей	Стержень волочильного штампа, стержень штамповочного штампа, износостойкая втулка	Матовая медная проволока (отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм), штампованная гайка (срок службы > 10 ⁶ раз ± 10 ⁵ раз)
YG15	WC15Co	Твердость: HV 1200 - 1500±50, Ударная вязкость: K ₁с 1618 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,0 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2400 МПа±50	Изготовление пресс-форм, изнашиваемые детали, горнодобывающая промышленность	Сердечник штампа холодной высадки, сердечник фрезы туннелепроходческой машины, износостойкий корпус	Холодновысадочные болты (усилие формовки <500 кН ± 10 кН), проходка тоннелей (срок службы > 2 лет ± 0,2 года)
YG20	WC20Co	Твердость: HV 1000 - 1300±50, Ударная вязкость: K ₁с 1820 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 13,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2600 МПа±50	Производство пресс-форм, общее машиностроение	Порошковое формовочное ядро пресс-формы, сердечник гидравлического клапана	Прессованный керамический порошок (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм), гидравлические клапаны (скорость утечки <10 ⁻⁶ Па·м ³ /с ± 10 ⁻⁷ Па·м ³ /с)
YL10.2	WC10Co (мелкое зерно)	Твердость: HV 1600 - 1900±50, Ударная вязкость: K ₁с 911 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >4000 МПа±50	Обработка резанием, электронная промышленность	Интегральная фреза, микросверло для печатных плат, микроинструмент	Сверление печатных плат (диаметр отверстий 0,11 мм ± 0,005 мм, срок службы > 10 ⁵ отверстий ± 10 ⁴ отверстий), фрезерование инструментальной стали (Ra < 0,8 мкм ± 0,01 мкм)
Ю12	WC12Co (мелкое зерно)	Твердость: HV 1700 - 2000±50, Ударная вязкость: K ₁с 810 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,3 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >4200 МПа±50	Аэрокосмическая промышленность, резка, обработка	Сверла и концевые фрезы из композитных материалов	Сверление углеродного волокна (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм), фрезерование титанового сплава (скорость резания > 200 м/мин ± 10 м/мин)
YN10	WC10Ni	Твердость: HV 1400 - 1700±50, Удельное сопротивление: <12 мкОм·см±0,1 мкОм·см , Плотность: 14,6 г/см³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2000 МПа±50	Электроника, энергетика и химия	Проводящий стержень, коррозионно-стойкий сердечник клапана	Контактные стержни аккумуляторной батареи (эффективность > 99% ± 1%), масляные клапаны (срок службы > 10 ⁴ часов ± 10 ³ часов)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Основные ингредиенты	Параметры производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
YT15	WC6	Твердость: HV 1500 - 1800±50, Ударная вязкость: K ₁с 810 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 12,8 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1500 МПа±50	Обработка резанием, автомобилестроение	Метчики, сверла	Обработка резьбовых отверстий (отклонение шага <0,005 мм ± 0,001 мм), сверление цилиндров двигателей (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
YT5	WC8	Твердость: HV 1300 - 1600±50, Ударная вязкость: K ₁с 1012 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 12,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1700 МПа±50	Резка, строительство	Развертки, фрезы для камня	Расширение отверстий подшипников (Ra<0,4 мкм±0,01 мкм), фрезерование гранита (срок службы>5000 м±500 м)
K10	WC6Co (ИСО)	Твердость: HV 1600 - 1900±50, Ударная вязкость: K ₁с 911 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,9 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1800 МПа±50	Резка, медицина, электронная промышленность	Дентальная дрель, микродрель для печатных плат, прецизионная дрель	Сверление зубьев (скорость вращения >10 ⁵ об/мин±10 ⁴ об/мин), сверление печатных плат (отклонение апертуры <0,001 мм±0,0002 мм)
K20	WC8Co (ИСО)	Твердость: HV 1400 - 1700±50, Ударная вязкость: K ₁с 1214 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,7 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2000 МПа±50	Резка, добыча полезных ископаемых, деревообработка	Сверла для горнодобывающей промышленности, фрезы для деревообработки	Бурение руды (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч), фрезерование фанеры (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
K30	WC10Co (ИСО)	Твердость: HV 1300 - 1600±50, Ударная вязкость: K ₁с 1416 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 14,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >2200 МПа±50	пресс-форм , износостойких деталей	Сердцевина экструзионной головки, сердцевина сопла	Экструдированная алюминиевая трубка (отклонение толщины стенки <0,02 мм ± 0,005 мм), водоструйная форсунка высокого давления (отклонение расхода <1% ± 0,1%)
П10	WCtIcTaC6	Твердость: HV 1700 - 2000±50, Ударная вязкость: K ₁с 79 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 11,5 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1400 МПа±50	Резка, аэрокосмическая промышленность	Концевые фрезы, композитные сверла	Высокоскоростное фрезерование закаленной стали (скорость резания > 200 м/мин ± 10 м/мин), сверление титанового сплава (отклонение диаметра отверстия < 0,05 мм ± 0,01 мм)
П20	WCtIcTaC8	Твердость: HV 1600 - 1900±50, Ударная вязкость: K ₁с 810 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 11,8 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1500 МПа±50	Обработка резанием, автомобилестроение	Фрезерные инструменты, сверла	Фрезерование коленчатых валов (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм), сверление шасси (отклонение диаметра отверстия<0,05 мм±0,01 мм)
M10	WCTiCNi6Co	Твердость: HV 1500 - 1800±50, Ударная вязкость: K ₁с 911 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 12,0 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1600 МПа±50	Электроника, энергетика и химия	Сердечник пресс-формы для упаковки чипов, коррозионно-стойкое сверло	Корпусирование полупроводников (цикл <1 с±0,1 с), бурение трубопроводов морской воды (отклонение диаметра отверстия <0,05 мм±0,01 мм)
M20	WCTiCNi8Co	Твердость: HV 1400 - 1700±50, Ударная вязкость: K ₁с 1012 МПа·м ¹ / ² ± 0,5, Плотность: 12,2 г/см ³ ± 0,1, Прочность на изгиб: >1700 МПа±50	Износостойкие детали, судостроение	Износостойкие втулки, корпусные сверла	Втулки насоса (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч), просверленные корпусные стальные пластины (отклонение

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Основные ингредиенты	Параметры производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
					диаметра отверстия <0,05 мм±0,01 мм)

Различные размеры и таблицы применения стержней/колонн/полос из твердого сплава

форма	Размеры	Требования к производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
Стержнеобразный	Диаметр: 0,13 мм ± 0,01 мм, Длина: 10 - 50 мм ± 0,5 мм	Твердость: HV 2500 - 3500±50, Точность: <0,002 мм±0,0005 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ /Н · м, Срок службы: >10 ⁵ отверстий±10 ⁴ отверстий	Электронная промышленность, медицина	Микросверло для печатных плат, стоматологическое сверло, микроинструмент	Сверление печатных плат смартфонов (диаметр отверстия 0,11 мм ± 0,005 мм, отклонение < 0,001 мм ± 0,0002 мм), сверление зубов (скорость вращения > 10 ⁵ об./мин ± 10 ⁴ об./мин)
Стержнеобразный	Диаметр: 3 - 10 мм ± 0,05 мм, Длина: 50 - 150 мм ± 1 мм	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Точность: <0,005 мм±0,001 мм, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 4отверстий ±10 3отверстий	Резка, деревообработка, изделия из бамбука и дерева	Прецизионные сверла для деревообработки, фрезы для бамбукового дерева	Сверление стружечных подложек (отклонение апертуры <0,002 мм±0,0005 мм), фрезерование бамбуковых досок (Ra<0,8 мкм±0,01 мкм)
Стержнеобразный	Диаметр: 10 - 20 мм ± 0,1 мм, Длина: 100 - 300 мм ± 2 мм	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >5000 м±500 м	Резка, аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение	Цельная фреза, композитное сверло, фрезерный инструмент	Фрезерование авиационного алюминиевого сплава (скорость резания>200 м/мин±10 м/мин), сверление углеродного волокна (отклонение диаметра отверстия<0,05 мм±0,01 мм)
Стержнеобразный	Диаметр: 20 - 50 мм ± 0,2 мм, Длина: 200 - 500 мм ± 3 мм	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н·м ± 0,01 мм³ / Н·м, Срок службы: >10 4отверстий ±10 3отверстий	Горнодобывающая промышленность, строительство, автомобилестроение	Сверла для горнодобывающей промышленности, сверла для бетона, сверла для рельсов	Бурение скальных пород (скорость бурения>1 м/ч±0,1 м/ч), бурение рельсов (отклонение диаметра отверстия<0,05 мм±0,01 мм)
Цилиндрический	Диаметр:	Твердость: HV 2000 - 3000±50, Коэффициент	Производство пресс-	Проволочный	Медная проволока с щеткой

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

форма	Размеры	Требования к производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
	15 мм ± 0,05 мм, Длина: 10 - 100 мм ± 1 мм	трения: <0,15±0,01, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ м±10 ⁵ м	форм, электронная промышленность	сердечник, проводящий стержень	(отклонение диаметра <0,002 мм ± 0,0005 мм), контактный стержень батареи (эффективность > 99% ± 1%)
Цилиндрический	Диаметр: 5 - 10 мм ± 0,1 мм, Длина: 50 - 200 мм ± 2 мм	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Сопротивление давлению: >100 МПа±10 МПа, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м, Срок службы: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз	Производство пресс-форм, общее машиностроение	Сердечник штамповочного штампа, сердечник штампа сдвига	Пробивка гаек (отклонение <0,005 мм ± 0,001 мм), срезка проволоки (срок службы > 10 ⁶ раз ± 10 ⁵ раз)
Цилиндрический	Диаметр: 10 - 20 мм ± 0,2 мм, Длина: 100 - 300 мм ± 3 мм	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Сопротивление давлению: >150 МПа±10 МПа, Усталостная прочность: >10 ⁶ раз±10 ⁵ раз, Срок службы: >10 ⁴ часов±10 ³ часов	Износостойкие детали, аэрокосмическая промышленность, судостроение	Износостойкая втулка, износостойкий сердечник вала, коррозионностойкий сердечник клапана	Гильза насоса (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч), сердечник морского клапана (срок службы >5 лет±0,5 лет)
Цилиндрический	Диаметр: 20 - 50 мм ± 0,5 мм, Длина: 200 - 500 мм ± 5 мм	Твердость: HV 1500 - 2000±50, Сопротивление давлению: >200 МПа±10 МПа, Коррозионная стойкость: Потеря массы <0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² , Срок службы: >10 ⁴ часов ±10 ³ часов	Износостойкие детали, энергетика и химическая промышленность, железная дорога	Сердцевина форсунки, сердцевина клапана, втулка	Водоструйные сопла высокого давления (отклонение расхода <1%±0,1%), нефтяные клапаны (скорость утечки <10 ⁻⁶ Па·м³/с ± 10 ⁻⁷ Па·м³/с)
Полоска	Ширина: 5 - 20 мм ± 0,2 мм, Толщина: 210 мм ± 0,1 мм, Длина: 100 - 300 мм ± 3	Твердость: HV 1800 - 2500±50, Ударопрочность: >100 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н·м ± 0,01 мм³ / Н·м, Срок службы: >10 ⁴ч ± 10 ³ч	Резка, добыча полезных ископаемых, общее машиностроение	Лезвия ножей, лезвия для тоннелепроходческих машин, сменные накладки	Резка стальных листов (срок службы > 5000 м ± 500 м), проходка туннелей (срок службы > 2 года ± 0,2 года)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

форма	Размеры	Требования к производительности	Области применения	Специальное использование	Типичные примеры
	мм				
Полоска	Ширина: 20 - 50 мм ± 0,5 мм, Толщина: 10 - 20 мм ± 0,2 мм, Длина: 200 - 500 мм ± 5 мм	Твердость: HV 1600 - 2200±50, Ударопрочность: >150 Дж±10 Дж, Износостойкость: Скорость износа <0,05 мм³ / Н·м ± 0,01 мм³ / Н·м, Срок службы: >10 ⁴ч ± 10 ³ч	Горнодобывающая, строительная, сельскохозяйственная техника	Шахты для обогащения руды, дробильные стержни, износостойкие футеровочные стержни	Измельчение руды (потеря массы <0,1 г/ч±0,01 г/ч), дробление бетона (срок службы >2 года±0,2 года)

Описание таблицы

Морфологическая классификация:

Форма стержня: круглое поперечное сечение, диаметр 0,150 мм ± 0,01–0,2 мм, длина 10–500 мм ± 0,53 мм, подходит для вращательной резки и сверления, например, микросверла для печатных плат (диаметр 0,13 мм ± 0,01 мм), фрезы (диаметр 10–20 мм ± 0,1 мм).

Цилиндрический: круглое поперечное сечение, диаметр 1 - 50 мм ± 0,050,5 мм, длина 10 - 500 мм ± 15 мм, с упором на сопротивление давлению и износостойкость, например, сердечник волочильной матрицы (диаметр 15 мм ± 0,05 мм), втулка вала (диаметр 1050 мм ± 0,20,5 мм).

Полоса: прямоугольного или квадратного сечения, ширина 5 - 50 мм ± 0,2-0,5 мм, толщина 2 - 20 мм ± 0,1-0,2 мм, длина 100 - 500 мм ± 35 мм, используется для изготовления ножевых полос, износостойких подкладочных полос, например, ножевых полос проходческих машин (ширина 20 - 50 мм ± 0,5 мм).

Размеры:

Диаметр/ширина/толщина: охватывает как малые (например, микросверла для печатных плат, 0,13 мм ± 0,01 мм), так и большие (например, втулки, 20 - 50 мм ± 0,5 мм) размеры с точностью в соответствии с ISO 1832 (режущие инструменты), ISO 3369 (измерение размеров).

Длина: от короткой (10 - 50 мм ± 0,5 мм, микросверло для печатных плат) до длинной (200 - 500 мм ± 35 мм, горнодобывающее сверло), поддержка индивидуальной резки (допуск +2/0 мм).

Требования к производительности:

Твердость: HV 1500 - 3500±50 (ASTM E384), например, микросверление печатных плат (HV 2500 - 3500±50).

Точность: от <0,002 мм ± 0,0005 мм (микросверло для печатных плат) до <0,01 мм ± 0,001 мм (фреза) в соответствии с ISO 1832.

Износостойкость: скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м (ASTM G65), например, сердечник

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

волочильной матрицы.

Сопротивление давлению/ударная прочность: Сопротивление давлению>100 - 200 МПа ± 10 МПа (ISO 3327), ударная прочность>100 - 150 Дж ± 10 Дж (ASTM E23), например, втулки, горнодобывающие буровые коронки.

Коррозионная стойкость: Потеря массы < 0,06 мг/см² ± 0,01 мг/см² (ISO 9227), например, сердечник клапана.

Срок службы: режущие инструменты >5000 м ± 500 м или >10^4 10^5 отверстий ±10^3 10^4 отверстий, формы >10^6 раз ±10^5 раз, изнашиваемые детали >10^4 часов ±10^3 часов.

Области применения и конкретные виды использования:

Электронная промышленность: микросверло для печатных плат (диаметр 0,13 мм ± 0,01 мм): сверление многослойных печатных плат, плат HDI, диаметр отверстия 0,11 мм ± 0,005 мм, точность < 0,002 мм ± 0,0005 мм, срок службы > 10^5 отверстий ± 10^4 отверстий.

Токопроводящий стержень (диаметр 15 мм ± 0,05 мм), микрофреза (диаметр 310 мм ± 0,05 мм).

Резка: фреза (диаметр 10 - 20 мм ± 0,1 мм), сверло (диаметр 3 - 50 мм ± 0,05-0,2 мм), метчик (диаметр 10 - 20 мм ± 0,1 мм).

пресс-форм : волочильный стержень (диаметр 15 мм ± 0,05 мм), штамповочный стержень (диаметр 5 - 10 мм ± 0,1 мм), холодновысадочный стержень (диаметр 1020 мм ± 0,2 мм).

Износостойкие детали: втулка (диаметр 10 - 50 мм ± 0,20,5 мм), сердечник сопла (диаметр 20 - 50 мм ± 0,5 мм), сердечник уплотнительного кольца (диаметр 1020 мм ± 0,2 мм).

Другое: аэрокосмическая промышленность (композитные сверла, диаметр 10–20 мм ± 0,1 мм), горнодобывающая промышленность (лезвия для дорожных буровых машин, ширина 20–50 мм ± 0,5 мм), медицина (стоматологические сверла, диаметр 0,13 мм ± 0,01 мм).

Типичные примеры:

Микросверло для печатной платы (диаметр 0,13 мм ± 0,01 мм): сверление платы HDI базовой станции 5G, отклонение диаметра отверстия <0,001 мм ± 0,0002 мм, шероховатость поверхности Ra <0,2 мкм ± 0,01 мкм .

Фреза цельная (диаметр 10 - 20 мм ± 0,1 мм): сталь для фрезерования, скорость резания > 200 м/мин ± 10 м/мин, срок службы > 5000 м ± 500 м.

Стержень волочильной проволоки (диаметр 1 - 5 мм ± 0,05 мм): волочильная золотая проволока, отклонение диаметра < 0,002 мм ± 0,0005 мм, срок службы > 10^6 м ± 10^5 м.

Износостойкие втулки (диаметр 10 - 50 мм ± 0,20,5 мм): применяются для валов насосов, потеря массы < 0,1 г/ч ± 0,01 г/ч, срок службы > 5 лет ± 0,5 года.

проходческие (ширина 20–50 мм ± 0,5 мм): проходка тоннелей, срок службы > 2 лет ± 0,2 года.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Технические характеристики твердосплавных стержней с отверстиями

тип	Форма поперечного сечения	Тип материала	Диаметр/Размер Диапазон (мм)	Диапазон длин (мм)	Количество отверстий	Диапазон диафрагмы (мм)	Расстояние между отверстиями (мм)	спираль угол	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
Одинарный прямой Стержень с отверстием	Круглый	WC6Co, WC10Co	2.06.0 ±0.02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Центральное отверстие		h6, h7 (ИСО 286)	Шлифовка, покрытие DLC	Для микросверл, типичный диаметр 4 мм, диаметр отверстия 0,8 мм (например, сверление печатных плат, точность <0,002 мм ± 0,0005 мм)
		Wlq	6.112.0 ±0.03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Центральное отверстие		x6, x8	Шлифовка, покрытие TiN	Для глубокого сверления, типичный диаметр 10 мм, диаметр отверстия 2 мм (например, обработка автомобильных двигателей)
		ВКТЦ	12.125.0 ±0.05	100 - 1000 ±2,0	1	3.16.0 ±0.03	Центральное отверстие		x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для сверления ружейным сверлом, типичный диаметр 20 мм, диаметр отверстия 5 мм (например, глубокие отверстия в штампованной стали)
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6.112.0 ±0.05	Центральное отверстие		x8, x10	Полировка, покрытие TiB_2	Для тяжелого бурения, типичный диаметр 50 мм, диаметр отверстия 10 мм (например, горнодобывающее бурение)
Двойной прямой Стержень с отверстием	Круглый	WC6Co, WC8Co	3.08.0 ±0.02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05		x6, x7	Шлифовка, покрытие TiN	Для высокоточных сверл, типичный диаметр 6 мм, диаметр отверстия 1 мм, расстояние между отверстиями 2 мм (например, авиационные композитные материалы)
		WC10Ni	8.115.0 ±0.03	100 - 600 ±1,0	2	2.14.0 ±0.02	3.16.0 ±0.05		x6, x8	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для обработки глубоких отверстий, типичный диаметр 12 мм, диаметр

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

тип	Форма поперечного сечения	Тип материала	Диаметр/Размер Диапазон (мм)	Диапазон длин (мм)	Количество отверстий	Диапазон диафрагмы (мм)	Расстояние между отверстиями (мм)	спираль угол	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
											отверстия 3 мм, расстояние между отверстиями 4 мм (например, обработка пресс-форм)
		WCt	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4.18.0 ±0.03	6.110.0 ±0.1		x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для фрез с высокой эффективностью охлаждения, обычно диаметром 20 мм, диаметром отверстия 6 мм, расстоянием между отверстиями 8 мм (например, автомобильные детали)
		WC20Co	30.180.0 ±0.1	200 - 2000 ±5,0	2	8.115.0 ±0.05	10.120.0 ±0.1		x8, x10	Полировка, покрытие TiC	Для больших сверл, обычно диаметром 50 мм, диаметром отверстия 10 мм, расстоянием между отверстиями 15 мм (например, бурение нефтяных и газовых скважин)
Стержень с тремя прямыми отверстиями	Круглый	WC8Co, WC10Co	6.015.0 ±0.03	100 - 600 ±1,0	3	0,53,0 ±0,02	1,55,0 ±0,05		x6, x8	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для многоканальных охлаждающих сверл типичный диаметр 12 мм, диаметр отверстия 2 мм, расстояние между отверстиями 3 мм (например, авиационные двигатели)
		WC12Ni	15.140.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	3	3.16.0 ±0.03	5.110.0 ±0.1		x7, x9	Шлифовка, CrN покрытие	Для резки с высокой нагрузкой, типичный диаметр 30 мм, диаметр отверстия 5 мм, расстояние между отверстиями 8 мм

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

тип	Форма поперечного сечения	Тип материала	Диаметр/Размер Диапазон (мм)	Диапазон длин (мм)	Количество отверстий	Диапазон диафрагмы (мм)	Расстояние между отверстиями (мм)	спираль угол	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
											(например, судостроение)
Четырехточечный стержень с прямым отверстием	Круглый	WC10Co, WCTiC	10.030.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	4	0,54,0 ±0,02	2.08.0 ±0.1		x7, x9	Шлифовка, покрытие TiB_2	Для сверхвысокой эффективности охлаждения типичный диаметр 20 мм, диаметр отверстий 3 мм, расстояние между отверстиями 5 мм (например, в тяжелой технике).
		WC15Co	30.1100.0 ±0.1	200 - 2000 ±5,0	4	4.110.0 ±0.05	8.115.0 ±0.1		x8, x10	Полировка, Покрытие Al_2O_3	Для больших фрез, обычно диаметром 60 мм, диаметром отверстия 8 мм, расстоянием между отверстиями 12 мм (например, горнодобывающее оборудование)
Стержень с одним спиральным отверстием	Круглый	WC6Co, WC8Co	2.06.0 ±0.02	30 - 330 ±1,0	1	0,31,5 ±0,01	Центральное отверстие	15°45°±1°	x6, x7	Шлифовка, покрытие DLC	Для высокоскоростных сверл, типичный диаметр 4 мм, диаметр отверстия 0,8 мм, спираль 30° (например, сверление печатных плат, точность <0,002 мм ± 0,0005 мм)
		WC10Ni	6.112.0 ±0.03	50 - 600 ±1,0	1	1,63,0 ±0,02	Центральное отверстие	20°45°±1°	x6, x8	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для фрез для глубоких отверстий, типичный диаметр 10 мм, диаметр отверстия 2 мм, угол наклона спирали 40° (например, обработка титанового сплава)
		ВКТЦ	12.125.0 ±0.05	100 - 1000 ±2,0	1	3.16.0 ±0.03	Центральное отверстие	25°45°±1°	x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для высокопроизводительных сверл, типичный диаметр 20 мм, диаметр отверстия

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

тип	Форма поперечного сечения	Тип материала	Диаметр/Размер Диапазон (мм)	Диапазон длин (мм)	Количество отверстий	Диапазон диафрагмы (мм)	Расстояние между отверстиями (мм)	спираль угол	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
											5 мм, угол спирали 30° (например, аэрокосмическая промышленность)
		WC15Co	25.160.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	1	6.112.0 ±0.05	Центральное отверстие	30°45°±1°	x8, x10	Полировка, покрытие TiB_2	Для тяжелой резки, типичный диаметр 50 мм, диаметр отверстия 10 мм, спираль 40° (например, бурение в горнодобывающей промышленности)
Двойной винтовой стержень с отверстием	Круглый	WC6Co, WC8Co	3.08.0 ±0.02	50 - 330 ±1,0	2	0,32,0 ±0,01	0,83,0 ±0,05	15°45°±1°	x6, x7	Шлифовка, покрытие TiN	Для высокоскоростных фрез типичный диаметр 6 мм, диаметр отверстия 1 мм, шаг отверстия 2 мм, спираль 30° (например, обработка нержавеющей стали)
		WC10Co	8.115.0 ±0.03	100 - 600 ±1,0	2	2.14.0 ±0.02	3.16.0 ±0.05	20°45°±1°	x6, x8	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для глубокого сверления типичный диаметр 12 мм, диаметр отверстия 3 мм, расстояние между отверстиями 4 мм, спираль 40° (например, при обработке пресс-форм)
		WC12Ni	15.130.0 ±0.05	150 - 1000 ±2,0	2	4.18.0 ±0.03	6.110.0 ±0.1	25°45°±1°	x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для высокопроизводительной резки, типичный диаметр 20 мм, диаметр отверстия 6 мм, шаг отверстия 8 мм, спираль 30° (например, автомобильные детали)
		WC20Co	30.180.0 ±0.1	200 - 2000 ±5,0	2	8.115.0 ±0.05	10.120.0 ±0.1	30°45°±1°	x8, x10	Полировка, покрытие TiC	Для тяжелых фрез, типичный диаметр 50 мм, диаметр отверстия 10 мм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

тип	Форма поперечного сечения	Тип материала	Диаметр/Размер Диапазон (мм)	Диапазон длин (мм)	Количество отверстий	Диапазон диафрагмы (мм)	Расстояние между отверстиями (мм)	спираль угол	толерантность	Обработка поверхности	Замечание
											шаг отверстий 15 мм, угол наклона спирали 40° (например, авиационные двигатели)
Стержень с тремя спиральными отверстиями	Круглый	WC8Co, WC10Co	6.020.0 ±0.03	100 - 600 ±1,0	3	0,54,0 ±0,02	1,56,0 ±0,05	20°45°±1°	x6, x8	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для фрез с многоканальным охлаждением типичный диаметр 15 мм, диаметр отверстия 3 мм, расстояние между отверстиями 4 мм (например, авиационные композитные материалы)
		ВКТЦ	20.150.0 ±0.1	200 - 1500 ±3,0	3	4.110.0 ±0.05	6.112.0 ±0.1	25°45°±1°	x8, x10	Полировка, покрытие TiB_2	Для тяжелой резки, типичный диаметр 40 мм, диаметр отверстия 8 мм, расстояние между отверстиями 10 мм (например, судостроение)
Стержень с отверстием специальной формы	Круг/Овал	WC10Co, WCNi	5.030.0 ±0.05	100 - 1000 ±2,0	14	0,58,0 ±0,03	1.010.0 ±0.1	0°45°±1°	x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для специальных сверл, типичный диаметр 20 мм, овальное отверстие 5×3 мм (например, специальная обработка)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Технические характеристики твердосплавных стержней без отверстий

Морфология	раздел форма	Тип материала	Диапазон диаметров/размеров (мм)	Диапазон длин (мм)	толерантность ИСО 286	Обработка поверхности	Замечание
Стержнеобразный	Круглый	WC6Co, WC8Co	0,051,0 ±0,005	550 ±0,3	x5, x6	Шлифовка, покрытие DLC	Для сверхмикросверл типичный диаметр 0,1 мм (например, микросверла для печатных плат, точность <0,001 мм ± 0,0002 мм)
		WC10Co, WCNi	1.13.0 ±0.01	10 - 100 ±0,5	x6, x7	Шлифовка, покрытие TiN	Для стоматологических бормашин, типичный диаметр 2 мм (например, реставрация зубов, скорость вращения >10 ^{5} об./мин ±10 ^{4} об./мин)
		ВКТЦ	3.16.0 ±0.02	30 - 150 ±0,5	x6, x7	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для прецизионных фрез типичный диаметр 4 мм (например, электронная обработка пресс-форм)
		WC12Co	6.112.0 ±0.03	50 - 330 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие CrN	Для цельных фрез типичный диаметр 10 мм, длина 330 мм (ISO 1832, авиационный алюминиевый сплав)
		WC15Co	12.120.0 ±0.05	100 - 600 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие TiB_2	Сверла для композитных материалов, типичный диаметр 16 мм (например, сверление углеродного волокна, отклонение диаметра отверстия <0,05 мм ± 0,01 мм)
		WC20Co	20.150.0 ±0.1	200 - 1500 ±2,0	x7, x9	Шлифовка и полировка	Буровые коронки для горнодобывающей промышленности, типичный диаметр 30 мм (например, бурение скальных пород, скорость бурения > 1 м/ч ± 0,1 м/ч)
		WCt	50.1100.0 ±0.2	500 - 3000 ±5,0	x8, x10	Спекание, грубая обработка	Для использования в сердечниках проходческих комбайнов, типичный диаметр 80 мм (например, проходка тоннелей)
		WC25Co	100.1500.0 ±0.5	1000 - 5000 ±10,0	x9, x11	Спекание, пескоструйная обработка	Для стержней для измельчения руды, типичный диаметр 300 мм (например, измельчение руды, потеря массы <0,1 г/ч ± 0,01 г/ч,)
	Овальный	WC10Co, WCNi	Длинная ось 1,020,0 ±0,05, короткая ось 0,510,0 ±0,05	50 - 600 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие CrN	Для специальных стержней форм, типичный размер 10×5 мм (например, волочильные фильеры специальной формы)
	Полукруглый	WC8Co, WC12Co	Радиус 2.030.0 ±0.05	50 - 1000 ±2,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие TiC	Для износостойких направляющих, типичный радиус 15 мм (например, механическое позиционирование)
Полоска	прямоугольник	WC6Co,	Ширина 1.010.0	10 - 200	x6, x7	Шлифовка,	Для заготовок микроинструментов, типичный

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Морфология	раздел форма	Тип материала	Диапазон диаметров/размеров (мм)	Диапазон длин (мм)	толерантность ИСО 286	Обработка поверхности	Замечание
		WC10Co	±0.02, Толщина 0.55.0 ±0.02	±0,5		покрытие DLC	размер 5×2 мм (например, для обработки электронных пресс-форм)
		WC15Co	Ширина 10.120.0 ±0.05, Толщина 5.110.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие TiN	Для деревообрабатывающих лезвий, типичный размер 15×8 мм (например, резка фанеры)
		WC20Co	Ширина 20.150.0 ±0.1, Толщина 10.120.0 ±0.1	10 - 0800 ±2,0	x7, x9	Полировка, покрытие CrN	Для пробивных лезвий, типичный размер 30×15 мм (например, ножницы по металлу)
		ВКТЦ	Ширина 50,1150,0 ±0,2, Толщина 20,150,0 ±0,2	200 - 1500 ±5,0	x8, x10	Спекание, пескоструйная обработка	Используется для футеровки дробилок, типичный размер 100×40 мм (например, дробление в горнодобывающей промышленности)
	Квадрат	WC8Co, WC12Co	Длина стороны 1.010.0 ±0.02	10 - 200 ±0,5	x6, x7	Шлифовка, покрытие AlTiN	Для прецизионных направляющих типичная длина стороны 5 мм (например, электронное оборудование)
		WC15Co	Длина стороны 10.130.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие TiB_2	Для сменных полос типичная длина стороны 20 мм (например, механические изнашиваемые детали)
		WC20Co	Длина стороны 30,1100,0 ±0,2	100 - 1000 ±2,0	x8, x10	Спекание, пескоструйная обработка	Для тяжелых лезвий, как правило, длина кромки составляет 50 мм (например, для дробления конструкций)
	треугольник	WC10Co, WCNi	Длина стороны 2.020.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие CrN	Для специальных заготовок инструментов типичная длина стороны 10 мм (например, декоративная гравировка)
	трапеция	WC8Co, WC12Co	Верхнее основание 2.020.0 ±0.05, нижнее основание 3.030.0 ±0.05, высота 1.015.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие TiC	Для износостойких вставок, типичный размер 10×15×8 мм (например, шахтные конвейеры)
Столбчатый	цилиндр	WC6Co, WC10Co	0,55,0 ±0,02	5 - 100 ±0,5	x6, x7	Зеркальная полировка, покрытие DLC	Для сердечника фильеры для волочения проволоки, типичный диаметр 3 мм (например, волочение медной проволоки, отклонение <0,002 мм ± 0,0005 мм)
		WC15Co	5.120.0 ±0.05	20 - 200 ±1,0	x6, x8	Полировка, покрытие CrN	Для штамповки сердечников штампов, типичный диаметр 10 мм (например,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Морфология	раздел форма	Тип материала	Диапазон диаметров/размеров (мм)	Диапазон длин (мм)	толерантность ИСО 286	Обработка поверхности	Замечание
							штамповка автомобильных гаек)
		WC20Co	20.150.0 ±0.1	50 - 400 ±2,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие TiC	Для сердечника экструзионной головки типичный диаметр 30 мм (например, экструзия алюминиевой трубы, отклонение толщины стенки <0,02 мм ± 0,005 мм)
		WCtC	50.1200.0 ±0.2	100 - 1000 ±5,0	x8, x10	Спекание, пескоструйная обработка	Для сердечника штампа холодной высадки, типичный диаметр 100 мм (например, холодная высадка болтов)
	Шестиугольная колонна	WC10Co, WCNi	Маржа 2.020.0 ±0.05	50 - 400 ±1,0	x6, x8	Шлифовка, покрытие CrN	Для шестигранных сердечников типичное расстояние до края составляет 10 мм (например, формовка крепежа)
		WC15Co	Маржа 20.150.0 ±0.1	100 - 800 ±2,0	x7, x9	Полировка, Покрытие Al_2O_3	Для износостойких направляющих стоек типичное расстояние до кромки составляет 30 мм (например, механические направляющие рельсы)
	восьмиугольная колонна	WC8Co, WC12Co	Маржа 5.030.0 ±0.05	50 - 600 ±1,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие TiB_2	Для специальных сердечников форм типичное расстояние до края составляет 20 мм (например, декоративные формы).
	Звездная колонна	WC10Co, WCNi	Диаметр описанной окружности 5.040.0 ±0.1	50 - 600 ±2,0	x7, x9	Шлифовка, покрытие CrN	Для нестандартных сменных деталей, типичный диаметр 20 мм (например, художественная обработка)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

Введение в твердосплавные шпильки

Твердосплавные шпильки — это высокопроизводительные износостойкие компоненты, изготовленные из карбида вольфрама и других твердых сплавов с помощью прецизионных производственных процессов. Они предназначены для высокоизносных, ударопрочных и коррозионных промышленных сред. Они известны своей сверхвысокой твердостью, превосходной прочностью и длительным сроком службы и широко используются в горнодобывающей промышленности, машиностроении, строительном оборудовании, энергетике, портах и доках, металлургии и химической промышленности, сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и морской технике. Будь то ковш экскаватора, молот дробилки или износостойкие детали портового конвейера, твердосплавные шпильки могут значительно повысить долговечность и эффективность работы оборудования, а также сократить расходы на техническое обслуживание.

В данной статье будут подробно рассмотрены ключевые компоненты в этой промышленной области с точки зрения свойств материалов, основных спецификаций, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ, проблем и решений, а также будущих разработок.

1. Состав материала и характеристики твердосплавных шпилек

1.1 состав

1.2

Состав материала твердосплавных шпилек тщательно разработан для достижения баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Твердая фаза: карбид вольфрама (WC, 80-95%), обеспечивающий отличную твердость и износостойкость. Некоторые формулы легированы карбидом титана (TiC , 15%) или карбидом тантала (TaC , 0,52%) для повышения стабильности при высоких температурах или стойкости к окислению.

Фаза связующего: Кобальт (Co, 515%) является основным связующим, который улучшает прочность и ударопрочность. Никель (Ni, 510%) используется в специальных формулах для улучшения коррозионной стойкости и подходит для кислых или влажных сред.

Добавки: следовые количества хрома (Cr, 0,11%), ванадия (V, 0,05-0,5%) или молибдена (Mo, 0,10,8%) используются для измельчения зерна, замедления его роста и повышения коррозионной стойкости и стойкости к высокотемпературному окислению.

1.2 Основные характеристики твердосплавных шпилек

Эффективность твердосплавных шпилек обусловлена их оптимизированной микроструктурой:

Твёрдость: HRA 86 - 92 (HV 1200-1700), что значительно превосходит твёрдость стали с высоким содержанием марганца (HRC 20 - 50) или чугуна с высоким содержанием хрома

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(HRC 50 - 60).
Вязкость разрушения: 6,510 МПа·м^1/2, лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^1/2), устойчив к разрушению при высоких ударах.
Износостойкость: скорость износа 0,010,02 мм^3/ Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистого чугуна.
Прочность на сжатие: 4000 - 6000 МПа, подходит для больших ударных нагрузок.
Плотность: 13,815,2 г/см^3, сбалансированная прочность и вес.
Коррозионная стойкость: скорость коррозии <0,07 мм/год при pH 49; составы или покрытия на основе никеля выдерживают pH 210.
Температурная стойкость: от 20°C до 800°C, некоторые составы могут кратковременно выдерживать температуру 1000°C.

1.3 Преимущества микроструктуры шпилек из цементированного карбида

Шипы обычно имеют мелкозернистую (0,52 мкм) или ультрамелкозернистую (0,2–0,5 мкм) структуру, преимущества которой включают в себя:
Высокая твердость: мелкие зерна увеличивают площадь границ зерен, повышая сопротивление деформации и износостойкость.
Превосходная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение и уменьшает распространение трещин.
Износостойкость: уменьшает микроотслаивание, сохраняет поверхность гладкой и продлевает срок службы.

2. Основные характеристики твердосплавных шпилек

Твердосплавные шпильки имеют различные спецификации. Ниже приведены общие спецификации и параметры (см. отраслевые стандарты и данные производителя):

твердосплавного штифта :
Цилиндрический: наиболее распространенный, подходит для инкрустации или пайки.
Конический: для условий с высокой проникающей способностью, например, для инструментов для бурения горных пород.
Полусферическая или плоская головка: увеличенная площадь контакта, подходит для износостойких поверхностей.
Индивидуальные формы: трапеция, многоугольник и т. д. для соответствия конкретным условиям работы.

Размеры твердосплавных шпилек :
Диаметр: 3–60 мм (обычно 6–30 мм).
Длина: 5–120 мм (обычно 10–50 мм).
Допуск: ±0,02 мм (высокоточная обработка).

твердосплавного штифта :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Каждое изделие весит 0,053 кг и подходит для инкрустации или механического крепления.

Шероховатость поверхности:
Ra 0,3 - 0,8 мкм , снижает трение и адгезию материала.

Степень твердости:
Стандарт: HRA 86 - 89 (горнодобывающая промышленность, строительство).
Высокая твердость: HRA 89 - 92 (экстремальный износ, например, при бурении скальных пород).

Формула материала:
WCCo (общего назначения): содержание кобальта 6 - 12%, HRA 87 - 91, высокая прочность.
WCNi (коррозионностойкий тип): содержание никеля 510%, подходит для кислой среды.
WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 800 - 1000°C.

Способ установки:
Пайка: Высокотемпературная пайка (900-1100°C), прочность связи >200 МПа.
Механический монтаж: холодное или горячее прессование, время установки <10 минут.
Крепление болтами: для съемных деталей.

Обработка поверхности:
Полировка: Ra 0,20,4 мкм , усталостная стойкость.
Покрытие: TiN (HV 2000-2500), DLC (коэффициент трения 0,10,2).

Соответствие стандартам:
Система менеджмента качества ISO 9001.
ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).

Типичные примеры твердосплавных шпилек:
Шпильки для горнодобывающей промышленности: диаметр 10 - 20 мм, длина 20 - 40 мм, HRA 88 - 90, срок службы 4000 - 8000 часов.
Дробильные шпильки: диаметр 20 - 40 мм, длина 30 - 60 мм, HRA 89 - 92, ударопрочность < 100 Гц.
Изнашиваемые части портов: диаметр 15–30 мм, длина 15–50 мм, HRA 86–89, стойкость к коррозии в морской воде.

3. Процесс изготовления твердосплавных шпилек

Производство твердосплавных шпилек основано на технологии порошковой металлургии, обеспечивающей производительность и точность.

3.1 Подготовка сырья

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

карбид вольфрама высокой чистоты (WC, чистота>99,95%), кобальт (Co, чистота>99,9%) и другие добавки (такие как TiC , TaC). Порошки смешиваются путем мокрого помола (спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов) со средним размером частиц 0,21 мкм. В качестве ингибитора зерна добавляют VC или Cr3C2 (0,10,5%).

3.2 Формирование

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошок прессуется в сырые прессовки под давлением 200–400 МПа с плотностью 50–60% от теоретического значения.
Прецизионное литье : для сложных форм используются высокоточные формы (допуск ±0,1 мм).
Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности зеленых тел.

3.3 Спекание

Предварительное спекание: 900 - 1100°C для удаления органических добавок.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1350 - 1500°C, 100 - 200 МПа, атмосфера аргона, спекание в течение 24 часов, плотность 99,8 - 100%.
Охлаждение: Постепенное охлаждение (10–20 °C/мин) для предотвращения образования трещин из-за термических напряжений.

3.4 Постобработка

Прецизионная шлифовка: Обработка алмазным шлифовальным кругом, допуск ±0,02 мм, шероховатость Ra 0,30,8 мкм .
Укрепление поверхности: пескоструйная обработка, полировка или нанесение покрытия (TiN , DLC).
Контроль качества: испытание на твердость (HRA/HV), анализ микроструктуры (СЭМ), измерение размеров (3D-измерительный прибор), неразрушающий контроль (ультразвук).

4. Области применения и сценарии применения твердосплавных шпилек

Твердосплавные шпильки играют ключевую роль в следующих областях и сценариях благодаря своей превосходной износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости:

4.1 Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров

Ковш экскаватора: встроен в зубья или кромки ковша, устойчив к износу от твердых руд и горных пород, имеет срок службы 3000–6000 часов, подходит для открытых разработок и карьеров.
Изнашиваемые детали дробилок: используются для молотков и футеровок щековых, конусных или ударных дробилок, со скоростью износа <0,012 мм^3/ Н·м и периодом

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

технического обслуживания 12–24 месяца.

Буровые инструменты и инструменты для бурения горных пород: используются в буровых установках или туннелепроходческих машинах, выдерживают высокочастотные удары и износ от воздействия твердых пород, а их срок службы в 46 раз превышает срок службы стальных буровых коронок.

Скребковый конвейер для горнодобывающей промышленности: защищает скребок или боковую часть желоба от износа рудой и углем, подходит для добычи угля длинными забоями.

4.2 Строительная и инженерная техника

Трубопровод автобетононасоса: защищает внутреннюю стенку трубопровода, выдерживает эрозию бетона, песка и гравия, имеет срок службы в 35 раз больше, чем у стали с высоким содержанием марганца, используется в высотных зданиях.

Скребки и лезвия для асфальтоукладчиков: устойчивы к износу асфальтобетонной смесью и гравием, срок службы 4000–7000 часов.

Износостойкие детали смесителя: повышают износостойкость лопастей или внутренних стенок, чтобы выдерживать износ от песка, гравия и цемента, подходят для производства товарного бетона.

Ножи бульдозеров и погрузчиков: защищают ножи от износа при контакте с почвой и гравием, используются при земляных работах.

4.3 Энергия и мощность

Изнашиваемые детали угольной мельницы : устойчивы к износу угольной пылью и высоким температурам 500–700 °C, срок службы 36 лет, используются на угольных электростанциях.

Трубопроводы и клапаны для транспортировки золы: устойчивы к эрозии и коррозии, вызываемой летучей золой, что снижает затраты на техническое обслуживание на 40%.

Защита фундамента ветряной турбины: противостоит эрозии морской воды и износу от песка и гравия, а также повышает долговечность свайных фундаментов морских ветровых электростанций.

4.4 Порты, терминалы и логистика

Износостойкие детали для погрузочно-разгрузочного оборудования: используются для конвейерных лент, грейферов, бункеров или погрузчиков, выдерживают износ от угля, руды и зерна, срок службы составляет 24 года.

Конструкция защиты причала: встроена в отбойники, направляющие пластины или компоненты, предотвращающие столкновения, устойчива к коррозии в морской воде (pH 68), период технического обслуживания 12–18 месяцев.

Система логистической транспортировки: повышение износостойкости ленточных конвейеров или роликов для обеспечения возможности транспортировки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

высоконагруженных материалов.

4.5 Металлургия и химическая промышленность

Изнашиваемые детали прокатных станов: устойчивы к высокотемпературному износу металла и механическим воздействиям, срок службы в три раза больше, чем у традиционных материалов, используются при горячей и холодной прокатке.
Износостойкие детали сталеплавильных печей: устойчивы к эрозии под воздействием высокотемпературного шлака и расплавленной стали, подходят для электродуговых печей и конвертеров.
Защита химического оборудования: Устойчив к едким химикатам и износу частицами, подходит для среды с pH 310.

4.6 Сельское и лесное хозяйство

Изнашиваемые детали сельскохозяйственной техники: используются для плужных лемехов, ножей комбайнов или сеялок для защиты оборудования от износа почвой, песком и гравием.
Защита лесозаготовительного оборудования: устойчива к истиранию древесиной, корой и песком, подходит для рубки и переработки.

4.7 Другие специальные цели

Техническое обслуживание железных дорог и путей: используется в выравнивателях балласта или путешлифовальном оборудовании для предотвращения износа балласта и рельсов.
Морское строительство: защита подводных трубопроводов, дноуглубительного оборудования или морских платформ от эрозии морской водой и износа песком и гравием.
Авиационная и военная промышленность: используется в противообледенительных машинах для взлетно-посадочных полос или в износостойких деталях военной техники для соответствия высоким требованиям надежности.

5. Преимущества

Сверхдолгий срок службы: срок службы увеличен в 36 раз, что сокращает время простоя и техническое обслуживание.
Гибкая настройка: различные размеры, формы и формулы для удовлетворения индивидуальных потребностей.
Адаптивность к окружающей среде: износостойкость, коррозионная стойкость, устойчивость к высоким температурам и способность адаптироваться к сложным условиям.
Экологичное производство: сокращение потребления материалов и соблюдение принципов устойчивого развития.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6. Будущее развитие

Благодаря высокой твердости (HRA 86 - 92), превосходной прочности (6,5 - 10 МПа·м^1/2) и сверхдлительному сроку службы (3000 - 12000 часов) шпильки из цементированного карбида стали ключевыми износостойкими компонентами в горнодобывающей промышленности, строительстве, энергетике, портах и доках, металлургии, химической промышленности, сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, железных дорогах, судостроении, авиационной и военной промышленности. Разнообразные технические характеристики (диаметр 3 - 60 мм, длина 5 - 120 мм, HRA 86 - 92) и прецизионный процесс порошковой металлургии обеспечивают производительность и надежность. В будущем интеллектуальное производство (оптимизация ИИ, точность > 99%), новые материалы (графеновое покрытие, коэффициент трения 0,05), экологичное производство (степень переработки 85%) и модульная конструкция будут способствовать их широкому применению в высокотехнологичном производстве и устойчивой промышленности, придавая новый импульс эффективной работе оборудования и промышленному прогрессу.

карбидные материалы со сложной геометрией (матрицы, сопла)

Твердосплавные материалы со сложными геометрическими формами: многокриволинейные поверхности и микропористые структуры (размер пор < 0,5 мм)

Обзор основных принципов и технологий производства твердосплавных материалов для сложных геометрических форм

Сложная геометрия твердого сплава (фильеры, сопла), содержащего несколько криволинейных поверхностей (радиус кривизны > 0,1 мм ± 0,01 мм) и микропоры (отверстие 0,10,5 мм ± 0,01 мм), изготовленная методом точного прессования (300500 МПа ± 1 МПа), спекания (1450 °C ± 10 °C) или аддитивного производства (SLM, точность < 0,1 мм ± 0,01 мм). Шероховатость поверхности Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм .

Оборудование включает в себя прессы с ЧПУ (точность ±0,01 мм) и принтеры SLM (разрешение <0,1 мм ±0,01 мм). Тесты охватывают геометрическую точность (ISO 1832, точность ±0,01 мм) и постоянство апертуры (КТ, точность ±0,001 мм). Например, апертура сопла YG6 составляет 0,3 мм ±0,01 мм, а радиус кривизны — 0,5 мм ±0,01 мм.

Анализ механизма

твердосплавных материалов со сложной геометриейМножественный Изогнутые поверхности (радиус кривизны > 0,1 мм ± 0,01 мм) оптимизируют динамику жидкости (сопротивление < 10 Н ± 1 Н), а микропоры (0,3 мм ± 0,01 мм) обеспечивают точность впрыска (отклонение < 0,01 мм ± 0,001 мм). После спекания размер зерна составляет 0,51 мкм ± 0,01 мкм , а твердость — HV 2000 ± 30. СЭМ показывает, что стенка пор гладкая (Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм) и нет трещин (< 1 мкм ± 0,1 мкм). КТ-сканирование подтверждает постоянство размера пор (отклонение < 0,01% ± 0,001%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Анализ факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики твердосплавных материалов со сложной геометрией

Апертура: 0,30,5 мм ± 0,01 мм, высокая точность; <0,1 мм ± 0,01 мм, скорость засорения увеличивается на 10% ± 2%.

Радиус кривизны: >0,1 мм±0,01 мм, низкое сопротивление жидкости; <0,05 мм±0,01 мм, сопротивление увеличено на 15%±3%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , высокая твердость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , твердость снижается на 10% ± 2%.

Производственный процесс: SLM, высокая степень свободы; прессование, отклонение апертуры увеличено на 5%±1%.

Обработка поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , распыление стабильно; >0,5 мкм±0,01 мкм , скорость износа увеличивается на 10%±2%.

Например, скорость засорения сопла YG6 (отверстие 0,1 мм ± 0,01 мм) увеличилась до 15% ± 2%.

Стратегия оптимизации

для твердых сплавов со сложной геометрией заключается в достижении диаметра отверстия 0,10,5 мм ± 0,01 мм и радиуса кривизны > 0,1 мм ± 0,01 мм. Рекомендуется:

Оптимизация: апертура 0,30,5 мм±0,01 мм, радиус кривизны>0,1 мм±0,01 мм.

Оптимизация производства: SLM (мощность 300400 Вт ± 10 Вт), точность < 0,1 мм ± 0,01 мм.

Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, размер зерна 0,51 мкм±0,01 мкм .

Оптимизация поверхности: полировка Ra<0,2 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа снижена на 10% ± 2%.

Спецификации испытаний: ISO 1832 (геометрия), КТ (апертура).

Например, точность сопла YG6 (отверстие 0,3 мм ± 0,01 мм) составляет < 0,01 мм ± 0,001 мм.

10.6.2.3.2 Требования к эксплуатационным характеристикам: износостойкость (скорость износа <0,05 мм³/ Н·м)

Обзор основных принципов и технологий износостойкости твердосплавных материалов сложной геометрии

Твердый сплав сложной геометрии (например, формы, сопла) требует износостойкости (скорость износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), твердости HV 1800 - 2200±30 и коррозионной стойкости (скорость коррозии <0,01 мм/год±0,001 мм/год), чтобы выдерживать высокие нагрузки (>100 МПа±10 МПа) и эрозию жидкости (скорость потока>10 м/с±1 м/с). Размер зерна 0,51 мкм ± 0,01 мкм , содержание Co 6%10% ± 1%, часто с покрытием (TiAlN или Al_2O_3, толщина 25 мкм ± 0,1 мкм) или ГИП (1400°C ± 10°C, 150 МПа ± 1 МПа) для оптимизации характеристик.

Испытания включают износостойкость (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м), твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг ±0,1 кг) и коррозию (ASTM G31, точность ±0,001 мм/год). Например, скорость износа сопла YG6 составляет 0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , а твердость составляет HV 2000±30.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Механизм износостойкости и анализ
материалов из твердого сплава со сложной геометрией Мелкозернистая структура (0,51 мкм ± 0,01 мкм) увеличивает твердость HV 2000 ± 30, Co (8% ± 1%) обеспечивает прочность K_1 с 1215 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, покрытие TiAlN (коэффициент трения < 0,3 ± 0,05) снижает скорость износа (0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м). ГИП устраняет поры (пористость < 0,1% ± 0,01%) и повышает коррозионную стойкость (< 0,01 мм/год ± 0,001 мм/год). СЭМ показывает, что изношенная поверхность гладкая (глубина следа износа < 0,01 мм ± 0,001 мм) и нет шелушения (дефекты < 0,01 мм ± 0,001 мм). XPS подтверждает состав покрытия (Ti 2p~459 эВ±0,1 эВ). Испытания на износ показывают, что YG6TiAlN превосходит непокрытый YG6 (скорость износа 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ факторов, влияющих на износостойкость твердосплавных материалов со сложной геометрией
Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличная износостойкость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа увеличивается на 15% ± 3%.
Содержание Co: 6%10%±1%, хорошая прочность; >12%±1%, твердость снижается на 10%±2%.
Толщина покрытия: 25 мкм±0,1 мкм , износостойкость увеличивается на 30%±5%; >10 мкм±0,1 мкм , скорость отслаивания увеличивается на 15%±3%.
Пористость: <0,1%±0,01%, стабильная производительность; >0,5%±0,01%, скорость износа увеличивается на 10%±2%.
Жидкая среда: нейтральная (pH 68±0,1), меньше коррозии; кислая (pH<3±0,1), скорость коррозии увеличивается на 20%±3%.
Например, скорость износа YG6 (без покрытия) увеличивается до 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

Стратегия оптимизации износостойкости
для твердосплавных материалов со сложной геометрией заключается в достижении скорости износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м и твердости HV 1800 - 2200±30. Рекомендуется:
Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).
Оптимизация: 6%10%±1%, балансировка твердости и прочности.
Оптимизация покрытия: TiAlN или Al_2O_3 (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 30% ± 5%.
Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.
Технические характеристики испытаний: ASTM G65 (стойкость к истиранию), ASTM E92 (твердость).
Например, скорость износа YG6TiAlN (HIP, 2 мкм ± 0,1 мкм) составляет 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

10.6.2.3.3 Применение: Твердосплавные пресс-формы сложной геометрии и управление жидкостями

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Основные принципы и технический обзор прецизионных пресс-форм из карбида вольфрама сложной геометрии

Твердый сплав сложной геометрии широко используется в прецизионных пресс-формах (срок службы > 10^6 раз ± 10^5 раз) и соплах управления жидкостью (срок службы > 10^4 часов ± 10^3 часов) благодаря своей износостойкости (скорость износа < 0,05 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м) и высокой точности (< 0,01 мм ± 0,001 мм). YG6 и YG8 подходят для штамповочных штампов и сопел высокого давления (давление > 100 МПа ± 10 МПа).

Испытания включают срок службы пресс-формы (ISO 3327, точность ±10^4 раз), производительность сопла (ISO 1832, точность ±0,01 мм) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, срок службы пресс-формы YG6 составляет 1,2 миллиона раз ±100 000 раз, а скорость износа сопла YG8 составляет 0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

Механизм и анализ

сложных геометрических точных карбидных пресс-форм Высокая твердость (HV 2000±30) и низкая пористость (<0,1%±0,01%) обеспечивают стойкость пресс-формы к деформации (деформация <0,01%±0,001%), а микропористая структура (0,3 мм±0,01 мм) обеспечивает точность впрыска сопла (отклонение <0,01 мм±0,001 мм). Покрытие (Al_2O_3, 2 мкм±0,1 мкм) улучшает коррозионную стойкость (<0,01 мм/год±0,001 мм/год). СЭМ показывает, что поверхность пресс-формы равномерно изношена (глубина <0,01 мм±0,001 мм), а стенка отверстия сопла гладкая (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм).

Испытания на износ показывают, что сопло YG8 превосходит YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

сложные геометрические формы из твердосплавных прецизионных форм

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , длительный срок службы; > 2 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа увеличивается на 10% ± 2%.

Покрытие: Al_2O_3, отличная коррозионная стойкость; без покрытия скорость коррозии увеличивается на 20%±3 %.

Точность апертуры: <0,01 мм ± 0,001 мм, стабильная струя; >0,05 мм ± 0,01 мм, отклонение увеличивается на 15% ± 3%.

Рабочее давление: >100 МПа±10 МПа, требуется высокая твердость; <50 МПа±10 МПа, предпочтительна ударная вязкость.

Окружающая среда: Нейтральная жидкость, длительный срок службы; кислая, срок службы сокращен на 15%±3%.

Например, срок службы сопла YG6 (без покрытия) сокращается до 8000 часов ± 1000 часов.

для прецизионных форм из карбида со сложной геометрией

необходимо достичь срока службы формы >10^6 раз ±10^5 раз и срока службы сопла >10^4 часов ±10^3 часов. Рекомендуется:

Оптимизация материала: YG8, зерно 0,51 мкм ± 0,01 мкм , Co 8%10% ± 1%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация покрытия: Al_2O_3 (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 30% ± 5%.
Оптимизация производства: SLM или прецизионное шлифование, точность <0,01 мм±0,001 мм.
Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.
Технические условия испытаний: ISO 3327 (срок службы штампа), ASTM G65 (износ).

Применение в проектировании прецизионных пресс-форм из карбида вольфрама со сложной геометрией
Штамп: YG6 (твердость HV 2000±30), срок службы 1,2 миллиона раз ±100 000 раз.
Сопло высокого давления: YG8 (скорость износа 0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), срок службы 15 000 часов±1000 часов.
Гидравлический клапан: YG6 (точность <0,01 мм ± 0,001 мм), срок службы > 10 4 часов ± 10^3 часов.
Эти приложения демонстрируют, что сложные геометрии отвечают требованиям точности.

10.6.2.4 Изготовление изделий из твердого сплава сложной геометрической формы и нестандартных форм на заказ

Твердый сплав со сложной геометрией: аддитивное производство и прецизионное шлифование

Обзор основных принципов и технологий
твердого сплава со сложной геометрией. и нестандартный фасонный твердый сплав изготавливается методом аддитивного производства (SLM, мощность 300 - 400 Вт ± 10 Вт; Binder Jetting, толщина слоя 50 - 100 мкм ± 1 мкм) или прецизионным шлифованием (точность шлифовального круга <1 мкм ± 0,1 мкм) для удовлетворения требований сложной геометрии (степень свободы > 95% ± 2%) и высокой точности (<0,01 мм ± 0,001 мм). Размер зерна 0,52 мкм ± 0,01 мкм , содержание Co 6% 12% ± 1%.

Оборудование включает в себя SLM-принтер (разрешение <0,1 мм ± 0,01 мм) и пятикоординатный шлифовальный станок с ЧПУ (точность ± 0,001 мм). Испытания охватывают геометрическую точность (ISO 1832, точность ± 0,01 мм) и качество поверхности (ISO 4287, точность ± 0,001 мкм).

Например, точность специального инструмента YG8 составляет <0,01 мм±0,001 мм, а шероховатость поверхности Ra составляет <0,2 мкм±0,01 мкм .
Механизм и анализ
сложной геометрии твердосплавного сплава SLM образует сложные структуры (радиус кривизны > 0,1 мм ± 0,01 мм) посредством лазерной плавки (глубина ванны расплава 100 - 200 мкм ± 10 мкм), а прецизионная шлифовка обеспечивает гладкость поверхности (Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм). После спекания плотность составляет > 98% ± 0,1%, а твердость - HV 1800

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

± 30. СЭМ показывает, что зерна деталей SLM однородны (0,52 мкм ± 0,01 мкм), и на шлифованной поверхности нет трещин (< 1 мкм ± 0,1 мкм). КТ-сканирование подтверждает, что внутренние дефекты < 0,01 мм ± 0,001 мм. Тесты точности показывают, что SLM лучше традиционного прессования (отклонение < 0,1 мм ± 0,01 мм).

Анализ факторов, влияющих на сложные геометрические формы твердого сплава

Мощность печати: 300 - 400 Вт ± 10 Вт, высокая плотность; < 200 Вт ± 10 Вт, пористость увеличивается на 10% ± 2%.

Толщина слоя: 50 - 80 мкм ± 1 мкм , превосходная точность; > 100 мкм ± 1 мкм , отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , сбалансированная производительность; > 5 мкм ± 0,01 мкм , твердость снижается на 10% ± 2%.

Точность шлифования: <1 мкм±0,1 мкм , хорошее качество поверхности; >5 мкм±0,1 мкм , скорость износа увеличивается на 10%±2%.

После обработки: ГИП пористость уменьшается на 10%±2%; без ГИП уровень дефектов увеличивается на 15%±3%.

Например, точность YG8 (толщина слоя 120 мкм ± 1 мкм) снижена до 0,05 мм ± 0,01 мм.

Стратегия оптимизации

для твердого сплава со сложной геометрией заключается в достижении точности <0,01 мм±0,001 мм и Ra<0,2 мкм±0,01 мкм . Рекомендуется:

Оптимизация SLM: мощность 300 - 400 Вт ± 10 Вт, толщина слоя 50 - 80 мкм ± 1 мкм .

Оптимизация шлифования: точность <1 мкм±0,1 мкм , скорость вращения шлифовального круга 5000 - 8000 об/мин±100 об/мин.

Контроль зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Последующая обработка: горячее изостатическое прессование (1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа), плотность>99%±0,1%.

Спецификации испытаний: ISO 1832 (геометрия), ISO 4287 (поверхность).

Например, точность YG8SLM (HIP) составляет <0,01 мм ± 0,001 мм, а Ra составляет <0,2 мкм ± 0,01 мкм .

10.6.2.4.2 Сложная геометрия влияет на производительность карбида: геометрическая точность <10 мкм , шероховатость поверхности Ra <0,2 мкм

Основные принципы и технический обзор

твердого сплава со сложной геометрией Изготовленный по индивидуальному заказу твердый сплав требует геометрической точности <10 мкм ± 1 мкм , шероховатости поверхности Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм , твердости HV 1600 - 2000 ± 30, прочности K_{1} с 1015 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, что соответствует требованиям аэрокосмической (точность < 0,01 мм ± 0,001 мм) и медицинского оборудования (срок службы > 10 ^{4} раз ± 10^{3} раз). Зерно 0,52 мкм ± 0,01 мкм , Co 6%12% ± 1%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тесты включают точность (3D-сканирование, точность ±0,001 мм), шероховатость поверхности (ISO 4287, точность ±0,001 мкм) и производительность (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, деталь YG8 имеет точность 8 мкм±1 мкм и Ra 0,15 мкм±0,01 мкм .

Механизм и анализ

Высокая точность (<10 мкм ± 1 мкм) достигается за счет послойного формования SLM (толщина слоя 50 мкм ± 1 мкм) и шлифования (точность <1 мкм ± 0,1 мкм), низкий Ra (<0,2 мкм ± 0,01 мкм) снижает трение (коэффициент трения <0,3 ± 0,05). Мелкие зерна (0,52 мкм ± 0,01 мкм) обеспечивают твердость HV 1800 ± 30, а Co (10% ± 1%) улучшает ударную вязкость K_1 с 12 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5. СЭМ показывает, что поверхность гладкая (следы износа <0,01 мкм ± 0,001 мкм) и отсутствуют микротрещины (<0,01 мм ± 0,001 мм). 3D-сканирование подтверждает точность 8 мкм ± 1 мкм , что лучше, чем при традиционной обработке (20 мкм ± 2 мкм).

Анализ влияющих факторов

Точность: <10 мкм ± 1 мкм , превосходная производительность; >20 мкм ± 2 мкм , скорость износа увеличивается на 10% ± 2%.

Ra: <0,2 мкм ± 0,01 мкм , низкое трение; >0,5 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа увеличивается на 15% ± 3%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , высокая твердость; > 5 мкм ± 0,01 мкм , твердость снижается на 10% ± 2%.

Содержание Co: 6%12%±1%, хорошая прочность; <6%±1%, K_1 с уменьшается на 10%±2%.

Производственный процесс: SLM, высокая точность; прессование, увеличение отклонения 10%±2%.

Например, скорость износа YG8 (Ra 0,5 мкм±0,01 мкм) увеличивается до 0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении точности <10 мкм±1 мкм и Ra<0,2 мкм±0,01 мкм . Рекомендуется следующее:

Оптимизация SLM: мощность 300 - 400 Вт ± 10 Вт, толщина слоя 50 - 80 мкм ± 1 мкм .

Оптимизация шлифования: точность <1 мкм±0,1 мкм , Ra<0,2 мкм±0,01 мкм .

Оптимизация зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавлен VC (0,2% ± 0,01%).

Совместная оптимизация: 6%12%±1%, сбалансированная производительность.

Характеристики теста: 3D-сканирование (точность), ISO 4287 (поверхность).

Например, точность YG8 (SLM, шлифование) составляет 8 мкм ± 1 мкм , Ra 0,15 мкм ± 0,01 мкм .

10.6.2.4.3 Применение карбида вольфрама со сложной геометрией: аэрокосмическая

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

промышленность и медицинские приборы

Основные принципы и обзор технологийНастраиваемый

Твердый сплав подходит для аэрокосмической промышленности (формы для турбинных лопаток, срок службы >10 ⁵ раз ±10 ⁴ раз) и медицинских приборов (костные сверла, срок службы >10 ⁴ раз ±10³ раз) благодаря своей точности <10 мкм ±1 мкм и Ra <0,2 мкм ±0,01 мкм . YG8 и YG10 отвечают требованиям высокой надежности (усталостная долговечность >10 ⁶ раз ±10 ⁵ раз).

Испытания включают срок службы (ISO 3327, точность ±10 ⁴ раз), точность (3D-сканирование, точность ±0,001 мм) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, срок службы костного сверла YG8 составляет 12 000 ±1 000 раз, а точность авиационной формы составляет <10 мкм ±1 мкм .

Механизм и анализ

Высокая точность (<10 мкм ± 1 мкм) обеспечивает посадку авиационных форм (зазор <0,01 мм ± 0,001 мм), а низкий Ra (0,15 мкм ± 0,01 мкм) снижает трение медицинских устройств (<0,1 Н ± 0,01 Н). Твердость HV 1800 ± 30 и вязкость K_1 с 12 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5 выдерживают высокочастотную вибрацию (> 10 Гц ± 1 Гц). СЭМ показывает, что поверхность костного сверла гладкая (следы износа <0,01 мкм ± 0,001 мм), а форма не имеет трещин (<0,01 мм ± 0,001 мм).

Испытания на износ показывают, что скорость износа YG8 составляет 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , что лучше, чем у YG6 (0,06 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов

Точность: <10 мкм ± 1 мкм , длительный срок службы; >20 мкм ± 2 мкм , частота отказов увеличивается на 10% ± 2%.

Ra: <0,2 мкм ± 0,01 мкм , низкое трение; >0,5 мкм ± 0,01 мкм , скорость износа увеличивается на 15% ± 3%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , отличные характеристики; > 5 мкм ± 0,01 мкм , срок службы сокращается на 10% ± 2%.

Нагрузка: для высокой частоты (>10 Гц±1 Гц) требуется прочность; для низкой частоты предпочтительна твердость.

Окружающая среда: Стерильная (медицинская), длительный срок службы; едкая, срок службы сокращен на 15%±3%.

Например, срок службы костного сверла YG6 (Ra 0,5 мкм ± 0,01 мкм) сокращается до 8000 ± 1000 раз.

Стратегия оптимизации

для твердого сплава со сложной геометрией заключается в достижении срока службы >10 ⁴ раз ±10³ раз и точности <10 мкм ±1 мкм . Рекомендуется:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оптимизация материала: YG8, зерно 0,52 мкм ± 0,01 мкм , Co 8%12% ± 1%.
Оптимизация SLM: мощность 300400 Вт ± 10 Вт, точность < 10 мкм ± 1 мкм .
Оптимизация поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , скорость износа снижена на 10%±2%.
Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.
Характеристики испытаний: ISO 3327 (срок службы), 3D-сканирование (точность).

Применение в машиностроении изделий из твердого сплава со сложной геометрией

Твердосплавная авиационная форма
YG8 (точность <10 мкм ± 1 мкм) срок службы: 120 000 раз ± 10 000 раз.
Твердосплавное костное сверло
YG10 (Ra 0,15 мкм±0,01 мкм) срок службы: 12 000 раз±1 000 раз.
Детали турбин из карбида
YG8 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) срок службы>10^5 раз±10^4 раз.
Эти применения демонстрируют, что изготовленные по индивидуальному заказу сплавы отвечают высоким требованиям точности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Виды нестандартных изделий из твердого сплава со сложной геометрией

Название продукта	Английское имя	описывать
Пластина пятиугольной формы из цементированного карбида	Пятиугольная пластина из цементированного карбида	Пятиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 5 - 100 ± 0,1 мм, поверхность полированная (шероховатость Ra < 0,10,2 мкм ± 0,01 мкм), с выемкой (радиус 13 ± 0,1 мм).
Шестигранная твердосплавная пластина	Шестигранная пластина из цементированного карбида	Шестиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 5 - 80 ± 0,1 мм, толщина 120 ± 0,05 мм, края могут быть скошены (радиус 0,20,5 ± 0,05 мм).
Пластина специальной формы из семиугольного карбида	Семиугольная пластина из цементированного карбида	Семиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 10 - 60 ± 0,1 мм, гладкая поверхность, опционально с центральным отверстием (диаметр 210 ± 0,01 мм).
Восьмиугольная твердосплавная пластина	Восьмиугольная пластина из цементированного карбида	Восьмиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 5 - 50 ± 0,1 мм, толщина 215 ± 0,05 мм, с закругленными краями (радиус 515 ± 0,1 мм).
Стержень пятиугольной формы из цементированного карбида	Пятигранный стержень из цементированного карбида	Пятиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 220±0,1 мм, длина 10 - 300±0,5 мм, поверхность полированная (шероховатость Ra<0,2мкм±0,01мкм).
Шестигранные твердосплавные стержни	Шестигранный стержень из цементированного карбида	Шестигранное поперечное сечение, длина каждой стороны 215±0,1 мм, длина 20 - 400±0,5 мм, опционально с канавкой (ширина канавки 0,53±0,1 мм).
Семиугольный карбидный стержень	Семигранный стержень из цементированного карбида	Семиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 312±0,1 мм, длина 10200±0,5 мм, прямолинейность <0,05 мм/м±0,01 мм.
Стержень восьмиугольной формы из карбида	Восьмигранный стержень из цементированного карбида	Восьмиугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 210±0,1 мм, длина 10250±0,5 мм, со шпоночным пазом (радиус 12±0,1 мм).
Твердосплавная треугольная пластина	Треугольная пластина из цементированного карбида	Треугольное сечение, длина каждой стороны 10100±0,1 мм, толщина 115±0,05 мм, углы могут быть скруглены (радиус 0,52±0,1 мм).
Пластина твердосплавная четырехугольная (непрямоугольная)	Четырехсторонняя пластина из цементированного карбида (непрямоугольная)	Неправильная трапеция (например, трапеция, параллелограмм), длина стороны 10120±0,1 мм, толщина 220±0,05 мм.
Твердосплавный стержень треугольной формы	Треугольный стержень из цементированного карбида	Треугольное поперечное сечение, длина каждой стороны 315±0,1 мм, длина 20300±0,5 мм, гладкая поверхность.
Стержень твердосплавный четырехугольный (неквадратный)	Четырехсторонний стержень из цементированного карбида (неквадратный)	Неправильное трапециевидное поперечное сечение, длина каждой стороны 212±0,1 мм, длина 10200±0,5 мм.
Твердосплавная трапециевидная пластина	Трапециевидная пластина из цементированного карбида	Верхнее основание короткое, нижнее основание длинное, стороны наклонные (угол 5°30°±1°).
Твердосплавный	Спиральный стержень из	Поверхностная спиральная канавка (глубина канавки 0,53±0,1 мм, угол

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
спиральный стержень	цементированного карбида	наклона винтовой линии 15°45°±1°) или внутреннее спиральное охлаждающее отверстие (диаметр отверстия 0,35±0,01 мм).
Твердосплавный ступенчатый стержень	Ступенчатый стержень из цементированного карбида	Многоступенчатое изменение диаметра (радиус переходного сечения 0,52±0,1 мм).
Твердосплавная изогнутая пластина	Изогнутая пластина из цементированного карбида	Сферическая поверхность, параболическая поверхность, поверхность свободной формы (радиус кривизны 5100±0,1 мм).
Карбидная пористая пластина	Перфорированная пластина из цементированного карбида	Пористый (диаметр отверстий 0,510±0,01 мм, сквозное или глухое отверстие, допуск расстояния между отверстиями ±0,02 мм).
Геометрические детали из композитного карбида вольфрама	Геометрическая часть из композитного материала из цементированного карбида	Соединение пластин и стержней, мозаичная структура, встроенный канал охлаждения (диаметр 15±0,1 мм).
Микроструктуры цементированного карбида	Микроструктурированная деталь из цементированного карбида	Микроканавки (ширина 0,050,5±0,01 мм), микроотверстия (диаметр 0,010,1±0,005 мм) и микровыступы (высота 0,11±0,01 мм).
Трубчатые детали из карбида тонкостенные	Тонкостенная труба из цементированного карбида	Толщина стенки 0,22 ± 0,02 мм, с внутренней/наружной резьбой (шаг 0,52 ± 0,01 мм) или специальным сечением.
Карбидная рифленая пластина	Гофрированная пластина из цементированного карбида	Периодическая волнистая поверхность (высота гребня волны 0,55±0,1 мм, длина волны 220±0,1 мм).
Твердосплавная сотовая панель	Сотовая пластина из цементированного карбида	Шестиугольная или круглая ячеистая решетка (диаметр пор 110±0,1 мм, толщина стенки 0,21±0,05 мм).
Твердосплавные конические стержни	Конический стержень из цементированного карбида	Коническое сечение (угол конуса 1°20°±0,5°), на торце могут быть выполнены пазы или отверстия.
Детали из карбидной сетки	Деталь из цементированной карбидной сетки	Сетчатая структура (размер ячейки сетки 0,55±0,1 мм, ширина линии 0,22±0,05 мм).
Сферические детали из карбида	Сферическая часть из цементированного карбида	Полная сфера или частичная сфера (диаметр 5100±0,1 мм, шероховатость поверхности Ra<0,1 мкм±0,01 мкм).
Детали полой формы из цементированного карбида	Деталь полой формы из цементированного карбида	Внутренняя полость (толщина стенки полости 0,55±0,1 мм) может иметь многоугольную или криволинейную форму.
Детали из карбида вольфрама	Лезвие из цементированного карбидаФормованная часть	Тонкостенные лопатки (толщина 0,33 ± 0,05 мм) с углом закрутки (0°60°±1°) или сложным профилем.
Детали зубчатых передач из карбида	Зубчатая деталь из цементированного карбида	Наружные или внутренние зубья (модуль 0,55±0,05, высота зуба 0,510±0,1 мм), с отверстиями специальной формы.
Детали цепей из карбида	Деталь звена цепи из цементированного карбида	Неразрезные звенья (шаг 550 ± 0,1 мм) с шарнирными отверстиями или пазами.
Карбидные полые резные детали	Ажурная резная деталь из карбида вольфрама	Сложный ажурный узор (толщина линии 0,12±0,05 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
Кольца из карбида	Кольцевая часть из цементированного карбида	Кольцевая структура (внутренний диаметр 5200±0,1 мм, наружный диаметр 10300±0,1 мм), с зубцами или канавками.
Фитинги спиральные трубные карбидные	Спиральная трубка из цементированного карбида	Трубчатая, со спиральным рисунком на внутренней и наружной поверхности (шаг 110±0,1 мм), толщина стенки 0,55±0,05 мм.
Детали из карбидного многогранника	Полиэдрическая часть из цементированного карбида	Многогранная форма (например, тетраэдр, октаэдр), края могут быть скошены (радиус 0,11±0,05 мм).
Твердосплавный гофрированный стержень	Волнистый стержень из цементированного карбида	Цилиндрическая, с периодическими волнообразными волнами на поверхности (высота волны 0,22±0,1 мм, длина волны 110±0,1 мм).
Твердосплавные комбинированные пластины	Модульная вставка из цементированного карбида	Различные геометрические комбинации (например, цилиндрические вложенные многоугольные пластины) с микроотверстиями или щелями (отверстие 0,12±0,01 мм).
Стандартное уплотнительное кольцо из карбида	Стандартное уплотнительное кольцо из цементированного карбида	Круглая форма, точные внутренний и внешний диаметры (внутренний диаметр 5150±0,05 мм, внешний диаметр 10200±0,05 мм).
Уплотнительное кольцо специальной формы из карбида	Уплотнительное кольцо из цементированного карбида	Овального или прямоугольного сечения, с канавкой (ширина канавки 0,53±0,1 мм) или выступом (высота 0,22±0,05 мм).
Многоступенчатое уплотнительное кольцо из карбида	Многоступенчатое уплотнительное кольцо из цементированного карбида	Многослойная кольцевая структура, каждый слой толщиной 0,55±0,05 мм, с микроотверстиями (диаметр пор 0,11±0,01 мм).
Детали шлицевые из карбида	Деталь шлицевого соединения из карбида вольфрама	Цилиндрический, со шлицами на поверхности (ширина шпонки 110±0,1 мм, номер шпонки 420±1).
Твердосплавные кулачки	Деталь кулачка из цементированного карбида	Некруглый профиль (например, эллипс, эксцентрическая окружность) с выступами (высота 110 ± 0,1 мм) или канавками (глубина 0,55 ± 0,1 мм).
Детали бутылочной формы из карбида	Деталь в форме бутылки из цементированного карбида	Тонкая горловина и широкий корпус (диаметр горловины 520±0,1 мм, диаметр корпуса 20100±0,1 мм), с внутренней полостью или резьбой.
Карбидные звездообразные детали	Деталь в форме звезды из цементированного карбида	Звездообразное поперечное сечение (кончик 312, радиус кончика 0,52 ± 0,1 мм), длина 10200 ± 0,5 мм.
Вилка из карбида	Вилкообразная часть из цементированного карбида	Вилки (ширина вилки 220±0,1 мм, глубина вилки 550±0,1 мм) могут иметь на концах отверстия или пазы.
Детали купола из карбида	Купольная деталь из цементированного карбида	Верхняя часть полусферическая или эллипсоидальная (высота верхней части 550±0,1 мм, диаметр нижней части 10100±0,1 мм).
Карбидная змея	Серпентинная часть из цементированного карбида	Изгиб змеевидный (радиус кривизны 550 ± 0,1 мм, шаг 10100 ± 0,1 мм).
Детали оптических форм из карбида	Деталь оптической формы из цементированного карбида	Асферическая поверхность (радиус кривизны 250±0,05 мм), шероховатость поверхности Ra<0,02мкм±0,005мкм.
Формы для медицинских	Форма для медицинских имплантатов	Тонкостенные (толщина стенки 0,11±0,01 мм), с микропорами (диаметр

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
имплантатов из цементированного карбида	из цементированного карбида	пор 0,050,5±0,01 мм).
Форма для микрофлюидного чипа из карбида	Микрофлюидная форма из цементированного карбида	Микроканавочная решетка (ширина канавки 0,020,2±0,005 мм, глубина канавки 0,050,5±0,01 мм).
Детали сопла из карбида вольфрама для высокотемпературных работ	Высокотемпературное сопло из цементированного карбида	Коническая или пористая (размер пор 0,12±0,01 мм), термостойкость >1200°C±10°C.
Гибкий захват для робота из карбида	Гибкий захват из цементированного карбида	Изогнутая форма когтя (толщина когтя 0,53±0,05 мм, радиус кривизны 520±0,1 мм).
Форма для акустического устройства из цементированного карбида	Форма для акустического устройства из цементированного карбида	Сложная полость (глубина полости 220±0,1 мм, толщина стенки 0,22±0,05 мм).
Форма для полюсного наконечника аккумуляторной батареи из твердого сплава	Форма для изготовления электродов аккумуляторных батарей из цементированного карбида	Пористая тонкая пластина (диаметр пор 0,11 ± 0,01 мм, расстояние между порами 0,55 ± 0,05 мм).
Заготовки для 3D-печати из карбида	Заготовка для 3D-печати из цементированного карбида	Полая решетка (ширина ячеек 0,53 ± 0,1 мм).
Карбидный сердечник клапана	Сердечник клапана из цементированного карбида	Сферическая или коническая (диаметр 550 ± 0,05 мм) с микроканавками (ширина канавок 0,11 ± 0,01 мм).
Футеровка корпуса насоса из карбида	Втулка насоса из цементированного карбида	Изогнутый или пористый (размер пор 0,55 ± 0,01 мм), коррозионно-стойкий (скорость коррозии < 0,005 мм/год ± 0,001 мм/год).
Комплект карбидных подшипников	Втулка подшипника из цементированного карбида	Кольцевые или многосегментные (внутренний диаметр 10100±0,05 мм, толщина стенки 110±0,05 мм).
Твердосплавные резьбовые крепежи	Резьбовой крепеж из цементированного карбида	В форме болта или гайки (шаг 0,53 ± 0,01 мм) с головкой специальной формы (шестигранной, звездообразной).
Заклепочные заклепки из карбида	Заклепка из цементированного карбида	Цилиндрическая или коническая (диаметр 220 ± 0,05 мм, длина 550 ± 0,1 мм).
Насадки из карбида	Крепление SnapFit из цементированного карбида	Форма крючка или когтя (ширина крючка 110±0,1 мм, толщина когтя 0,53±0,05 мм).
Аксессуары для штифтов из карбида	Центрирующий штифт из цементированного карбида	Цилиндрическая или ступенчатая (диаметр 220 ± 0,01 мм, длина 5100 ± 0,5 мм).
Аксессуары для	Крепление прокладки из	Тонкое кольцо или специальная форма (толщина 0,15±0,01 мм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
карбидных прокладок	цементированного карбида	максимальный диаметр 10200±0,1 мм).
Аксессуары для карбидных пескоструйных сопел	Пескоструйное сопло из цементированного карбида	Конические или пористые (размер пор 0,25 ± 0,01 мм), износостойкие (срок службы > 1000 часов ± 100 часов).
Детали режущего круга из карбида	Режущий диск из твердого сплава	Зубья ремня круглые (высота зуба 0,55±0,1 мм, шаг зубьев 110±0,1 мм).
Детали матриц для экструзии из карбида	Экструзионная матрица из цементированного карбида	Многоотверстийная или полость специальной формы (размер пор 0,510±0,01 мм).
Аксессуары для корпуса датчика из карбида	Корпус датчика из цементированного карбида	Полый профиль (толщина стенки 0,32±0,05 мм) с микропорами (диаметр пор 0,11±0,01 мм).
Форма для лопасти ветрогенератора из карбида	Форма для лопасти ветряной турбины из цементированного карбида	Форма лезвия изогнутая (толщина 110±0,05 мм, радиус кривизны 10100±0,1 мм).
Аксессуары для текстильных игл из карбида	Игла для текстильной обработки из цементированного карбида	Тонкий и конический (диаметр 0,55 ± 0,01 мм, длина 1050 ± 0,5 мм).
Пресс-форма для микроволнового устройства из цементированного карбида	Пресс-форма для микроволнового устройства из цементированного карбида	Сложная полость (глубина полости 110±0,1 мм, толщина стенки 0,22±0,05 мм).
Футеровка ядерного реактора из цементированного карбида	Футеровка ядерного реактора из цементированного карбида	Пористая или изогнутая поверхность (размер пор 0,55±0,01 мм), стойкая к высоким температурам (>1000°C±10°C).
Детали сопла ракеты из карбида	Ракетное сопло из цементированного карбида	Коническая или пористая (размер пор 0,23±0,01 мм), термостойкая (>1500°C±10°C).
Волочильные фильеры из карбида	Волочильный волок из цементированного карбида	Отверстия круглой или специальной формы (отверстие 0,0110±0,005 мм), внутренняя стенка полированная (шероховатость Ra<0,05 мкм±0,01 мкм).
Форма для язычка новой энергетической батареи из твердого сплава	Форма для изготовления пластин аккумуляторной батареи из цементированного карбида	Тонкая пластина имеет микроканавки (ширина канавки 0,050,5±0,01 мм, глубина канавки 0,11±0,01 мм).
Форма диафрагмы твердосплавной новой энергетической батареи	Форма сепаратора аккумуляторной батареи из цементированного карбида	Многолуночный планшет (размер пор 0,02±0,2±0,005 мм, расстояние между порами 0,11±0,01 мм).
Штамп для штамповки корпуса нового твердосплавного	Пуансон для корпуса аккумуляторной батареи из цементированного карбида	Полость специальной формы (глубина полости 220±0,1 мм, толщина стенки 0,22±0,05 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
энергетического аккумулятора		
Форма для пропеллера БПЛА из карбида	Форма для пропеллера дрона из цементированного карбида	Изогнутое лезвие (толщина 0,55±0,05 мм, радиус кривизны 550±0,1 мм).
Втулка двигателя БПЛА из карбида	Втулка вала двигателя дрона из цементированного карбида	Кольцо тонкостенное (внутренний диаметр 550 ± 0,05 мм, толщина стенки 0,53 ± 0,05 мм).
Твердосплавные конструкционные крепежи для БПЛА	Конструкционный крепеж Drone из цементированного карбида	Болты специальной формы (шаг 0,52±0,01 мм, диаметр головки 520±0,1 мм).
Твердосплавное волочильное сопло	Насадка для волочения проволоки из цементированного карбида	Пористый конус (размер пор 0,051 ± 0,01 мм), устойчивый к высокому давлению (> 50 МПа ± 5 МПа).
Детали карбидных электроэрозионных электродов	Электрод для электроэрозионной обработки из цементированного карбида	Сложная криволинейная поверхность (радиус кривизны 220±0,05 мм) с микропорами (диаметр пор 0,10,5±0,01 мм).
Аксессуары для карбидной лазерной режущей головки	Компонент лазерной режущей головки из цементированного карбида	Коническая или пористая (размер пор 0,12±0,01 мм), устойчивая к высоким температурам (>800°C±10°C).
Форма для изготовления пластин из цементированного карбида полупроводника	Форма для изготовления пластин из цементированного карбида полупроводника	Микроканавочная решетка (ширина канавки 0,010,1±0,005 мм, глубина канавки 0,020,2±0,01 мм).
Форма для зубчатого колеса ветряной турбины из карбида	Форма для зубчатого колеса ветряной турбины из цементированного карбида	Внутренняя форма зуба (модуль 110±0,05, высота зуба 220±0,1 мм).
Твердосплавные скрепления для высокоскоростных железнодорожных шпал	из карбида вольфрама для высокоскоростных рельсовых шпал	Штифт специальной формы (диаметр 520±0,05 мм, длина 20100±0,5 мм).
Твердосплавная фрезерная головка для бурения на шельфе	Буровое долото из цементированного карбида вольфрама	Коническая или многоугольная (длина стороны 530±0,1 мм), коррозионностойкая (скорость коррозии <0,01 мм/год±0,002 мм/год).
Аксессуары для авиационных тормозных колодок из карбида	Компонент тормозной колодки из карбида вольфрама для авиационной техники	Пористая поверхность (размер пор 0,55±0,01 мм), высокая термостойкость (>1000°C±10°C).
Втулки гребных винтов из карбида вольфрама	Втулка вала гребного винта из цементированного карбида	Кольцевая (внутренний диаметр 20200 ± 0,1 мм, толщина стенки 210 ± 0,05 мм).
Штифт карбидного соединения робота	Штифт шарнирного соединения робота из цементированного карбида	Ступенчатый цилиндр (диаметр 220 ± 0,01 мм, длина 1050 ± 0,5 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
Принадлежности для карбидных печатных валиков	Компонент печатного ролика из цементированного карбида	Цилиндр с микроканавками (ширина канавки 0,050,5±0,01 мм).
Карбидный сердечник клапана нефтепровода	Сердечник клапана нефтепровода из цементированного карбида	Сферическая или коническая (диаметр 1050 ± 0,05 мм) с проточным каналом (ширина канала 15 ± 0,1 мм).
Форма для горячей гибки карбидного стекла	Пресс-форма для горячей гибки стекла из цементированного карбида	Изогнутая поверхность (радиус кривизны 5100±0,1 мм), высокая термостойкость (>700°C±10°C).
Медицинские хирургические ножи из карбида	Хирургическое лезвие из цементированного карбида	Тонкая форма лезвия (толщина лезвия 0,10,5±0,01 мм, угол лезвия 10°30°±1°), поверхность полированная (шероховатость Ra<0,02мкм±0,005мкм).
Медицинское костное сверло из карбида	Сверло для костей из цементированного карбида	Тонкая спираль (диаметр 0,55±0,01 мм, длина 1050±0,5 мм) с охлаждающими отверстиями (диаметр отверстий 0,10,5±0,01 мм).
Медицинские щипцы для гемостатической обработки из карбида вольфрама	Наконечник гемостатического пинцета с цементированным карбидным сплавом	Зубчатые губки (высота зубцов 0,10,5±0,01 мм, шаг зубцов 0,21±0,01 мм).
Инструменты для резки древесины из карбида в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве	Диск для резки древесины из карбида вольфрама	Изогнутое или трапециевидное лезвие (ширина лезвия 550±0,1 мм, толщина лезвия 15±0,05 мм).
Инструменты для резьбы по бамбуку из карбида в сельском и лесном хозяйстве	Инструмент для резьбы по бамбуку из цементированного карбида	Тонкий и конический (диаметр 0,53±0,01 мм, угол лезвия 5°20°±1°).
Твердосплавные лезвия для обрезки веток в сельском и лесном хозяйстве	Лезвие для обрезки веток из цементированного карбида	Серповидная форма (длина лезвия 1050±0,1 мм, толщина лезвия 0,52±0,05 мм).
Матрица гранулирования кормов для животноводства и рыболовства из цементированного карбида	Гранулирующая матрица для шихты из цементированного карбида	Многолуночный планшет (размер пор 0,55 ± 0,01 мм, расстояние между порами 110 ± 0,1 мм).
Твердосплавный фильера для вытяжки каната рыболовной сети	Фильера для волочения каната рыболовной сети из цементированного карбида	Круглое отверстие (отверстие 0,12 ± 0,005 мм), износостойкое (скорость износа < 0,02 мм3/ Н·м ± 0,01 мм3/ Н·м).
Фреза для обработки	Почвообрабатывающее сверло из	Коническая или изогнутая (ширина лезвия 530±0,1 мм, толщина лезвия

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
почвы из карбида вольфрама для сельского и лесного хозяйства	карбида вольфрама	210±0,05 мм).
Медицинские стоматологические сверла из карбида	Сверло стоматологическое твердосплавное цементированное	Микроспираль (диаметр 0,22 ± 0,005 мм, длина 520 ± 0,5 мм).
Лезвия для газонокосилки из карбида	Лезвие для газонокосилки из цементированного карбида	Волнистое лезвие (высота волны 15±0,1 мм, длина лезвия 20100±0,1 мм).
Твердосплавная шлифовальная матрица для рыболовных крючков	Форма для заточки рыболовных крючков из цементированного карбида	Криволинейная полость (глубина полости 0,52±0,01 мм, ширина полости 0,21±0,01 мм).
Форма для иглы медицинского шовного материала из карбида	Форма для иглы для хирургического шва из цементированного карбида	Форма тонкой дуги (диаметр дуги 0,11±0,005 мм, длина 520±0,5 мм).
Инструменты для строгания древесины из карбида вольфрама для сельского и лесного хозяйства	инструмент из карбида вольфрама по дереву	Прямоугольная или трапециевидная (ширина лезвия 550±0,1 мм, толщина лезвия 15±0,05 мм).
Твердосплавные режущие лезвия для животноводства, рыболовства и аквакультуры	Лезвие из цементированного карбида для обработки морепродуктов	Тонкая форма лезвия (толщина лезвия 0,21±0,01 мм, длина лезвия 1050±0,1 мм).
Аксессуары для насадок из карбида для защиты растений в сельском и лесном хозяйстве	Насадка для опрыскивателя из цементированного карбида	Пористый конус (диаметр пор 0,11 ± 0,01 мм), коррозионностойкий (скорость коррозии < 0,01 мм/год ± 0,002 мм/год).
Лезвие медицинского эндоскопа из карбида	Клинок эндоскопа из цементированного карбида	Микродуга (ширина лезвия 0,22±0,01 мм, толщина лезвия 0,10,5±0,01 мм).
Твердосплавные сверла для сельского хозяйства, лесного хозяйства и деревообработки	Сверло из карбида вольфрама для деревообработки	Спиралевидной формы (диаметр 220 ± 0,05 мм, длина 20100 ± 0,5 мм).
Твердосплавные лезвия для смешивания кормов для животноводства и рыболовства	Смесительная лопатка из карбида вольфрама	Криволинейная поверхность (ширина лезвия 1050±0,1 мм, толщина лезвия 25±0,05 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
штампы для сельского хозяйства, лесного хозяйства, резьбы по бамбуку и дереву	Форма для резьбы по дереву/бамбуку из цементированного карбида	Сложная криволинейная поверхность (радиус кривизны 220±0,05 мм) с микроканавками (ширина канавок 0,10,5±0,01 мм).
Инструменты для гравировки ювелирных изделий из карбида	Инструмент для гравировки ювелирных изделий из карбида вольфрама	Тонкий конический наконечник (диаметр 0,11 ± 0,005 мм, длина 520 ± 0,5 мм) для точной гравировки драгоценных камней и металлов.
Лезвия из карбида для обработки пищевых продуктов	Лезвие из цементированного карбида для обработки пищевых продуктов	Тонкое зубчатое лезвие (высота зубцов 0,21 ± 0,01 мм, длина лезвия 20100 ± 0,1 мм), используется для резки замороженных или мягких продуктов.
Карбидные наконечники челноков текстильных ткацких станков	Наконечник челнока ткацкого станка из цементированного карбида	Тонкая дугообразная форма (ширина 15±0,05 мм, длина 1030±0,5 мм), износостойкая, применяется для высокоскоростного ткачества.
Буровые коронки для геологического бурения из карбида	Буровая коронка из карбида вольфрама для геологических исследований	Конические зубья (высота зуба 15 ± 0,1 мм, диаметр 1050 ± 0,1 мм) для отбора проб горных пород и минералов.
Карбидные вставки для теплозащиты космических аппаратов	Вставка из цементированного карбида для теплозащитного экрана космического корабля	Изогнутая панель (толщина 110±0,05 мм, радиус кривизны 10100±0,1 мм), устойчива к высоким температурам (>2000°C±10°C).
Карбидные лезвия для резки бумаги	Лезвие для резки бумаги из цементированного карбида	Тонкое прямое лезвие (толщина лезвия 0,10,5±0,01 мм, длина 50200±0,1 мм), применяется для высокоскоростной обработки бумаги.
Нож для истончения кожи из карбида	Инструмент для заточки кожи из цементированного карбида	Изогнутое лезвие (ширина лезвия 210±0,05 мм, угол лезвия 10°30°±1°) для точного истончения кожи.
Карбидный отрезной круг для керамической плитки	Диск для резки керамической плитки из карбида вольфрама	Круглый с микрозубцами (высота зубцов 0,21 ± 0,01 мм, диаметр 1050 ± 0,1 мм) для чистой резки плитки.
Наконечник для гравировки по стеклу из карбида	Наконечник для гравировки стекла из цементированного карбида	Микроконус (диаметр 0,050,5±0,005 мм, длина 515±0,5 мм) для сложных стеклянных узоров.
Валик для обработки карбидной резины	Валик для обработки резины из цементированного карбида	Цилиндрический ремень с микроканавками (ширина канавки 0,10,5±0,01 мм, глубина канавки 0,10,5±0,01 мм), применяется в шиномонтаже.
Твердосплавная экструзионная матрица	Пресс-форма для экструзии пластика из цементированного карбида	Многопористый (размер пор 0,22 ± 0,01 мм), применяется для высокоточного литья пластмасс.
Твердосплавные сверла для льда	Буровое долото из цементированного карбида для льда	Зубья спирального ремня (высота зуба 15±0,1 мм, диаметр 1050±0,1 мм) для полярных исследований.
Форма для медицинского степлера из карбида	Форма для хирургического степлера из цементированного карбида	Микропазовые пластины (ширина паза 0,10,5±0,01 мм, глубина паза 0,10,5±0,01 мм) применяются для производства медицинских сшивающих аппаратов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
Карбидное лезвие для очистки фруктов	Лезвие для очистки фруктов из цементированного карбида	Тонкое изогнутое лезвие (толщина лезвия 0,10,5±0,01 мм, длина лезвия 1050±0,1 мм) для автоматизированной обработки пищевых продуктов.
Наконечник сеялки из карбида	Наконечник для сеялки из цементированного карбида	Конические (диаметр 210 ± 0,05 мм, длина 1030 ± 0,5 мм) для точного земледелия.
Твердосплавные лезвия для резки ковров	Лезвие для резки ковров из цементированного карбида	Зубчатое лезвие (высота зуба 0,52 ± 0,05 мм, длина лезвия 20100 ± 0,1 мм) для чистой резки текстиля.
Форма для костного трансплантата из карбида	Форма для костного трансплантата из цементированного карбида	Пористая полость (диаметр пор 0,11±0,01 мм, глубина полости 110±0,1 мм) для ортопедических имплантатов.
Инструменты для травления карбидных микросхем	Инструмент для травления микросхем из цементированного карбида	Микроконический наконечник (диаметр 0,010,1±0,005 мм, длина 210±0,5 мм) для производства полупроводников.
Буровая коронка из карбида вольфрама для взятия проб лунного грунта	Буровая коронка из карбида вольфрама для взятия проб лунного грунта	Зубья спирального ремня (высота зуба 15±0,1 мм, диаметр 1050±0,1 мм) используются для освоения космоса.
Форма для протезного сустава из карбида	Форма для протезного сустава из цементированного карбида	Криволинейная поверхность (радиус кривизны 550±0,05 мм) с микропорами (размер пор 0,10,5±0,01 мм) для медицинских протезов.
Инструмент для гравировки архитектурного декора из карбида	Инструмент для гравировки архитектурного декора из цементированного карбида	Тонкий конус (диаметр 0,22±0,01 мм, длина 1030±0,5 мм), применяется для декоративной обработки камня и металла.
Форма для часовых шестеренок из карбида	Форма для часовых шестеренок из цементированного карбида	Микрозубцы внутренние (модуль 0,10,5±0,005, высота зуба 0,21±0,01 мм) применяются в производстве высокоточных часов.
Твердосплавные лезвия для режущих инструментов	Лезвие для резки тростника из цементированного карбида для музыкальных инструментов	Тонкое прямое лезвие (толщина лезвия 0,10,3±0,01 мм, длина лезвия 520±0,1 мм), используется для обработки тростей фортепиано или саксофона.
Карбидный спортивный инвентарь скейтборд подшипник втулка	Втулка подшипника для скейтборда из цементированного карбида	Кольцевые (внутренний диаметр 530 ± 0,05 мм, толщина стенки 0,52 ± 0,05 мм), износостойкие (скорость износа < 0,02 мм3/ Н·м ± 0,01 мм3/ Н·м).
Резак для упаковочного оборудования из карбида	Режущее лезвие для упаковочной машины из цементированного карбида	Изогнутые или зубчатые (ширина лезвия 550±0,1 мм, толщина лезвия 0,53±0,05 мм), используются для резки пластиковых пленок.
Инструмент для резки прутков из твердосплавной строительной стали	Инструмент для резки арматуры из карбида вольфрама	Трапециевидное лезвие (ширина лезвия 1050±0,1 мм, толщина лезвия 210±0,05 мм), применяется для обработки стального прутка.
Форма для часовой стрелки из карбида	Форма для часов из цементированного карбида	Тонкая специальная форма (ширина 0,11±0,01 мм, длина 520±0,5 мм), используемая для точного литья указателей.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
Штифты для струн инструментов из карбида	Фиксатор струны музыкального инструмента из цементированного карбида	Цилиндрический (диаметр 15±0,01 мм, длина 520±0,5 мм), для гитары или скрипки.
Головка клюшки для гольфа из карбида вольфрама для спортивного инвентаря	Форма для головки клюшки для гольфа из цементированного карбида	Сложная криволинейная поверхность (радиус кривизны 550±0,05 мм) с микроканавками (ширина канавок 0,21±0,01 мм).
Лезвия для сварки упаковочной машины из карбида	Лезвие для сварки упаковочной машины из цементированного карбида	Тонкое прямое лезвие (толщина лезвия 0,10,5±0,01 мм, длина лезвия 20100±0,1 мм), используется для термосвариваемой упаковки.
Сверла из карбида вольфрама для архитектурного стекла	Сверло из карбида вольфрама для архитектурного стекла	Спиральная форма (диаметр 220±0,05 мм, длина 20100±0,5 мм), используется для монтажа стеклянных навесных стен.
Форма для пружины часов из карбида	Форма для изготовления часовой пружины из цементированного карбида	Спиральные листы (толщина 0,10,5±0,01 мм, ширина 15±0,05 мм) применяются для формирования пружин механических часов.
Форма для мундштука музыкального инструмента из карбида	Форма для мундштука музыкального инструмента из цементированного карбида	Коническая полость (глубина полости 210±0,1 мм, ширина полости 15±0,05 мм), используется для медных духовых инструментов.
Форма для изготовления звездочек для велосипедов из карбида вольфрама	Форма для звёздочки велосипеда из цементированного карбида	Наружная форма зуба (высота зуба 15±0,1 мм, шаг зуба 510±0,1 мм), применяется для изготовления звездочек.
Инструмент для резки упаковочной машины из карбида	Инструмент для резки упаковочной машины из карбида вольфрама	Круглое лезвие (диаметр 20100±0,1 мм, толщина лезвия 0,21±0,01 мм), используется для резки рулонов.
Инструменты для прорезки пазов в каменном строительстве из карбида	Инструмент для прорезки пазов из твердосплавного камня	Прямоугольное или изогнутое лезвие (ширина лезвия 520±0,1 мм, толщина лезвия 15±0,05 мм), используется для обработки мрамора.
Штифт для позиционирования часового механизма из карбида	Штифт для выравнивания часового механизма из цементированного карбида	Миниатюрные цилиндры (диаметр 0,52 ± 0,005 мм, длина 210 ± 0,5 мм) для сборки механизма.
Форма для головки барабанной палочки из карбида вольфрама	Пресс-форма для головки барабанной палочки из цементированного карбида	Сферическая или эллиптическая (диаметр 520±0,1 мм, высота 515±0,1 мм), используется для производства голеней.
Карбидный спортивный инвентарь для сноуборда	Лезвие лыжного канта из цементированного карбида	Тонкое прямое лезвие (толщина лезвия 0,21 ± 0,01 мм, длина лезвия 50200 ± 0,1 мм), используется для канта сноубордов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Название продукта	Английское имя	описывать
лезвия		
Инструмент для перфорации упаковочной машины из карбида	Инструмент для перфорации упаковочной машины из карбида вольфрама	Перфорированная пластина (размер пор 0,11 ± 0,01 мм, расстояние между порами 0,55 ± 0,05 мм) для легкоразрываемой упаковки.
проиллюстрировать	Размеры в приведенной выше таблице могут отсутствовать - например, «длина лезвия 50200±0,1 мм» на самом деле составляет 50 - 200±0,1 мм.	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.3 Влияние формы на производительность и процесс

Форма (морфология частиц, геометрия готового продукта) существенно влияет на свойства твердого сплава (текучесть 13,020 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г, твердость HV 16002200 ± 30, срок службы> 10 часов ± 1 час) и процесс (прессование, спекание, аддитивное производство). Морфология частиц определяет текучесть (13,020 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г) и плотность (4,55,1 г/см³ ± 0,01 г/см³), а форма готового продукта влияет на распределение напряжений (коэффициент концентрации напряжений < 1,5 ± 0,1) и функциональное соответствие. Оптимизация с помощью теоретических моделей (KozenyCarman , FEA) и анализа случаев.

Этот раздел начинается с практических примеров по морфологии и текучести частиц, соотношению плотности, форме готового продукта и распределению напряжений, а также оптимизации формы.

10.6.3.1 Связь между морфологией частиц, текучестью и плотностью (модель Козени-Кармана)

Основные принципы и технический обзор

Морфология частиц (сферичность 95% 60% ± 2%) определяет текучесть (13,020 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г) и насыпную плотность (4,55,1 г/см³ ± 0,01 г/см³), которые количественно определяются моделью Козени-Кармана (пористость ε, проницаемость k). Сферические частицы (> 95% ± 2%) имеют текучесть 13,014,0 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г и плотность 5,0 г/см³ ± 0,01 г/см³; хлопьевидные частицы (соотношение сторон > 5:1 ± 0,5) имеют текучесть > 20 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г и плотность < 4,5 г/см³ ± 0,01 г/см³.

Тесты включают текучесть (ASTM B213, точность ±0,1 сек/50 г), плотность (ASTM B212, точность ±0,01 г/см³) и морфологию (SEM, разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм). Например, текучесть сферических частиц WC6Co составляет 13,5 сек/50 г±0,1 сек/50 г, а плотность составляет 5,0 г/см³±0,01 г/см³.

Механизм и анализ

Модель Козени-Кармана ($k = \varepsilon^3/[C(1\varepsilon)^2S^2]$, C5±0,5, S — удельная площадь поверхности) показывает, что сферические частицы (ε0,36±0,01) имеют высокую проницаемость ($k10^{-12}$ м²±10^{-13} м²) и отличную текучесть; чешуйчатые частицы (ε>0,75±0,02) имеют низкую проницаемость ($k10^{-14}$ м²±10^{-15} м²) и плохую текучесть. СЭМ показывает, что сферические частицы имеют меньше точек контакта (<5 точек/частица±1 точка), а чешуйчатые частицы сильно запутаны (>50%±5%). Тест на текучесть показывает, что сферические частицы на 13,5 секунды/50 г ± 0,1 секунды/50 г лучше, чем хлопьевидные частицы (22 секунды/50 г ± 0,1 секунды/50 г).

Анализ влияющих факторов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сферичность: >95%±2%, k увеличивается на 50%±5%; <80%±2%, k уменьшается на 30%±5%.
Размер частиц: 1030 мкм ± 0,01 мкм , ε низкая; > 50 мкм ± 0,01 мкм , ε увеличивается на 10% ± 2%.
Шероховатость поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , текучесть увеличивается на 10%±2%; >0,5 мкм±0,01 мкм , текучесть уменьшается на 15%±3%.
Распределение частиц: один пик, k стабилен; широкое распределение, k уменьшается на 10%±2%.
Влажность: >0,5%±0,01%, текучесть снижается на 20%±3%.
Например, текучесть WC6Co (сферичность 80% ± 2%) падает до 16 сек/50г ± 0,1 сек/50г.

Стратегия оптимизации
заключается в достижении текучести 13,016,0 секунд/50 г±0,1 секунд/50 г и плотности>4,8 г/см³±0,01 г/см³. Рекомендуется:
Оптимизация морфологии: сферичность>90%±2%, с использованием плазменной сфероидизации.
Контроль размера частиц: 1030 мкм±0,01 мкм , унимодальное распределение.
Оптимизация поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , снижение трения.
Контроль окружающей среды: влажность <0,1%±0,01%, избегать агломерации.
Технические условия испытаний: ASTM B213 (текучесть), KozenyCarman (проницаемость).

Например, WC6Co (сферичность 95%±2%) имеет текучесть 13,5 с/50 г±0,1 с/50 г и плотность 5,0 г/см³±0,01 г/см³.

10.6.3.2 Форма и распределение напряжений в готовых изделиях из твердого сплава (моделирование методом конечных элементов)

Основные принципы и технический обзор
Форма готового изделия (лист, стержень, сложная геометрия) влияет на распределение напряжений (коэффициент концентрации напряжений K_t <1,5±0,1), которое моделируется с помощью конечно-элементного анализа (FEA, ANSYS, сетка <0,01 мм±0,001 мм). Листовые лопатки (толщина 3 мм±0,01 мм) K_t1,1±0,05, стержневые сверла (диаметр 10 мм±0,01 мм) K_t1,3±0,05 и сложные сопла (отверстие 0,3 мм±0,01 мм) K_t~1,4±0,05.

Испытания включают распределение напряжений (FEA, точность ±1 МПа), прочность (ISO 3327, точность ±10 МПа) и разрушение (SEM, разрешение <0,1 мкм ±0,01 мкм). Например, FEA лопатки YG8 показывает максимальное напряжение 200 МПа ±10 МПа, а измеренная прочность составляет 4200 МПа ±50 МПа.

Механизм и анализ
Моделирование методом конечных элементов (модуль Юнга 550 ГПа ± 10 ГПа , коэффициент Пуассона 0,22 ± 0,01) показывает, что напряжение листовой лопатки равномерное (отклонение < 5% ± 1%), осевое напряжение стержневого сверла высокое (> 300 МПа ± 10

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

МПа), а напряжение стенки отверстия сопла сосредоточено (K_t ~ 1,4 ± 0,05). СЭМ показывает, что излом лопатки гладкий (ямочка < 1 мкм ± 0,1 мкм), а на стенке отверстия сопла имеются микротрещины (< 0,01 мм ± 0,001 мм). Испытание на прочность показывает, что лопатка YG8 лучше, чем сопло (прочность 3800 МПа ± 50 МПа).

Анализ влияющих факторов

Форма: чешуйчатая, низкий K_t ; сложная геометрия, K_t увеличен на 20%±3%.

Размер: Толщина >3 мм±0,01 мм, напряжение равномерное; <1 мм±0,01 мм, скорость разрушения увеличивается на 10%±2%.

Размер зерна: 0,52 мкм±0,01 мкм , высокая прочность; >5 мкм±0,01 мкм , прочность падает на 10%±2%.

Пористость: <0,1%±0,01%, K_t стабилен; >0,5%±0,01%, K_t увеличивается на 15%±3%.

Нагрузка: Ударная (>1000 Н±100 Н), требуется низкий K_t ; статическая, допустимый K_t .

Например, K_t сопла YG8 (пористость 0,5%±0,01%) увеличился до 1,6±0,05.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении K_t < 1,5 ± 0,1, прочности > 4000 МПа ± 50 МПа, при этом рекомендуется:

Оптимизация формы: угловое скругление > 0,1 мм ± 0,01 мм, более низкий K_t .

Контроль зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.

Оптимизация FEA: сетка <0,01 мм ± 0,001 мм, точность увеличена на 10% ± 2%.

Спецификации испытаний: FEA (напряжение), ISO 3327 (прочность).

Например, лезвие YG8 (радиус угла 0,2 мм ± 0,01 мм) имеет K_t ~ 1,1 ± 0,05 и прочность 4200 МПа ± 50 МПа.

10.6.3.3 Пример оптимизации формы (срок службы инструмента увеличился на 30%)

Основные принципы и обзор технологий

Оптимизация формы Увеличьте срок службы инструмента на 30% ± 5% (> 12 ч ± 1 ч) путем корректировки морфологии частиц (сферичность> 95% ± 2%) и геометрии готового продукта (радиус кромки < 50 мкм ± 1 мкм) . Пример: вставка P10 оптимизирует кромку (радиус 40 мкм ± 1 мкм) и порошок (сферичность 98% ± 1%), срок службы увеличивается с 9 ч ± 1 ч до 12 ч ± 1 ч.

Тесты включают срок службы (ISO 3685, точность ±0,01 мм), износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³/ Н·м) и морфологию (SEM, разрешение <0,1 мкм±0,01 мкм). Например, оптимизированная вставка P10 имеет скорость износа 0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м и срок службы 12 часов±1 час.

Механизм и анализ:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сферический порошок (текучесть 13,5 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г) улучшает плотность (> 99% ± 0,1%), а тонкая режущая кромка (40 мкм ± 1 мкм) снижает силу резания (< 100 Н ± 10 Н). FEA показывает, что коэффициент концентрации напряжений оптимизированного лезвия составляет K_t1.1 ± 0,05, что на 15% ± 3% ниже, чем у исходного (K_t1.3 ± 0,05). SEM показывает, что оптимизированное лезвие изнашивается равномерно (глубина < 0,01 мм ± 0,001 мм) и нет сколов (< 0,01 мм ± 0,001 мм). Испытание на долговечность показывает, что оптимизированный P10 лучше исходного (9 часов ± 1 час).

Анализ влияющих факторов

Сферичность: >95%±2%, высокая плотность; <90%±2%, пористость увеличена на 10%±2%.
Радиус режущей кромки: <50 мкм ± 1 мкм , низкая сила резания; >100 мкм ± 1 мкм , сила резания увеличивается на 15% ± 3%.
Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличная износостойкость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , срок службы сокращается на 10% ± 2%.
Покрытие: TiAlN (2 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 20% ± 3%; без покрытия срок службы уменьшен на 15% ± 3%.
Скорость резки: >1000 м/мин ±10 м/мин, требуется оптимизация формы; <500 м/мин ±10 м/мин, применимо к обычным формам.

Например, оригинальный P10 (режущая кромка 100 мкм ± 1 мкм) имеет срок службы 9 часов ± 1 час.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении увеличения срока службы на 30% ± 5% и скорости износа < 0,03 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м . Рекомендуется следующее:
Оптимизация порошка: сферичность>95%±2%, размер частиц 1030 мкм±0,01 мкм .
Оптимизация режущей кромки: радиус <50 мкм±1 мкм , точность шлифования <1 мкм±0,1 мкм .
Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 20% ± 3%.
Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).
Технические условия испытаний: ISO 3685 (срок службы), ASTM G99 (истирание).

Инженерное приложение

Оптимизированное лезвие: P10 (режущая кромка 40 мкм ± 1 мкм), срок службы 12 часов ± 1 час, увеличение на 30% ± 5%.
Авиационная обработка: оптимизированный инструмент YG8 (скорость износа 0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), срок службы 13 часов±1 час.
Обработка стали: Оптимизированная точность P10 (K_t ~ 1,1 ± 0,05) < 0,1 мм ± 0,01 мм.

Эти случаи показывают, что оптимизация формы может значительно повысить производительность.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.6.4 Методы испытаний и характеристики

Тестирование и характеристика формы карбида (морфология частиц, геометрия готового продукта) обеспечивает постоянную производительность (текучесть 13,020 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г, точность <10 мкм ± 1 мкм , скорость износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м). Методы включают СЭМ, лазерный анализ размера частиц, 3D-сканирование, КТ-тестирование и проверку производительности на соответствие стандартам ISO и ASTM.

Этот раздел начинается с морфологии частиц, геометрии готового продукта и проверки производительности.

10.6.4.1 Морфология частиц: СЭМ, лазерный анализ размера частиц (сферичность > 95%)

Основные принципы и технический обзор

Морфология частиц характеризуется SEM (разрешение <0,1 мкм ± 0,01 мкм) и лазерным анализом размера частиц (точность ± 0,01 мкм), количественно определяя сферичность (> 95% ± 2%), размер частиц (1050 мкм ± 0,01 мкм) и шероховатость поверхности (Ra < 0,2 мкм ± 0,01 мкм). SEM используется для наблюдения за морфологией, а лазерный анализатор размера частиц используется для измерения D50 и распределения.

Оборудование включает в себя СЭМ (ускоряющее напряжение 520 кВ ± 0,1 кВ) и лазерный анализатор размера частиц (диапазон измерения 0,11000 мкм ± 0,01 мкм). Тест соответствует ISO 13322 (морфология, точность ± 1%). Например, сферичность сферических частиц WC6Co составляет 98% ± 1%, а D50~20 мкм ± 0,01 мкм .

Механизм и анализ

СЭМ генерирует морфологические изображения посредством сканирования электронным лучом (ток луча <1 нА ± 0,1 нА), различая края и углы (<0,1 мкм ± 0,01 мкм) и дефекты поверхности (<0,01 мкм ± 0,001 мкм). Анализ размера лазерных частиц основан на рассеянии Ми (длина волны 633 нм ± 1 нм) для измерения распределения частиц по размерам (отклонение <0,1% ± 0,01%). СЭМ показывает, что поверхность сферических частиц гладкая (Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм), а нерегулярные частицы имеют очевидные края и углы (угол < 90° ± 5°). Лазерный тест размера частиц показывает, что D50 ~ 20 мкм ± 0,01 мкм с распределением одного пика (ширина < 5 мкм ± 0,1 мкм).

Анализ влияющих факторов

Ускоряющее напряжение: 10 кВ±0,1 кВ, высокое разрешение; >20 кВ±0,1 кВ, скорость повреждения увеличивается на 10%±2%.

Количество образца: 0,1 г ± 0,01 г, точное распределение; < 0,05 г ± 0,01 г, отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Диспергатор: этанол, равномерная дисперсия; вода, скорость агломерации увеличивается на

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10%±2%.

Сферичность: >95%±2%, простота измерения; <80%±2%, погрешность увеличивается на 5%±1%.

Диапазон размеров частиц: 1050 мкм ± 0,01 мкм , высокая точность; > 100 мкм ± 0,01 мкм , отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Например, размытость изображения СЭМ WC6Co (напряжение 25 кВ ± 0,1 кВ) увеличилась на 5% ± 1%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении сферичности >95%±2% и точности D50 ±0,01 мкм . Рекомендуется следующее:

Оптимизация СЭМ: напряжение 1015 кВ ± 0,1 кВ, разрешение < 0,1 мкм ± 0,01 мкм .

Оптимизация размера частиц: образец 0,10,2 г ± 0,01 г, дисперсия в этаноле.

Калибровка: Стандартные частицы (отклонение <0,1%±0,01%), точность увеличена на 5%±1%.

Контроль окружающей среды: влажность <0,1%±0,01%, избегать агломерации.

Технические условия испытаний: ISO 13322 (морфология), лазерный анализ размера частиц.

Например, WC6Co (10 кВ ± 0,1 кВ) имеет сферичность 98% ± 1% и D50 20 мкм ± 0,01 мкм .

10.6.4.2 Геометрия готового изделия: 3D-сканирование и КТ-контроль (точность < 5 мкм)

Основные принципы и технический обзор

Геометрия готового изделия характеризуется 3D-сканированием (точность <5 мкм ± 0,1 мкм) и КТ-контролем (разрешение <1 мкм ± 0,1 мкм), количественно определяя размер (<0,01 мм ± 0,001 мм), размер пор (0,10,5 мм ± 0,01 мм) и внутренние дефекты (<0,01 мм ± 0,001 мм). 3D-сканирование измеряет геометрию поверхности, а КТ обнаруживает внутреннюю структуру.

Оборудование включает в себя 3D-сканер (длина волны лазера 405 нм ± 1 нм) и КТ-сканер (энергия рентгеновского излучения 100200 кВ ± 1 кВ). Тест соответствует ISO 1832 (геометрия, точность ± 0,01 мм). Например, точность 3D-сканирования сопла YG8 составляет 4 мкм ± 0,1 мкм , а апертура КТ составляет 0,3 мм ± 0,01 мм.

Анализ механизма

^{4} точек/см^{2}±10^{3} точек/см^{2}) посредством лазерной триангуляции (разрешение <5 мкм±0,1 мкм), а КТ реконструирует внутреннюю структуру (разрешение <1 мкм±0,1 мкм) посредством затухания рентгеновского излучения (коэффициент поглощения ~1 см$^{-1}$±0,1 см$^{-1}$). 3D-сканирование показывает, что радиус кривизны сопла составляет 0,5 мм±0,01 мм с отклонением <0,01%±0,001%. Тестирование КТ подтверждает, что пористость составляет <0,1%±0,01% и нет трещин (<0,01 мм±0,001 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Анализ влияющих факторов

Разрешение сканирования: <5 мкм ± 0,1 мкм , высокая точность; >10 мкм ± 0,1 мкм , отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Энергия рентгеновского излучения: 150 кВ ± 1 кВ, превосходная четкость; <100 кВ ± 1 кВ, увеличение шума на 10% ± 2%.

Размер образца: <50 мм±0,1 мм, КТ высокоэффективен; >100 мм±0,1 мм, время сканирования увеличивается на 20%±3%.

Поверхностное отражение: низкое отражение (Ra<0,2 мкм ± 0,01 мкм), высокая точность; высокое отражение, погрешность увеличивается на 5% ± 1%.

Размер дефекта: <0,01 мм±0,001 мм, измеряется с помощью КТ; >0,1 мм±0,01 мм, легко обнаруживается.

Например, погрешность 3D-сканирования YG8 (отражающая поверхность) увеличивается до 6 мкм ± 0,1 мкм .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении точности <5 мкм±0,1 мкм и обнаружения дефектов <0,01 мм±0,001 мм. Рекомендуется:

Оптимизация 3D-сканирования: разрешение <5 мкм ± 0,1 мкм , плотность облака точек > 10^4 точек/см² ± 10^3 точек/см².

Оптимизация КТ: энергия 150200 кВ±1 кВ, разрешение <1 мкм±0,1 мкм .

Обработка поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , уменьшение отражения.

Калибровка: Стандартный образец (отклонение <0,1%±0,01%), точность увеличена на 5%±1%.

Спецификации испытаний: ISO 1832 (геометрия), КТ-контроль (дефекты).

Например, сопло YG8 (150 кВ ± 1 кВ) имеет точность 4 мкм ± 0,1 мкм и пористость < 0,1% ± 0,01%.

10.6.4.3 Проверка эксплуатационных характеристик: текучесть (ASTM B213), стойкость к истиранию (ASTM G65)

Основные принципы Технический обзор

Проверка эксплуатационных характеристик включает в себя текучесть (ASTM B213, 13,020 сек/50 г ± 0,1 сек/50 г), износостойкость (ASTM G65, скорость износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м) и твердость (ASTM E92, HV 16002200± 30), чтобы гарантировать, что частицы и готовые изделия соответствуют требованиям применения (срок службы> 10 часов ± 1 час).

Испытательное оборудование включает в себя расходомер Холла (отверстие 2,5 мм ± 0,01 мм), тестер износа (нагрузка 130 Н ± 1 Н) и тестер твердости (нагрузка 10 кг ± 0,1 кг). Тест соответствует стандартам ASTM. Например, текучесть порошка WC6Co составляет 13,5 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г, а скорость износа лезвия YG8 составляет 0,04 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Анализ механизма

Испытание на текучесть проводилось методом гравитационного потока (скорость потока ~3,7 г/с ± 0,1 г/с) для измерения сопротивления частиц (коэффициент трения <0,5 ± 0,05). Испытание на износ имитировало износ шлифовальным кругом (скорость 0,1 м/с ± 0,01 м/с) для измерения потери объема (<0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м). Испытание на твердость проводилось алмазным индентором (угол 136° ± 0,5°) для измерения сопротивления деформации (HV 1800± 30). СЭМ показала, что изношенная поверхность была гладкой (след износа <0,01 мм ± 0,001 мм).

Испытания показывают, что YG8 превосходит YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов

Текучесть: сферичность>95%±2%, 13,5с/50г±0,1с/50г; <80%±2%, >16с/50г±0,1с/50г.

Скорость износа: зерно <1 мкм±0,01 мкм , <0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м ; >2 мкм±0,01 мкм , увеличение на 10%±2%.

Твердость: HV>1800±30, отличная износостойкость; <1600±30, скорость износа увеличивается на 15%±3%.

Нагрузка: 130 Н±1 Н, стандартный износ; >200 Н±1 Н, скорость износа увеличивается на 10%±2%.

Окружающая среда: Сухое шлифование, низкая скорость износа; мокрое шлифование, скорость износа увеличивается на 10%±2%.

Например, скорость износа YG6 (размер зерна 2 мкм ± 0,01 мкм) увеличивается до 0,05 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении текучести 13,016,0 секунд/50 г ± 0,1 секунды/50 г и скорости износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м . Рекомендуется:

Оптимизация порошка: сферичность>95%±2%, размер частиц1030 мкм±0,01 мкм .

Оптимизация зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавлен VC (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация теста: нагрузка 130 Н ± 1 Н, условия сухого шлифования.

Калибровка: Стандартный образец (отклонение <0,1%±0,01%), точность увеличена на 5%±1%.

Спецификации испытаний: ASTM B213 (текучесть), ASTM G65 (истирание).

Например, YG8 (сферичность 98%±1%) имеет текучесть 13,5 с/50 г±0,1 с/50 г и скорость износа 0,04 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

10.7 Система и стандарты маркировки твердого сплава

Система и стандарты классов твердого сплава определяют выбор и применение материала с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

помощью классификации и эксплуатационных характеристик (твердость HV 8002500±30, вязкость K_1 с 825 МПа·м$^{1/2}$±0,5, прочность>4000 МПа±50 МПа), охватывая сценарии резания (срок службы>10 часов±1 час), износостойкости (скорость износа<0,05 мм^3/Н·м±0,01 мм^3/Н·м) и формовки (срок службы>10^{6}раз ± 10^{5}раз). Международные стандарты (ISO 513, ASTM, JIS) и китайские стандарты (серии YG, YT, YW) координируются для обеспечения постоянства характеристик (отклонение<5%±1%). Благодаря оптимизации состава (Co 6%15%±1%, WC>80%±1%), процесса (спекание 1450°C±10°C) и испытаний (ASTM E92, G65) он отвечает требованиям обработки стали, чугуна и цветных металлов.

В этом разделе систематически анализируется система брендов и ее применение с четырех аспектов: классификация ISO 513, китайские бренды, стандарты ASTM и JIS, а также выбор и оптимизация бренда.

10.7.1 Классификация ISO 513 (P, M, K, N, S, H)

ISO 513 классифицирует твердый сплав на шесть категорий: P, M, K, N, S и H, в зависимости от материалов заготовки и условий обработки. Коды отражают состав (WC, TiC , Co и т. д.), эксплуатационные характеристики (твердость HV 1600-2200±30, вязкость K_1 с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и применение (скорость резания 500-2000 м/мин±10 м/мин). Каждый класс ориентирован на определенные рабочие условия (сталь, чугун, жаропрочные сплавы и т. д.), а глобальная согласованность обеспечивается посредством стандартизации (отклонение <2%±0,5%).

Этот раздел начинается с соответствия между кодами оценок и производительностью, а также областью применения.

10.7.1.1 Соответствие между кодом бренда и производительностью

Основные принципы и технический обзор

Код марки ISO 513 состоит из букв (P, M, K, N, S, H) и цифр (0150), где буквы обозначают материал заготовки, а цифры — ударную вязкость и износостойкость (01 — высокая износостойкость, 50 — высокая прочность). Например, P10 (обработка стали) твердость HV 1900±30, K20 (обработка чугуна) ударная вязкость K_1 с 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5. Свойства контролируются составом (Co 6%12%±1%, TiC 0%20%±1%) и размером зерна (0,52 мкм±0,01 мкм).

Испытания включают твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), ударную вязкость (ISO 28079, точность ± 0,5 МПа·м$^{1/2}$) и износ (ASTM G99, точность ± 0,01 мм^3/ Н·м). Например, твердость P10 HV 1900 ± 30, скорость износа 0,03 мм^3/ Н·м ± 0,01 мм^3/ Н·м .

Механизм и анализР

тип (высокое содержание TiC , 10%20%±1%) подходит для стали с твердостью HV

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

18002000±30; тип K (WC>90%±1%) подходит для чугуна с прочностью K_1 с 1218 МПа·м$^{1/2}$±0,5; тип M (Co 8%12%±1%) имеет сбалансированную производительность и высокую универсальность; тип N (низкое содержание Co, <6%±1%) используется для алюминиевых сплавов с превосходной износостойкостью; тип S (TiC+TaC) устойчив к высоким температурам (>1000°C±10°C); тип H (ультрамелкое зерно <0,5 мкм±0,01 мкм) используется для материалов с высокой твердостью (HV>1000±50). СЭМ показывает, что зерно P10 составляет 0,51 мкм±0,01 мкм , а зерно K20 составляет 12 мкм ± 0,01 мкм . EDS подтвердил распределение P10 TiC (отклонение < 0,1% ± 0,02%).

Эксплуатационные испытания показывают, что скорость износа P10 (0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) лучше, чем у K20 (0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов

Содержание Co: 6%12%±1%, прочность увеличивается; <6%±1%, твердость увеличивается на 10%±2%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличная износостойкость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , прочность увеличивается на 10% ± 2%.

Добавки: TiC (10%±1%), отличная обработка стали; TaC (5%±1%), высокие температурные характеристики увеличены на 15%±3%.

Покрытие: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 30% ± 5%; без покрытия скорость износа увеличена на 20% ± 3%.

Условия обработки: высокая скорость (>1000 м/мин ± 10 м/мин), P — отлично; низкая скорость, K — применимо.

K_{1c} P30 (Co 12%±1%) увеличивается до 18 МПа·м$^{1/2}$±0,5.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении твердости HV 16002200±30 и вязкости K_1 с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5. Рекомендуется:

Оптимизация состава: Co 6%12%±1%, TiC / TaC регулируется в соответствии с условиями работы.

Контроль зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавление BK (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 30% ± 5%.

Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, пористость <0,1%±0,01%.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 28079 (прочность).

Например, P10 (TiAlN , 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1900 ± 30 и скорость износа 0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

10.7.1.2 Область применения (сталь, чугун, цветные металлы)

Основные принципы и технический обзор

Классы ISO 513 оптимизированы для определенных материалов заготовки. P-тип (P01P50) обрабатывает сталь (скорость резания 1000-2000 м/мин ± 10 м/мин), K-тип (K01K50)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

обрабатывает чугун (800-1500 м/мин ± 10 м/мин), N-тип (N01N50) обрабатывает цветные металлы (> 2000 м/мин ± 10 м/мин), M-тип (M01M50) - общего назначения, S-тип (S01S50) - жаропрочный сплав, а H-тип (H01H50) - материал высокой твердости (HV> 1000 ± 50). Срок службы> 10 часов ± 1 час, точность< 0,1 мм ± 0,01 мм.

Испытания включают срок службы резания (ISO 3685, точность ±0,01 мм), износ (ASTM G99, точность ±0,01 мм³/ Н·м) и точность (ISO 1832, точность ±0,01 мм). Например, срок службы P10 при обработке стали составляет 12 часов ±1 час, а точность K20 при обработке чугуна составляет <0,1 мм ±0,01 мм.

Механизм и анализ

P-типа с высоким содержанием TiC (10%20%±1%) снижает адгезию стали (коэффициент трения <0,3±0,05), K-типа с высоким содержанием WC (>90%±1%) противостоит износу чугуна (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), N-типа с низким содержанием Co (<6%±1%) предотвращает адгезию алюминиевого сплава, а S-типа с содержанием TaC (5%±1%) противостоит высокой температуре (>1000°C±10°C). СЭМ показывает, что P10 изнашивается равномерно (глубина <0,01 мм±0,001 мм), а K20 имеет гладкую поверхность (Ra<0,2 мкм±0,01 мкм). Испытания на резку показывают, что срок службы стали P10 составляет 12 часов ±1 час, что лучше, чем у K20 (10 часов ±1 час).

Анализ влияющих факторов

Материалы обрабатываемых деталей: Сталь (HV 200400±10), класс P; Чугун (HV 150250±10), класс K.

Скорость резки: >1000 м/мин±10 м/мин, P — отлично; <800 м/мин±10 м/мин, K — применимо.

Покрытие: TiAlN , срок службы увеличен на 30%±5%; без покрытия срок службы уменьшен на 20%±3%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , P отлично; 12 мкм ± 0,01 мкм , K применимо.

Охлаждающая жидкость: на масляной основе, скорость износа снижена на 10% ± 2%; на водной основе, скорость износа увеличена на 10% ± 2%.

Например, срок службы стали K20 (без покрытия) сокращается до 8 часов ± 1 час .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении срока службы >10 часов ±1 час и точности <0,1 мм ±0,01 мм. Рекомендуется:

Выбор марки: П (сталь), К (чугун), Н (цветной металл).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 30% ± 5%.

Оптимизация зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , регулируется в соответствии с условиями работы.

Оптимизация обработки: СОЖ на масляной основе, класс соответствия скорости.

Спецификации испытаний: ISO 3685 (срок службы), ISO 1832 (точность).

Инженерное приложение

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Обработка стали: P10 (твердость HV 1900±30) срок службы 12 часов ±1 час.
Обработка чугуна: K20 (точность <0,1 мм ± 0,01 мм), срок службы 10 часов ± 1 час.
Обработка алюминиевого сплава: N10 (скорость износа 0,02 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), срок службы 15 часов±1 час.
Эти примеры показывают, что классификация ISO 513 точно соответствует условиям труда.

10.7.2 Китайские бренды (серии YG, YT, YW)

Китайская система классов включает серии YG (WCCo), YT (WCTiCCo) и YW (WCTiCTaCCo) с составом (Co 6%15%±1%) и свойствами (твердость HV 1400-2000±30, прочность K_1 с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5), оптимизированными для резки (скорость 500-1500 м/мин±10 м/мин) и износостойкости (срок службы> 10⁴часов ±10³часов), а также согласованными с ISO 513 (отклонение <5%±1%).

Этот раздел начинается с состава и характеристик YG6 и YT15, а также их сравнения с марками ISO.

10.7.2.1 Состав и свойства YG6 и YT15 (Co 6%15%)

Основной принцип и технический обзор
YG6 (WC 94%±1%, Co 6%±1%) и YT15 (WC 79%±1%, TiC 15%±1%, Co 6%±1%) являются типичными китайскими марками. YG6 имеет твердость HV 1500±30 и вязкость K_{1c} 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5; YT15 имеет твердость HV 1700±30 и отличную износостойкость (скорость износа 0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м). Размер зерна 0,52 мкм±0,01 мкм , спечено при 1450°C±10°C.

Испытания включают твердость (ASTM E92, нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), ударную вязкость (ISO 28079, точность ± 0,5 МПа·м$^{1/2}$) и износ (ASTM G65, точность ± 0,01 мм³/ Н·м). Например, ударная вязкость YG6 K_1 с 14 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5, скорость износа YT15 0,03 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

Механизм и анализYG6
с высоким содержанием WC (94%±1%) обеспечивает прочность (K_{1c} 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5), подходит для обработки чугуна (скорость 800-1200 м/мин±10 м/мин); YT15 с высоким содержанием TiC (15%±1%) повышает твердость (HV 1700±30), подходит для стали (скорость 1000-1500 м/мин±10 м/мин). СЭМ показывает, что размер зерна YG6 составляет 12 мкм±0,01 мкм , а размер зерна YT15 составляет 0,51 мкм±0,01 мкм . EDS подтверждает, что TiC YT15 однороден (отклонение <0,1%±0,02%). Испытания на износ показывают, что YT15 лучше, чем YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м).

Анализ влияющих факторов
Содержание Co: 6%±1% (YG6), высокая вязкость; 10%±1%, вязкость увеличена на 10%±2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

TiC : 15%±1% (YT15), высокая твердость; 0% (YG6), твердость снижена на 15%±3%.
Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм (YT15), отличная износостойкость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , прочность увеличивается на 10% ± 2%.
Температура спекания: 1450°C±10°C, сбалансированная производительность; >1500°C±10°C, рост зерна 10%±2%.
Покрытие: TiAlN (2 мкм±0,1 мкм), срок службы увеличен на 30%±5%.
Например, вязкость YG6 (Co 10%±1%) увеличивается до 16 МПа·м$^{1/2}$±0,5.

Стратегия оптимизации
заключается в достижении твердости HV 14002000±30 и вязкости K_1 с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5.
Рекомендуется:
Оптимизация состава: YG6 (Co 6%8%±1%), YT15 (TiC 10%15%±1%).
Контроль зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).
Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 30% ± 5%.
Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.
Технические характеристики испытаний: ASTM E92 (твердость), ASTM G65 (истирание).

Например, YT15 (TiAlN , 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1700 ± 30 и скорость износа 0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

10.7.2.2 Сравнение с классами ISO

Основные принципы и технический обзор
Китайские марки соответствуют ISO 513: YG6≈K20, YT15≈P15, отклонение производительности <5%±1%. YG6 (Co 6%±1%) прочность K_{1c} 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5, K20 (Co 6%8%±1%) K_{1c} 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5; YT15 (TiC 15%±1%) твердость HV 1700±30, P15 (TiC 10%15%±1%) HV 1800±30. Координация достигается за счет стандартизации состава и испытаний.

Испытания включают твердость (ASTM E92, точность ±30 HV), вязкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) и производительность резания (ISO 3685, точность ±0,01 мм). Например, срок службы чугуна YG6 и K20 составляет 10 часов ±1 час с отклонением <3% ±1%.

Механизм и анализ
YG6 и K20 с высоким содержанием WC (>90%±1%) обеспечивают стабильность обработки чугуна (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), YT15 и P15 с высоким содержанием TiC (10%15%±1%) подходят для стали (коэффициент трения <0,3±0,05). СЭМ показывает, что зерна YG6 и K20 составляют 12 мкм±0,01 мкм , а зерна YT15 и P15 составляют 0,51 мкм±0,01 мкм . Рентгеновская дифракция подтверждает, что фаза WC (2θ35,6°±0,1°) и фаза TiC (2θ36,8°±0,1°) соответствуют друг другу. Испытания на резку показывают, что срок службы стали YT15 составляет 12 часов ± 1 час, а срок службы стали P15 — 12,5 часов ± 1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

час.

Анализ влияющих факторов

Отклонение состава: Co±1%, отклонение производительности <5%±1%; >±2%, увеличение отклонения 10%±2%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , стабильная производительность; > 5 мкм ± 0,01 мкм , отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Покрытие: TiAlN однородное, срок службы увеличивается на 30% ± 5%; различные покрытия, отклонение увеличивается на 10% ± 2%.

Условия обработки: скорость 1000 м/мин±10 м/мин, YT15≈P15; <500 м/мин±10 м/мин, YG6 отлично.

Стандарт испытаний: ASTM против ISO, отклонение <2%±0,5%.

Например, твердость YT15 (TiC 20%±1%) увеличивается до HV 1800±30, что близко к P10.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении отклонения производительности <5%±1% и срока службы>10 часов±1 час. Рекомендуется:

Координация состава: YG6 (Co 6%8%±1%), YT15 (TiC 10%15%±1%).

Оптимизация зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавлен VC (0,2% ± 0,01%).

Равномерное покрытие: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), стабильная производительность.

Стандартизация испытаний: ASTM E92, ISO 3685, отклонение <2%±0,5%.

Оптимизация процесса: спекание при 1450°C±10°C, пористость <0,1%±0,01%.

Например, вязкость YG6 (процесс K20) $K_{1}c$ составляет 14,5 МПа·м$^{1/2}$±0,5, с отклонением <3%±1%.

10.7.3 Стандарты ASTM и JIS

Стандарты ASTM (США) и JIS (Япония) регламентируют испытания производительности карбида (твердость, вязкость, износ) и производство (отклонение состава <1% ± 0,1%), согласованные с ISO (отклонение <2% ± 0,5%), что обеспечивает глобальную согласованность (отклонение производительности <5% ± 1%). Подходит для сценариев резки (срок службы> 10 часов ± 1 час) и износостойкости (скорость износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м).

Этот раздел начинается с согласования спецификаций испытаний производительности и международных стандартов.

10.7.3.1 Характеристики эксплуатационных испытаний (твердость, прочность)

Основные принципы и технический обзор

Спецификации ASTM (E92, C1327) и JIS (G0562, R1607) для испытаний на твердость (HV 1600 - 2200±30), ударную вязкость (K_{1} с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и износ (скорость износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м). Испытание на твердость вдавливанием (диагональ <50 мкм±1 мкм),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

испытание на ударную вязкость расширением трещины (<1 мм±0,01 мм).

Оборудование включает в себя твердомер (нагрузка 10 кг ± 0,1 кг), тестер вязкости разрушения (нагрузка 1000 Н ± 10 Н) и тестер износа (нагрузка 130 Н ± 1 Н). Испытания проводятся по ASTM E92 (твердость, точность ± 30 HV) и JIS G0562 (прочность, точность ± 0,5 МПа·м$^{1/2}$). Например, твердость YG8 HV 1800 ± 30, K_{1c} 14 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5.

Механизм и анализ

Испытание на твердость проводилось с использованием алмазного индентора (угол 136°±0,5°) для измерения сопротивления деформации (глубина вдавливания <10 мкм±0,1 мкм), а испытание на прочность проводилось с использованием полосы SENB (надрез <0,1 мм±0,01 мм) для измерения расширения трещины (K_{1c}~14 МПа·м$^{1/2}$±0,5). Отклонение между результатами ASTM E92 и JIS G0562 составило <2%±0,5%. СЭМ показал, что вдавливание было регулярным (отклонение <0,1%±0,01%), а трещины были однородными (<0,01 мм±0,001 мм). Испытание на износ (ASTM G65) показало, что скорость износа YG8 составила 0,04 мм^3/Н·м±0,01 мм^3/ Н·м .

Анализ влияющих факторов

Нагрузка: 10 кг ± 0,1 кг (твердость), высокая точность; > 20 кг ± 0,1 кг, погрешность увеличивается на 5% ± 1%.

Размер образца: >5 мм±0,1 мм, прочность точная; <3 мм±0,1 мм, отклонение увеличивается на 10%±2%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , тест стабильный; > 5 мкм ± 0,01 мкм , отклонение увеличивается на 5% ± 1%.

Обработка поверхности: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , высокая точность; >0,5 мкм±0,01 мкм , увеличение погрешности 5%±1%.

Окружающая среда: Температура 2025°C±1°C, отклонение <2%±0,5%.

Например, отклонение твердости YG8 (нагрузка 20 кг ± 0,1 кг) увеличивается до ± 50 HV.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении точности твердости ±30 HV и точности вязкости ±0,5 МПа·м$^{1/2}$.

Рекомендуется следующее:

Оптимизация теста: нагрузка 10 кг ± 0,1 кг (твердость), 1000 Н ± 10 Н (прочность).

Оптимизация образца: размер >5 мм±0,1 мм, Ra<0,2 мкм±0,01 мкм .

Контроль зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Калибровка: Стандартный образец (отклонение <0,1%±0,01%), точность увеличена на 5%±1%.

Технические условия испытаний: ASTM E92 (твердость), JIS G0562 (прочность).

Например, YG8 (10 кг ± 0,1 кг) имеет твердость HV 1800 ± 30 и K_{1c} 14 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5.

10.7.3.2 Международная координация стандартов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Основные принципы и технический обзор

Стандарты ASTM, JIS и ISO согласованы для обеспечения того, чтобы отклонения испытаний на твердость (HV 1600 - 2200±30), ударную вязкость (K_{Ic} 10 - 20 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и износ (<0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) составляли <2%±0,5%. Например, ASTM E92 соответствует испытанию на твердость ISO 6507, а JIS R1607 соответствует испытанию на ударную вязкость ISO 28079 с отклонением <1%±0,2%.

Испытания включают в себя сравнение стандартов (твердость, прочность, износ) и анализ состава (EDS, точность ±0,1%). Например, твердость YG8 по испытаниям ASTM, JIS и ISO составляет HV 1800±30 с отклонением <1%±0,2%.

Механизм и анализASTM

E92 (вдавливание <50 мкм±1 мкм), ISO 6507 (нагрузка 10 кг±0,1 кг) и JIS G0562 (угол 136°±0,5°) используют тот же принцип, а отклонение обусловлено калибровкой оборудования (<0,1%±0,01%). Испытания на прочность (ASTM C1327, ISO 28079, JIS R1607) основаны на образцах SENB (надрез <0,1 мм±0,01 мм), и результаты согласуются. EDS подтверждает, что состав (WC, Co, TiC) имеет отклонение <0,1%±0,02%. Испытания на износ (ASTM G65, JIS H8503) показывают, что скорость износа YG8 составляет 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м , а перекрестное стандартное отклонение составляет <2% ± 0,5%.

Анализ влияющих факторов

Калибровка оборудования: отклонение <0,1%±0,01%, результаты согласуются; >0,5%±0,01%, отклонение увеличивается на 5%±1%.

Условия испытаний: Температура 2025°C±1°C, отклонение <1%±0,2%; >30°C±1°C, увеличение отклонения 5%±1%.

Подготовка образца: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , высокая точность; >0,5 мкм±0,01 мкм , отклонение увеличивается на 5%±1%.

Стандартное отклонение: ASTM против ISO, отклонение <2%±0,5%; нестандартное, отклонение увеличивается на 10%±2%.

Отклонение состава: ±1%, стабильная производительность; >±2%, отклонение увеличивается на 5%±1%.

Например, отклонение твердости YG8 (температура 30°C ± 1°C) увеличивается до ± 50 HV.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении кросс-стандартного отклонения <2%±0,5%. Рекомендуется:

Оптимизация калибровки: отклонение оборудования <0,1%±0,01%, точность увеличена на 5%±1%.

Контроль условий: температура 20–25 °C ± 1 °C, влажность < 50 % ± 5 %.

Оптимизация образца: Ra<0,2 мкм±0,01 мкм , размер>5 мм±0,1 мм.

Унификация стандартов: предпочтительны стандарты ISO 6507, ASTM E92 и JIS G0562.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 28079 (прочность).

Например, YG8 (калибровка <0,1%±0,01%) имеет твердость HV 1800±30 и отклонение

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

<1%±0,2%.

10.7.4 Выбор и оптимизация классов

Выбор марки осуществляется в соответствии с условиями эксплуатации (скорость резания 500 - 2000 м/мин ± 10 м/мин, ударная нагрузка < 1000 Н ± 100 Н) и свойствами (твердость HV 1600 - 2200 ± 30, прочность K_{1} с 1020 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5), чтобы обеспечить срок службы > 10 ч ± 1 ч или > 10^{6} ± 10^{5} раз. Оптимизируйте свой выбор с помощью технических паспортов и тематических исследований.

Этот раздел начинается с настройки в соответствии с условиями работы и таблицами данных о производительности.

10.7.4.1 Настройка в соответствии с условиями работы (скорость резания, ударная нагрузка)

Основные принципы и технический обзор

При выборе марки учитываются скорость резания (500 - 2000 м/мин ± 10 м/мин), ударная нагрузка (<1000 Н ± 100 Н) и материал заготовки (сталь HV 200 - 400 ± 10, чугун HV 150 - 250 ± 10). P10/YT15 подходит для высокоскоростной обработки стали (> 1000 м/мин ± 10 м/мин), K20/YG6 подходит для среднескоростной обработки чугуна (800 - 1200 м/мин ± 10 м/мин), а YG8 подходит для высокой ударной нагрузки (> 500 Н ± 50 Н).

Испытания включают производительность резания (ISO 3685, точность ±0,01 мм), ударную вязкость (ISO 3327, точность ±10 МПа) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, срок службы стали YT15 составляет 12 часов ±1 час, а ударная нагрузка YG8 составляет 600 Н ±50 Н.

Механизм и анализ

Высокоскоростная резка (>1000 м/мин ±10 м/мин) требует высокой твердости (HV>1800±30, YT15/P10), средняя скорость (8001200 м/мин ±10 м/мин) требует сбалансированной производительности (K20/YG6), а высокая ударопрочность (>500 Н ±50 Н) требует высокой прочности (K_{1c} > 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5, YG8). Покрытие (TiAlN , 2 мкм ±0,1 мкм) увеличивает срок службы на 30% ±5%. СЭМ показывает, что YT15 изнашивается равномерно (глубина <0,01 мм ±0,001 мм), а YG8 имеет очевидные характеристики вязкости разрушения (ямочки <1 мкм ±0,1 мкм). Испытания на резку показывают, что срок службы YT15 составляет 12 часов ± 1 час, что лучше, чем у YG6 (10 часов ± 1 час).

Анализ влияющих факторов

Скорость резки: >1000 м/мин ±10 м/мин, YT15 отлично; <800 м/мин ±10 м/мин, применимо YG6.

Ударная нагрузка: >500 Н ± 50 Н, YG8 отлично; <200 Н ± 50 Н, применимо YT15.

Твердость заготовки: HV>400±10, P10 отлично; <250±10, применимо K20.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Покрытие: TiAlN , срок службы увеличен на 30%±5%; без покрытия срок службы уменьшен на 20%±3%.
Охлаждающая жидкость: на масляной основе, скорость износа снижена на 10% ± 2%; на водной основе, скорость износа увеличена на 10% ± 2%.

Например, срок службы YG6 (скорость 1500 м/мин ± 10 м/мин) сокращается до 8 часов ± 1 часа.

Стратегия оптимизации
заключается в достижении срока службы >10 часов ±1 час и скорости износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м . Рекомендации:
Соответствие бренда: YT15/P10 (высокая скорость), YG6/K20 (средняя скорость), YG8 (высокая ударопрочность).
Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 30% ± 5%.
Оптимизация процесса: охлаждающая жидкость на масляной основе, скорость, соответствующая рабочим условиям.
Оптимизация зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , регулируется в соответствии с условиями работы.
Технические условия испытаний: ISO 3685 (резание), ISO 3327 (удар).
Например, срок службы YT15 (TiAlN , 1000 м/мин ± 10 м/мин) составляет 12 часов ± 1 час.

10.7.4.2 Технические характеристики (твердость, прочность, ударная вязкость)

Основные принципы и технический обзорПроизводительность
Таблицы данных, суммирующие твердость (HV 1600 - 2200±30), прочность (>4000 МПа±50 МПа), вязкость (K_1 с 10 - 20 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и скорость износа (<0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), дают руководство по выбору марки. Данные получены с помощью стандартизированных испытаний (ASTM E92, ISO 3327, ASTM G65) с отклонением <2%±0,5%.

Испытания включают твердость (ASTM E92, точность ±30 HV), прочность (ISO 3327, точность ±10 МПа), ударную вязкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) и износ (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м). Например, YG8 имеет твердость HV 1800±30 и прочность 4200 МПа±50 МПа.

Анализ механизма
показывает, что твердость (HV 1800±30) определяется содержанием WC (>90%±1%) и размером зерна (0,52 мкм±0,01 мкм), прочность (>4000 МПа±50 МПа) связана с Co (6%12%±1%) и пористостью (<0,1%±0,01%), а ударная вязкость (K_1 с 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5) обеспечивается сеткой Co (объемная доля>10%±1%). СЭМ показывает, что отпечатки YG8 являются регулярными (<50 мкм±1 мкм), а характеристики вязкости разрушения очевидны (ямочки <1 мкм±0,1 мкм). Из таблицы данных видно, что твердость YT15 HV 1700±30 лучше, чем у YG6 (HV 1500±30).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Таблица данных по производительности твердого сплава (Твердость HV ± 30, Прочность МПа ± 50, Ударная вязкость МПа м¹/² ± 0,5, Скорость износа мм³/Н м ± 0,01)

Бренд	Твёрдость (HV)	Прочность (МПа)	Прочность (K_{1c})	Скорость износа	приложение
YG6	1500	3800	14	0,05	Чугун, средняя скорость резания
YG8	1800	4200	16	0,04	Детали, устойчивые к ударам и износу
YT15	1700	3500	12	0,03	Сталь, высокоскоростная резка
П10	1900	3600	12	0,03	Сталь, высокоскоростная резка
К20	1600	4000	15	0,05	Чугун, средняя скорость резания

Анализ влияющих факторов

Твердость: HV>1800±30, отличная износостойкость; <1600±30, скорость износа увеличивается на 15%±3%.

Прочность: >4000 МПа±50, отличная ударопрочность; <3500 МПа±50, скорость разрушения увеличивается на 10%±2%.

Прочность: K_{1c} > 14 МПа·м¹/²±0,5, отличная трещиностойкость; <10 МПа·м¹/²±0,5, скорость трещинообразования увеличивается на 10%±2%.

Размер зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , сбалансированные характеристики; > 5 мкм ± 0,01 мкм , прочность падает на 10% ± 2%.

Покрытие: TiAlN , износ снизился на 20%±3%; без покрытия износ увеличился на 15%±3%.

Например, прочность YG6 (размер зерна 5 мкм ± 0,01 мкм) падает до 3500 МПа ± 50 МПа.

Стратегия оптимизации

Для достижения твердости HV 1600 - 2200 ± 30 и вязкости K_{1c} 10 - 20 МПа·м¹/² ± 0,5 рекомендуется:

Оптимизация бренда: YT15 (высокая скорость), YG8 (высокая ударопрочность), YG6 (средняя скорость).

Оптимизация зерна: 0,52 мкм ± 0,01 мкм , добавлен VC (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), производительность увеличена на 30% ± 5%.

Оптимизация ГИП: 1400°C±10°C, 150 МПа±1 МПа, пористость <0,1%±0,01%.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 3327 (прочность).

Например, YG8 (TiAlN , 0,5 мкм ± 0,01 мкм) имеет твердость HV 1800 ± 30 и скорость износа 0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

10.8 Тенденция развития классификации

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Тенденция развития классификации твердых сплавов сосредоточена на функционализации (износостойкость <0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , коррозионная стойкость <0,005 мм/год±0,001 мм/год), нано- и градиентной структуре (зерно <100 нм±10 нм, градиент Co 0%15%±1%), экологичности (отсутствие Co, степень переработки >95%±2%) и управлении данными (точность прогнозирования искусственного интеллекта >90%±2%) для соответствия высоким эксплуатационным характеристикам (твердость HV 2000 - 3000±30, вязкость K_1 с 10 - 25 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и требованиям по защите окружающей среды (выбросы углерода <5 кг/кг±0,5 кг/кг).

Благодаря новым материалам (нано-WC, связующие на основе железа), новым процессам (аддитивное производство, плазменное спекание) и новым технологиям (искусственный интеллект, базы данных) мы будем способствовать уточнению классификации (отклонение <2% ± 0,5%) и расширению областей применения (резка, энергетика, биомедицина).

В этом разделе анализируются будущие тенденции и технологические пути с точки зрения функционализации и композитной классификации, классификации нано- и градиентных структур, зеленой и устойчивой классификации, а также методов классификации на основе данных.

10.8.1 Функционализация и классификация соединений

Функционализированный и композитный цементированный карбид отвечает потребностям аэрокосмической (срок службы > 10 ^{5} раз ± 10 ^{4} раз), энергетической (эффективность > 90% ± 2%) и медицинской (биосовместимость > 95% ± 2%) отраслей благодаря многофункциональности (износостойкость, коррозионная стойкость, проводимость) и бионическим интеллектуальным характеристикам (адаптивность > 80% ± 5%). Композитные материалы (WCCoTiC , бионическая структура) и покрытия (TiAlN , DLC) являются ядром.

10.8.1.1 Износостойкие, коррозионностойкие и токопроводящие многофункциональные сплавы

Основные принципы и технический обзор

Многофункциональный цементированный карбид объединяет износостойкость (скорость износа <0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м), коррозионную стойкость (скорость коррозии <0,005 мм/год±0,001 мм/год) и электропроводность (>10 ^{6} См/м±10 ^{5} См/м) за счет добавления TiC (5%15%±1%), Cr_3C_2 (2%5%±0,5%) и проводящей фазы (например, графита, 1%3%±0,2%). Размер зерна 0,51 мкм±0,01 мкм , покрытие (TiAlN , 25 мкм±0,1 мкм) повышает производительность.

Испытания включают износостойкость (ASTM G65, точность ±0,01 мм³/ Н·м), коррозионную стойкость (ASTM G31, точность ±0,001 мм/год) и электропроводность (метод четырех зондов, точность ±10 ^{4} См/м). Например, скорость износа WC6CoTiC (TiC 5%±1%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

составляет 0,02 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н· м , а электропроводность составляет 1,2×10 ⁶ См/м±10 ⁵ См/м.

Анализ механизмов и производительностиTiC

(5%15%±1%) повышает твердость (HV 2000±30), Cr_3C_2 (2 %5%±0,5%) образует защитный слой Cr_2O_3 (толщина <0,1 мкм±0,01 мкм), снижая скорость коррозии (<0,005 мм/год±0,001 мм/год). Графит (1 %3%±0,2%) создает проводящую сеть (удельное сопротивление $<10^{-6}$Ом · м±10^{-7}Ом · м). Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) показывает, что частицы TiC однородны (размер 0,51 мкм ± 0,01 мкм), а рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) подтверждает Cr_2O_3 (Cr 2p~577 эВ ± 0,1 эВ).

Испытания на износостойкость показывают, что WC6CoTiC лучше, чем YG6 (скорость износа 0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м). Испытания на проводимость показывают, что проводимость увеличивается на 50%±5% после добавления графита.

Анализ влияющих факторов

TiC : 5%15%±1%, твердость увеличивается на 20%±3%; >20%±1%, вязкость уменьшается на 10%±2%.

Cr_3C_2: 2% 5 %±0,5%, коррозионная стойкость увеличивается на 30%±5%; >10%±0,5%, твердость уменьшается на 10%±2 %.

Содержание графита: 1%3%±0,2%, проводимость увеличилась на 50%±5%; >5%±0,2%, прочность уменьшилась на 15%±3%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличные эксплуатационные характеристики; > 2 мкм ± 0,01 мкм , износостойкость снижается на 10% ± 2%.

Толщина покрытия: 25 мкм ± 0,1 мкм , превосходные общие характеристики; > 10 мкм ± 0,1 мкм , скорость отслаивания увеличивается на 15% ± 3%.

Например, скорость коррозии WC6Co (без TiC) увеличивается до 0,01 мм/год ± 0,001 мм/год.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении скорости износа <0,03 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м и коррозионной стойкости <0,005 мм/год±0,001 мм/год. Рекомендуется следующее:

Оптимизация состава: TiC 5%10%±1%, Cr_3C_2 2 % 5 %±0,5%, графит 1%3%±0,2%.

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), общая производительность улучшена на 30% ± 5%.

Оптимизация спекания: плазменное спекание (SPS, 1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа), пористость <0,1%±0,01%.

Технические условия испытаний: ASTM G65 (стойкость к истиранию), ASTM G31 (стойкость к коррозии).

Например, скорость износа WC6CoTiC (SPS, покрытие TiAlN) составляет 0,02 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м , а проводимость — 1,2×10 ⁶ См/м±10 ⁵ См/м.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.8.1.2 Бионика и интеллектуальный карбид вольфрама

Основные принципы и технический обзор

Бионический и интеллектуальный цементированный карбид достигает адаптивности (деформация <0,01% ± 0,001%) и самовосстановления (скорость ремонта трещин > 50% ± 5%) за счет имитации природных структур (таких как слои оболочки, бамбуковые волокна) или встроенных датчиков (время отклика <1 мс ± 0,1 мс). Материал содержит матрицу WCCo (Co 6% 10% ± 1%) и функциональную фазу (такую как NiTi , 2% 5% ± 0,5%) и изготавливается методом селективной лазерной плавки (SLM, мощность 300400 Вт ± 10 Вт) или встроенных датчиков (размер < 0,1 мм ± 0,01 мм).

Тесты включают адаптивность (тензодатчик, точность ±0,001%), скорость восстановления (SEM, разрешение <0,1 мкм ±0,01 мкм) и срок службы (ISO 3685, точность ±0,01 мм). Например, адаптивность бионического сплава WC6CoNiTi составляет 85% ±5%, а срок службы — 12 часов ±1 час.

Анализ механизма и производительности

Слоистая структура оболочки (слой WC 0,10,5 мм ± 0,01 мм) улучшает ударную вязкость (K_{1} с 15 МПа $м^{1/2}$ ± 0,5), NiTi (2% 5% ± 0,5%) обеспечивает память формы (скорость восстановления > 90% ± 2%), а датчик (изменение сопротивления < 0,1 Ом ± 0,01 Ом) контролирует напряжение (< 100 МПа ± 10 МПа). СЭМ показывает, что слоистая структура ступенчатая (угол < 10° ± 1°), а энергодисперсионная спектроскопия (EDS) подтверждает распределение NiTi (отклонение < 0,1% ± 0,02%).

Испытания на самовосстановление показывают, что скорость восстановления трещин сплава NiTi составляет 60% ± 5%, что лучше, чем у YG6 (<10% ± 2%). Испытания на долговечность показывают, что срок службы бионического сплава составляет 12 часов ± 1 час, что на 20% ± 3% больше.

Анализ влияющих факторов

Толщина слоя: 0,10,5 мм±0,01 мм, прочность увеличивается на 20%±3%; >1 мм±0,01 мм, прочность уменьшается на 10%±2%.

NiTi : 2%5%±0,5%, высокая скорость восстановления; >10%±0,5%, твердость снижена на 15%±3%.

Размер датчика: <0,1 мм ± 0,01 мм, быстрый отклик; >0,5 мм ± 0,01 мм, помехи увеличиваются на 10% ± 2%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , отличные характеристики; > 2 мкм ± 0,01 мкм , прочность снижается на 10% ± 2%.

Мощность SLM: 300400 Вт ± 10 Вт, плотность > 99% ± 0,1%; < 200 Вт ± 10 Вт, пористость увеличилась на 10% ± 2%.

Например, скорость восстановления WC6Co (без NiTi) составляет <10%±2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Стратегия оптимизации

заключается в достижении адаптивности > 80% ± 5% и срока службы > 10 часов ± 1 час. Рекомендуется следующее:

Оптимизация структуры: толщина слоя 0,10,5 мм±0,01 мм, NiTi 2%5%±0,5%.

Оптимизация SLM: мощность 300400 Вт ± 10 Вт, толщина слоя 5080 мкм ± 1 мкм .

Оптимизация датчика: размер <0,1 мм ± 0,01 мм, время отклика <1 мс ± 0,1 мс.

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Технические характеристики испытаний: ISO 3685 (срок службы), SEM (скорость ремонта).

Например, WC6CoNiTi (SLM, толщина слоя 0,2 мм ± 0,01 мм) имеет адаптивность 85% ± 5% и срок службы 12 часов ± 1 час.

10.8.2 Классификация наноструктур и градиентных структур

Нано и градиентная структура цементированного карбида улучшает твердость (HV 25003000±30), прочность (K_1 с 1020 МПа·м$^{1/2}$±0,5) и износостойкость (скорость износа <0,02 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) за счет размера зерна <100 нм±10 нм и градиента содержания Co (0%15%±1%), подходит для прецизионной обработки (точность <0,01 мм±0,001 мм) и износостойких деталей (срок службы>10⁴часов ± 10³часов). Технология включает нанопорошок (осаждение паров) и градиентное спекание (1450°C±10°C).

10.8.2.1 На основе нано-WC (размер зерна < 100 нм)

Основные принципы и технический обзор

Сплав на основе нано WC (размер зерна 50100 нм ± 10 нм) имеет высокую твердость (HV 25003000 ± 30) и низкий коэффициент трения (коэффициент < 0,2 ± 0,05) для повышения износостойкости (скорость износа < 0,02 мм³/Н м ± 0,01 мм³/ Н м). Содержание Co составляет 6% 10% ± 1%, а нанопорошок получен методом химического осаждения из паровой фазы (CVD, скорость осаждения 15 нм/с ± 0,1 нм/с) и сформирован методом плазменного спекания (SPS, 1400°C ± 10°C, 50 МПа ± 1 МПа).

Испытания включают твердость (ASTM E92, нагрузка 5 кг ± 0,1 кг), размер зерна (просвечивающий электронный микроскоп TEM, разрешение <0,1 нм ± 0,01 нм) и износостойкость (ASTM G99, точность ± 0,01 мм³/ Н·м). Например, твердость нано WC6Co составляет HV 2800 ± 30, а скорость износа составляет 0,015 мм³/ Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м .

Анализ механизмов и производительностиНано

-зерна (50100 нм ± 10 нм) увеличивают твердость (HV 2800 ± 30) за счет эффекта Холла-Петча (твердость $d^{-1/2}$, d - размер зерна), а мелкие границы зерен (объемная доля> 20% ± 2%) подавляют распространение трещин (K_1 с 12 МПа·м$^{1/2}$± 0,5). ТЭМ показывает, что зерна WC однородны (отклонение < 5% ± 1%), а фаза Co непрерывна (толщина < 10 нм ± 1 нм). Испытания на износостойкость показывают, что нано-WC6Co превосходит YG6 микронного

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

размера (скорость износа 0,05 мм³/Н·м± 0,01 мм³/ Н·м). Рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает наличие фазы WC (2θ35,6°±0,1°) и отсутствие примесной фазы (<0,1%±0,01%).

Анализ влияющих факторов

Размер зерна: 50100 нм±10 нм, твердость увеличилась на 30%±5%; >200 нм±10 нм, твердость уменьшилась на 20%±3%.

Содержание Co: 6%10%±1%, сбалансированная прочность; <6%±1%, $K_{1}c$ уменьшается на 10%±2%.

Температура спекания: 1400°C±10°C, стабильность зерна; >1500°C±10°C, рост зерна 20%±3%.

Чистота порошка: >99,9%±0,1%, отличные характеристики; <99,5%±0,1%, увеличение содержания примесей на 10%±2%.

Покрытие: DLC (12 мкм ± 0,1 мкм), износ снижен на 20% ± 3%.

Например, твердость нано WC6Co (размер зерна 200 нм ± 10 нм) снижается до HV 2200 ± 30.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении твердости HV 25003000±30 и скорости износа <0,02 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м . Рекомендуется:

Оптимизация порошка: размер зерна 50100 нм±10 нм, чистота>99,9%±0,1%.

Оптимизация спекания: SPS (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа), пористость <0,1%±0,01%.

Совместная оптимизация: 6%10%±1%, добавлен VC (0,2%±0,01%).

Оптимизация покрытия: DLC (12 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость увеличена на 20% ± 3%.

Технические характеристики испытаний: ASTM E92 (твердость), TEM (размер зерна).

Например, нано WC6Co (SPS, DLC покрытие) имеет твердость HV 2800±30 и скорость износа 0,015 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м .

10.8.2.2 Содержание градиента

Обзор основных принципов и технологий

Сплав с градиентным содержанием Co (0%5%±1% на поверхности, 10%15%±1% в сердцевине) оптимизирует комплексную производительность за счет высокой твердости поверхности (HV 2200±30) и высокой прочности сердцевины ($K_{1}c$ 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5), подходит для режущих инструментов (срок службы>12 часов±1 час) и форм (срок службы>10^{6}раз ± 10^{5}раз) . Он изготавливается путем порошкового ламинирования (толщина слоя 0,11 мм±0,01 мм) и градиентного спекания (1450°C±10°C).

Испытания включают градиент твердости (ASTM E92, точность ±30 HV), ударную вязкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) и долговечность (ISO 3685, точность ±0,01 мм). Например, градиент твердости WCCo HV 2200±30 (поверхность), ударная вязкость K_{1} с 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5 (сердцевина).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Анализ механизма и производительности:

Низкий поверхностный слой Co (0%5%±1%) улучшает твердость (HV 2200±30), а высокий сердечник Co (10%15%±1%) повышает ударную вязкость (K_{1c} 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5). Градиентный переходный слой (толщина 0,10,5 мм±0,01 мм) снижает концентрацию напряжений (коэффициент концентрации напряжений K_t <1,3±0,05). СЭМ показывает, что содержание Co непрерывно изменяется (отклонение <0,1%±0,02%), а ЭДС подтверждает распределение градиента (Co 2p~779 эВ±0,1 эВ). Испытания на резку показывают, что срок службы градиентного WCCo составляет 12 часов ±1 час, что лучше, чем у однородного YG6 (10 часов ±1 час).

Анализ влияющих факторов

Градиент Co: 0%15%±1%, отличная производительность; равномерный Co, твердость снижена на 10%±2%.

Толщина переходного слоя: 0,10,5 мм±0,01 мм, K_t низкий; >1 мм±0,01 мм, K_t увеличивается на 10%±2%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , высокая твердость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , прочность увеличивается на 10% ± 2%.

Температура спекания: 1450°C±10°C, градиент стабильный; >1500°C±10°C, диффузия Co увеличивается на 10%±2%.

Покрытие: TiAlN (2 мкм±0,1 мкм), срок службы увеличен на 20%±3%.

Например, среднее время жизни WC6Co сокращается до 10 часов ± 1 час .

Стратегия оптимизации

заключается в достижении твердости HV 2200±30 и вязкости K_1 с 15 МПа·м$^{1/2}$±0,5. Рекомендуется:

Оптимизация градиента: поверхность Co 0%5%±1%, ядро 10%15%±1%.

Оптимизация спекания: 1450°C±10°C, переходный слой 0,10,5 мм±0,01 мм.

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация покрытия: TiAlN (25 мкм ± 0,1 мкм), срок службы увеличен на 20% ± 3%.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 3685 (срок службы).

Например, градиентное покрытие WCCo (TiAlN) твердость HV 2200±30, срок службы 12 часов±1 час.

10.8.3 Экологичные и устойчивые категории

Экологичный и устойчивый цементированный карбид снижает воздействие на окружающую среду (выбросы углерода <5 кг/кг ± 0,5 кг/кг) благодаря связующему веществу без содержания кобальта (на основе железа, керамики) и высокой скорости восстановления (> 95% ± 2%), а также отвечает требованиям износостойкости (скорость износа < 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/ Н·м) и коррозионной стойкости (скорость коррозии < 0,01 мм/год ± 0,001 мм/год). Технологии включают сплавы на основе железа (Fe 5% 10% ± 1%) и химическое восстановление (эффективность> 95% ± 2%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10.8.3.1 Твердый сплав без содержания кобальта (на основе железа, на основе керамики)

Базовый принцип и обзор технологии

В твердом сплаве без содержания Co используется Fe (5%10%±1%) или керамическая матрица (TiC , Si_3N_4 , 10%20%±1%) для замены Co, с твердостью HV 18002200±30, вязкостью K_{1c} 812 МПа·м$^{1/2}$±0,5 и выбросами углерода <5 кг/кг±0,5 кг/кг. Изготовление осуществляется плазменным спеканием (SPS, 1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа) или горячим прессованием (1600°C±10°C, 30 МПа±1 МПа).

Испытания включают твердость (ASTM E92, точность ±30 HV), ударную вязкость (ISO 28079, точность ±0,5 МПа·м$^{1/2}$) и воздействие на окружающую среду (ISO 14040, точность ±0,5 кг/кг). Например, WC8Fe имеет твердость HV 2000±30 и выбросы углерода 4,5 кг/кг±0,5 кг/кг.

Анализ механизмов и производительностиFe

Матрица (5%10%±1%) обеспечивает прочность (K_{1c} 10 МПа·м$^{1/2}$±0,5), TiC (10%20%±1%) улучшает твердость (HV 2000±30). Керамическая матрица (Si_3N_4) повышает коррозионную стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год±0,001 мм/год). СЭМ показывает, что фаза Fe однородна (размер <1 мкм±0,1 мкм), а частицы TiC внедрены (отклонение <0,1%±0,02%). Испытания на износостойкость показывают, что WC8Fe лучше, чем YG6 (скорость износа 0,05 мм^3/Н·м±0,01 мм^3/ Н·м). Экологический анализ подтверждает, что выбросы углерода на основе Fe сокращаются на 20%±3%.

Анализ влияющих факторов

Содержание железа: 5%10%±1%, ударная вязкость сбалансирована; >15%±1%, твердость снижается на 10%±2%.

Содержание керамики: 10%20%±1%, коррозионная стойкость увеличилась на 20%±3%; >30%±1%, K_{1c} снизился на 10%±2%.

Температура спекания: 1400°C±10°C, отличные характеристики; >1500°C±10°C, рост зерна 10%±2%.

Размер зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , высокая твердость; > 2 мкм ± 0,01 мкм , прочность увеличивается на 10% ± 2%.

Окружающая среда: на основе железа выбросы углерода сократились на 20% ± 3%; на основе кобальта выбросы увеличились на 30% ± 5%.

Например, твердость WC15Fe падает до HV 1800±30.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении твердости HV 1800 - 2200±30 и выбросов углерода <5 кг/кг±0,5 кг/кг. Рекомендуется:

Оптимизация связующего: Fe 5%10%±1%, TiC 10%20%±1%.

Оптимизация спекания: SPS (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа), пористость <0,1%±0,01%.

Контроль зерна: 0,51 мкм ± 0,01 мкм , добавление ВК (0,2% ± 0,01%).

Оптимизация покрытия: TiAlN (2 мкм ± 0,1 мкм), износостойкость улучшена на 20% ± 3%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 14040 (окружающая среда).
Например, WC8Fe (SPS, покрытие TiAlN) имеет твердость HV 2000±30 и выбросы углерода 4,5 кг/кг±0,5 кг/кг.

10.8.3.2 Перерабатываемый карбид вольфрама (степень переработки>95%)

Обзор основных принципов и технологийПерерабатываемый

Твердый сплав перерабатывается химически (метод Zn, эффективность >95%±2%) и физически измельчается (частицы <50 мкм±5 мкм) для разделения WC и Co (чистота >99%±0,1%), выбросы углерода <3 кг/кг±0,5 кг/кг. Твердость HV 1600 - 2000±30, вязкость K_1 с 1015 МПа·м$^{1/2}$±0,5, отклонение характеристик от исходного сплава <5%±1%.

Тесты включают скорость восстановления (химический анализ, точность ± 0,1%), производительность (ASTM E92, точность ± 30 HV) и воздействие на окружающую среду (ISO 14040, точность ± 0,5 кг/кг). Например, восстановление WC6Co с твердостью HV 1800 ± 30 имеет скорость восстановления 96% ± 2%.

Анализ механизма и производительности

Метод Zn (600 - 800 °C ± 10 °C) растворяет Co (степень восстановления > 95% ± 2%) через жидкий Zn (температура плавления 419 °C ± 1 °C), а частицы WC остаются нетронутыми (изменение размера < 1% ± 0,1%). Физическое дробление (энергия удара < 10 Дж ± 1 Дж) дает мелкий порошок (< 50 мкм ± 5 мкм). СЭМ показывает, что восстановленные частицы WC имеют четкие края и углы (отклонение < 0,1% ± 0,02%), а ЭДС подтверждает, что остаток Co составляет < 0,1% ± 0,01%. Эксплуатационные испытания показывают, что твердость восстановленного WC6Co составляет HV 1800 ± 30, что соответствует исходному сплаву (HV 1800 ± 30).

Анализ влияющих факторов

Температура восстановления: 600800°C±10°C, высокая эффективность; >1000°C±10°C, окисление WC увеличивается на 10%±2%.
Чистота Zn: >99,9%±0,1%, высокая степень извлечения Co; <99,5%±0,1%, примеси увеличиваются на 5%±1%.
Размер частиц: <50 мкм ± 5 мкм , производительность стабильна; >100 мкм ± 5 мкм , твердость снижается на 5% ± 1%.
Количество циклов переработки: 13 раз, стабильная производительность; >5 раз, твердость снижается на 10%±2%.
Окружающая среда: метод Zn, выбросы углерода <3 кг/кг ± 0,5 кг/кг; метод растворения кислоты, выбросы увеличиваются на 20% ± 3%.
Например, твердость переработанного WC6Co (температура 1000°C±10°C) снижается до HV 1700±30.

Стратегия оптимизации

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

заключается в достижении степени восстановления >95%±2% и твердости HV 1600 - 2000±30.
Рекомендуется:
Оптимизация переработки: метод Zn, 600 - 800°C ± 10°C, чистота Zn > 99,9% ± 0,1%.
Оптимизация порошка: частицы <50 мкм ± 5 мкм , чистота>99% ± 0,1%.
Оптимизация спекания: SPS (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа), пористость <0,1%±0,01%.
Проверка производительности: отклонение твердости от исходного сплава составляет <5%±1%.
Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 14040 (окружающая среда).
Например, переработанный WC6Co (метод Zn, 600°C ± 10°C) имеет твердость HV 1800 ± 30 и степень восстановления 96% ± 2%.

10.8.4 Методы классификации на основе данных

Классификация на основе данных оптимизирует характеристики твердого сплава (твердость HV 1600 - 3000±30, прочность K_1 с 1025 МПа·м$^{1/2}$ ± 0,5) и стандарты классификации (отклонение <1%±0,2%) с помощью искусственного интеллекта (точность прогнозирования>90%±2%) и базы данных (объем данных>10^5±10^4). Подходит для сценариев резки (срок службы>12ч±1ч), износостойкости (скорость износа<0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/Н·м) и настройки (точность<0,01 мм±0,001 мм).

10.8.4.1 Искусственный интеллект и прогнозирование производительности

Основные принципы и технический обзор
Искусственный интеллект предсказывает свойства твердого сплава (твердость HV 1600 - 3000±30, скорость износа <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/ Н·м) с помощью машинного обучения (случайный лес, нейронная сеть) и больших данных (выборки>10^4 ±10^3) с точностью прогнозирования>90%±2%. Входные параметры включают состав (WC, Co, TiC), размер зерна (0,12 мкм±0,01 мкм) и процесс (спекание 1450°C±10°C).

Тесты включали точность прогнозирования (перекрестная проверка, точность ±2%), проверку производительности (ASTM E92, точность ±30 HV) и долговечность (ISO 3685, точность ±0,01 мм). Например, ИИ предсказал твердость YG8 HV 1800±30 с отклонением <2%±0,5%.

Анализ механизмов и производительности
Случайный лес (количество деревьев 100 - 500±10) анализирует взаимосвязь между составом и производительностью (важность признаков >0,1±0,01), а нейронная сеть (количество слоев 510±1) улавливает нелинейные эффекты (подгонка R^2>0,95±0,02). Модель искусственного интеллекта обучается на основе набора данных (>10^4 ±10^3) для прогнозирования твердости (HV 1800±30) и вязкости (K_1 с 14 МПа·м$^{1/2}$±0,5). СЭМ проверяет размер зерна (0,51 мкм ±0,01 мкм), а ЭДС подтверждает состав (отклонение <0,1%±0,02%). Прогностические испытания показывают, что отклонение твердости YG8 составляет <2%±0,5%, что лучше

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

традиционной эмпирической формулы (отклонение 5%±1%).

Анализ влияющих факторов

Размер набора данных: > 10^4 ±10^3, точность >90%±2%; <10^3±10^2, точность падает на 10%±2%.
Количество признаков: >10±1, прогноз полный; <5±1, отклонение увеличивается на 5%±1%.
Тип алгоритма: Нейронная сеть, отлично подходит для сложных взаимосвязей; линейная регрессия, увеличение отклонения 10% ± 2%.
Размер зерна: 0,12 мкм ± 0,01 мкм , прогноз точен; > 5 мкм ± 0,01 мкм , ошибка увеличивается на 5% ± 1%.
Проверочные образцы: >100±10, отклонение <2%±0,5%; <50±5, отклонение увеличилось на 5%±1%.
Например, смещение прогноза твердости YG8 (набор данных < 10^3 записей) увеличилось до 5% ± 1%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении точности прогноза >90%±2%. Рекомендуется:
Оптимизация данных: наборы данных > 10^4 ± 10^3 элементов, признаки > 10±1.
Оптимизация алгоритма: нейронная сеть, номер слоя 510±1, R^2>0,95±0,02.
Оптимизация проверки: выборки >100±10, отклонение <2%±0,5%.
Проверка производительности: СЭМ и ЭДС подтверждают состав и размер зерна.
Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 3685 (срок службы).
Например, прогноз твердости YG8 (нейронная сеть, данные 10^4) составляет HV 1800±30 с отклонением <2%±0,5%.

10.8.4.2 Стандартизация баз данных и классификаций

Базовые принципы и технический обзор

База данных объединяет данные о твердом сплаве (состав, свойства, процессы, >10^5 ± 10^4) , поддерживает оптимизацию производительности (твердость HV 1600 - 3000 ± 30, вязкость K_1 с 10 - 25 МПа·$м^{1/2}$ ± 0,5) посредством стандартизированной классификации (отклонение <1% ± 0,2%). Она использует базу данных SQL (скорость запроса <1 с ± 0,1 с) и координацию международных стандартов (ISO, ASTM).

Тесты включают в себя согласованность данных (отклонение <1%±0,2%), проверку производительности (ASTM E92, точность ±30 HV) и эффективность классификации (запрос <1 с±0,1 с). Например, твердость базы данных YG6 HV 1500±30, отклонение <1%±0,2%.

анализа механизмов и производительности

объединяет состав (WC, Co), свойства (твердость, вязкость) и процессы (спекание, покрытие) через структурированное хранилище (поля>50±5), поддерживая быстрый запрос (<1 с±0,1 с). Стандартизированная классификация основана на ISO 513 (P, M, K) и китайских сортах (YG, YT) с отклонением <1%±0,2%. SEM проверяет размер зерна (0,52 мкм±0,01 мкм), а EDS

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

подтверждает состав (отклонение <0,1%±0,02%). Тесты производительности показывают, что база данных прогнозирует твердость YG6 как HV 1500±30, что соответствует фактическому измерению.

Анализ влияющих факторов

Объем данных: $>10^5 \pm 10^4$, точная классификация; $<10^4 \pm 10^3$, отклонение увеличилось на 5%±1%.

Количество полей: >50±5, исчерпывающая информация; <20±2, отклонение увеличивается на 5%±1%.

Степень стандартизации: координация ISO/ASTM, отклонение <1%±0,2%; стандарт отсутствует, отклонение увеличивается на 10%±2%.

Скорость запроса: <1 с±0,1 с, высокая эффективность; >5 с±0,5 с, эффективность падает на 20%±3%.

Обновление данных: $>10^3 \pm 10^2$ элементов в год, стабильная точность; без обновления отклонение увеличивается на 5%±1%.

Например, смещение классификации YG6 (<20 полей) увеличилось до 5% ± 1%.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении отклонения классификации <1%±0,2% и скорости запроса <1 с±0,1 с. Рекомендуется следующее:

Оптимизация базы данных: данные $> 10^5 \pm 10^4$ записей, поля > 50 ± 5.

Стандартизация и оптимизация: Соответствует ISO 513, ASTM E92, отклонение <1%±0,2%.

Обновление и оптимизация: $>10^3 \pm 10^2$ новых элементов добавляется каждый год.

Проверка и оптимизация: SEM и EDS подтверждают согласованность данных.

Спецификации испытаний: ASTM E92 (твердость), ISO 3685 (срок службы).

Например, твердость YG6 (данные 10^5, стандарт ISO) составляет HV 1500±30 с отклонением <1%±0,2%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

Спецификации моделирования класса твердого сплава, разработанные CTIA GROUP: Нацеленность на интеллектуальное производство с использованием искусственного интеллекта и гибкое производство

1. Введение

Благодаря высокой твердости (HV1600–2000), отличной износостойкости и высокой температурной стабильности (600–1000 °C) твердый сплав широко используется в режущих инструментах, пресс-формах, горнодобывающих инструментах, аэрокосмических компонентах и других областях. В 2023 году мировой рынок твердого сплава достигнет 20 млрд долларов США и, как ожидается, увеличится до 30 млрд долларов США в 2030 году (средний годовой рост 6%). Производство Китая составляет 85% от общемирового объема, а экспорт — 40%. В контексте интеллектуального производства на основе искусственного интеллекта (ИИ) спрос клиентов сместился от стандартизированного производства к высокоперсонализированной настройке, требующей автоматического создания уникальных марок для каждого продукта или даже одного продукта (например, инструменты из авиационного титанового сплава должны быть термостойкими до 1000 °C), а также получения полной информации о жизненном цикле с помощью QR-кодов или радиочастотной идентификации (RFID), включая состав, срок службы, путь переработки, углеродный след и экологические, социальные и управленческие показатели (ESG). Промышленный Интернет (5G/6G) поддерживает передачу данных в реальном времени, а автоматизированное производство на основе ИИ достигает быстрой итерации, сохраняя технологическое лидерство без патентной защиты.

China Tungsten Intelligence Alliance, CTIA GROUP, http://CTIA.GROUP) является мировым лидером в области интеллектуального производства карбида вольфрама на основе искусственного интеллекта, а также индивидуального проектирования и производства на протяжении многих лет. Он объединяет ИИ (глубокая сеть DQN, генеративно-состязательная сеть GAN, Transformer, мультимодальное обучение), промышленный Интернет (5G/6G), цифровой двойник (Unity3D+TensorFlow), блокчейн (Hyperledger+Polkadot) и технологию зеленой переработки (micro smart Hardbox) для разработки «персонализированной спецификации оценок CTIA» (CTIA-PIN). Эта спецификация автоматически генерирует оценки с помощью ИИ и поддерживает открытые инновации. Цели включают в себя:

Персонализация
ИИ динамически генерирует уникальные номера брендов в соответствии с потребностями клиентов с погрешностью менее 0,5%.

Информационная прозрачность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

QR-код содержит информацию о составе, сроке службы, пути переработки и индикаторы ESG, что повышает прозрачность на 40%.

Умное подключение

Передача данных в реальном времени 5G/6G, многоцелевая оптимизация на основе искусственного интеллекта, срок службы увеличен на 20%, эффективность повышена на 15%.

Зеленый Цикл

Уровень переработки превышает 90%, выбросы углерода сокращаются на 50%, что соответствует Целям устойчивого развития ООН (ЦУР 12, 13).

Глобальная конкурентоспособность

Ожидается, что к 2030 году компания охватит 80% китайских клиентов, расширит свое присутствие более чем на 50 стран и достигнет доли рынка в 40%.

Группа компаний CTIA предоставляет услуги технической поддержки, обучения и переработки через http://CTIA.GROUP и стремится содействовать трансформации отрасли производства твердосплавных изделий в сторону интеллектуальности и экологичности.

2. Глоссарий

Твердый сплав

Высокопроизводительный композитный материал (ISO 513), изготовленный из карбида вольфрама (WC) в качестве основного компонента, с добавлением металлических связующих, таких как кобальт (Co) и никель (Ni), и спеченный с помощью процесса порошковой металлургии. Его твердость (HV1600–2000) намного превышает твердость быстрорежущей стали, и он имеет превосходную износостойкость, что делает его пригодным для резки, формования, добычи полезных ископаемых и других сценариев. Например, авиационные инструменты могут обрабатывать титановые сплавы при высокой температуре 1000 °C и поддерживать точность IT6. Процесс производства включает измельчение сырья (размер частиц 0,2–3 мкм), смешивание, прессование, спекание (1400–1500 °C) и последующую обработку (покрытие, полировка).

Карбид вольфрама (WC)

Основной компонент цементированного карбида с твердостью HV2200 и температурой плавления 2870°C обеспечивает высокую твердость и износостойкость. Он извлекается из вольфрамовой руды методом осаждения из паровой фазы (CVD) или гидрометаллургии, с чистотой обычно более 99,9%, а размер частиц может быть измельчен до 0,2 мкм для повышения прочности. Поставщики должны иметь сертификат ISO 20400 (устойчивые закупки) для обеспечения прослеживаемости сырья.

Кобальт (Co)

Связующее для твердого сплава, составляющее 4–15%, повышает прочность материала

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(стойкость к разрушению 8–12 МПа·м^1/2) и улучшает ударопрочность. Производится методом электролиза или переработки, чистота превышает 99,8%, поставщики должны соответствовать стандартам ISO 14001 (охрана окружающей среды).

Карбид титана (TiC)

Добавки, составляющие 0–15%, улучшают термостойкость (температурную стойкость свыше 800°C) и стойкость к окислению. Производится методом высокотемпературной карбонизации, размер частиц 0,5–1 мкм, чистота более 99,7%, поставщики обязаны предоставить сертификат качества.

Умное производство с использованием искусственного интеллекта

Алгоритмы ИИ (глубокое обучение, обучение с подкреплением, Transformer, мультимодальное обучение) используются для оптимизации проектирования продукции, планирования производства, контроля качества и обслуживания, а также для достижения персонализированной настройки и автоматизированного производства. Например, ИИ прогнозирует срок службы инструмента (с погрешностью менее 5%), анализируя изображения износа инструмента и данные о вибрации, динамически регулирует скорость резания и продлевает срок службы инструмента на 20%. Интеллектуальное производство на основе ИИ в сочетании с промышленным Интернетом поддерживает принятие решений в реальном времени и гибкое производство.

Гибкое производство

Производственная система поддерживает мелкосерийное или даже единичное производство и достигает быстрого переключения (менее 1 минуты) за счет автоматизированного оборудования (печь для спекания с ЧПУ, робот, лазерная обработка) и технологии цифровых двойников. Например, производственная линия CTIA GROUP может производить штучные инструменты для клиентов из авиационной отрасли с циклом поставки 7 дней для удовлетворения индивидуальных потребностей.

Промышленный Интернет

Благодаря 5G/6G, Интернету вещей (IoT) и блокчейну достигается взаимосвязь оборудования, прозрачность данных и оптимизация в реальном времени. Датчики собирают данные о температуре и вибрации инструмента, которые загружаются в облако через сеть 6G (задержка менее 0,05 мс). После анализа ИИ выдаются инструкции по оптимизации (например, снижение скорости на 10% и увеличение срока службы на 20%). Блокчейн гарантирует, что данные не могут быть подделаны, а прозрачность увеличивается на 40%.

МикроСмарт Жесткая коробка

Коробка для переработки (10×5×3 см), разработанная CTIA GROUP, изготовлена из биоразлагаемого материала полимолочной кислоты (PLA) (цикл разложения 6 месяцев), интегрирована с радиочастотной идентификацией (RFID), модулем 5G, несколькими датчиками (вес ±0,1 г, температура ±0,5 °C, влажность ±2%) и поддерживает автоматическую

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

классификацию ИИ (точность 98%), оптимизацию логистики (погрешность пути менее 5%) и самоуничтожение данных (для предотвращения утечки). Hardbox распознает тип инструмента по весу и изображению и автоматически планирует путь переработки.

Индустрия 4.0

Четвертая промышленная революция, в основе которой лежат ИИ, Интернет вещей, большие данные и цифровые двойники, делает акцент на интеллекте, взаимосвязи и экологичности. CTIA GROUP использует технологию Industry 4.0 для достижения производства единичных изделий, мониторинга в реальном времени и экологичной переработки.

ESG

Экология, Социальные аспекты и Управление являются индикаторами для измерения возможностей компании в области устойчивого развития. CTIA GROUP поддерживает ЦУР 12 (ответственное потребление и производство) и ЦУР 13 (борьба с изменением климата) посредством низкоуглеродного производства (углеродный след менее 8 кг CO_2/кг), высокого уровня переработки (более 90%) и прозрачного управления (более 2000 узлов блокчейна).

3. Область применения

CTIA-PIN подходит для твердосплавных инструментов (резка, фрезерование, сверление), форм (штамповка, литье под давлением), горнодобывающих инструментов (сверла, резцы), деталей для аэрокосмической отрасли (турбинные лопатки, корпуса) и т. д. Целевыми клиентами являются авиационная, автомобильная, полиграфическая, медицинская, горнодобывающая, энергетическая отрасли, поддерживают поток единичных изделий (более 1 детали) и массовое производство, а также адаптируются к экстремальным условиям, таким как высокая температура 1000 °C, низкая температура -40 °C, морская коррозия, высокая радиация и вакуумная среда.

4. Текущее состояние рынка твердых сплавов в стране и за рубежом

4.1 Международные стандарты

ИСО 513:2012:

Классификация: P (сталь), M (нержавеющая сталь), K (чугун), N (цветные металлы), S (жаропрочные сплавы), H (закаленная сталь).

Примеры: P10 (WC:Co примерно 94:6, чистовая обработка стали), K20 (WC:Co примерно 90:10, черновая обработка чугуна).

Особенности: В зависимости от обрабатываемого материала и классификации применения покрытие (например, нитрид титана TiN) маркируется суффиксом (например, P10-CVD).

Ограничения: стандартизированная формула, информация ограничена ингредиентами и способами применения, сложно удовлетворить индивидуальные потребности.

Международные компании: Шведская компания запустила сверхмелкозернистый сорт

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(зерно 0,5 мкм, Co 10%), используя отслеживаемость блокчейна, с коэффициентом извлечения 85%; американская компания запустила высокоизносостойкий сорт (WC:Co около 92:8, покрытие TiAlN) в сочетании с сортировкой на основе искусственного интеллекта, что позволило сократить затраты на 20%.

4.2 Китайские стандарты

ГБ/Т 18376-2014:

Классификация: YG (WC-Co), YT (WC- TiC -Co), YW (WC -TiC-TaC -Co).

Примеры: YG8 (WC 92%, Co 8%, черновая обработка), YT15 (WC 79%, TiC 15%, Co 6%, чистовая обработка).

Особенности: Особое внимание уделяется соотношению компонентов, некоторые марки имеют мелкозернистую структуру (менее 1 мкм).

Ограничения: Недостаточная персонализация и отсутствие поддержки данных полного жизненного цикла.

Статус отрасли: Отечественные компании предоставляют индивидуальные формулы, но не сформировали интеллектуальные и глобализированные стандарты на основе ИИ, а процент извлечения составляет менее 60%.

4.3 Проблемы и требования

Персонализация: Клиентам необходимо настраивать формулы для различных продуктов (например, стойкость к высоким температурам для авиационных ножей и ударопрочность для горнодобывающих инструментов).

Информационная прозрачность: отсутствие срока службы, пути переработки, углеродного следа, показателей ESG, прозрачность составляет менее 60%.

Интеллект: Уровень доступа к оптимизации ИИ и промышленному Интернету составляет менее 30%, а потенциал повышения эффективности ограничен (20–30%).

Экологичная переработка: уровень переработки составляет менее 60%, при этом отсутствует глобальная сеть и механизм углеродных кредитов.

Устойчивое развитие: отсутствие данных об углеродном следе затрудняет поддержку целей ЦУР 12 и 13.

5. Сравнение CTIA-PIN и отраслевых стандартов

особенность	CTIA-PIN	ИСО 513	Примеры международного бизнеса
Персонализация	Автоматическая генерация ИИ, настройка отдельных деталей, ошибка менее 0,5%	Стандартизированная формула, без персонализации	Ограниченная кастомизация, необходимо обсудить
Информационная прозрачность	QR-код предоставляет полную информацию о жизненном цикле (ингредиенты, срок службы, переработка, ESG),	Только ингредиенты и применение	Отслеживаемость блокчейна повышает

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

	повышая прозрачность на 40%		прозрачность на 20%
Умное подключение	5G/6G, оптимизация ИИ, цифровые двойники, корректировки в реальном времени и увеличение срока службы на 20%	Нет функции Интернета	Ограниченный IoT, требуется специальное оборудование
Переработка	Micro Smart Hardbox , глобальная сеть, уровень переработки более 90%, поддержка углеродных кредитов	Нет поддержки переработки	Коэффициент восстановления 85%, регионализация
Экологичное производство	Углеродный след менее 8 кг CO_2/кг, сертифицирован EPD, поддерживает SDG 12	Нет данных об углеродном следе	Цель частичной углеродной нейтральности
Глобальная применимость	Охват более 50 стран, доля рынка 40% к 2030 году	Глобальные стандарты, но без кастомизации	В основном в Европе и Америке, ограниченно в Азии.

Инновации: CTIA-PIN использует ИИ для автоматического создания торговых марок, глобальной переработки и управления полным жизненным циклом, превосходя стандарты ISO 513 и международные компании, делая упор на открытые инновации, без необходимости патентной защиты и адаптируясь к потребностям быстрой итерации интеллектуального производства на основе ИИ.

6. Спецификация персонализированного номера бренда CTIA (CTIA-PIN)

CTIA-PIN объединяет ISO 513, GB/T 18376 и международный опыт, а также объединяет ИИ (DQN+GAN+Transformer+мультимодальное обучение), промышленный Интернет (5G/6G), цифровой двойник (Unity3D+TensorFlow), блокчейн (Hyperledger+Polkadot) и микроинтеллектуальный Hardbox для разработки динамичной и персонализированной системы брендов, поддержки производства единичных изделий (более 1 изделия, время переключения менее 1 минуты) и охвата всего управления жизненным циклом. В контексте интеллектуального производства ИИ бренд автоматически генерируется без патентной защиты, подчеркивая открытые инновации и быстрое реагирование на рынок.

6.1 Структура оценок

Номер бренда — 28 символов + цифры + хеш-значение, формат:
CTIA -[Идентификатор клиента] -[Идентификатор продукта] -[Идентификатор формулы] -[Идентификатор Smart]-[Версия]-[Среда]
CTIA: Логотип бренда CTIA GROUP LTD (CTIA GROUP).
Идентификатор клиента (4 цифры): уникальный код клиента (например, C001 для авиакомпании).
Идентификатор продукта (4 цифры): код продукта (например, P001 для авиационных инструментов).
Идентификатор рецепта (16 цифр):

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав (6 цифр): например, M12345 (WC:Co : TiC:Ni :TaC = 90:8:2:0:0), включая регулирование содержания микроэлементов (например, Cr, V, 0–1%).
Процесс (10 цифр): например, T6789012345 (зерно 0,5 мкм, покрытие TiAlN 3 мкм, спекание 1400 °C, термообработка 900 °C, полировка Ra менее 0,1 мкм, ионная имплантация N+, проектирование границ зерен для оптимизации прочности).
Smart ID (4 бита): хэш-значение SHA-256 (например, H7X9), подключающееся к промышленному Интернету.
Версия (2 цифры): идентификатор итерации (например, V1 для первой версии, V2 для оптимизированной версии).
Окружающая среда (2 цифры): Адаптируемая среда, например E1 (высокая температура 1000°C), E2 (низкая температура -40°C), E3 (морская коррозия), E4 (высокая радиация), E5 (вакуумная среда, устойчивость к отслаиванию покрытия).
Пример: CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1
Значение: Инструмент (P001), произведенный CTIA GROUP для авиационной компании (C001), имеет состав WC:Co:TiC = 90:8:2 (поставщик сертифицирован по ISO 20400), размер зерна 0,5 мкм, покрытие TiAlN 3 мкм, спекание при 1400 °C, термообработка при 900 °C, полировка Ra менее 0,1 мкм, ионная имплантация N+, проектирование границ зерен (M12345T6789012345), интеллектуальная идентификация H7X9, первое издание (V1), высокотемпературная среда 1000 °C (E1).

6.2 Кодирование и получение информации

Номер бренда встроен в QR-код (емкостью более 3 КБ) или RFID (соответствует ISO 18000-6C). После сканирования посетите промышленную интернет-платформу CTIA GROUP (например , http://CTIA.GROUP/cloud), чтобы получить следующую информацию:

6.2.1 Ингредиенты

База:
WC: 80–95%, твердость HV2200, производится методом осаждения из паровой фазы или гидрометаллургии, чистота более 99,9%, поставщик сертифицирован по стандарту ISO 20400.
Co: 4–15%, электролитический или восстановительный процесс, чистота более 99,8%, поставщик соответствует стандартам ISO 14001.
Ni: 0–5%, производится электролизом, чистота более 99,7%, поставщик сертифицирован по стандарту ISO 20400.
TiC : 0–15%, процесс высокотемпературной карбонизации, размер частиц 0,5–1 мкм, чистота более 99,7%.
TaC : 0–5%, химическое осаждение из паровой фазы, чистота более 99,8%.

Микроэлементы:
Cr3C2: 0–1%, коррозионно-стойкий, чистота более 99,5%.
VC: 0–0,5%, очищенное зерно, чистота более 99,6%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Зернистость: ультрамелкая (0,2–0,8 мкм), мелкозернистая (0,8–1,5 мкм), средне-крупная (1,5–3 мкм).
Покрытие: нитрид титана (TiN), нитрид титана и алюминия (TiAlN), нитрид алюминия и хрома (AlCrN), алмазоподобный углерод (DLC), толщина 1–5 мкм, точность покрытия ±0,1 мкм.
Пример: WC 90%, Co 8%, TiC 2%, размер зерна 0,5 мкм, покрытие TiAlN 3 мкм.

6.2.2 Особенности

Свойства: твердость HV1600–2000, прочность на изгиб 2–4 ГПа , вязкость разрушения 8–12 МПа·м^1/2.
Сценарии: чистовая обработка (скорость резания 200 м/мин, шероховатость поверхности Ra менее 0,4 мкм), черновая обработка (скорость подачи 0,5 мм/об), жаропрочный сплав (жаростойкость 1000°C).
Индивидуализация: высокая термостойкость (авиация), высокая прочность (пресс-формы), коррозионная стойкость (судостроение), радиационная стойкость (атомная промышленность), износостойкость в условиях вакуума (аэрокосмическая промышленность).
Пример: Авиационный инструмент, термостойкость до 1000°C, точность обработки IT6.

6.2.3 Меры предосторожности при использовании

Монтаж: Усилие зажима 500–1000 Н, отклонение менее 0,1 мм.
Смазочно-охлаждающая жидкость: сухая обработка (покрытие DLC) или 8–10% эмульсия (покрытие TiAlN).
Избегайте: скоростей свыше 5000 об/мин, прерывистых резов (формулы низкой прочности).
Пример: инструмент TiAlN , 8% смазочно-охлаждающей жидкости, 3000–4000 об/мин.

6.2.4 Продолжительность жизни

Прогноз: 500 000–1 000 000 раз (нож с прямым лезвием), прогнозирование цифрового двойника ИИ, ошибка менее 5%.
Воздействие: Твердость заготовки HRC менее 60 (срок службы увеличен на 30%), скорость резания снижена на 10% (срок службы увеличен на 20%).
Пример: авиационный инструмент, срок службы 800 000 циклов, обработка стали HRC45, скорость 150 м/мин.

6.2.5 Параметры использования

Скорость резки: 50–250 м/мин (сталь), 100–400 м/мин (алюминий).
Скорость подачи: 0,02–0,5 мм/об (0,02–0,1 для чистовой обработки, 0,2–0,5 для черновой обработки).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Глубина резания: 0,1–5 мм (менее 1 мм для чистовой обработки).
Пример: Титановый сплав, скорость 80 м/мин, подача 0,05 мм/об, глубина 0,5 мм.

6.2.6 Экологические требования

Температура: рабочая среда 10–40°C, температура обработки менее 1000°C (E1), -40–60 °C (E2).
Влажность: влажность при хранении менее 60%, влажность при обработке менее 80% (E3, морская коррозия).
Радиация: E4 (высокая радиация, переносимость более 100 Гр).
Вакуум: E5 (вакуумная среда, устойчивая к отслаиванию покрытия).
Чисто: Пыль менее 0,01 мг/м³ .
Пример: Хранение при температуре 25°C, влажности 50%, обработка при хорошей вентиляции.

6.2.7 Информация о техническом обслуживании

Переточка: износ менее 0,1 мм, можно перетачивать 3–5 раз, использовать алмазный шлифовальный круг (D15), погрешность угла кромки менее 0,5°.
Ремонт покрытия: покрытие методом физического осаждения из паровой фазы (PVD) толщиной 2–4 мкм, производительность восстановлена на 90%.
Обработка поверхности: ионная имплантация (N+, твердость увеличена на 10%), полировка (Ra менее 0,1 мкм), инженерия границ зерен (прочность увеличена на 15%).
Сервис: центры переточки CTIA GROUP (Шанхай, Чэнду, Гуанчжоу, Дюссельдорф, Нью-Йорк), время цикла 3-5 дней.
Пример: нож с прямым лезвием затачивают 4 раза, что снижает стоимость на 40%.

6.2.8 Путь переработки

Micro smart Hardbox : размер 10×5×3 см, биоразлагаемый материал на основе полимолочной кислоты (PLA) (цикл разложения 6 месяцев), встроенная радиочастотная идентификация, модуль 5G, несколько датчиков (вес ±0,1 г, температура ±0,5 °C, влажность ±2%, вибрация ±0,01 мм/с), поддерживает автоматическую классификацию на основе ИИ (точность 98%), адаптивную стратегию переработки (оптимизация пути, снижение затрат 20%), самоуничтожение данных (для предотвращения утечки).
Путь переработки: пользователь → логистика (охватывает 90% городов префектурного уровня, более 50 стран) → центр переработки CTIA GROUP (Шанхай, Чэнду, Дюссельдорф, Нью-Йорк) → профессиональный завод по переработке.
Глобальная сеть: ожидается, что к 2030 году она охватит более 50 стран, а время реагирования составит менее 24 часов.
Оптимизация ИИ: прогнозирование времени переработки (погрешность менее 12 часов), оптимизация логистических маршрутов (сокращение выбросов углерода на 15%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Отслеживание блокчейна: Hyperledger+Polkadot регистрирует путь переработки каждого инструмента с использованием более 2000 узлов и повышением прозрачности на 40%.
Углеродные кредиты: переработка 1 кг ножей принесет вам 0,5 кг CO_2- кредитов, поддерживая торговлю квотами на выбросы углерода.
Пример: нож помещается в контейнер Hardbox , забирается в течение 12 часов и перерабатывается в течение 7 дней, зарабатывая 0,5 кг CO_2 .

6.2.9 Восстановленная стоимость

Оценка: рыночная цена вольфрама составляет xxxx юаней/кг, а стоимость переработки — xxxx юаней/кг (чистота более 95%).
Стимул: Денежные средства или углеродные кредиты (обменный коэффициент 1:2), коэффициент участия увеличивается на 50%.
Пример: 1 кг режущих инструментов, стоимость переработки xxxx юаней, углеродные баллы можно обменять на xxxx долларов США новых режущих инструментов.

6.2.10 Ответственные лица на каждом этапе

Производитель: CTIA GROUP LTD Co., Ltd. (CTIA GROUP, штаб-квартира в Шанхае, http://CTIA.GROUP).
Логистика: Глобальные партнеры по логистике, срок доставки менее 24 часов.
Переработка: центры переработки CTIA GROUP (Шанхай, Чэнду, Дюссельдорф).
Управление данными: облачная платформа CTIA GROUP (более 1000 узлов).
xx, менеджер по производству (CTIA GROUP), Li xx, менеджер по переработке (центр переработки CTIA GROUP).

6.2.11 Сертификация качества

Стандарты: ISO 9001 (менеджмент качества), ISO 14001 (экологический менеджмент), ISO 14040 (оценка жизненного цикла), ISO 14064 (учет выбросов углерода).
Сертификация EPD: Экологическая декларация продукции, количественно определяющая углеродный след и потребление энергии.
Углеродный след: производство 1 кг режущих инструментов приводит к выбросам менее 8 кг CO_2 углерода, а переработка сокращает этот показатель на 50%.
Пример: Инструмент сертифицирован по ISO 14001 и EPD с углеродным следом 7,5 кг CO_2 /кг.

6.2.12 Аутентификация безопасности

Безопасность данных: шифрование AES-256, подпись RSA-4096, соответствие GDPR, Закону о безопасности данных, ISO 27001.
Безопасность оборудования: защита от несанкционированного доступа (IP68, устойчивость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

к падению с высоты 1,5 м, устойчивость к температурам от -40 до 80 °C), механизм самоуничтожения данных.
Архитектура нулевого доверия: многофакторная аутентификация, уровень утечки данных менее 0,01%.
Федеративное обучение на основе ИИ: защита конфиденциальности данных клиентов, проведение совместного обучения на всех предприятиях и повышение эффективности на 30%.
Пример: облачная платформа сертифицирована по стандарту ISO 27001, Hardbox имеет сертификат IP68.

6.2.13 Данные о потреблении энергии

Производство: 1 кг инструмента потребляет менее 50 кВтч электроэнергии и выбрасывает менее 8 кг CO_2 .
Переработка: Потребление электроэнергии составляет менее 10 кВт/ч, а выбросы углерода — менее 2 кг CO_2 .
Пример: производство потребляет 45 кВт·ч, а переработка — 8 кВт·ч.

6.2.14 Мониторинг цепочки поставок в реальном времени

Система: Блокчейн (Hyperledger+Polkadot) отслеживает сырье, производство и логистику в режиме реального времени.
Поставщики: Поставщики сырья (WC, Co, TiC) сертифицированы по стандарту ISO 20400, имеют чистоту более 99,7% и прослеживаются вплоть до источника добычи.
Динамический запас: ИИ прогнозирует спрос (погрешность менее 5%), снижая затраты на запасы на 25%.
Пример: запас туалетов составляет 1000 кг, ИИ прогнозирует потребление на 7 дней и автоматически пополняет запас.

6.2.15 Стоимость жизненного цикла (LCC)

Производство: 50–100 долл./кг (материалы, энергопотребление, оптимизация ИИ).
Использование: 0,01–0,05 долл. США/отрез (срок службы 800 000 раз).
Переработка: выгода 15–25 долл. США/кг, снижение общих затрат на 30%.
Пример: производство 1 кг режущего инструмента обходится в 80 долларов, использование — в 0,02 доллара, переработка — в 20 долларов, что снижает общие затраты на 35%.

6.2.16 Анализ энергоэффективности жизненного цикла

Сертификация EPD: потребление энергии при производстве составляет менее 50 кВт·ч/кг, а потребление энергии при переработке — менее 10 кВт·ч/кг.
Распределение углеродного следа:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Производство: 6 кг CO_2 /кг (4 кг сырья, 2 кг спекания).
Транспорт: 0,5 кг CO_2/кг (глобальная логистика).
Использование: 1 кг CO_2 /кг (сокращение потребления энергии).
Восстановление: 0,5 кг CO_2 /кг (сортировка XRF, логистика).
Коэффициент энергоэффективности: потребление переработанной энергии составляет всего 20% от объема производства, что соответствует ЦУР 12.
Пример: общий углеродный след режущего инструмента составляет 7,5 кг CO_2/кг (6 при производстве, 0,5 при транспортировке, 1 при использовании и 0,5 при переработке).

6.2.17 Предложения по динамическому обслуживанию ИИ

Функция: на основе данных об износе в реальном времени (изображения, вибрация, температура, механические данные) ИИ генерирует рекомендации по техническому обслуживанию (например, снижение скорости на 10% и продление срока службы на 20%).
Данные: Мультимодальное обучающее слияние изображений поверхности инструмента (разрешение 0,01 мм), вибрации (0,01 мм/с) и температуры (±0,5°C).
Выход: регулировка скорости резания, подачи, соотношения охлаждающей жидкости и передача на станки с ЧПУ.
Пример: Износ составляет 0,06 мм. AI рекомендует снизить скорость до 120 м/мин, что увеличивает срок службы на 20%.

6.2.18 Отслеживание логистики переработки

Система: Блокчейн (Hyperledger+Polkadot) записывает всю логистическую цепочку (пользователь → центр переработки → завод по переработке).
Функция: Отображение в реальном времени местоположения Hardbox и данных об окружающей среде (температура, влажность) с улучшением прозрачности на 40%.
Оптимизация ИИ: динамическая корректировка логистических маршрутов для сокращения выбросов углерода на 15%.
Hardbox от потребителя в Шанхае до центра переработки занимает 7 дней , при этом выбросы углерода составляют 0,5 кг CO_2/кг.

6.2.19 Обучение пользователей

Формат: Онлайн-курсы (http://CTIA.GROUP/academy), обучение с использованием дополненной реальности (HoloLens 2), обучение на месте.
Содержание: Установка инструмента, оптимизация параметров, использование Hardbox , процесс переработки, взаимодействие с ИИ.
Цикл: 2 часа каждый раз, уровень покрытия превышает 95%.
Пример: Клиенты из сферы авиации прошли обучение по дополненной реальности, и погрешность установки составила менее 0,05 мм.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

6.2.20 Социальная ответственность (ESG)

Окружающая среда: углеродный след менее 8 кг CO_2/кг, уровень переработки более 90%, поддержка ЦУР 12.
Общество: создать 200 000 рабочих мест (переработка отходов, данные, обучение), уровень охвата обучением превысит 95%, гендерное равенство (соотношение сотрудников 1:1).
Управление: повышение прозрачности и соответствия антикоррупционным нормам на 40% (ISO 37001).
Пример: сократить выбросы углерода на 20% к 2025 году и обучить 100 000 пользователей.

6.2.21 Процесс настройки под клиента

шаг:
Представление требований: клиенты вводят требования к материалам, точности, сроку службы и окружающей среде через http://CTIA.GROUP/custom.
Оптимизация ИИ: мультимодальное обучение объединяет изображения и данные датчиков для генерации рецептов с погрешностью менее 0,5%.
Генерация номера бренда: автоматическая генерация номеров брендов (например, CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1).
Производство: Гибкое производство, единичный поток, цикл 7 дней.
Доставка: Глобальная логистика, время менее 24 часов.
Обратная связь: оценка в реальном времени (http://CTIA.GROUP/feedback), анализ настроений с помощью ИИ (точность 90%).
Пример: заказчик из авиационной отрасли подает заявку на режущие инструменты из титанового сплава, которые будут доставлены в течение 7 дней и оценены на 4,8 звезды.

6.2.22 Механизм обратной связи с клиентами

Система: http://CTIA.GROUP/feedback, поддерживает рейтинг в реальном времени (от 1 до 5 звезд), анализ настроений с помощью ИИ (точность 90%).
Ответ: Время решения проблемы составляет менее 24 часов, а удовлетворенность увеличивается на 50%.
Пример: оценка клиентов в сфере авиации 4,8 звезды, отзыв «Срок службы превосходит ожидания».

6.2.23 Промышленный доступ в Интернет

Точка входа: http://CTIA.GROUP/cloud (ожидается запуск в 2030 году).
Пароль: генерируется динамически (например, CTIA-C001-20250505-XYZ).
Путь: датчики IoT → периферийные вычисления (MEC, время отклика менее 10 мс) → 5G/6G (пропускная способность более 100 Гбит/с, задержка менее 0,05 мс, плотность соединений 10^{7} /км²) → облачная платформа → блокчейн.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Протокол: протокол MQTT, шифрование AES-256, пропускная способность более 10^6 транзакций/с.
Пример: отсканируйте QR-код, введите пароль и просмотрите данные об износе инструмента в реальном времени.

6.2.24 Путь передачи информации в реальном времени

Датчик: собирает данные о температуре, вибрации и износе с частотой дискретизации 10 Гц и временем отклика периферийных вычислений менее 10 мс.
Сеть: 5G (покрытие 95% городов, задержка 1 мс) или 6G (покрытие 80% промышленных зон к 2030 году, задержка 0,05 мс, плотность соединений 10^7/км² , сверхвысокочастотная связь ТГц, надежность 99,9999%).
Облачная платформа: емкость хранилища более 1 ПБ, скорость обработки более 10^6 записей/с.
Блокчейн: Hyperledger+Polkadot с более чем 2000 узлов, децентрализованным хранилищем, масштабируемостью до 10^4 узлов и повышением прозрачности на 40%.
Пример: температура инструмента 1000°C, вибрация 0,1 мм/с, данные загружаются каждую секунду.

6.2.25 Использовать код команды регулировки

Формат: Python, протокол MQTT, получение инструкций по многоцелевой оптимизации ИИ (срок службы, эффективность, стоимость).
Функция: Регулировка скорости резания, подачи и соотношения охлаждающей жидкости.
Пример кода:

```
импортировать paho.mqtt .client как mqtt
импорт json

брокер = "CTIA.GROUP"
порт = 1883
тема = "CTIA/C001/P001/M12345T6789012345/контроль"

def on_ message ( client, userdata , msg):
данные = json.loads ( msg.payload . decode ( ))
скорость = данные["скорость"] # м/мин
feed = data["feed"] # мм/об
охлаждающая жидкость = данные["охлаждающая жидкость"] # %
print( f"Настройка : скорость резания = {speed} м/мин, скорость подачи = {feed} мм/об, охлаждающая жидкость = {coolant}%")
отрегулируйте_ машину ( скорость, подача, охлаждающая жидкость)

клиент = mqtt.Клиент ()
```

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

клиент.on _message = on_message
client.connect (брокер, порт, 60)
клиент.подписаться (тема)
клиент.цикл _ навсегда ( )
Эксплуатация: ИИ обнаруживает износ в 0,05 мм, снижает скорость подачи команды до 120 м/мин, продлевает срок службы на 20% и повышает эффективность на 15%.
Безопасность: шифрование RSA-4096, аутентификация с нулевым доверием.

6.3 Создание и управление брендом

Оптимизация ИИ:
Входные данные: требования заказчика (материал, точность, срок службы, окружающая среда), параметры продукта (размер, тип обработки), данные в реальном времени (изображения износа, вибрация, температура, механика).
Алгоритм: глубокая Q-сеть (DQN) + генеративно-состязательная сеть (GAN) + трансформатор + мультимодальное обучение с более чем 10^6 наборами обучающих данных (производительность инструмента, режимы резания, адаптация к окружающей среде), изображения слияния (поверхность инструмента, разрешение 0,01 мм), вибрация (0,01 мм/с), температура (±0,5 °C), механика (усилие резания ±0,1 H), оптимизированный состав (WC:Co:TiC+следы Cr, V), зерна, покрытия, температура спекания, термообработка, обработка поверхности, проектирование границ зерен, с погрешностью менее 0,5 %.
Многоцелевая оптимизация: срок службы (более 800 000 раз), эффективность (скорость более 200 м/мин), стоимость (менее 100 долл./кг), углеродный след (менее 8 кг CO_2 /кг).
Федеративное обучение: защита конфиденциальности данных клиентов, проведение совместного обучения на уровне предприятия и повышение эффективности на 30%.
Вывод: идентификатор формулы (например, M12345T6789012345), автоматически сгенерированное название бренда, патентная защита не требуется.
Гибкое производство:
Оборудование: интеллектуальная производственная линия CTIA GROUP (печь для спекания с ЧПУ, машина для нанесения покрытий методом физического осаждения из паровой фазы, лазерный травитель, установка ионной имплантации, полировщик), поддерживающая поток единичных изделий (более 1 детали, время переключения менее 1 минуты).
Планирование: благодаря системе управления производством на основе цифрового двойника время распределения задач составляет менее 1 минуты, а производственный цикл сокращается на 30%.
Модульная конструкция: компоненты инструмента соответствуют стандартам ISO 1832, что снижает затраты на складские запасы на 25%.
Управление данными:
Блокчейн: Hyperledger+Polkadot , записывает весь процесс создания, производства и переработки бренда с более чем 2000 узлами, масштабируемыми до 10^4, и прозрачностью, увеличенной на 40%.
Облачная платформа: емкость хранилища более 10^8 брендов, время запроса менее 0,1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

секунды.

Пример: Спрос на авиационные инструменты (титановый сплав, срок службы более 800 000 раз, термостойкость 1000 °C), класс прочности CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1, производственный цикл 7 дней.

6.4 Приложения цифровых двойников

Модель: Цифровой двойник инструмента (Unity3D+TensorFlow), моделирование износа, температуры, силы резания и адаптации к окружающей среде в реальном времени.

Функция:

Прогнозы: срок службы (погрешность менее 5%), износ (точность ±0,01 мм), углеродный след (±0,1 кг CO_2) .

Оптимизация: скорость резания снижена на 10%, срок службы увеличен на 20%; скорость подачи снижена на 20%, эффективность увеличена на 15%; оптимизирована подача охлаждающей жидкости, выбросы углерода снижены на 10%.

Периферийные вычисления: мобильные периферийные вычисления (MEC) обрабатывают данные датчиков со временем отклика менее 10 мс, снижая нагрузку на облако на 50%.

Мультимодальное обучение: слияние изображений поверхности инструмента (разрешение 0,01 мм), вибрации (0,01 мм/с), температуры (±0,5°C) и силы резания (±0,1 Н) повышает точность прогнозирования на 20%.

Пример: Цифровой двойник авиационного инструмента обнаруживает износ в 0,06 мм, снижает скорость подачи команды до 0,04 мм/об, повышает эффективность на 15% и снижает углеродный след на 0,5 кг CO_2/кг.

6.5 Проблемы внедрения и ответы

Предвзятость модели ИИ

Проблема: Необъективность обучающих данных приводит к неравномерной оптимизации рецептов (например, потребности авиации имеют приоритет над потребностями горнодобывающей промышленности).

Ответ: Внедрение разнообразных наборов данных (охватывающих авиацию, горнодобывающую промышленность и медицинскую помощь) и использование алгоритмов регуляризации (норма L2) для снижения смещения на 30%.

Колебания в цепочке поставок

Проблема: Нестабильные поставки сырья (WC, Co), риск 30%.

Ответ: Разнообразные поставщики (все сертифицированы по ISO 20400), динамические закупки с использованием ИИ (погрешность прогнозирования менее 5%).

Конфиденциальность данных

Проблема: Риск утечки данных о клиентах (параметры обработки, дизайн продукта).

Ответ: архитектура с нулевым доверием, федеративное обучение на основе искусственного

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

интеллекта, соответствие GDPR и Закону о безопасности данных, уровень утечки менее 0,01%.

Стоимость технологии

Проблемы: Высокие затраты на обучение ИИ, развертывание 6G и производство Hardbox (первоначально 1 млн долларов США в год).

Ответ: Модульная конструкция (стоимость Hardbox снижена до 5 долл. США за единицу), аренда облачных сервисов (0,1 долл. США за ГБ) и модели ИИ с открытым исходным кодом .

Принятие пользователем

Проблемы: новые стандарты подразумевают высокую стоимость обучения, а уровень принятия составляет менее 70%.

Ответ: Обучение с использованием дополненной реальности (HoloLens 2, 2 часа каждое), онлайн-курсы (http://CTIA.GROUP/academy) с уровнем охвата более 95%.

6.6 Случаи применения

Авиационные инструменты

Марка: CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1.

Параметры: состав WC:Co :TiC = 90:8:2 (поставщик сертифицирован по ISO 20400), размер зерна 0,5 мкм, покрытие TiAlN 3 мкм, спекание 1400 °C, термообработка 900 °C, полировка Ra менее 0,1 мкм, ионная имплантация N+, проектирование границ зерен повышает прочность на 15%.

Процесс настройки

Подача требования

Заказчики из авиационной отрасли направляют требования через http://CTIA.GROUP/custom (обработка титанового сплава, срок службы более 800 000 циклов, термостойкость 1000 °C, точность IT6).

Оптимизация ИИ

Мультимодальное обучение анализирует изображение заготовки (поверхность титанового сплава), параметры обработки (скорость, скорость подачи) и данные об окружающей среде (1000°C), загруженные заказчиком, для создания рецепта с погрешностью менее 0,5%.

Генерация бренда

Автоматически сгенерировать номер марки CTIA-C001-P001-M12345T6789012345-H7X9-V1-E1.

Производство

Гибкое производство, спекательная печь с ЧПУ (точность температуры ±5°C), машина для нанесения покрытий методом физического осаждения из паровой фазы (точность толщины ±0,1 мкм), ионная имплантация (доза N+ 10^{17} /см ^{2}) , время цикла 7 дней.

доставлять

Глобальная логистика, доставка клиентам в течение 24 часов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

обратная связь

Оценки и отзывы клиентов о « сроке службы, точности и других данных».

приложение

Обработка деталей из авиационного титанового сплава, скорость резания 80 м/мин, подача 0,05 мм/об, глубина резания 0,5 мм, ресурс 800 000 раз, шероховатость поверхности Ra менее 0,4 мкм, термостойкость 1000°C.

выгода

Экономичность: частота смены инструмента сокращается на 50%, а производственные затраты снижаются на 30%.

Защита окружающей среды: Углеродный след 7,5 кг CO_2 /кг (6 для производства, 0,5 для транспортировки, 1 для использования, 0,5 для переработки), и получено 0,5 кг CO_2 углеродного кредита.

Технология: ИИ оптимизирует параметры резания, повышая эффективность на 15% и продлевая срок службы инструмента на 20%.

Общество: показатель ESG может достигать 4,8/5, а удовлетворенность клиентов значительно повышается.

Функция QR-кода

Ссылка http://CTIA.GROUP/cloud показывает состав (WC 90%, Co 8%), срок службы (800 000 раз), путь переработки (7 дней), разложение углеродного следа и углеродные кредиты (коэффициент обмена 1:2).

7. Путь внедрения и преимущества

7.1 Путь реализации

2025–2027: Пилотные проекты в Шанхае, Чэнду, Гуанчжоу, Дюссельдорфе и Нью-Йорке, в ходе которых будет получена оценка 10^4, охватывающая такие отрасли, как авиация, автомобилестроение и медицина, с уровнем переработки 80%.

2028–2030 гг.: расширение на 90% городов префектурного уровня в Китае, расширение на более чем 50 стран, выход на 10 брендов ^{6}, интеграция микроинтеллектуальных Hardbox и достижение уровня переработки 90%.

После 2030 года: благодаря инициативе «Один пояс, один путь» и сотрудничеству с G20 доля мирового рынка достигнет 40%, а CTIA-PIN станет стандартом ISO.

7.2 Преимущества

Экономика: эффективность производства выросла на 40%, стоимость изготовления на заказ снизилась на 30%, стоимость переработки составила 15–25 долл. США/кг, стоимость жизненного цикла снизилась на 35%.

инструментов получается 0,5 кг углеродного кредита CO_2 , что соответствует ЦУР 12 и 13.

Социальные: создать 200 000 рабочих мест (переработка, данные, обучение), повысить удовлетворенность клиентов на 50% и достичь гендерного равенства (соотношение сотрудников 1:1).

Технологии: ошибка оптимизации ИИ составляет менее 0,5%, уровень доступа к

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

промышленному Интернету составляет 100%, а прозрачность цепочки поставок увеличивается на 40%.

8. Заключение

Спецификация персонализированного бренда CTIA GROUP LTD. (CTIA-PIN) объединяет ИИ (DQN+GAN+Transformer+мультимодальное обучение), промышленный Интернет (5G/6G), цифровых двойников, блокчейн (Hyperledger+Polkadot) и микроинтеллектуальный Hardbox через 28-значный бренд (CTIA - [Идентификатор клиента] - [Идентификатор продукта] - [Идентификатор формулы] - [Интеллектуальная идентификация] - [Версия] - [Среда]), поддерживает настройку потока отдельных изделий. QR-код или RFID связывают информацию о полном жизненном цикле (ингредиенты, срок службы, углеродный след, путь переработки, ESG, стоимость жизненного цикла, сертификация EPD), 5G/6G (задержка менее 0,05 мс, плотность соединений 10^7 / км²) и блокчейн (более 2000 узлов, масштабируемость до 10^4) обеспечивают прозрачность в реальном времени, а многоцелевая оптимизация ИИ продлевает срок службы инструмента на 20% и повышает эффективность на 15%. Микроинтеллектуальный Hardbox (биоразлагаемый, многосенсорный, самоуничтожающийся) достигает уровня переработки более 90%, коэффициента обмена углеродными кредитами 1:2 и кредита 0,5 кг CO_2 на каждый кг инструмента. Эффективность проверки ящика для авиационного инструмента увеличилась на 40%, стоимость снизилась на 30%, а оценка ESG составила 4,8. Ожидается, что к 2030 году CTIA-PIN охватит 90% китайских клиентов, расширится до более чем 50 стран и достигнет доли мирового рынка в 40%, став лидером в области интеллектуального производства твердого сплава на основе искусственного интеллекта и зеленой экономики замкнутого цикла, а также поддерживая цели ООН в области устойчивого развития.

9. Ссылки

ISO 513:2012, Классификация и применение твердых режущих материалов.
ISO 14040:2006, Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла.
ISO 27001:2013, Системы управления информационной безопасностью.
ISO 37001:2016, Системы менеджмента противодействия взяточничеству.
ISO 20400:2017, Устойчивые закупки.
ISO 14064:2006, Учет и проверка парниковых газов.
Отчет о мировом рынке твердого сплава, MarketsandMarkets , 2023 г.
Белая книга по интеллектуальному производству в Китае, Engineering.gov.cn, 2024.
Тематическая серия «Промышленный Интернет» 3: Пример платформы персонализированной настройки, Zhihu , 2021.
Персонализация ИИ в интеллектуальном производстве, AISCK, 2024.
Видение и требования 6G, МСЭ-Р, 2024.
Тенденции цифровых близнецов, Gartner, 2023 г.
Достижения в области обучения с подкреплением, DeepMind, 2023.
Цели устойчивого развития, Организация Объединенных Наций, 2023 г., https://sdgs.un.org/.
Промышленный Интернет вещей и блокчейн, IEEE, 2024.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Устойчивое производство в Китае, CSIS, 2024.
Руководство по экологическим декларациям продукции (EPD), ЮНЕП, 2023.
Веб-сайт CTIA GROUP LTD : http://ctia.group

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

Износостойкая мелкозернистая карбидная футеровка

Износостойкая мелкозернистая карбидная футеровка — это высокопроизводительный материал, предназначенный для экстремальных условий работы, который широко используется в горнодобывающей, строительной, энергетической, металлургической, химической промышленности, портах, терминалах и станциях. Его основная особенность — сверхтонкие зерна (0,21 мкм), которые придают материалу отличную твердость, прочность и износостойкость, а его срок службы в 35 раз превышает срок службы обычных материалов. Независимо от того, выдерживает ли он высокоскоростное воздействие руды или противостоит непрерывному износу угля, эта футеровка может значительно повысить долговечность и эффективность работы оборудования. Ниже мы подробно расскажем о характеристиках ее материала, процессе производства, сценариях применения, технических данных и преимуществах, а также поможем вам оценить очарование этой промышленной звезды.

1.1 Состав мелкозернистого твердосплавного износостойкого футеровочного материала

«Скелет» мелкозернистых цементированных карбидных износостойких накладок состоит из карбида вольфрама (WC), составляющего 85-95 %, что обеспечивает материалу твердую как камень твердость и износостойкость. Некоторые формулы также добавляют карбид титана (TiC) или карбид тантала (TaC) для улучшения высокотемпературных характеристик. Кобальт (Co, 612%) или никель (Ni) действуют как «связующее», придавая материалу как прочность, так и ударопрочность. Небольшое количество хрома (Cr) или молибдена (Mo) дополнительно улучшает коррозионную стойкость и стойкость к окислению, гарантируя, что накладка останется стабильной в суровых условиях.

1.2 Основные характеристики износостойкой мелкозернистой футеровки из цементированного карбида

Твёрдость: Твёрдость достигает HRA 89 - 93 (HV 1400-1800), что значительно превышает твёрдость стали с высоким содержанием марганца (HRC 2050).
Прочность: вязкость разрушения достигает 812 МПа·м^1/2, что на 30% выше, чем у обычного твердого сплава, эффективно противостоит ударам и трещинам.
Износостойкость: Скорость износа составляет всего 0,01 мм^3/ Н·м (ASTM G65), что в 23 раза ниже, чем у высокохромистого чугуна.
Плотность: 14,5 - 15,0 г/см^3, с учетом прочности и веса.
Коррозионная стойкость: В нейтральной или слабокислой среде (pH 47) скорость коррозии составляет менее 0,05 мм/год. Никелевое основание или покрытие может дополнительно улучшить кислото- и щелочестойкость.
Термостойкость: выдерживает температуру до 600–800 °C, подходит для условий эксплуатации при высоких температурах.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

1.3 Технические данные мелкозернистой твердосплавной износостойкой футеровки

Размер: толщина 5 - 50 мм, площадь до 2 м^2, поддерживает сложный дизайн криволинейных поверхностей.
Вес: 0,550 кг за штуку, модульная конструкция для простоты установки.
Монтаж: крепление болтами, сварка или склеивание, время монтажа <2 часов/м2.
Срок службы: 5000–10000 часов, что в 35 раз больше, чем у обычных материалов.

1.4 Секрет мелкозернистой структуры

Размер зерна мелкозернистого цементированного карбида составляет всего 0,21 микрона (обычный цементированный карбид составляет 15 микрон). Эта микроскопическая «тонкая резьба» дает значительные преимущества. Мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, повышают твердость и прочность; в то же время они рассеивают напряжение, препятствуют распространению трещин и повышают прочность; более равномерные рисунки износа уменьшают микроскопические сколы, что увеличивает срок службы футеровки.

2. Технология изготовления мелкозернистой твердосплавной износостойкой футеровки

Процесс создания мелкозернистых твердосплавных износостойких накладок подобен выплавке точного произведения искусства, в котором используется изысканное мастерство технологии порошковой металлургии, гарантирующее, что эксплуатационные характеристики материала достигнут максимума.

Производство начинается с высокочистых порошков карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co) (чистота > 99,9%). Эти порошки тщательно измельчаются в процессе мокрого измельчения в течение 24-48 часов для обеспечения однородного размера и распределения зерна. Затем порошки прессуются в высокоплотные сырые тела под давлением 200-300 МПа с использованием технологии холодного изостатического прессования (CIP), закладывая основу для последующего формования.

Затем сырое тело поступает на стадию горячего изостатического прессования (HIP), где оно спекается при высокой температуре 1400-1500°C и давлении 100-150 МПа. Этот процесс не только устраняет внутренние микропоры и дефекты, делая плотность материала близкой к 100%, но и гарантирует, что зерна остаются мелкими. Чтобы предотвратить чрезмерный рост зерен при высоких температурах, в качестве ингибитора зерен добавляется небольшое количество VC или Cr3C2 для точного контроля микроструктуры.

Наконец, лайнер подвергается тонкой формовке и поверхностной обработке, чтобы гарантировать, что его размерная точность и качество поверхности соответствуют

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

промышленным стандартам. Этот строгий производственный процесс придает лайнеру отличную твердость, прочность и износостойкость, обеспечивая надежную гарантию его выдающихся характеристик в тяжелых рабочих условиях.

3. Сценарии применения мелкозернистой твердосплавной износостойкой футеровки

Износостойкие мелкозернистые карбидные накладки прекрасно зарекомендовали себя в различных условиях повышенного износа:

Мелкозернистая твердосплавная износостойкая футеровка сценарии применения горнодобывающее оборудование
Футеровки дробилок и шаровых мельниц: скорость износа составляет всего 0,008 мм^3/ Н·м , а срок службы — до 23 лет.
Магистральный трубопровод: период технического обслуживания продлен до 1824 месяцев.
Полоски для производства песка: используются в машинах для производства песка, твердость HRA 9092, срок службы 5000–8000 часов, отличные противотрещинные свойства.

Мелкозернистая карбидная износостойкая футеровка, варианты применения, цемент и строительство
Футеровка смесителя: срок службы в 4 раза больше, чем у стали с высоким содержанием марганца.
Футеровка роликов конвейерной ленты: процент поломок составляет менее 1%.
Стержень для производства песка: В линии по производству песка и гравия размер зерна составляет 0,4-0,8 мкм , а износостойкость превосходна.

износостойкой мелкозернистой карбидной футеровки Энергетическая промышленность
Футеровка угольной мельницы: устойчива к высоким температурам 500°C, срок службы 35 лет.
Трубопровод транспортировки золы: устойчив к коррозии, снижает частоту замены.

износостойкой мелкозернистой карбидной футеровки Металлургия и химическая промышленность
Направляющая пластина прокатного стана: шероховатость поверхности поддерживается на уровне Ra 0,5 мкм , что продлевает срок службы.
Футеровка реактора: Стабильная работа при pH 38.

мелкозернистой твердосплавной износостойкой футеровки Порты, терминалы и станции
Полосы кромки трансмиссии погрузки и разгрузки: используются для конвейерных лент и погрузочно-разгрузочного оборудования, твердость HRA 89 - 91, устойчивы к износу от угля и руды, срок службы 23 года, периодичность технического обслуживания 12 = 18 месяцев.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4. Преимущества мелкозернистой твердосплавной износостойкой футеровки

Износостойкие мелкозернистые твердосплавные накладки отличаются выдающимися эксплуатационными характеристиками:

Сверхдолгий срок службы: мелкозернистая структура значительно продлевает срок службы (в 35 раз), сокращая время простоя оборудования и частоту технического обслуживания.

Высокая эффективность затрат: первоначальная стоимость высока, но срок окупаемости составляет всего 6–12 месяцев, а общие преимущества значительны.

Гибкая настройка: форму, толщину и производительность можно настраивать в соответствии с условиями работы, чтобы удовлетворить разнообразные потребности.

Экологичность и безопасность для окружающей среды: высокая прочность снижает потребление ресурсов и способствует устойчивому производству.

Универсальность: обладает износостойкостью , коррозионной стойкостью и ударопрочностью, а также может адаптироваться к различным сложным условиям.

5. Заключение

Износостойкие мелкозернистые карбидные футеровки идеально подходят для горнодобывающей промышленности (полосы для производства песка), строительства, энергетики, металлургии, химической промышленности и портовых терминалов (полосы для погрузки и разгрузки) благодаря своей высокой твердости (HRA 89-93) , превосходной прочности (8-12 МПа · м^1/2) и сверхдлительному сроку службы (5000-10000 часов). Технические данные показывают, что срок их службы в 35 раз превышает срок службы обычных материалов, а общая стоимость снижается на 304-0 %. Благодаря передовой технологии порошковой металлургии производительность, стоимость и эффективность производства футеровки полностью оптимизированы. Заглядывая в будущее, можно сказать, что интеллектуальное проектирование (регулировка параметров в реальном времени, точность прогнозирования более 98%), передовое производство (многокомпонентные композиты, сокращение цикла на 50%), применение новых материалов (коэффициент трения снижен до 0,05) и экологичное производство (степень восстановления 80%) будут и дальше способствовать его широкому применению в высокотехнологичном производстве и устойчивом развитии, а также обеспечат надежную поддержку эффективной эксплуатации оборудования и промышленного прогресса.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Приложение: Что такое немагнитный твердый сплав?

Что такое немагнитный твердый сплав?

Немагнитный твердый сплав — это особый тип твердосплавного материала, который характеризуется немагнитностью или чрезвычайно низкой магнитностью, сохраняя при этом высокую твердость, высокую износостойкость и превосходные механические свойства традиционного твердого сплава. Он изготавливается с использованием немагнитных или слабомагнитных металлов в качестве связующих (таких как никель Ni, медь Cu или их сплавы) и комбинированием твердых фаз (таких как карбид вольфрама WC, карбид титана TiC) посредством порошковой металлургии. Первоначальное предназначение немагнитного твердого сплава — удовлетворить спрос на немагнитные материалы в определенных промышленных сценариях, таких как избежание магнитных помех в условиях сильного магнитного поля или высокоточная обработка.

1. Состав и производство немагнитного твердого сплава

1. Основные компоненты немагнитного твердого сплава

Немагнитный твердый сплав состоит из следующих двух частей:

Твердая фаза : обеспечивает высокую твердость и износостойкость материала. Общие компоненты включают:

Карбид вольфрама (WC) : обладает высокой твердостью и высокой износостойкостью и является наиболее часто используемой твердой фазой.

Карбид титана (TiC) : обладает превосходной устойчивостью к высоким температурам и часто используется в условиях высоких температур.

Другие карбиды или нитриды : такие как карбид ниобия (NbC), карбид тантала (TaC) и т. д., используются для корректировки свойств материала.

Связующее : используется для связывания частиц твердой фазы вместе для формирования плотной общей структуры. Обычно используемые связующие в немагнитном твердом сплаве включают:

Никель (Ni) : немагнитный, обладает лучшей коррозионной стойкостью, чем кобальт, широко используется в немагнитных твердых сплавах.

Медь (Cu) : немагнитный, с хорошей электро- и теплопроводностью, подходит для определенных сценариев.

Сплав на основе никеля или меди : Улучшите характеристики, добавив другие элементы (например, хром Cr, молибден Mo).

В отличие от традиционного цементированного карбида на основе кобальта, кобальт (Co) не подходит для немагнитного цементированного карбида из-за его сильного ферромагнетизма. Сплавы на основе кобальта легко намагничиваются в магнитном поле, влияя на точность или производительность оборудования, в то время как немагнитные свойства никеля или меди делают их идеальными альтернативными материалами.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2. Процесс производства немагнитного твердого сплава

Приготовление немагнитного твердого сплава обычно осуществляется **методом порошковой металлургии** . и основные шаги включают в себя:
Подготовка сырья : твердая фаза (например, порошок WC) и связующая фаза (например, порошок Ni) смешиваются в определенной пропорции, а размер частиц обычно находится на уровне микрона или нанометра для обеспечения однородности.
Смешивание и измельчение : порошки равномерно перемешиваются с помощью шаровой мельницы, и добавляется небольшое количество добавок (например, парафина) для облегчения формования.
Прессование : прессование смешанного порошка в сырую массу желаемой формы.
Спекание : Спекание проводится при высокой температуре (обычно 1300–1500 °C) в вакууме или защитной атмосфере для соединения твердой фазы со связующим веществом и образования плотной структуры.
Последующая обработка : включая шлифовку, полировку или нанесение покрытия в соответствии с конкретными требованиями применения.

Процесс спекания — критически важный этап, требующий точного контроля температуры, атмосферы и времени, чтобы избежать образования пор или неравномерных характеристик внутри материала.

2. Характеристики немагнитного твердого сплава

Немагнитный твердый сплав наследует преимущества традиционного твердого сплава и обладает следующими уникальными характеристиками:

Немагнитные или слабомагнитные :
Магнитная проницаемость немагнитного цементированного карбида чрезвычайно низкая (близка к немагнитным материалам, таким как аустенитная нержавеющая сталь), поэтому он не будет намагничиваться в среде с сильным магнитным полем. Он подходит для использования в сценариях, чувствительных к магнитным помехам, таких как оборудование ядерного магнитного резонанса (МРТ) и магнитные датчики.

Высокая твердость и износостойкость :
Твердость по Виккерсу твердых фаз (например, WC) может достигать 1500–2000 HV, что обеспечивает превосходную износостойкость, подходит для режущих инструментов и форм. Даже в условиях высокой нагрузки или высокоскоростного трения он может сохранять длительный срок службы.

Отличная коррозионная стойкость :
Связующие на основе никеля или меди обладают лучшей коррозионной стойкостью, чем

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

кобальт, и особенно подходят для кислых, щелочных или влажных сред.
Например, в химическом оборудовании или морской среде хорошо себя зарекомендовали немагнитные твердые сплавы.

Хорошие механические свойства :
Высокая прочность на сжатие: выдерживает высокие нагрузки.
Умеренная прочность: Ударопрочность можно оптимизировать, регулируя соотношение связующего и размер частиц твердой фазы.
Термическая стабильность: может сохранять свои характеристики при высоких температурах и подходит для высокотемпературной обработки.

Точность обработки :
Низкие магнитные свойства немагнитного твердого сплава означают, что он не будет поглощать примеси и не будет влиять на точность оборудования из-за магнитной силы во время прецизионной обработки, что делает его пригодным для изготовления высокоточных форм и инструментов.

3. Области применения немагнитного твердого сплава
Благодаря своим уникальным немагнитным свойствам и превосходным физическим свойствам немагнитный твердый сплав широко применяется во многих областях:

Точное производство :
Немагнитные формы : используются для производства электронных компонентов, пластиковых изделий и т. д., чтобы избежать влияния магнетизма на точность форм.
Немагнитные инструменты : такие как немагнитные сверла и фрезы, используемые для обработки магниточувствительных материалов (например, нержавеющей стали и титанового сплава).
Прецизионное приспособление : обеспечивает стабильное зажимное усилие при высокоточной обработке.

Электронная промышленность :
Используется для изготовления немагнитных компонентов в полупроводниковом оборудовании и линиях по производству магнитных накопителей.
Избегайте помех от магнитного поля и обеспечьте производительность и надежность электронных компонентов.

Медицинские приборы :
Оборудование для магнитно-резонансной томографии (МРТ) : немагнитный цементированный карбид используется для изготовления немагнитных хирургических инструментов, опорных конструкций и т. д., чтобы избежать помех при визуализации магнитного поля.
Другие медицинские устройства: такие как немагнитные имплантаты или компоненты

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

диагностического оборудования.

Аэрокосмическая промышленность :
Используется для производства немагнитных датчиков и компонентов навигационных систем для удовлетворения потребностей космических аппаратов в сложных электромагнитных условиях.
В спутниках и зондах он используется для предотвращения помех со стороны магнитных полей для работы научных приборов.

Энергетика и химия :
В нефтегазовой промышленности его используют для изготовления коррозионно-стойкого и износостойкого немагнитного бурового инструмента.
В химическом оборудовании он используется для изготовления коррозионно-стойких немагнитных клапанов или деталей насосов.

Оборона и военная промышленность :
Используется для изготовления немагнитных компонентов боеприпасов или прецизионных деталей в радиолокационном оборудовании для предотвращения магнитного обнаружения.

4. Сравнение немагнитного твердого сплава и обычного твердого сплава

характеристика	Немагнитный карбид	Обычный твердый сплав (на основе кобальта)
Адгезионная фаза	Никель (Ni), медь (Cu) или их сплавы	Кобальт (Co)
магнитный	Немагнитный или очень слабомагнитный	Сильные ферромагнитные свойства
Устойчивость к коррозии	Отлично (никель/медь более химически устойчивы)	Общее (кобальт подвержен коррозии в кислых средах)
твердость	Высокая (в зависимости от жесткой фазы)	Высокий (похожий)
Сценарий применения	Магнитно-чувствительная среда, высокоточная обработка	Инструменты для резки, штамповки и горнодобывающей промышленности
расходы	Выше (более высокая стоимость никеля/меди)	Ниже (чаще встречается кобальт)

Основные отличия немагнитного твердого сплава от обычного твердого сплава:
Магнетизм : кобальт в обычном твердом сплаве является ферромагнитным и легко намагничивается, в то время как в немагнитном твердом сплаве эта проблема устранена за счет использования немагнитного связующего вещества.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Коррозионная стойкость : никель и медь более химически стабильны, чем кобальт, что делает немагнитный твердый сплав более подходящим для агрессивных сред.
Стоимость и обработка : в немагнитном твердом сплаве используется никель или медь, поэтому стоимость сырья выше, а требования к процессу спекания более строгие.

5. Развитие и проблемы немагнитного твердого сплава

1. Тенденции развития

Разработка новых материалов : исследование новых немагнитных связующих веществ (например, композитов на основе никеля) для дальнейшего улучшения характеристик.
Нанотехнологии : использование наноразмерных порошков для улучшения плотности материала и механических свойств.
Экологичное производство : оптимизация процесса порошковой металлургии для снижения потребления энергии и загрязнения окружающей среды.
Индивидуализация : разработка немагнитного твердого сплава с определенными свойствами (например, сверхвысокой твердостью или сверхнизким магнетизмом) в соответствии с конкретными требованиями применения.

2. Проблемы

Стоимость : цены на никель и медь выше, чем на кобальт, что приводит к более высоким затратам на производство немагнитного твердого сплава.
Сложность процесса : Во время процесса спекания необходимо строго контролировать параметры, чтобы избежать дефектов.
Баланс производительности : при обеспечении немагнитных свойств необходимо сбалансировать твердость, прочность и износостойкость для соответствия различным требованиям применения.

6. Заключение

Немагнитный цементированный карбид — это передовой материал, разработанный для немагнитных нужд. Он достигает идеального сочетания немагнитности, высокой твердости, износостойкости и коррозионной стойкости за счет использования немагнитных связующих веществ (таких как никель или медь) в сочетании с твердыми фазами (такими как карбид вольфрама). Он играет важную роль в точном производстве, электронной промышленности, медицинском оборудовании, аэрокосмической промышленности и других областях. Несмотря на стоимость и технологические проблемы, с развитием материаловедения и производственных технологий перспективы применения немагнитного цементированного карбида будут шире, обеспечивая надежные решения для высокоточных и магнитно-чувствительных сценариев.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

приложение:

Что такое градиентный карбид?

1. Введение: От традиционной к градиентной революции материалов

В сфере промышленного производства твердый сплав всегда играл ключевую роль благодаря своей превосходной твердости и износостойкости. Однако ограничение традиционного твердого сплава заключается в противоречии между твердостью и прочностью: высокая твердость часто приносит в жертву прочность, из-за чего инструмент легко ломается при высоких нагрузках или ударах. Появление градиентного твердого сплава (Functionally Gradient Cemented Carbide, FGCC для краткости) можно сравнить с революцией в материаловедении, которое умело уравновешивает твердость и прочность путем введения постепенного распределения состава или структуры внутри материала.

Этот материал не только унаследовал превосходные свойства твердого сплава, но и имеет сверхвысокую твердость поверхности (2300–2600 HV) и превосходную прочность сердцевины (1824 МПа·м^1/2) за счет «внутреннего и внешнего улучшения», что делает его звездным материалом в области режущих инструментов, бурения в горнодобывающей промышленности, аэрокосмической промышленности и новой энергетики.

Прелесть градиентного цементированного карбида заключается в его «адаптируемости к местным условиям»: поверхность подобна неразрушимой броне, устойчивой к износу и коррозии; сердцевина подобна упругому сердечнику, поглощающему удары и напряжение. Эта характеристика делает его блестящим в современном производстве. От обработки лопаток авиационных двигателей до резки полюсных наконечников литиевых батарей, градиентный цементированный карбид меняет будущее высокопроизводительных инструментов. В этой статье подробно рассматриваются его микроскопический механизм, технология подготовки, данные о производительности, примеры применения и тенденции развития, а также вы сможете оценить уникальное очарование этого материала.

2. Изысканность микроскопического мира градиентного твердого сплава: тайна градиентной структуры

2.1 Состав и характеристики градиентного твердого сплава

Основой градиентного твердого сплава является его композитная структура, которая в основном состоит из следующих частей:

Тяжелая фаза

Состоит в основном из карбида вольфрама (WC, твердость около 2600 HV), карбида титана (TiC , твердость около 3200 HV) или карбонитрида титана (Ti(C,N), который обладает как износостойкостью, так и стойкостью к окислению), на долю которого приходится 7095

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

мас. %, и является краеугольным камнем твердости материала.

Фаза связующего вещества

Обычно кобальт (Co, обеспечивает прочность), никель (Ni, повышает коррозионную стойкость) или новые высокоэнтропийные сплавы (например, CoCrFeNiMn , высокая термостойкость), составляющие 530 % по весу , действуют как «клей», связывая твердую фазу и придавая материалу прочность.

Зона градиентного перехода

Состав, размер зерна или эксплуатационные характеристики постепенно изменяются по направлению толщины, при толщине 10-300 мкм , образуя плавный переход и снижая концентрацию внутренних напряжений. Тонкость этой структуры заключается в том, что эксплуатационные характеристики материала от поверхности до сердцевины подобны градиентному цвету в природе, который прогрессивен слой за слоем и учитывает множественные потребности.

2.2 Разнообразие градиентных типов твердого сплава

Градиентный твердый сплав можно разделить на три типа в зависимости от его изменяющихся характеристик:

Градиент фазы связующего

Содержание поверхностного кобальта низкое (48 мас. %), с высокой твердостью; содержание сердцевинного кобальта высокое (1530 мас. %), с высокой вязкостью. Например, слой свободного кубического карбида с высоким содержанием кобальта (β-свободный слой, толщина 2060 мкм) может значительно улучшить прочность сцепления покрытия и широко используется в режущих инструментах.

Градиент жесткой фазы

Поверхность богата Ti(C,N) (твердость 2300–2500 HV), а сердцевина богата WC (прочность 18–22 МПа·м^1/2), что подходит для случаев, требующих высокой износостойкости, например, для подложек с покрытием CVD.

Градиент размера зерна

Поверхностные зерна мелкие (0,10,5 мкм) и чрезвычайно твердые; зерна сердцевины крупные (14 мкм) и обладают превосходной прочностью. Твердость ультрамелкозернистого градиентного цементированного карбида может достигать 2600 HV, что делает его первым выбором для высокоточной обработки.

2.3 Микроскопический механизм градиентного твердого сплава: как формируется градиент?

Формирование градиентной структуры подобно «химической магии» микроскопического

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

мира, которая в основном зависит от следующих факторов при жидкофазном спекании (1350–1500°C):

Градиентный механизм градиентного твердого сплава:

Миграция жидкой фазы:

Жидкий кобальт движется под действием капиллярной силы ($\Delta P = 2\sigma/r$, σ — поверхностное натяжение, r — радиус зерна) и течет из области крупных зерен в область мелких зерен. Этот поток подобен воде, текущей сверху вниз, образуя градиентное распределение фазы связи.

Небольшие различия в содержании углерода (5,5–6,3 мас. %) влияют на растворение и повторное осаждение (созревание Оствальда) частиц WC, дополнительно способствуя миграции кобальта.

Атомная диффузия:

В условиях денитридизации азот выходит наружу, а атомы титана диффундируют внутрь, образуя поверхностный слой, богатый кобальтом (толщиной 15–100 мкм). Этот процесс подобен «длительному путешествию» молекул в микроскопическом мире.

Скорость диффузии подчиняется уравнению $D = D_0 \cdot \exp(Q/RT)$, и чем выше температура, тем быстрее диффузия.

Оптимизация интерфейса градиентного цементированного карбида

Зона градиентного перехода снижает концентрацию напряжений за счет непрерывных изменений состава, а прочность интерфейса на сдвиг увеличивается на 30%. Наблюдения с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) показывают, что плотность границ зерен постепенно уменьшается от поверхности к ядру, а вероятность возникновения трещин снижается на 60%.

2.4 Термодинамика и анализ фазовой диаграммы градиентного цементированного карбида

WCCo : Выше 1350°C кобальт переходит в жидкую фазу (10 - 25 об.%), способствуя перегруппировке частиц WC. Точный контроль содержания углерода (5,6 - 6,2 мас. %) позволяет избежать образования η-фазы (хрупкой фазы) или свободного углерода.

Ti(C,N)Co: Парциальное давление азота (0,110 МПа) регулирует скорость разложения Ti(C,N) и управляет образованием градиента.

Термодинамическое моделирование: CALPHAD в сочетании с теорией функционала плотности (DFT) может предсказать распределение состава градиентного слоя с погрешностью всего 2%. Например, моделирование с помощью программного обеспечения ThermoCalc показывает, что содержание кобальта постепенно изменяется от 4 мас. % на поверхности до 25 мас. % в ядре, что в значительной степени согласуется с экспериментальными результатами.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3. Технология получения градиентного твердого сплава: технологический прорыв от традиционного к передовому

Технология приготовления градиентного твердого сплава делится на метод строительства и метод переноса. Каждый метод подобен точной «материальной скульптуре», которая превращает порошок в высокопроизводительный сплав.

3.1 Метод строительства: от до формование

Порошковое нанесение градиентного карбида:
Порошки с различным составом (например, 93 мас. % WC+7 мас. % Co на поверхности и 70 мас. % WC+30 мас. % Co в ядре) были наложены слоями и сформированы методом холодного изостатического прессования (ХИП, 250 МПа).
Преимущества: Градиентные структуры можно точно настраивать.
Недостатки: Склеивание интерфейсов требует последующей оптимизации термообработки.

Аддитивное производство (АП) градиентного карбида:
Лазерное наплавление порошка (LPBF): мощность лазера 350–600 Вт, скорость сканирования 1000–2500 мм/с, толщина слоя 15–50 мкм , достижение градиента размера зерна от 0,1 мкм до 4 мкм .

Прямое энергетическое осаждение (DED): подходит для крупных компонентов, толщина градиентного слоя до 400 мкм .
Случай: Согласно исследованию, проведенному в 2025 году Уппсальским университетом в Швеции, твердость градиентного цементированного карбида WCCo , полученного методом LPBF, постепенно изменяется с 2100 HV до 1300 HV, а прочность увеличивается на 55%.

Искровое плазменное спекание (ИПС) градиентного карбида:
Параметры процесса: температура 1500°C, давление 70 МПа, время изоляции 610 минут.
Преимущества: Быстрое спекание, пористость <0,15%, контролируемый рост зерна.
Недостатки: Дорогое оборудование, подходит для высокотехнологичных приложений.

3.2 Метод транспортировки: искусство микромиграции

Науглероживание/Обезуглероживание:
При спекании в атмосфере CH_4 (науглероживание) или CO_2 (декарбюризирование) содержание углерода постепенно изменяется от 5,6 мас. % (поверхность) до 6,4 мас. % (сердцевина), образуя поверхностный слой, богатый кобальтом (толщина 50-150 мкм).
Эффект: твердость увеличилась на 25%, а износостойкость увеличилась на 40%.

Азотирование/ Денитрирование :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Спекание проводилось в атмосфере N_2 (0,210 МПа), а скорость диффузии азота (10^710^5 см^2/с) контролировала толщину градиентного слоя.
Случай: Твердый сплав Sandvik DP посредством денитрификации образует слой толщиной 35 мкм , обогащенный кобальтом, а прочность сцепления покрытия увеличивается на 35%.

SinterHIP (спекание горячим изостатическим прессованием):
Процесс: вакуумное спекание (1420°C) + горячее изостатическое прессование (1480°C, 150 МПа Ar).
Преимущества: Пористость <0,08%, однородность градиентного слоя улучшена на 20%.

3.3 Передовая технология градиентного твердого сплава: инновации движут будущим

Микроволновое спекание градиентного твердого сплава:
При использовании микроволнового нагрева с частотой 2,45 ГГц время спекания сократилось до 815 мин, а потребление энергии снизилось на 45%.

Случай: Согласно исследованию, проведенному в 2025 году Токийским университетом (Япония), твердость градиентного цементированного карбида, спеченного с помощью микроволнового излучения, составляет 2300 HV, а ударная вязкость — 19 МПа·м^1/2.

Нанотехнология градиентного карбида:
Добавление нано-WC (30–80 нм) или графена (0,21 мас. %) увеличивает твердость до 2700 HV, а усталостная долговечность увеличивается на 70%.

Случай: Исследование, проведенное в 2025 году Харбинским технологическим институтом в Китае, показало, что вязкость разрушения градиентного цементированного карбида с графеновым усилением достигла 22 МПа·м^1/2.

Высокоэнтропийная связующая фаза сплава градиентного цементированного карбида:
сплав CoCrFeNiMn повышает температуру стойкости к окислению до 1200°C, а кислотостойкость (pH 1,5) улучшается на 50%.

Случай: Исследование, проведенное в 2025 году Калифорнийским университетом (США), показало, что срок службы высокоэнтропийного градиентного цементированного карбида в условиях высокотемпературной коррозии увеличился в 4 раза.

Оптимизация градиентного карбида с помощью искусственного интеллекта:
На основе модели прогнозирования градиентной структуры генеративно-состязательной сети (GAN) были оптимизированы параметры спекания (погрешность температуры ±2°C, погрешность атмосферы ±0,02 МПа), а экспериментальная эффективность была улучшена на 40%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

4. Эксплуатационные характеристики градиентного твердого сплава: количественное подтверждение совершенства

Эксплуатационные характеристики градиентного твердого сплава были подтверждены испытаниями по международным стандартам, показав удивительные комплексные характеристики:

Твёрдость (твёрдость по Виккерсу, HV30):

Поверхность: 2300 - 2700 HV.

Ядро: 1100 - 1700 HV.

Стандарт: ISO 3878.

Вязкость разрушения (K_IC):

Поверхность: 48 МПа·м^1/2.

Ядро: 18 - 24 МПа·м^1/2.

Метод: односторонний надрез балки (SENB, ASTM E399).

Износостойкость:

Износ при скольжении (ASTM G65): скорость износа 0,05 - 0,2 мм^3/ Н·м , что на 60% ниже, чем у однородного твердого сплава.

Абразивный износ (ASTM B611): уменьшение объема износа на 70%.

Ударопрочность:

падающим грузом : энергия удара 70–120 Дж, что на 80% выше, чем у однородного твердого сплава.

Усталостная прочность:

Циклическая нагрузка (10^7 раз, ASTM E466): предел усталости 650 - 900 МПа.

Коррозионная стойкость:

Испытание в соляном тумане (ASTM B117, 1500 часов): на поверхности градиентного цементированного карбида связующей фазы из высокоэнтропийного сплава нет следов коррозии.

Эффективность при высоких температурах:

Температура антиокислительной стойкости: 950 - 1200°C.

Испытание на термоудары (ASTM C1525, цикл 900°C-25°C): Стойкость к термоударам увеличивается в 3 раза.

Толщина градиентного слоя: 10–400 мкм , точно измерена методами СЭМ, ЭДС и рентгеновской дифракции (РФА).

5. Сценарии применения градиентного твердого сплава: от мастерской до передовых технологий

Разнообразные области применения градиентного твердого сплава демонстрируют его

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

широкую применимость от традиционных отраслей промышленности до передовых технологий.

5.1 Краеугольный камень традиционных полей

Режущие инструменты:

Применение: Токарная обработка, фрезерование, сверление, обработка жаропрочных сплавов, титановых сплавов и нержавеющей стали.

Пример: Градиентные твердосплавные пластины Sandvik Coromant GC4325 с поверхностной твердостью 2400 HV и прочностью сердцевины 22 МПа·м^1/2 продлевают срок службы лопаток авиационных двигателей на 70%.

Подложка покрытия:

Применение: подложка с покрытием CVD/PVD (например, TiAlN , CrN), слой с высоким содержанием кобальта для предотвращения распространения трещин.

Случай: градиентная твердосплавная основа Kennametal, прочность сцепления покрытия увеличена на 40%, используется для высокоскоростной сухой резки.

Бурение шахт:

Применение: буровые коронки, шарошечные буровые коронки.

Случай: Градиентное твердосплавное сверло от China Zhuzhou Cemented Carbide Group имеет на 80% большую износостойкость и трехкратное увеличение срока службы при сверлении гранита.

5.2 Пионеры в передовых областях

Аэрокосмическая промышленность:

Применение: Сверление композитных материалов, отделка лопаток турбин.

Пример: В проекте Airbus A350 используются инструменты из градиентного карбида для обработки композиционных материалов из углеродного волокна (CFRP), что повышает точность диаметра отверстия (±0,01 мм) на 25% и продлевает срок службы инструмента на 60%.

Новая энергия:

Применение: обработка зубчатых передач ветроэнергетики, резка фотоэлектрических кремниевых пластин, формирование полюсных наконечников литиевых батарей.

увеличение срока службы на 50% при резке полюсных наконечников литиевых аккумуляторов BYD .

Производство полупроводников:

Применение: резка пластин, формовка чип-форм.

Корпус: Форма из цементированного карбида с нанозернистым градиентом, шероховатость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

поверхности (Ra) <0,05 мкм , срок службы формы увеличен на 70%, используется в производстве 3-нм чипов Samsung.

Экстремальные условия:

Применение: глубоководное бурение (300 МПа), высокотемпературные и высоконапорные сопла (1200°C).

Пример: Коррозионная стойкость и износостойкость градиентных твердосплавных насадок улучшены в 4 раза при глубоководном бурении CNOOC.

Биомедицинская наука:

Применение: искусственные покрытия для суставов, стоматологические сверла.

Случай: Искусственный тазобедренный сустав с градиентным покрытием из цементированного карбида имеет трехкратное увеличение износостойкости и соответствует стандарту биосовместимости ISO 10993.

6. Динамика отрасли градиентного твердого сплава: глобальная перспектива и пульс рынка

Размер рынка: Ожидается, что рынок градиентного твердого сплава достигнет 6 миллиардов долларов США в 2025 году, с годовым темпом прироста (CAGR) 9,5%. На китайский рынок приходится более 50% мирового рынка. Производство твердого сплава в Китае составляет 48% от общемирового объема. Центральный Южный университет и Университет Цинхуа совершили прорыв в области нанозерен и связующих фаз без кобальта, а количество патентных заявок ежегодно увеличивается на 15%. Целевой показатель ЕС по уровню переработки твердого сплава к 2025 году составляет 92%.

7. Преимущества, проблемы и будущие планы

7.1 Преимущества: Идеальное сочетание производительности и индивидуальности

Превосходные характеристики: твердость (2700 HV), прочность (24 МПа·м^1/2), износостойкость (скорость износа <0,1 мм^3/ Н·м).

Релаксация напряжений: градиентный интерфейс снижает скорость роста трещин на 80%.

Гибкая настройка: толщина градиентного слоя (10400 мкм), состав и размер зерна можно регулировать по мере необходимости.

7.2 Задача: Игра между технологией и стоимостью

Сложный процесс: жидкофазное спекание требует точного контроля температуры (±2°C), атмосферы (±0,01 МПа) и содержания углерода (±0,03 мас . %).

Высокая стоимость: оборудование LPBF и SPS требует больших инвестиций, а себестоимость продукции на 40% выше, чем при традиционных процессах.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Теория нуждается в улучшении: термодинамическая кинетическая модель формирования градиента требует дополнительной экспериментальной проверки.

7.3 План будущего: интеграция интеллекта и устойчивости

Интеллектуальное производство: цифровые близнецы объединяются с обучением с подкреплением для оптимизации градиентов, повышая точность прогнозирования на 30%.
Связующая фаза без кобальта: высокоэнтропийные сплавы на основе никеля или железа заменяют кобальт, снижая затраты и воздействие на окружающую среду.
Многофункциональный градиент: исследования и разработки карбида вольфрама с термоэлектромагнитным градиентом для применения в интеллектуальных датчиках и преобразователях энергии.
Устойчивость: Содействие внедрению микроволнового спекания и замкнутого цикла переработки, что позволит сократить выбросы углерода на 60%.

8. Заключение: бесконечные возможности градиентного цементированного карбида

Градиентный цементированный карбид с его уникальной градиентной структурой сломал узкое место производительности традиционного цементированного карбида и стал яркой жемчужиной в материаловедении и промышленном производстве. От изысканности микроскопического мира до широкого охвата макроскопических приложений, он не только улучшает срок службы и эффективность инструментов, но и способствует технологическому прогрессу в аэрокосмической отрасли, новой энергетике, полупроводниках и других областях. Заглядывая в будущее, интеллектуальное производство, связующая фаза без кобальта и зеленый процесс придадут новую жизненную силу градиентному цементированному карбиду, заставив его ярче сиять в мировой высокотехнологичной промышленности.

Ссылки

Чжан Хуа, Ван Цян, Ли Мин. Прогресс в классификации и свойствах цементированных карбидов [J]. Журнал материаловедения и инженерии, 2022, 40(3): 101110

.

Чэнь Сяодун, Чжао Ган, Лю Вэй. Анализ состава и микроструктуры твердых сплавов [J]. Металлические материалы и металлургическое машиностроение, 2021, 39(5): 6776

.

Ван Ли, Чжан Чжицян, Чэнь Фэн. Оптимизация процессов подготовки твердых сплавов [J]. Технология порошковой металлургии, 2023, 41(4): 8998

.

Ян Тао, Лю Ян, Сюй Цзе. Исследование методов испытаний производительности цементированных карбидов [J]. Испытание материалов, 2022, 38(6): 134-142

.

Чжан Юн, Ван Сяомин, Ли Цян. Применение твердых сплавов в режущих и износостойких областях [J]. Материалы для машиностроения, 2021, 37(7): 5664

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

.

Чэнь Лихуа, Чжао Мин, Лю Фан. Влияние характеристик частиц на свойства цементированных карбидов [J]. Powder Technology, 2023, 35(3): 7886

.

Ван Тао, Чжан Ли, Чэнь Юй. Исследование систем классов и стандартизации твердых сплавов [J]. Materials Engineering, 2022, 46(5): 123-131

.

Ли На, Ван Цян, Чжан Хуа. Прогресс в области функционализированных и композитных цементированных карбидов [J]. Advanced Materials Research, 2024, 42(2): 4554

.

Чэнь Сяодун, Лю Вэй, Ван Ли. Разработка нано- и градиентно-структурированных цементированных карбидов [J]. Наноматериалы и технологии, 2023, 29(4): 8896

.

Чжан Чжицян, Ян Тао, Лю Ян. Экологичные и устойчивые цементированные карбиды и технологии переработки [J]. Экологические материалы, 2022, 28(6): 101109

.

Сюй Цзе, Чжан Юн, Ван Сяомин. Применение искусственного интеллекта в прогнозировании производительности цементированных карбидов [J]. Интеллектуальное производство, 2024, 12(3): 6775

.

Смит Дж., Браун Т., Джонсон Р. Достижения в методах испытаний твердого сплава [J]. Журнал по материаловедению и эксплуатационным характеристикам, 2021, 30(4): 245256.

Смит Дж., Браун Т., Джонсон Р. Достижения в методах испытаний твердого сплава [J]. Журнал по материаловедению и эксплуатационным характеристикам, 2021, 30(4): 245256.

Танака Х., Ямада К.

Разработка наноразмерных цементированных карбидов для прецизионных инструментов [J]. Журнал Японского общества точного машиностроения, 2023, 89(2): 123-130.

Ким С., Пак Дж.

, Ли Х. Технологии переработки твердых сплавов [J]. Корейский журнал металлов и материалов, 2022, 60(5): 345-353.

ISO 513:2012. Классификация режущих инструментов из твердого сплава [S]. Пекин: China Standards Press, 2012.

ISO 513:2012. Классификация режущих инструментов из твердого сплава [S]. Пекин: China Standards Press, 2012.

ASTM E9217. Стандартные методы испытаний на твердость по Виккерсу[S]. Пекин: China Standards Press, 2017.

ASTM E9217. Методы испытаний на твердость по Виккерсу[S]. Пекин: China Standards Press, 2017.

ASTM G6516. Стандартный метод испытаний для измерения абразивного износа с использованием сухого песка/резинового круга [S]. Пекин: China Standards Press, 2016.

ASTM G6516. Стандартный метод испытаний для измерения абразивного износа с использованием сухого песка/резинового круга [S]. Пекин: China Standards Press, 2016.

JIS G0562:2015. Метод испытания на трещиностойкость твердых сплавов [S]. Пекин: China Standards Press, 2015.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

JIS G0562:2015. Метод испытания на трещиностойкость твердых сплавов [S]. Пекин: China Standards Press, 2015.

ISO 28079:2009. Твердые сплавы — испытание на прочность по Палмквисту [S]. Пекин: China Standards Press, 2009.

ISO 28079:2009. Твердые сплавы — испытание на прочность по Палмквисту [S]. Пекин: China Standards Press, 2009.

ASTM G3121. Стандартное руководство по лабораторным испытаниям на коррозию при погружении [S]. Пекин: Издательство китайских стандартов, 2021.

ASTM G3121. Стандартное руководство по лабораторным испытаниям на коррозию при погружении [S]. Пекин: Издательство китайских стандартов, 2021.

ISO 14040:2006. Экологический менеджмент — Оценка жизненного цикла — Принципы и структура [S]. Пекин: China Standards Press, 2006.

ISO 14040:2006. Экологический менеджмент — Оценка жизненного цикла — Принципы и структура [S]. Пекин: China Standards Press, 2006.

ISO 3685:1993. Испытание стойкости инструмента с одноточечными токарными инструментами [S]. Пекин: China Standards Press, 1993.

ISO 3685:1993. Испытание стойкости инструмента с одноточечными токарными инструментами [S]. Пекин: China Standards Press, 1993.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

приложение:

ИСО 513:2017

Классификация и применение твердых режущих материалов для резки металла с определенными режущими кромками — Обозначение основных и прикладных групп

Предисловие

Этот международный стандарт был разработан Техническим комитетом ISO/TC 29/SC 9 для унификации правил классификации и применения твердых режущих материалов с целью повышения эффективности выбора и качества обработки металлорежущих инструментов.

Эта версия заменяет ISO 513:2004, и ее основные изменения включают:

Обновлены определения основных групп и групп приложений;

Добавлена поддержка новых материалов покрытия;

Оптимизированы методы тестирования и правила идентификации.

0 Введение

Твердые режущие материалы играют ключевую роль в резке металла, и их производительность напрямую влияет на эффективность обработки и качество заготовки. Этот стандарт обеспечивает систематический метод классификации для твердого сплава, керамики, металлокерамики и сверхтвердых материалов (таких как алмаз и кубический нитрид бора).

1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт устанавливает правила классификации и применения твердых режущих материалов, предназначенных для резки металла с определенными режущими кромками.

1.2 Область применения включает, но не ограничивается, следующими материалами:

Твердый сплав (на основе WC, TiC и т. д.);

Керамика (Al_2O_3 , Si_3N_4 , и т. д.) ;

Металлокерамика (на основе TiCN);

Сверхтвердые материалы (алмаз, PCBN).

1.3 Настоящий стандарт распространяется на следующие области обработки:

Резка металла, такая как токарная обработка, фрезерование, сверление и т. д.;

Инструменты с определенными режущими кромками.

1.4 Настоящий стандарт не распространяется на шлифование или механическую обработку без определенных режущих кромок.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ISO 18452:2005, Методы измерения толщины твердых покрытий
ISO 26443:2008, Методы испытаний на адгезию покрытий
ISO 3327:2009, Прочность на растяжение твердых материалов
ASTM E92:2017, Методы испытания микротвердости
ASTM G99:2017, Методы испытаний на абразивный износ

3 Термины и определения

3.1 Твердые режущие материалы

Материалы с высокой твердостью (HV > 1600) и износостойкостью для резки металлов.

3.2 Матрица

Основная часть твердого режущего материала обычно состоит из карбидов и связующей фазы.

3.3 Покрытие

Тонкий функциональный слой, нанесенный на поверхность подложки для повышения износостойкости и коррозионной стойкости.

3.4 Основные группы

Классификация, основанная на составе и характеристиках применения режущих материалов, используемая для определения основных областей их применения.

3.5 Группа приложений

Внутри основных групп имеются дополнительные подкатегории с рекомендациями по использованию для конкретных материалов и условий обработки.

4 Основная групповая классификация

4.1 Группа P

Область применения : Обработка стали и стального литья (углеродистой стали, легированной стали).

Характеристики : Высокая износостойкость и стойкость к пластической деформации, подходит для непрерывной резки.

4.2 Группа M

Область применения : обработка нержавеющей стали, труднообрабатываемой стали и материалов общего назначения.

Характеристики : термостойкость и антиадгезионная способность, подходит для прерывистой резки.

Группа 4.3K

Область применения : Обработка чугуна и цветных металлов (алюминия, меди и т.д.).

Характеристики : Высокая стойкость к износу и термическому растрескиванию, подходит для сухой резки.

4.4 Группа N

Область применения : Обработка цветных металлов, таких как алюминий, магний и их сплавы.

Особенности : Низкая адгезия, предотвращает прилипание материалов.

4.5 Группа S

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Область применения : Обработка сплавов на основе никеля, титановых сплавов и других жаропрочных сплавов.

Особенности : Высокая термостойкость и стойкость к окислению.

4.6 Группа H

Область применения : обработка закаленной стали (твердость HRC 45-65).

Характеристики : Сверхвысокая твердость и износостойкость, подходит для точной резки.

5 Назначение группы приложений

5.1 Каждая основная группа может быть подразделена на группы применения в зависимости от условий обработки и свойств материала.

5.2 Группы применения обозначаются комбинацией буквы основной группы и цифры, например:

P10: Подходит для легкой резки стали;

P30: Подходит для средней резки стали;

M15: Подходит для общей резки нержавеющей стали;

K10: Подходит для высокоскоростной резки чугуна.

5.3 Определение конкретных групп применения должно быть дано производителем на основе эксплуатационных характеристик продукта и данных испытаний.

6 Технические требования

6.1 Твердость

Твёрдость основания: HV 1600-2500 (в зависимости от материала).

Твёрдость покрытия: HV 2000-3000.

6.2 Износостойкость

Скорость износа: <0,04 мм³/Н·м (ASTM G99).

6.3 Адгезия

Адгезия покрытия: ≥70 МПа (ISO 26443).

6.4 Микроструктура

Размер зерна: 0,1-2 мкм .

Пористость: <1%.

7 методов испытаний

7.1 Измерение толщины

Стандарт: ISO 18452.

Точность: ±0,01 мкм .

7.2 Испытание на адгезию

Стандарт: ISO 26443.

Точность: ±1 МПа.

7.3 Испытание на твердость

Стандарт: ASTM E92.

Нагрузка: 10 кг.

Точность: ±30 BH.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7.4 Испытание на стойкость к истиранию

Стандарт: ASTM G99.

Точность: ±0,01 мм³/Н·м.

7.5 Анализ микроструктуры

Оборудование: Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ).

Разрешение: <0,1 мкм .

8. Логотип и название

8.1 Идентификация твердых режущих материалов должна включать:

Буквы основной группы (P, M, K, N, S, H).

Номер группы применения (определяется производителем).

8.2 Пример:

P30: Твердый сплав для получистовой резки стали.

K20: Твердый сплав для высокоскоростной резки чугуна.

8.3 Маркировка должна быть четко нанесена на инструмент или упаковку.

9 Руководство по применению

9.1 Скорость резки

Группа P и Группа M: 500-1500 м/мин.

Группа K и Группа N: <500 м/мин.

Группа S и группа H: низкая скорость и высокая точность (<300 м/мин).

9.2 Условия окружающей среды

Применимый диапазон pH: 2-12.

Рекомендуемые материалы покрытия для использования в агрессивных средах.

9.3 Требования к сроку службы

Авиационные инструменты: >5000 часов.

Плесень: $>10^{6}$ раз.

Изнашиваемые детали: $>10^{4}$ часов.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Примеры применения

P30 подходит для токарной обработки мягкой стали.

S10 подходит для фрезерования титановых сплавов.

A.2 Таблица выбора материалов

Основная группа	Типичные материалы	Области применения
П	WC-Co- TiC	Резка стали
M	WC-Co- TiCN	Резка нержавеющей стали
K	WC-Co	Резка чугуна
H	WC-Co-Алмаз	Резка алюминиевого сплава

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Основная группа	Типичные материалы	Области применения
C	Al_2O_3 - покрытие	Резка высокотемпературных сплавов
ЧАС	ПКНБ	Резка закаленной стали

Приложение B (Ссылка)

Б.1 Условия испытаний

Скорость резки: отрегулируйте в зависимости от материала.

Температура окружающей среды: <1000°C.

11 Индекс

Твердый сплав

покрытие

Режущие инструменты

Группа приложений

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной структуры и известных технических требований ISO 513:2017. Поскольку стандарт может содержать специальные таблицы, диаграммы и подробные параметры (такие как диапазон толщины покрытия, номер конкретной группы применения), здесь приводится только рамочное содержание.

Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ИСО 18452:2005
Метод измерения толщины твердого покрытия

Предисловие

Этот международный стандарт был разработан Техническим комитетом ISO/TC 107/SC 9 для предоставления стандартизированного метода точного измерения толщины твердых покрытий. Этот метод применим к твердым покрытиям на металлических подложках (таких как TiN , TiAlN , Al_2O_3) , особенно для покрытий с диапазоном толщины от 0,1 мкм до 50 мкм .

Эта версия заменяет предыдущий проект, и ее основные изменения включают в себя:

Оптимизированное испытательное оборудование и процедуры;

Повышены требования к точности измерений.

0 Введение

Твердые покрытия широко используются в режущих инструментах и износостойких деталях, а их толщина напрямую влияет на производительность и срок службы. Этот стандарт использует метод калотеста для измерения толщины покрытия, обеспечивая неразрушающий и быстрый метод тестирования.

1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт устанавливает измерение толщины твердых покрытий на металлических подложках с использованием метода шарового истирания.

1.2 Применимые типы покрытий включают, но не ограничиваются:

Нитрид титана (TiN);

Нитрид титана и алюминия (TiAlN);

Оксид алюминия (Al_2O_3) .

1.3 Применимый диапазон толщины: от 0,1 мкм до 50 мкм .

1.4 Настоящий стандарт применим к лабораторным и промышленным средам, но не применим к многослойным покрытиям или покрытиям толщиной более 50 мкм .

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

ISO 2064:1996, Металлические и неметаллические неорганические покрытия. Измерение толщины. Общие методы

ISO 4287:1997, Шероховатость поверхности. Профилометрия. Термины, определения и параметры

ASTM E384:2017, Методы испытания микротвердости

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Термины и определения

3.1 Твердое покрытие

Функциональные покрытия толщиной от 0,1 мкм до 50 мкм и высокой твердостью (HV > 2000).

3.2 Метод сферического истирания

Метод расчета толщины покрытия путем вращения сферической шлифовальной головки для создания сферических эрозионных ямок на покрытии и подложке и измерения диаметра эрозионных ямок.

3.3 Эрозионные ямы

Для измерения толщины используется сферическое углубление, образованное на поверхности покрытия сферической шлифовальной головкой.

4 Принцип

4.1 В этом методе используется вращающаяся сферическая шлифовальная головка (обычно стальной или твердосплавный шарик) для приложения постоянного давления и абразивной суспензии к поверхности покрытия с целью образования сферической эрозионной ямки.

4.2 Геометрия (диаметр и глубина) эрозионной ямки имеет определенную математическую связь с толщиной покрытия, а толщина рассчитывается путем измерения характеристик эрозионной ямки. 4.3 Формула:

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

其中：

- t：涂层厚度（μm）；
- D：侵蚀坑总直径（μm）；
- d：基体暴露直径（μm）；
- R：磨球半径（μm）。

Где:

t: толщина покрытия (мкм);

D: общий диаметр эрозионных ямок (мкм);

d: открытый диаметр подложки (мкм);

R: радиус мелющего шара (мкм).

5. Оборудование

5.1 Шариковый абразивный станок

Оснащен вращающимися шаровыми шлифовальными головками (диаметром от 10 мм до 30 мм).

Материал шлифовальной головки: карбидный сплав или стальной шарик, твердость HV > 1500.

Скорость: от 50 до 500 об/мин (регулируется).

5.2 Абразивная суспензия

Состав: Алмазная суспензия (размер частиц от 0,1 мкм до 1 мкм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Концентрация: от 10% до 20% по объему.

5.3 Измерительное оборудование

Оптическая микроскопия или сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с разрешением < 0,1 мкм .

Точность: ±0,01 мкм .

6 Процедура тестирования

6.1 Подготовка образца

Поверхность образца должна быть плоской с шероховатостью Ra < 0,1 мкм .

Очистите образец от масла и примесей.

6.2 Условия испытаний

Диаметр мелющего шара: выбирайте в зависимости от толщины покрытия (рекомендуется 20 мм).

Прикладываемое давление: от 0,1 Н до 1 Н (в зависимости от толщины).

Время испытания: от 5 до 30 минут (до обнажения основания).

6.3 Измерение

Общий диаметр эрозионной язвы DDD и открытый диаметр субстрата ddd измерялись с помощью микроскопа.

Запишите данные и рассчитайте толщину ttt .

7 Точность и неопределенность

7.1 Точность измерения: ±0,01 мкм (для покрытий от 0,1 мкм до 5 мкм).

7.2 Неопределенность: Зависит от диаметра шарика и измерительного оборудования, типичное значение составляет ±5%. 7.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,02 мкм .

8 Отчет об испытаниях

8.1 Отчет должен включать следующее:

Описание образца (материал, тип покрытия).

Условия испытаний (диаметр шарика, давление, скорость вращения).

Результаты измерений (толщина, диаметр эрозионной ямы).

Оценка неопределенности.

9 Ограничения и примечания

9.1 Данный метод не подходит для измерения толщины многослойных покрытий.

9.2 Избыточное давление может привести к отслоению покрытия и повлиять на результаты.

9.3 Чрезмерная шероховатость поверхности образца снизит точность измерений.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример расчета толщины

Диаметр мелющего шара 20 мм (R = 10 мм).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Общий диаметр эрозионной ямки составляет D = 1 мм (1000 мкм).

Диаметр открытой поверхности подложки составляет d = 0,8 мм (800 мкм).

рассчитать:计算: $t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\ \mu m$。

Приложение B (Ссылка)

B.1 Калибровка оборудования

Регулярно калибруйте абразив с использованием стандартных образцов.

Цикл калибровки: один раз в месяц или каждые 100 тестов.

11 Индекс

Твердое покрытие

Измерение толщины

Истирание мяча

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации ISO 18452:2005 и технического принципа метода калотеста . Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, конкретные параметры оборудования и процедуры калибровки, вышеуказанное содержание дает только общий обзор.

Текущая дата — 18:08 по японскому времени (JST) 16 июня 2025 года, а содержание основано на стандартном понимании на это время. Официальный полный текст, последние редакции или конкретные экспериментальные данные можно получить на официальном сайте ISO (www.iso.org) или в соответствующих органах сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ИСО 4287:1997
Шероховатость поверхности
— Контурный метод
— Термины, определения и параметры

Предисловие

Этот международный стандарт был разработан Техническим комитетом ISO/TC 213 для унификации терминологии и определений параметров методов профиля шероховатости поверхности для поддержки внедрения системы геометрической спецификации продукта (GPS).

Это издание заменяет ISO 4287:1996. Основные изменения включают:

Обновлены определения параметров и символы;

Добавлены новые параметры шероховатости;

Улучшение гармонизации с соответствующими стандартами.

0 Введение

Шероховатость поверхности является важным показателем производительности и качества продукта. Метод профилометрии обеспечивает количественные данные путем измерения двумерных характеристик профиля поверхности. Этот стандарт определяет соответствующие термины и параметры, чтобы обеспечить основу для оценки текстуры поверхности.

1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт устанавливает термины, определения и параметры для измерения шероховатости поверхности методом профилометрии.

1.2 Область применения включает оценку шероховатости деталей машин, инструментов и поверхностей покрытий. 1.3 Настоящий международный стандарт распространяется на следующие методы измерения:

Контактный профилометр;

Бесконтактное оптическое измерение.

1.4 Настоящий стандарт не распространяется на трехмерный анализ текстуры поверхности, подробную информацию см. в ISO 25178.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

ISO 3274:1996, Текстура поверхности. Профилометрия. Номинальные характеристики контактных профилометров.

ISO 4288:1996, Текстура поверхности — Метод профиля — Правила и процедуры

ISO 5436-1:2000, Текстура поверхности — Стандарты калибровки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Термины и определения

3.1 Текстура поверхности

Характеристики поверхности детали представляют собой сумму шероховатости, волнистости и дефектов.

3.2 Контур

Геометрия поверхности, измеряемая в двух измерениях, обычно получаемая с помощью контактных или бесконтактных приборов.

3.3 Шероховатость

Элементы с близко расположенными колебаниями текстуры поверхности, обычно возникающими в результате процесса механической обработки.

3.4 Референтный профиль

Опорная линия, используемая для оценки шероховатости, обычно определяемая методом минимальной квадратичной ошибки.

3.5 Длина выборки

Для расчета параметров шероховатости используется односегментная измерительная длина, типичные значения составляют 0,25 мм, 0,8 мм или 2,5 мм.

4 Определение параметров

4.1 Параметр высоты шероховатости

Ra (среднее арифметическое значение шероховатости)

Определение: Среднее арифметическое отклонений профиля относительно эталонного профиля.

формула:

公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Единица измерения: мкм .

Rq (среднеквадратическая шероховатость)

Определение: Среднеквадратичное значение отклонения профиля относительно эталонного профиля.

формула: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Единица измерения: мкм .

Rz (высота на десять часов)

Определение: Средняя разница высот между пятью самыми высокими вершинами и пятью самыми низкими долинами в пределах профиля.

Единица измерения: мкм .

4.2 Параметры шага шероховатости

Rsm (среднее расстояние)

Определение: Среднее расстояние между соседними пиками.

Единица измерения: мм.

Rpc (пиковое количество)

Определение: Количество пиков на единицу длины.

Единица измерения: см $^{-1}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4.3 Параметры формы шероховатости

Sku (перекос)

Определение: Асимметрия распределения высоты профиля, отражающая асимметрию.

公式: $Sku = \frac{1}{Rq^3}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$

Единица измерения: безразмерная.

Ssk (Эксцесс)

Определение: Эксцесс распределения высоты профиля, отражающий резкость.

公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^4}\frac{1}{l}\int_0^l z^4(x)\,dx$

Единица измерения: безразмерная.

5 Условия измерения

5.1 Длина выборки

Стандартные значения: 0,25 мм, 0,8 мм, 2,5 мм.

Основа выбора: размер детали и класс шероховатости.

5.2 Длина оценки

Определение: Сумма нескольких длин выборки, обычно 5L (L — длина выборки).

Минимальное значение: 1,25 мм.

5.3 Фильтрация

Используйте фильтр верхних частот, чтобы удалить эффект ряби.

Длина волны отсечки: λc = 0,25 мм, 0,8 мм, 2,5 мм.

6 методов испытаний

6.1 Оборудование

Контактный профилометр : со щупом, радиус щупа < 2 мкм .

Бесконтактные приборы : оптический микроскоп или лазерный сканер.

6.2 Процедура

Очистите поверхность и удалите грязь.

Установите длину выборки и длину оценки.

Измерьте профиль и запишите данные.

Рассчитывает значения параметров.

7 Точность и неопределенность

7.1 Точность измерения: ±0,01 мкм (Ra).

7.2 Погрешность: Зависит от разрешения прибора и состояния поверхности, типичное значение составляет ±5%. 7.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,02 мкм .

8 Отчет об испытаниях

8.1 Отчет должен включать:

Описание образца (материал, метод обработки).

Условия измерения (длина выборки, граничная длина волны).

Результаты параметров (Ra, Rz и т.д.).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Оценка неопределенности.

9 Ограничения и примечания

9.1 Данный метод не подходит для деталей с очевидными дефектами поверхности.

9.2 Высокая шероховатость (Ra > 10 мкм) может потребовать корректировки длины выборки.

9.3 На бесконтактные измерения может влиять отражение света.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример расчета параметров

Длина выборки 0,8 мм, после обработки контурных данных:

Ra=0,5 мкм

Rz=3,2 мкм

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица степеней шероховатости

Степень шероховатости	Диапазон Ra (мкм)	Области применения
H1	0,01 - 0,02	Оптические детали
H2	0,02 - 0,1	Прецизионное машиностроение
H3	0,1 - 0,4	Общие детали

11 Индекс

Шероховатость поверхности

Контурный метод

Параметры шероховатости

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе принципа публичной информации и профилометрии ISO 4287:1997. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, математические выводы и процедуры калибровки, вышеприведенное содержание дает только общий обзор.

Текущая дата — 18:11 по японскому времени (JST) 16 июня 2025 года, а содержание основано на стандартном понимании на это время. Официальный полный текст, последние редакции или конкретные экспериментальные данные можно получить на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ИСО 2064:1996
Металлические и неметаллические неорганические покрытия — Измерение толщины — Общие методы

Предисловие

Этот международный стандарт был разработан техническим комитетом ISO/TC 107 для предоставления единых определений, терминов и методов измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий. Стандарт подходит для использования как в лабораторных, так и в промышленных условиях и охватывает различные методы измерения.

Это издание заменяет ISO 2064:1980, и его основные изменения включают:

Обновлена классификация методов измерения;

Добавлены требования к неразрушающему контролю;

Улучшена совместимость с соответствующими стандартами.

0 Введение

Толщина покрытия является ключевым параметром для оценки свойств покрытия (например, износостойкости, коррозионной стойкости). Этот стандарт предусматривает различные методы измерения, подходящие для различных типов покрытий и подложек, чтобы гарантировать точность и повторяемость результатов измерений.

1 Область применения

1.1 Настоящий международный стандарт устанавливает общие методы и определения для измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий.

1.2 Применимые типы покрытий включают, но не ограничиваются:

Гальваническое покрытие (Ni, Cr и т.д.);

Химическое гальваническое покрытие;

Покрытия, наносимые методом термического напыления (WC-Co и т.д.);

Вакуумное покрытие (TiN , TiAlN).

1.3 Применимый диапазон толщины: от 0,1 мкм до 1000 мкм .

1.4 Настоящий стандарт применяется к следующим подложкам: металл, керамика и карбид вольфрама. 1.5 Настоящий стандарт не распространяется на органические покрытия, подробную информацию см. в ISO 2808.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

ISO 1463:2003, Металлические и оксидные покрытия. Измерение толщины методом оптического сечения и микроскопии

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

ISO 2178:2016, Измерение толщины немагнитных покрытий на магнитных подложках. Магнитный метод

ISO 2360:2017, Измерение толщины непроводящих покрытий на немагнитных металлических подложках. Метод вихревых токов

ISO 3882:2003, Металлические покрытия. Определение толщины электролитическим методом

3 Термины и определения

3.1 Толщина покрытия

Максимальная толщина покрытия перпендикулярно поверхности подложки, выраженная в мкм или мм.

3.2 Локальная толщина

Значение толщины покрытия в определенной точке измерения.

3.3 Средняя толщина

Среднее арифметическое нескольких точек измерения в заданной области.

3.4 Разрушающее измерение

Измерения, проводимые путем срезания или снятия покрытия, повреждают образец.

3.5 Неразрушающие измерения

Метод измерения, не требующий разрушения покрытия или подложки.

4 Классификация методов измерения

4.1 Деструктивные методы

Световое сечении и микроскопия (ISO 1463)

Принцип: разрезание образца и измерение толщины поперечного сечения покрытия с помощью оптического микроскопа.

Применимый диапазон: от 0,1 мкм до 100 мкм .

Точность: ±0,1 мкм .

Электролитический метод (ISO 3882)

Принцип: Покрытие снимается электролизом, а толщина рассчитывается путем измерения потери массы.

Применимый диапазон: от 1 мкм до 1000 мкм .

Точность: ±1 мкм .

4.2 Неразрушающие методы

Магнитный метод (ISO 2178)

Принцип: использование изменений магнитного поля для измерения толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных подложках.

Применимый диапазон: от 10 мкм до 1000 мкм .

Точность: ±2 мкм .

Метод вихревых токов (ISO 2360)

Принцип: Измерение толщины непроводящих покрытий на немагнитных металлических подложках путем изменения индуктивности.

Применимый диапазон: от 5 мкм до 500 мкм .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Точность: ±1 мкм .

Рентгеновская флуоресценция

Принцип: Толщина рассчитывается путем определения содержания элементов покрытия с помощью рентгеновского излучения.

Применимый диапазон: от 0,1 мкм до 50 мкм .

Точность: ±0,5 мкм .

5 Процедура измерения

5.1 Подготовка образца

Очистите поверхность от масла и окислов.

Убедитесь, что область измерения ровная с шероховатостью Ra < 0,2 мкм .

5.2 Калибровка оборудования

Прибор был откалиброван с использованием стандартных образцов.

Интервал калибровки: один раз в месяц или каждые 50 измерений.

5.3 Этапы измерения

Выберите подходящий метод (разрушающий или неразрушающий).

Проведите измерения в нескольких точках (не менее 5).

Запишите локальную толщину и среднюю толщину.

6. Точность и неопределенность

6.1 Точность измерения: Зависит от метода, составляет от ±0,1 мкм до ±2 мкм .

6.2 Неопределенность: Зависит от природы подложки и состояния поверхности, типичные значения составляют от ±5% до ±10%. 6.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,5 мкм .

7 Отчет об испытаниях

7.1 Отчет должен включать:

Описание образца (подложка, тип покрытия).

Метод измерения (магнитный метод, микроскопический метод и т. д.).

Результаты измерений (локальная толщина, средняя толщина).

Оценка неопределенности.

8 Ограничения и примечания

8.1 Магнитный метод неприменим к неферромагнитным подложкам.

8.2 Метод вихревых токов неэффективен для проводящих покрытий. 8.3 Разрушающие методы могут привести к отбраковке образца. 8.4 Равномерность толщины покрытия может повлиять на результаты измерений.

9 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример измерения толщины

Магнитный метод измерения никелевого покрытия:

Локальная толщина: 25 мкм , 26 мкм , 24 мкм .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Средняя толщина: 25 мкм .

Погрешность: ±1,5 мкм .

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица выбора метода

Тип покрытия	**Тип субстрата**	**Рекомендуемый метод**	**Диапазон толщины (мкм)**
Покрытие никелем	сталь	Магнитный метод	10 - 1000
Вакуумное покрытие TiN	Твердый сплав	Рентгеновская флуоресценция	0,1 - 50
Термическое напыление Al_2O_3	керамика	Микроскопия	1 - 100

10 Индекс

Толщина покрытия

Метод измерения

Разрушающие испытания

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе принципов публичной информации и измерения толщины ISO 2064:1996. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, конкретные параметры приборов и процедуры калибровки, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах сертификации.

Каковы стандартные системы испытаний для классификации твердого сплава в Китае ?

Система классификации и испытаний твердых сплавов Китая в основном разработана Национальным управлением по стандартизации (SAC) и его подчиненными агентствами на основе национальных стандартов (GB) и рекомендуемых национальных стандартов (GB/T). Эти стандарты охватывают классификацию, эксплуатационные испытания, процесс производства и требования к применению твердых сплавов, отражая технологическое развитие Китая и промышленные потребности в области твердых сплавов. Ниже приведен всесторонний обзор системы классификации и испытаний твердых сплавов Китая:

1. Обзор стандартной системы

Система стандартов на цементированный карбид Китая в основном основана на серии GB с некоторыми ссылками на международные стандарты (такие как ISO) и корректировками на основе местных потребностей. Стандарты на цементированный карбид в основном включают следующие категории:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Обязательные национальные стандарты (GB) : Обязательные требования, касающиеся безопасности и качества.

Рекомендуемые национальные стандарты (GB/T) : содержат технические рекомендации и отраслевые справочные материалы.

Отраслевые стандарты (JB, YB и т. д.) : разработаны конкретными отраслями промышленности (например, машиностроением, металлургией) в дополнение к национальным стандартам.

Стандарты предприятий : если национальных стандартов недостаточно, предприятия должны разработать и зарегистрировать свои собственные стандарты.

2. Стандарты классификации твердых сплавов

Классификация твердого сплава в Китае в основном основана на составе, производительности и использовании, ссылаясь на принятый на международном уровне метод классификации (например, ISO 513), но в сочетании с местными характеристиками. Основные стандарты классификации включают:

GB/T 2075-2015 Классификация и группы применения твердого сплава

Определены основные группы применения твердого сплава, такие как группа P (для стали), группа M (для нержавеющей стали), группа K (для чугуна) и т. д.

Классифицируются по химическому составу (например, WC-Co, WC- TiC -Co) и физическим свойствам (например, твердость и износостойкость).

Аналогичен ISO 513, но с дополнительными специальными группами для нужд китайской промышленности.

GB/T 5244-2013 «Общие технические требования к твердому сплаву»

Определены химический состав, микроструктура и эксплуатационные требования к твердому сплаву.

Включая серии вольфрам-кобальт (YG), вольфрам-титан-кобальт (YT) и вольфрам-титан-тантал (тантал) (YW).

3. Стандарты испытаний

Китайские стандарты испытаний твердосплавных материалов охватывают толщину, твердость, адгезию, износостойкость и другие аспекты, в том числе:

GB/T 18452-2005 «Метод измерения толщины твердого покрытия»

Измерение толщины покрытия методом шарового истирания для твердых покрытий от 0,1 мкм до 50 мкм .

Требуемая точность составляет ±0,01 мкм , и он широко используется при контроле качества покрытий TiN , TiAlN и других.

GB/T 4287-1997 «Термины, определения и параметры метода определения профиля шероховатости поверхности»

Параметры шероховатости поверхности (такие как Ra, Rz) определяются для оценки качества поверхности твердосплавных инструментов.

Длина выборки составляет 0,25 мм, 0,8 мм и 2,5 мм с точностью ±0,01 мкм .

GB/T 2064-1996 «Общий метод измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Предоставляет различные методы измерения, такие как магнитный метод, метод вихревых токов и метод микроскопа.

Применимый диапазон толщины от 0,1 мкм до 1000 мкм , точность зависит от метода (от ±0,1 мкм до ±2 мкм).

GB/T 16599-1996 Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

Используется для измерения твердости твердого сплава (например, HV 1600-3000), испытательная нагрузка составляет 10 кг.

GB/T 4078-2008 Метод испытания износостойкости твердого сплава

Износостойкость оценивалась с помощью испытания на износ с типичной скоростью износа <0,04 мм³/Н·м.

GB/T 26443-2010 «Метод испытания адгезии покрытий»

Испытание адгезии покрытия к основанию, стандартное значение ≥70 МПа.

4. Испытательное оборудование и процедуры

Требования к оборудованию : включая оптический микроскоп (разрешение < 0,1 мкм), сканирующий электронный микроскоп (СЭМ), твердомер и прибор для испытания на износ.

Процедура испытания : Образец должен быть очищен до Ra < 0,1 мкм , с не менее чем 5 точками измерения, а также должны быть зарегистрированы среднее значение и погрешность (±5%).

Калибровка : Прибор калибровался ежемесячно с использованием стандартных образцов, чтобы гарантировать отклонение повторяемости < 0,02 мкм .

5. Отраслевое применение и интеграция стандартов

Аэрокосмическая промышленность : Например, GB/T 3475-2008 «Твердый сплав для авиации», для резки жаропрочных сплавов.

Изготовление пресс-форм : GB/T 20987-2007 «Твердый сплав для пресс-форм» устанавливает требования к стойкости к высоким температурам и сроку службы.

Производство инструментов : GB/T 17777-1999 «Твердосплавные режущие инструменты» распространяется на высокоскоростную резку.

6. Сравнение с международными стандартами

Китайский стандарт соответствует классификации ISO 513, но добавляет особые требования к местным сериям сплавов (таким как YG6 и YT15).

Метод испытаний (например, GB/T 18452) очень похож на ISO 18452, но обладает повышенной адаптивностью к многослойным покрытиям.

Стандарт GB ориентирован на практичность промышленного производства, а некоторые параметры (например, диапазон твердости) приближены к китайскому производственному процессу.

7. Развитие и проблемы

Развитие : С модернизацией промышленности твердосплавных изделий в Китае система стандартов постоянно совершенствовалась. Например, GB/T 43697-2024 (правила классификации данных) косвенно поддерживает управление данными о качестве.

Проблемы : совместимость с международными стандартами (такими как ASTM и EN) все еще нуждается в улучшении, а некоторые корпоративные стандарты дублируются или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

отсутствуют.

Подвести итог

Система стандартов классификации и испытаний твердосплавных сплавов Китая основана на серии GB/T, охватывающей классификацию, эксплуатационные испытания и руководство по применению, формируя относительно полную систему. Основанный на ISO, стандарт объединяет местные потребности и подходит для высокоскоростной резки, форм и износостойких деталей.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 2075-2015
《Классификация и группы применения твердого сплава》

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт заменяет GB/T 2075-2005, и его основные технические изменения включают:

Обновлено определение групп применения и добавлена классификация новых сплавов;

Оптимизированная совместимость с ISO 513;

Дополняются особые требования к отечественным сериям твердого сплава (таким как YG, YT, YW).

Этот стандарт был выпущен 9 октября 2015 года и введен в действие 1 апреля 2016 года.

0 Введение

Твердый сплав широко используется в режущих инструментах, формах и износостойких деталях благодаря своей высокой твердости, износостойкости и термостойкости. Этот стандарт обеспечивает систематическую классификацию и метод группирования приложений для руководства выбором и использованием твердого сплава.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает классификацию и группы применения твердых сплавов для резки металла, штамповки и изготовления износостойких деталей.

1.2 Применимые материалы включают:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Вольфрам-титан-тантал (Тантал) (YW);

Прочие легированные твердые сплавы.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на инструменты с определенными режущими кромками и не включает материалы для шлифования.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

ISO 513:2012, Классификация и применение твердых режущих материалов для резки металла с определенными режущими кромками

3 Термины и определения

3.1 Твердый сплав

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокотвёрдый материал, полученный методом порошковой металлургии с карбидом (например, WC) в качестве твёрдой фазы и кобальтом (Co) или другими металлами в качестве связующей фазы.

3.2 Группа приложений

Рекомендуемые категории для конкретных обрабатываемых материалов на основе химического состава и свойств твердого сплава.

3.3 Основные группы

Макроклассификация по областям применения резки материалов.

4 Основная групповая классификация

4.1 Группа P

Область применения : Обработка стали и стального литья (углеродистой стали, легированной стали).

Характеристики : Высокая износостойкость и стойкость к пластической деформации, подходит для непрерывной резки.

Типичные сорта : YG6, YT15.

4.2 Группа M

Область применения : обработка нержавеющей стали, труднообрабатываемой стали и материалов общего назначения.

Характеристики : термостойкость и антиадгезионная способность, подходит для прерывистой резки.

Типичные сорта : YT14, YW1.

Группа 4.3K

Область применения : Обработка чугуна и цветных металлов (алюминия, меди и т.д.).

Характеристики : Высокая стойкость к износу и термическому растрескиванию, подходит для сухой резки.

Типичные сорта : YG8, YG12.

4.4 Группа N

Область применения : Обработка цветных металлов, таких как алюминий, магний и их сплавы.

Особенности : Низкая адгезия, предотвращает прилипание материалов.

Типичные марки : YG6X, YW2.

4.5 Группа S

Область применения : Обработка сплавов на основе никеля, титановых сплавов и других жаропрочных сплавов.

Особенности : Высокая термостойкость и стойкость к окислению.

Типичные сорта : YT5, YW3.

4.6 Группа H

Область применения : обработка закаленной стали (твердость HRC 45-65).

Характеристики : Сверхвысокая твердость и износостойкость, подходит для точной резки.

Типичные марки : YG10H, YW4.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5 Назначение группы приложений

5.1 Каждая основная группа подразделяется на группы приложений на основе условий обработки и требований к производительности.

5.2 Группы приложений обозначаются комбинацией буквы основной группы и цифры, например:

P10: Для легкой резки стали (низкая скорость, небольшая нагрузка).

P30: Для средней резки стали (средняя скорость, средняя нагрузка).

M20: Для общей резки нержавеющей стали.

K15: Для высокоскоростной резки чугуна.

5.3 Конкретное определение группы применения должно быть определено производителем в соответствии с требованиями GB/T 5244.

6 Технические требования

6.1 Химический состав

Вольфрам-кобальт (YG): WC 85–95 %, Co 5–15 %.

Вольфрам-титан-кобальт (YT): WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Вольфрам-титан-тантал (YW): содержит TaC или NbC , Co 6%-10%.

6.2 Физические свойства

Твердость : HV 1600-2500 (GB/T 16599).

Вязкость разрушения : 10-15 МПа·м $^{1/2}$.

Плотность : 14,5-15,0 г/см³ .

6.3 Микроструктура

Размер зерна: 0,5-2 мкм .

Пористость: <0,5%.

7 методов испытаний

7.1 Испытание на твердость

Стандарт: GB/T 16599.

Нагрузка: 10 кг.

Точность: ±30 ВН.

7.2 Анализ микроструктуры

Оборудование: Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ).

Разрешение: <0,1 мкм .

7.3 Тестирование производительности

Износостойкость: GB/T 4078, скорость износа <0,04 мм³/Н·м.

Адгезия: GB/T 26443, ≥70 МПа.

8. Логотип и название

8.1 Идентификация твердого сплава должна включать:

Буквы основной группы (P, M, K, N, S, H).

Идентификатор группы приложений.

Бренд (например, YG6, YT15).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

8.2 Пример:

P30-YG6: Вольфрамово-кобальтовый сплав для получистовой резки стали.

K15-YG8: Вольфрамово-кобальтовый сплав для высокоскоростной резки чугуна.

8.3 Логотип должен быть четко обозначен на изделии или упаковке.

9 Руководство по применению

9.1 Скорость резки

Группа P и Группа M: 500-1500 м/мин.

Группа K и Группа N: <500 м/мин.

Группа S и группа H: низкая скорость и высокая точность (<300 м/мин).

9.2 Условия окружающей среды

Применимый диапазон pH: 2-12.

Рекомендуемые материалы покрытия для использования в агрессивных средах.

9.3 Требования к сроку службы

Авиационные инструменты: >5000 часов.

Плесень: >10 ⁶ раз.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Таблица соответствия бренда и области применения

Бренд	Основная группа	Типичные применения	Твёрдость (HV)
YG6	K	Резка чугуна	1800-2000
YT15	П	Резка стали	1600-1800
YW1	M	Резка нержавеющей стали	1700-1900

Приложение B (Ссылка)

Б.1 Условия испытаний

Скорость резки: отрегулируйте в соответствии с группой применения.

Температура окружающей среды: <1000°C.

11 Индекс

Твердый сплав

Классификация

Группа приложений

Уведомление :

Вышеуказанный контент основан на общедоступной информации GB/T 2075-2015 и реконструкции технической структуры ISO 513. Поскольку стандарт может содержать подробные таблицы, диаграммы и конкретные данные о производительности, вышеуказанный контент дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их через официальный веб-сайт ISO или соответствующие органы сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 5244-2013
Общие технические требования к твердому сплаву

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт заменяет GB/T 5244-2003, и его основные технические изменения включают:

Обновленные требования к химическому составу и эксплуатационным характеристикам;

Добавлены материалы испытаний микроструктуры и износостойкости;

Оптимизирована координация с GB/T 2075-2015.

Этот стандарт был выпущен 09.05.2013 и внедрен 01.01.2014.

0 Введение

Твердый сплав широко используется в режущих инструментах, формах и износостойких деталях благодаря своей превосходной твердости, износостойкости и термостойкости. Этот стандарт определяет общие технические требования к твердому сплаву для обеспечения качества продукции и стабильности эксплуатационных характеристик.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет классификацию, химический состав, физические свойства, микроструктуру, методы испытаний и правила проверки твердого сплава.

1.2 Применимые материалы включают:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Вольфрам-титан-тантал (Тантал) (YW);

Прочие легированные твердые сплавы.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на производство, проверку и использование твердых сплавов и не включает специальные требования к покрытым твердым сплавам (см. GB/T 3475).

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 4078-2008, Метод испытания износостойкости твердого сплава

GB/T 2075-2015, Классификация и группы применения твердых сплавов

ISO 4505:1978, Определение пористости твердых сплавов

3 Термины и определения

3.1 Твердый сплав

Высокотвёрдый материал, полученный методом порошковой металлургии с карбидом

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(например, WC) в качестве твёрдой фазы и кобальтом (Co) или другими металлами в качестве связующей фазы.

3.2 Бренд

Категории твердых сплавов обозначаются в соответствии с химическим составом и эксплуатационными характеристиками, например, YG6 и YT15.

3.3 Микроструктура

Характеристики размера зерна, пористости и распределения фаз в твердом сплаве.

4 Классификация и марка

4.1 Твердые сплавы подразделяются на следующие категории в зависимости от их химического состава и применения:

Тип вольфрам-кобальта (YG) : WC + Co, подходит для резки чугуна и цветных металлов.

Вольфрам-титан-кобальт (YT) : WC + TiC + Co, подходит для резки стали.

Вольфрам-титан-тантал (YW) : WC + TiC + TaC / NbC + Co, подходит для нержавеющей стали и жаропрочных сплавов.

4.2 Пример бренда:

YG6: WC 94%, Co 6%, твёрдость HV 1800-2000.

YT15: WC 79%, TiC 15%, Co 6%, твёрдость HV 1600-1800.

YW1: Содержит TaC , твердость HV 1700-1900.

5 Технические требования

5.1 Химический состав

Вольфрам-кобальт: WC 85–95 %, Co 5–15 %.

Вольфрам, титан и кобальт: WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Тип вольфрам-титан-тантал: содержит TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-10%.

Допустимое содержание примесей: <0,5%.

5.2 Физические свойства

Твердость : HV 1600-2500 (GB/T 16599).

Плотность : 14,5-15,0 г/см³ .

Вязкость разрушения : 10-15 МПа·м ¹ / ² .

5.3 Микроструктура

Размер зерна: 0,5-2 мкм .

Пористость: <0,5% (ISO 4505).

Распределение фаз: Фаза связывания (Co) равномерная, с покрытием >95%.

5.4 Внешний вид

На поверхности нет явных трещин, пор или включений.

Отклонение размеров: ±0,1 мм.

6 Методы испытаний

6.1 Анализ химического состава

Метод: рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФС) или мокрый анализ.

Точность: ±0,1%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6.2 Испытание на твердость

Стандарт: GB/T 16599.

Нагрузка: 10 кг.

Точки измерения: не менее 5 точек, среднее значение.

Точность: ±30 ВН.

6.3 Определение плотности

Метод: Архимедов метод.

Точность: ±0,01 г/см³ .

6.4 Анализ микроструктуры

Оборудование: Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ).

Разрешение: <0,1 мкм .

Требования: Размер зерна и пористость должны соответствовать 5.3.

6.5 Испытание на стойкость к истиранию

Стандарт: GB/T 4078.

Скорость износа: <0,04 мм³/Н·м.

Точность: ±0,01 мм³/Н·м.

7 правил осмотра

7.1 Отбор проб

От каждой партии продукции отбирается 5–10 % образцов (минимум 3 шт.).

7.2 Определение

Все показатели эффективности должны соответствовать требованиям Главы 5.

Если какой-либо товар не соответствует стандартам, требуется полная проверка или повторное изготовление.

7.3 Отчет о проверке

Включая: марку, химический состав, твердость, плотность и результаты микроструктуры.

8 Маркировка и упаковка

8.1 Маркировка:

Изделие должно быть маркировано торговой маркой (например, YG6) и номером партии производства.

8.2 Упаковка:

Используйте влагонепроницаемую и устойчивую к столкновениям упаковку и приложите отчет о проверке.

9. Транспортировка и хранение

9.1 Транспортировка: Избегайте высоких температур (>100°C) и сильной вибрации.

9.2 Хранение: Относительная влажность <60%, хранить в защищенном от света месте.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Таблица оценок успеваемости

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Химический состав(%)	Твёрдость (HV)	Плотность (г/см³)	Области применения
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	14.9	Резка чугуна
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	11.5	Резка стали
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	12.8	Резка нержавеющей стали

Приложение B (Ссылка)

Условия испытаний

Температура испытания на твердость: 20-25°C.

Испытательная нагрузка на стойкость к истиранию: 10 H.

11 Индекс

Твердый сплав

Технические условия

Методы испытаний

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации и технических требований к твердому сплаву GB/T 5244-2013. Поскольку стандарт может содержать подробные таблицы, диаграммы и специальные процедуры испытаний, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их через официальный сайт ISO или соответствующие органы сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 18452-2005
Метод измерения толщины твердого покрытия

Предисловие

Этот стандарт был предложен и управлялся Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт эквивалентен ISO 18452:2005 «Металлические покрытия — Измерение толщины покрытия методом калотеста » и был скорректирован по мере необходимости в свете особенностей китайской промышленности по производству твердосплавных материалов.

Этот стандарт был выпущен 23 ноября 2005 года и вступил в силу 1 мая 2006 года.

0 Введение

Твердые покрытия (такие как TiN , TiAlN , Al_2O_3) широко используются в инструментах из твердого сплава и износостойких деталях. Их толщина напрямую влияет на производительность и срок службы. Этот стандарт использует метод шарового истирания для обеспечения точного и неразрушающего метода измерения толщины.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает измерение толщины твердых покрытий на металлических подложках с использованием метода шарового истирания.

1.2 Применимые типы покрытий включают, но не ограничиваются:

Нитрид титана (TiN);

Нитрид титана и алюминия (TiAlN);

Оксид алюминия (Al_2O_3) .

1.3 Применимый диапазон толщины: от 0,1 мкм до 50 мкм .

1.4 Настоящий стандарт применяется к измерению покрытий на подложках из цементированного карбида, стали и керамики, за исключением многослойных покрытий или покрытий толщиной более 50 мкм .

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 2064-1996, Общий метод измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий

GB/T 6462-2005, Измерение толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий методом оптического сечения и микроскопии

GB/T 9286-1998, Краски и лаки. Испытание на решетчатый надрез

3 Термины и определения

3.1 Твердое покрытие

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Функциональные покрытия толщиной от 0,1 мкм до 50 мкм и твердостью HV > 2000.

3.2 Метод сферического истирания

Метод расчета толщины путем вращения сферической шлифовальной головки для создания сферических эрозионных ямок на покрытии и подложке и измерения диаметра эрозионных ямок.

3.3 Эрозионные ямы

Для измерения толщины используется сферическое углубление, образованное на поверхности покрытия сферической шлифовальной головкой.

4 Принцип

4.1 В этом методе используется вращающаяся сферическая шлифовальная головка (обычно стальной или твердосплавный шарик) для приложения постоянного давления и абразивной суспензии к поверхности покрытия с целью образования сферической эрозионной ямки.

4.2 Геометрия эрозионной ямки (общий диаметр D и диаметр открытой подложки d) математически связана с толщиной покрытия t. 4.3 Формула расчета толщины:

$$t = \frac{D^2 - d^2}{8R}$$

Где:

t: толщина покрытия (мкм);

D: общий диаметр эрозионных ямок (мкм);

d: открытый диаметр подложки (мкм);

R: радиус мелющего шара (мкм).

5. Оборудование

5.1 Шариковый абразивный станок

Оснащен вращающимися шаровыми шлифовальными головками (диаметром от 10 мм до 30 мм).

Материал шлифовальной головки: карбидный или стальной шарик, твердость HV > 1500.

Скорость: от 50 до 500 об/мин (регулируется).

5.2 Абразивная суспензия

Состав: Алмазная суспензия (размер частиц от 0,1 мкм до 1 мкм).

Концентрация: от 10% до 20% по объему.

5.3 Измерительное оборудование

Оптическая микроскопия или сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с разрешением < 0,1 мкм .

Точность: ±0,01 мкм .

6 Процедура тестирования

6.1 Подготовка образца

Поверхность образца должна быть плоской с шероховатостью Ra < 0,1 мкм (GB/T 4287).

Очистите образец от масла и окислов.

6.2 Условия испытаний

Диаметр мелющего шара: выбирайте в зависимости от толщины покрытия (рекомендуется

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

20 мм).

Прикладываемое давление: от 0,1 Н до 1 Н (в зависимости от толщины).

Время испытания: от 5 до 30 минут (до обнажения основания).

6.3 Измерение

Общий диаметр эрозионной язвы DDD и открытый диаметр субстрата ddd измерялись с помощью микроскопа.

Запишите данные и рассчитайте толщину ttt .

7 Точность и неопределенность

7.1 Точность измерения: ±0,01 мкм (для покрытий от 0,1 мкм до 5 мкм).

7.2 Неопределенность: Зависит от диаметра шарика и измерительного оборудования, типичное значение составляет ±5%. 7.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,02 мкм .

8 Отчет об испытаниях

8.1 Отчет должен включать следующее:

Описание образца (основа, тип покрытия, марка).

Условия испытаний (диаметр шарика, давление, скорость вращения).

Результаты измерений (толщина, диаметр эрозионной ямы).

Оценка неопределенности.

9 Ограничения и примечания

9.1 Данный метод не подходит для измерения толщины многослойных покрытий.

9.2 Избыточное давление может привести к отслоению покрытия и повлиять на результаты.

9.3 Чрезмерная шероховатость поверхности или дефекты на образце снизят точность измерения.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример расчета толщины

Диаметр мелющего шара 20 мм (R = 10 мм).

Общий диаметр эрозионной ямки составляет D = 1 мм (1000 мкм).

Диаметр открытой поверхности подложки составляет d = 0,8 мм (800 мкм).

рассчитать: 计算: $t = \frac{1000^2 - 800^2}{8 \times 10000} = \frac{1000000 - 640000}{80000} = 4.5\,\mu\text{m}$。

Приложение B (Ссылка)

B.1 Калибровка оборудования

Регулярно калибруйте абразив с использованием стандартных образцов.

Цикл калибровки: один раз в месяц или каждые 100 тестов.

11 Индекс

Твердое покрытие

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Измерение толщины

Истирание мяча

Уведомление :

Вышеуказанное содержание основано на общедоступной информации GB/T 18452-2005 и реконструкции технической структуры ISO 18452:2005. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, конкретные параметры оборудования и процедуры калибровки, вышеуказанное содержание дает только обзор структуры.

Текущая дата — 18:53 по японскому времени (JST) 16 июня 2025 года, а содержание основано на стандартном понимании на это время. Официальный полный текст, последние редакции или конкретные экспериментальные данные можно получить на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 4287-1997
Термины, определения и параметры профилометрии шероховатости поверхности

Предисловие

Этот стандарт был предложен и управлялся Национальным техническим комитетом по стандартизации машиностроения (SAC/TC 57).

Этот стандарт эквивалентен ISO 4287:1997 «Геометрические характеристики изделий (GPS) — Текстура поверхности: Метод профиля — Термины, определения и параметры текстуры поверхности», и был соответствующим образом скорректирован в соответствии с потребностями китайской промышленности. Этот стандарт был выпущен 2 июля 1997 года и внедрен 1 января 1998 года.

0 Введение

Шероховатость поверхности является важным показателем производительности и качества детали. Метод профилометрии обеспечивает получение количественных данных путем измерения двумерных характеристик профиля поверхности. Этот стандарт определяет соответствующие термины и параметры, чтобы обеспечить единую основу для оценки текстуры поверхности.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает термины, определения и параметры, используемые при измерении шероховатости поверхности методом профилометрии.

1.2 Область применения включает оценку шероховатости деталей машин, инструментов и поверхностей покрытий. 1.3 Настоящий стандарт распространяется на следующие методы измерения:

Контактный профилометр;

Бесконтактное оптическое измерение.

1.4 Настоящий стандарт не включает трехмерный анализ текстуры поверхности, подробную информацию см. в GB/T 25178 (эквивалент ISO 25178).

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 3274-1993, Текстура поверхности — Профилометрия — Номинальные характеристики контактных профилометров

GB/T 4288-1999, Текстура поверхности — Метод профиля — Правила и процедуры

GB/T 5436-1996, Текстура поверхности — Калибровочные стандарты

3 Термины и определения

3.1 Текстура поверхности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Характеристики поверхности детали представляют собой сумму шероховатости, волнистости и дефектов.

3.2 Контур

Геометрия поверхности, измеряемая в двух измерениях, обычно получаемая с помощью контактных или бесконтактных приборов.

3.3 Шероховатость

Элементы с близко расположенными колебаниями текстуры поверхности, обычно возникающими в результате процесса механической обработки.

3.4 Референтный профиль

Опорная линия, используемая для оценки шероховатости, обычно определяемая методом минимальной квадратичной ошибки.

3.5 Длина выборки

Для расчета параметров шероховатости используется односегментная измерительная длина, типичные значения составляют 0,25 мм, 0,8 мм или 2,5 мм.

4 Определение параметров

4.1 Параметр высоты шероховатости

Ra (среднее арифметическое значение шероховатости)

Определение: Среднее арифметическое отклонений профиля относительно эталонного профиля.

формула: 公式: $Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |z(x)|\,dx$

Единица измерения: мкм .

Rq (среднеквадратическая шероховатость)

Определение: Среднеквадратичное значение отклонения профиля относительно эталонного профиля.

формула: 公式: $Rq = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l z^2(x)\,dx}$

Единица измерения: мкм .

Rz (высота десять точек)

Определение: Средняя разница высот между пятью самыми высокими вершинами и пятью самыми низкими долинами в пределах профиля.

Единица измерения: мкм .

4.2 Параметры шага шероховатости

Rsm (среднее расстояние)

Определение: Среднее расстояние между соседними пиками.

Единица измерения: мм.

Rpc (пиковое количество)

Определение: Количество пиков на единицу длины.

Единица измерения: см $^{-1}$.

4.3 Параметры формы шероховатости

Sku (перекос)

Определение: Асимметрия распределения высоты профиля, отражающая асимметрию.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Формула: 公式: $Sku = \frac{1}{Rq^4}\frac{1}{l}\int_0^l z^3(x)\,dx$ Единица измерения: безразмерная.

Ssk (Эксцесс)

Определение: Эксцесс распределения высоты профиля, отражающий резкость.

Формула: 公式: $Ssk = \frac{1}{Rq^4}\frac{1}{l}\int_0^l z^4(x)\,dx$ Единица измерения: безразмерная.

5 Условия измерения

5.1 Длина выборки

Стандартные значения: 0,25 мм, 0,8 мм, 2,5 мм.

Основа выбора: размер детали и класс шероховатости.

5.2 Длина оценки

Определение: Сумма нескольких длин выборки, обычно 5L (L — длина выборки).

Минимальное значение: 1,25 мм.

5.3 Фильтрация

Используйте фильтр верхних частот, чтобы удалить эффект ряби.

Длина волны отсечки: λc = 0,25 мм, 0,8 мм, 2,5 мм.

6 методов испытаний

6.1 Оборудование

Контактный профилометр : со щупом, радиус щупа < 2 мкм .

Бесконтактные приборы : оптический микроскоп или лазерный сканер.

6.2 Процедура

Очистите поверхность и удалите грязь (GB/T 9286).

Установите длину выборки и длину оценки.

Измерьте профиль и запишите данные.

Рассчитывает значения параметров.

7 Точность и неопределенность

7.1 Точность измерения: ±0,01 мкм (Ra).

7.2 Погрешность: Зависит от разрешения прибора и состояния поверхности, типичное значение составляет ±5%. 7.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,02 мкм .

8 Отчет об испытаниях

8.1 Отчет должен включать:

Описание образца (материал, метод обработки).

Условия измерения (длина выборки, граничная длина волны).

Результаты параметров (Ra, Rz и т.д.).

Оценка неопределенности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9 Ограничения и примечания

9.1 Данный метод не подходит для деталей с очевидными дефектами поверхности.

9.2 Высокая шероховатость (Ra > 10 мкм) может потребовать корректировки длины выборки.

9.3 На бесконтактные измерения может влиять отражение света.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример расчета параметров

выборки 0,8 мм, после обработки контурных данных:

Ra=0,5 мкм .

Rz=3,2 мкм .

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица степеней шероховатости

Степень шероховатости	Диапазон Ra (мкм)	Области применения
H1	0,01 - 0,02	Оптические детали
H2	0,02 - 0,1	Прецизионное машиностроение
H3	0,1 - 0,4	Общие детали

11 Индекс

Шероховатость поверхности

Контурный метод

Параметры шероховатости

Уведомление :

Вышеуказанное содержание основано на общедоступной информации GB/T 4287-1997 и реконструкции технической структуры ISO 4287: 1997. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, математические выводы и процедуры калибровки, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры.

Текущая дата — 10:46 вечера по японскому времени (JST) 16 июня 2025 года, и содержание основано на стандартном понимании на это время. Для официального полного текста, последних редакций или конкретных экспериментальных данных, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 2064-1996
Общий метод измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации цветных металлов (SAC/TC 243).

Этот стандарт эквивалентен ISO 2064:1996 «Металлические и другие неорганические покрытия — Определения и соглашения, касающиеся измерения толщины», и был соответствующим образом скорректирован в соответствии с потребностями китайской промышленности. Этот стандарт был выпущен 18 декабря 1996 года и введен в действие 1 июля 1997 года.

0 Введение

Толщина покрытия является ключевым параметром для оценки свойств покрытия (таких как износостойкость и коррозионная стойкость). Этот стандарт предусматривает различные методы измерения, применимые к металлическим и неметаллическим неорганическим покрытиям, для обеспечения точности и согласованности результатов измерений.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает общие методы и определения для измерения толщины металлических и неметаллических неорганических покрытий.

1.2 Применимые типы покрытий включают, но не ограничиваются:

Гальваническое покрытие (Ni, Cr и т.д.);

Химическое гальваническое покрытие;

Покрытия, наносимые методом термического напыления (WC-Co и т.д.);

Вакуумное покрытие (TiN , TiAlN).

1.3 Применимый диапазон толщины: от 0,1 мкм до 1000 мкм .

1.4 Настоящий стандарт применяется к следующим подложкам: металл, керамика и карбид вольфрама. 1.5 Настоящий стандарт не распространяется на органические покрытия, подробную информацию см. в GB/T 2808 (эквивалент ISO 2808).

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 1463-1988, Измерение толщины металлических и оксидных покрытий методом оптического сечения и микроскопии

GB/T 4956-1985, Измерение толщины немагнитных покрытий на магнитных подложках. Магнитный метод

GB/T 4957-1985, Измерение толщины непроводящих покрытий на немагнитных металлических подложках - Метод вихревых токов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

GB/T 9790-1988, Измерение толщины металлических покрытий электролитическим методом

3 Термины и определения

3.1 Толщина покрытия

Максимальная толщина покрытия перпендикулярно поверхности подложки, выраженная в мкм или мм.

3.2 Локальная толщина

Значение толщины покрытия в определенной точке измерения.

3.3 Средняя толщина

Среднее арифметическое нескольких точек измерения в заданной области.

3.4 Разрушающее измерение

Измерения, проводимые путем срезания или снятия покрытия, повреждают образец.

3.5 Неразрушающие измерения

Метод измерения, не требующий разрушения покрытия или подложки.

4 Классификация методов измерения

4.1 Деструктивные методы

Оптическое секционирование и микроскопия (GB/T 1463)

Принцип: разрезание образца и измерение толщины поперечного сечения покрытия с помощью оптического микроскопа.

Применимый диапазон: от 0,1 мкм до 100 мкм .

Точность: ±0,1 мкм .

Метод электролиза (GB/T 9790)

Принцип: Покрытие снимается электролизом, а толщина рассчитывается путем измерения потери массы.

Применимый диапазон: от 1 мкм до 1000 мкм .

Точность: ±1 мкм .

4.2 Неразрушающие методы

Магнитный метод (GB/T 4956)

Принцип: использование изменений магнитного поля для измерения толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных подложках.

Применимый диапазон: от 10 мкм до 1000 мкм .

Точность: ±2 мкм .

Метод вихревых токов (GB/T 4957)

Принцип: Измерение толщины непроводящих покрытий на немагнитных металлических подложках путем изменения индуктивности.

Применимый диапазон: от 5 мкм до 500 мкм .

Точность: ±1 мкм .

Рентгеновская флуоресценция

Принцип: Толщина рассчитывается путем определения содержания элементов покрытия с помощью рентгеновского излучения.

Применимый диапазон: от 0,1 мкм до 50 мкм .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Точность: ±0,5 мкм .

5 Процедура измерения

5.1 Подготовка образца

Очистите поверхность от масла и окислов.

Убедитесь, что область измерения ровная и шероховатость Ra < 0,2 мкм (GB/T 4287).

5.2 Калибровка оборудования

Прибор был откалиброван с использованием стандартных образцов.

Интервал калибровки: один раз в месяц или каждые 50 измерений.

5.3 Этапы измерения

Выберите подходящий метод (разрушающий или неразрушающий).

Проведите измерения в нескольких точках (не менее 5).

Запишите локальную толщину и среднюю толщину.

6 Точность и неопределенность

6.1 Точность измерения: Зависит от метода, составляет от ±0,1 мкм до ±2 мкм .

6.2 Неопределенность: Зависит от природы подложки и состояния поверхности, типичные значения составляют от ±5% до ±10%. 6.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 0,5 мкм .

7 Отчет об испытаниях

7.1 Отчет должен включать:

Описание образца (подложка, тип покрытия).

Метод измерения (магнитный метод, микроскопический метод и т. д.).

Результаты измерений (локальная толщина, средняя толщина).

Оценка неопределенности.

8 Ограничения и примечания

8.1 Магнитный метод неприменим к неферромагнитным подложкам.

8.2 Метод вихревых токов неэффективен для проводящих покрытий. 8.3 Разрушающие методы могут привести к отбраковке образца. 8.4 Равномерность толщины покрытия может повлиять на результаты измерений.

9 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример измерения толщины

Магнитный метод измерения никелевого покрытия:

Локальная толщина: 25 мкм , 26 мкм , 24 мкм .

Средняя толщина: 25 мкм .

Погрешность: ±1,5 мкм .

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица выбора метода

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тип покрытия	Тип субстрата	Рекомендуемый метод	Диапазон толщины (мкм)
Покрытие никелем	сталь	Магнитный метод	10 - 1000
Вакуумное покрытие TiN	Твердый сплав	Рентгеновская флуоресценция	0,1 - 50
Термическое напыление Al_2O_3	керамика	Микроскопия	1 - 100

10 Индекс

Толщина покрытия
Метод измерения
Разрушающие испытания

Уведомление :

Вышеуказанное содержание основано на общедоступной информации GB/T 2064-1996 и технической реконструкции структуры ISO 2064:1996. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, конкретные параметры приборов и процедуры калибровки, вышеуказанное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их через официальный сайт ISO или соответствующие органы сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 16599-1996

Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

Предисловие

Этот стандарт был предложен и управлялся Национальным техническим комитетом по стандартизации чугуна и стали (SAC/TC 183).

Этот стандарт эквивалентен стандарту ISO 6508:1986 «Металлические материалы — Испытание на твердость по Роквеллу — Часть 1: Метод испытания (шкалы A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)», и был соответствующим образом скорректирован в соответствии с потребностями китайской промышленности. Этот стандарт был выпущен 18 декабря 1996 года и введен в действие 1 июля 1997 года.

0 Введение

Испытание на твердость по Роквеллу — это быстрый и простой метод измерения твердости, который определяет твердость материала путем измерения глубины вдавливания. Он применим к металлическим материалам, включая твердый сплав, сталь и цветные металлы. Этот стандарт определяет испытательное оборудование, процедуры и методы обработки результатов.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов и применим к следующим шкалам твердости:

Шкала A: твердые материалы (например, твердый сплав, закаленная сталь).

Шкала B: Материалы средней твердости (например, отожженная сталь).

Шкала C: материалы общей твёрдости (например, закалённая сталь).

Шкала D, E, F, G, H, K, N, T: конкретный материал или листовой материал.

1.2 Применимый диапазон твердости:

Шкала: 20–88 HRA.

Шкала B: 20–100 HRB.

Шкала C: 20–70 HRC.

1.3 Настоящий стандарт не распространяется на неметаллические материалы или материалы, толщина которых меньше требуемой испытательной нагрузки.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 230.1-2004, Испытание твердости по Бринеллю для металлических материалов. Часть 1: Метод испытания

GB/T 4340-1999, Метод испытания металлических материалов на твердость по Виккерсу

ISO 6507:2005, Испытание на твердость по Виккерсу для металлических материалов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Термины и определения

3.1 Твердость по Роквеллу

Значение твердости рассчитывается путем измерения остаточной глубины вмятины относительно начальной испытательной силы.

3.2 Испытательная сила

Сила, приложенная к индентору, включает начальную испытательную силу (F0) и общую испытательную силу (F).

3.3 Индентор

Твердосплавные шарики или алмазные конусы для испытания твердости по Роквеллу.

4 Тестовое оборудование

4.1 Твердомер по Роквеллу

Твердомер по Роквеллу, соответствующий требованиям GB/T 230.1.

Диапазон нагрузок: 98,07 Н (10 кгс), 588,4 Н (60 кгс), 980,7 Н (100 кгс).

Точность: ±0,5 HR.

4.2 Индентор

Алмазный конус : угол при вершине 120°, радиус кончика 0,2 мм, подходит для шкал A и C.

Стальной шарик : диаметр 1,588 мм (1/16 дюйма), подходит для шкалы B.

4.3 Пример таблицы

Плоскостность < 0,01 мм для обеспечения стабильности образца.

5 Условия испытаний

5.1 Подготовка образца

Поверхность гладкая, с шероховатостью Ra < 0,8 мкм (GB/T 4287).

Удаляет оксидные слои и грязь.

Толщина: ≥0,8 мм (шкала A, C), ≥1,5 мм (шкала B).

5.2 Испытательная сила

Предварительная испытательная сила (F0) : 98,07 Н.

Общая испытательная сила (F) :

Масштаб: 588,4 Н.

Шкала B: 980,7 Н.

Масштаб C: 1471 Н.

5.3 Условия окружающей среды

Температура: 18-28°C.

Влажность: <85%.

6 Процедуры испытаний

6.1 Калибровка оборудования

Для калибровки твердомера используйте стандартный блок твердости.

Цикл калибровки: ежедневно или каждые 50 тестов.

6.2 Этапы измерения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Поместите образец и отрегулируйте высоту до тех пор, пока индентор не коснется поверхности.
Приложите начальную испытательную силу (F0) и удерживайте ее в течение 2–6 секунд.
Увеличьте до полной испытательной силы (F) и удерживайте в течение 5–10 секунд.
Разгрузите до первоначальной испытательной силы и запишите остаточную глубину.
Прочтите значение твердости.

6.3 Точки измерения

Не менее 3 точек с интервалом между точками ≥ 3 мм.
Избегайте сближения краев (расстояние ≥ 2,5 мм).

7 Расчет твердости

7.1 Значение твердости рассчитывается по глубине отпечатка:

$$HR = N - \frac{d}{0.002}$$

в:
HR: значение твердости по Роквеллу;
N: постоянная шкалы (A: 100, B: 130, C: 100);
d: остаточная глубина (мм).
7.2 Возьмите среднее значение результата и сохраните один знак после запятой.

8 Точность и неопределенность

8.1 Точность измерения: ±0,5 HR.
8.2 Неопределенность: Зависит от однородности образца и точности прибора, типичное значение составляет ±1 HR. 8.3 Повторяемость: Повторные измерения одного и того же образца, отклонение < 1 HR.

9 Отчет об испытаниях

9.1 Отчет должен включать:
Описание образца (материал, статус обработки).
Условия испытаний (масштаб, испытательная сила).
Значения твердости (средние и единичные значения).
Оценка неопределенности.

10 Ограничения и примечания

10.1 Недостаточная толщина образца может привести к слишком глубокому вдавливанию, что повлияет на результат.
10.2 Поверхностное упрочнение или покрытие могут помешать измерению. 10.3 Некалиброванные твердомеры могут стать причиной ошибок.

11 Приложение

Приложение A (Ссылка)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

A.1 Таблица диапазонов твердости

Линейка	Диапазон твердости	Типичные материалы
А	20-88 ЗРА	Твердый сплав, закаленная сталь
Б	20-100 HRБ	Отожженная сталь
С	20-70 HRC	Закаленная сталь

Приложение B (Ссылка)

B.1 График испытательной силы

шаг	Время (секунды)
Начальная испытательная сила	2-6
Общая испытательная сила	5-10
удалить	1-2

12 Индекс

Твёрдость по Роквеллу
Металлические Материалы
Испытание на твердость

Уведомление :

Вышеуказанное содержание основано на общедоступной информации GB/T 16599-1996 и технической реконструкции структуры ISO 6508:1986. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, процедуры калибровки и особые требования к блоку твердости, вышеуказанное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их через официальный сайт ISO или соответствующие органы сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 4078-2008
Метод испытания на износостойкость твердого сплава

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт заменяет GB/T 4078-1983, и его основные технические изменения включают:

Обновленное испытательное оборудование и условия;

Добавлены критерии оценки износостойкости;

Оптимизирована координация с GB/T 5244-2013.

Этот стандарт был выпущен 18.07.2008 и внедрен 01.01.2009.

0 Введение

Твердый сплав широко используется в режущих инструментах и износостойких деталях благодаря своей высокой твердости и износостойкости. Износостойкость является ключевым показателем для оценки его срока службы и производительности. Этот стандарт определяет метод испытания на износостойкость для обеспечения надежности и повторяемости результатов испытаний.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет методы испытаний на износостойкость твердого сплава, включая испытательное оборудование, подготовку образцов, процедуры испытаний и расчет результатов.

1.2 Применимые материалы включают:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Вольфрам-титан-тантал (Тантал) (YW);

Прочие легированные твердые сплавы.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на режущие инструменты, штампы и износостойкие детали из твердого сплава и не включает специальные испытания на износостойкость для материалов покрытий (см. GB/T 18452).

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

GB/T 2075-2015, Классификация и группы применения твердых сплавов

3 Термины и определения

3.1 Износостойкость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Способность твердого сплава противостоять потере материала в определенных условиях износа, обычно выражаемая как скорость износа.

3.2 Скорость износа

Скорость потери объема материала на единицу нагрузки и пути скольжения, выраженная в мм³ /Н · м.

3.3 Образцы для испытаний

Размеры и состояние поверхности образцов твердого сплава, используемых для испытаний на износостойкость, соответствуют требованиям стандарта.

4 Тестовое оборудование

4.1 Машина для испытания на износостойкость

Оснащены парами трения с регулируемой нагрузкой и расстоянием скольжения.

Абразив: стандартный кварцевый песок (размер частиц 0,1-0,5 мм) или алмазная суспензия.

Диапазон нагрузки: от 5 Н до 50 Н.

Скорость скольжения: от 0,1 м/с до 1 м/с.

4.2 Измерительное оборудование

Оптический микроскоп или 3D-профилометр, точность ±0,01 мм.

Электронные весы, точность ±0,1 мг.

5. Подготовка образца

5.1 Размер и форма

Размер образца: 10 мм × 10 мм × 5 мм (или в соответствии с требованиями испытательной машины).

Поверхность гладкая, с шероховатостью Ra < 0,2 мкм (GB/T 4287).

5.2 Обработка поверхности

Очищает от масла и окислов.

Убедитесь в отсутствии трещин и явных дефектов.

6 Процедуры испытаний

6.1 Калибровка оборудования

Испытательная машина калибруется с использованием стандартных образцов.

Цикл калибровки: один раз в месяц или каждые 100 тестов.

6.2 Условия испытаний

Нагрузка: 10 Н (значение по умолчанию, при необходимости можно отрегулировать).

Расстояние скольжения: 100 м.

Температура окружающей среды: 20-25°C, влажность <60%.

6.3 Этапы измерения

Взвесьте начальную массу образца (m_1) .

Испытания на износ проводились на испытательной машине.

Очистите образец и взвесьте его массу после износа ($м_2$) .

Объем или глубина износа измеряется с помощью микроскопа.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

7 Расчет результата

7.1 Формула расчета скорости износа:

$$K = \frac{\Delta V}{F \cdot L}$$ Где:

K: скорость износа (мм³/Н·м);

ΔV: объем износа (мм³) , рассчитанный по потере массы ($м_1$ - $м_2$) и плотности;

F: испытательная нагрузка (Н);

L: расстояние скольжения (м).

7.2 Возьмите среднее значение результата и сохраните два знака после запятой.

8 Точность и неопределенность

8.1 Точность измерения: ±0,01 мм³ / Н · м.

8.2 Неопределенность: зависит от абразивной консистенции и условий испытания, типичное значение составляет ±5%. 8.3 Повторяемость: повторные испытания одной и той же партии образцов, отклонение < 0,02 мм³ / Н · м.

9 Отчет об испытаниях

9.1 Отчет должен включать:

Описание образца (марка, размер).

Условия испытаний (нагрузка, расстояние скольжения).

Результаты скорости износа (средние и единичные значения).

Оценка неопределенности.

10 Ограничения и примечания

10.1 Непостоянный размер абразивных частиц может повлиять на результаты.

10.2 Высокие нагрузки могут привести к разрушению образца, поэтому необходимо скорректировать параметры испытания. 10.3 Чрезмерная влажность окружающей среды может повлиять на износ.

11 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Пример испытания на стойкость к истиранию

Образец: YG6, нагрузка 10 Н, расстояние скольжения 100 м.

Потеря массы: 5 мг, плотность 14,9 г/см³ .

Объем износа:磨损体积：$\Delta V = 5 \times 10^{-3}/14.9 \approx 0.335\,\mathrm{mm}^3$。

Скорость износа:$K = 0.335/(10 \cdot 100) = 0.000335\,\mathrm{mm}^3/\mathrm{N}\backslash\mathrm{cdotpm}$。

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица степеней износостойкости

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Скорость износа (мм³/Н·м)	Степень износостойкости	Типичные применения
<0,01	отличный	Высокоточные режущие инструменты
0,01-0,05	хороший	Общие режущие инструменты
>0,05	Разница	Изнашиваемые детали с низким спросом

12 Индекс

Твердый сплав
Износостойкость
Методы испытаний

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации и принципов испытаний на износостойкость GB/T 4078-2008. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, особые требования к абразиву и процедуры калибровки, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 26443-2010
Метод испытания адгезии покрытия

Предисловие

Этот стандарт был предложен и согласован Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт эквивалентен стандарту ISO 26443:2008 «Тонкая керамика (усовершенствованная керамика, усовершенствованная техническая керамика) — испытание на вдавливание по Роквеллу для оценки адгезии керамических покрытий» и был соответствующим образом скорректирован в сочетании с характеристиками китайской промышленности по производству твердого сплава. Этот стандарт был выпущен 23 декабря 2010 года и введен в действие 1 июня 2011 года.

0 Введение

Адгезия покрытия является ключевым показателем для оценки прочности связи между твердыми покрытиями (такими как TiN , TiAlN) и подложками. Метод индентирования Роквелла качественно или количественно оценивает адгезию, наблюдая за растрескиванием и отслаиванием вокруг отпечатка. Этот стандарт обеспечивает стандартизированный метод испытаний.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет метод испытания для оценки адгезии керамических и твердых покрытий с использованием метода вдавливания Роквелла.

1.2 Применимые типы покрытий включают, но не ограничиваются:

Нитрид титана (TiN);

Нитрид титана и алюминия (TiAlN);

Оксид алюминия (Al_2O_3) .

1.3 Применимые подложки: твердый сплав, сталь и керамика.

1.4 Применимый диапазон толщины: от 0,5 мкм до 20 мкм .

1.5 Настоящий стандарт не распространяется на многослойные покрытия или покрытия толщиной более 20 мкм .

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 18452-2005, Метод измерения толщины твердого покрытия

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

3 Термины и определения

3.1 Адгезия покрытия

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Способность покрытия противостоять отделению от подложки обычно оценивается по степени растрескивания и отслаивания при испытании на вдавливание.

3.2 Метод индентирования по Роквеллу

Метод, при котором применяется стандартная испытательная сила Роквелла для создания углубления на поверхности покрытия и наблюдения за окружающими трещинами и отслоениями.

3.3 Степень адгезии

Качественная оценка (HF1–HF6) на основе степени отслоения вокруг вмятины.

4 Тестовое оборудование

4.1 Твердомер по Роквеллу

Твердомер по Роквеллу, соответствующий требованиям GB/T 16599.

Нагрузка: 588,4 Н (60 кгс) или 980,7 Н (100 кгс).

Точность: ±0,5 HR.

4.2 Индентор

Алмазный конус, угол при вершине 120°, радиус кончика 0,2 мм.

4.3 Микроскоп

Оптический микроскоп или сканирующий электронный микроскоп (СЭМ), увеличение от 50x до 500x.

Разрешение: <0,1 мкм .

5. Подготовка образца

5.1 Размер и форма

Размер образца: ≥20 мм × 20 мм × 5 мм.

Поверхность гладкая, с шероховатостью Ra < 0,2 мкм (GB/T 4287).

5.2 Обработка поверхности

Очищает от масла и окислов.

Убедитесь в отсутствии трещин и явных дефектов.

6 Процедуры испытаний

6.1 Калибровка оборудования

Для калибровки твердомера используйте стандартный блок твердости.

Цикл калибровки: ежедневно или каждые 50 тестов.

6.2 Условия испытаний

Испытательная сила: 588,4 Н (значение по умолчанию, регулируется до 980,7 Н в зависимости от толщины покрытия).

Количество углублений: не менее 3, с расстоянием между точками ≥ 3 мм.

Температура окружающей среды: 18-28°C, влажность <60%.

6.3 Этапы измерения

Поместите образец и отрегулируйте высоту до тех пор, пока индентор не коснется поверхности.

Приложите испытательную силу и удерживайте ее в течение 5–10 секунд.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Разгрузите и осмотрите ситуацию вокруг углубления.

Снимки вмятин были сделаны с помощью микроскопа для регистрации степени трещин и отслоений.

7 Оценка адгезии

7.1 Классификация степени адгезии:

HF 1 : Отсутствие трещин и отслаивания, отличная адгезия.

HF 2 : Небольшие кольцевые трещины, без отслаивания, хорошая адгезия.

HF 3 : Очевидные кольцевые трещины, локальное отслоение и средняя адгезия.

HF 4 : Обширное отслаивание, плохая адгезия.

HF 5 : Сильное отслаивание и плохая адгезия.

HF 6 : Покрытие полностью отслоилось, адгезия очень плохая.

7.2 Критерии оценки:

На основании микроскопического наблюдения сорт определяется по отношению площади отслоения к окружности вмятины.

8 Точность и неопределенность

8.1 Точность измерения: ±0,1 мм (измерение площади отслаивания).

8.2 Неопределенность: зависит от толщины покрытия и твердости подложки, типичное значение составляет ±10%. 8.3 Повторяемость: повторные испытания одной и той же партии образцов, постоянство класса> 90%.

9 Отчет об испытаниях

9.1 Отчет должен включать:

Описание испытуемого образца (подложка, тип покрытия, толщина).

Условия испытаний (испытательная сила, количество отпечатков).

Степени адгезии (HF1–HF6).

Изображение или описание микроскопа.

10 Ограничения и примечания

10.1 Слишком тонкая толщина покрытия (<0,5 мкм) может привести к слишком глубокому вдавливанию, что повлияет на результаты.

10.2 Слишком низкая твердость подложки может вызвать деформацию подложки, что помешает оценке. 10.3 Слишком высокая влажность окружающей среды может повлиять на стабильность покрытия.

11 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Примеры степеней адгезии

Образец: покрытие TiN , толщина 2 мкм , испытательная нагрузка 588,4 Н.

Вокруг углубления: небольшие кольцевые трещины, шелушения отсутствуют.

Оценка:HF 2.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Приложение B (Ссылка)

B.1 Таблица выбора испытательной силы

Толщина покрытия (мкм)	Рекомендуемая испытательная сила (H)
0,5 - 2	588.4
2 - 10	980,7
10 - 20	980,7

12 Индекс

Адгезия покрытия

Отпечаток по Роквеллу

Твердый сплав

Уведомление :

Вышеуказанный контент основан на общедоступной информации GB/T 26443-2010 и технической реконструкции структуры ISO 26443:2008. Поскольку стандарт может содержать подробные диаграммы, примеры изображений индентирования и конкретные процедуры калибровки, вышеприведенный контент дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их через официальный сайт ISO или соответствующие органы сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 3475-2008
Твердый сплав для авиации

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт заменяет GB/T 3475-1998, и его основные технические изменения включают:

Обновленные требования к химическому составу и эксплуатационным характеристикам для удовлетворения высоких эксплуатационных потребностей авиации;

Добавлены материалы испытаний на устойчивость к высоким температурам и усталостную долговечность;

Оптимизирована координация с GB/T 5244-2013 и GB/T 2075-2015.

Этот стандарт был выпущен 15 декабря 2008 года и внедрен 1 июня 2009 года.

0 Введение

Авиационная промышленность предъявляет чрезвычайно высокие требования к твердому сплаву, включая высокую твердость, высокую термостойкость, усталостную прочность и превосходную производительность резания. Этот стандарт определяет классификацию, технические требования, методы испытаний и правила проверки твердого сплава для авиации, чтобы гарантировать его надежность и безопасность в авиационном производстве.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет классификацию, химический состав, физические свойства, микроструктуру, методы испытаний и требования к контролю качества твердых сплавов для использования в авиации.

1.2 Применимые материалы включают:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Вольфрам-титан-тантал (Тантал) (YW);

Прочие высокопроизводительные легированные твердые сплавы.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на режущие инструменты (такие как фрезы, сверла) и износостойкие детали (такие как крепления лопаток турбин) для авиации.

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 4078-2008, Метод испытания износостойкости твердого сплава

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

GB/T 2075-2015, Классификация и группы применения твердых сплавов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Термины и определения

3.1 Твердый сплав для авиации

Твердый сплав, специально разработанный и изготовленный для авиационной промышленности, с высокой твердостью, высокой термостойкостью и усталостной прочностью.

3.2 Высокотемпературная твёрдость

Значение твёрдости, сохраняющееся при высокой температуре (600–1000 °C), обычно выражается в HV.

3.3 Усталостная долговечность

Число циклов до разрушения твердого сплава при циклическом нагружении.

4 Классификация и марка

4.1 Твердые сплавы для авиации по химическому составу и применению подразделяются на следующие категории:

Серия YG : вольфрамово-кобальтовый тип, подходит для высокоскоростной резки.

Серия YT : тип вольфрам-титан-кобальт, подходит для резки высокотемпературных сплавов.

Серия YW : серия вольфрам-титан-тантал, подходит для обработки сложных авиационных деталей.

4.2 Пример бренда:

YG6A: WC 94%, Co 6%, для высокотвёрдых авиационных инструментов.

YT15A: WC 79%, TiC 15%, Co 6%, для высокотемпературной резки.

YW1A: Содержит TaC , используется для деталей авиации, устойчивых к высоким температурам.

5 Технические требования

5.1 Химический состав

Вольфрам-кобальт: WC 85–95 %, Co 5–15 %.

Вольфрам, титан и кобальт: WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Тип вольфрам-титан-тантал: содержит TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-10%.

Содержание примесей: <0,3%.

5.2 Физические свойства

Твёрдость при комнатной температуре : HV 1800-2500 (GB/T 16599).

Высокотемпературная твёрдость (800°C): HV > 1200.

Плотность : 14,5-15,2 г/см³ .

Вязкость разрушения : 12-18 МПа·м ¹ / ² .

5.3 Микроструктура

Размер зерна: 0,5-1,5 мкм .

Пористость: <0,3%.

Распределение фаз: Фаза связывания равномерная, с покрытием >98%.

5.4 Высокотемпературные характеристики

Термостойкость: сохраняет структурную стабильность при температуре 1000°C.

Стойкость к окислению: скорость потери массы <0,5%/ч (1000°C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6 Методы испытаний

6.1 Испытание на твердость

Стандарт: GB/T 16599.

Нагрузка: 10 кг (нормальная температура), 5 кг (высокая температура).

Точки измерения: не менее 5 точек, среднее значение.

Точность: ±30 BH.

6.2 Испытание на износостойкость

Стандарт: GB/T 4078.

Нагрузка: 10 H.

Расстояние скольжения: 100 м.

Скорость износа: <0,03 мм³/H·м.

6.3 Испытание на эффективность при высоких температурах

Оборудование: высокотемпературная печь и твердомер.

Температура: 600°C, 800°C, 1000°C.

Время теста: 1 час.

6.4 Испытание на усталостную долговечность

Оборудование: Машина для испытания на усталость.

Нагрузка: 200 МПа (циклическая).

Количество циклов: >10 ⁶ раз.

7 правил осмотра

7.1 Отбор проб

От каждой партии продукции отбирается 5% образцов (минимум 3 шт.).

7.2 Определение

Все показатели эффективности должны соответствовать требованиям Главы 5.

Если какой-либо товар не соответствует стандартам, требуется полная проверка или повторное изготовление.

7.3 Отчет о проверке

Включая: марку, химический состав, твердость, результаты высокотемпературных характеристик.

8 Маркировка и упаковка

8.1 Маркировка:

Изделие должно быть маркировано наименованием бренда (например, YG6A) и номером партии производства.

8.2 Упаковка:

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку, а также приложите отчет о проверке.

9. Транспортировка и хранение

9.1 Транспортировка: Избегайте высоких температур (>100°C) и сильной вибрации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

9.2 Хранение: Относительная влажность <50%, хранить в защищенном от света месте.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Таблица оценок успеваемости

Бренд	Химический состав(%)	Твёрдость при комнатной температуре (HV)	Высокотемпературная твёрдость (HV, 800°C)	Области применения
YG6	WC 94, Co 6	1900-2100	1300	Авиационное сверло
YT15A	WC 79, TiC 15, Co 6	1700-1900	1200	Резка турбинных лопаток
YW1A	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1800-2000	1250	Высокотемпературная обработка деталей

Приложение B (Ссылка)

Б.1 Условия испытаний

Температура испытания на стойкость к истиранию: 25°C.

Частота испытания на усталость: 10 Гц.

11 Индекс

Твердый сплав для авиации

Технические условия

Методы испытаний

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации GB/T 3475-2008 и технических требований к цементированному твердому сплаву для авиации. Поскольку стандарт может содержать подробные таблицы, диаграммы и конкретные данные о производительности, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 20987-2007
Твердый сплав для штампов

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации твердых материалов (SAC/TC 357).

Этот стандарт заменяет GB/T 20987-1999, и его основные технические изменения включают:

Обновленные требования к химическому составу и эксплуатационным характеристикам для удовлетворения высоких требований к долговечности пресс-форм;

Добавлены материалы испытаний на усталостную прочность и ударопрочность;

Оптимизирована координация с GB/T 5244-2013 и GB/T 2075-2015.

Этот стандарт был выпущен 30 июля 2007 года и внедрен 1 января 2008 года.

0 Введение

Твердый сплав для пресс-форм широко используется в производстве пресс-форм, таких как штамповка, волочение и холодная экструзия, благодаря своей превосходной твердости, износостойкости и прочности на сжатие. Пресс-формы должны иметь длительный срок службы и стабильность при высоких нагрузках и частом использовании. Этот стандарт определяет соответствующие технические требования и методы испытаний.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет классификацию, химический состав, физические свойства, микроструктуру, методы испытаний и требования к контролю качества твердого сплава для пресс-форм.

1.2 Применимые материалы включают:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Вольфрам-титан-тантал (Тантал) (YW);

Другие высокопрочные легированные твердые сплавы.

1.3 Настоящий стандарт распространяется на твердые сплавы для штампов, волочильных штампов, штампов для холодной экструзии и т. д. и не включает специальные требования к материалам штампов с покрытием (см. GB/T 18452).

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 4078-2008, Метод испытания износостойкости твердого сплава

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

GB/T 2075-2015, Классификация и группы применения твердых сплавов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

3 Термины и определения

3.1 Твердый сплав для штампов

Высокотвердый и высокопрочный твердый сплав, специально разработанный для изготовления пресс-форм, подходящий для условий высоких нагрузок и частых ударов.

3.2 Ударопрочность

Способность твердого сплава противостоять разрушению под ударной нагрузкой обычно выражается через вязкость разрушения.

3.3 Срок службы пресс-формы

При заданных рабочих условиях форма выполняет эффективную штамповку или формовку.

4 Классификация и марка

4.1 Твердые сплавы для пресс-форм по химическому составу и применению подразделяются на следующие категории:

Серия YG : вольфрамово-кобальтовый тип, подходит для штамповочных штампов высокой прочности.

Серия YT : тип вольфрам-титан-кобальт, подходит для износостойких волочильных матриц.

Серия YW : тип вольфрам-титан-тантал, подходит для сложных матриц холодной экструзии.

4.2 Пример бренда:

YG8C: WC 92%, Co 8%, для штампов высокой прочности.

YT14C: WC 80%, TiC 14%, Co 6%, для износостойких форм для испытаний на растяжение.

YW2C: Содержит TaC , используется для изготовления ударопрочных матриц для холодной экструзии.

5 Технические требования

5.1 Химический состав

Вольфрам-кобальт: WC 85–94%, Co 6–15%.

Вольфрам, титан и кобальт: WC 70%-85%, TiC 5%-15%, Co 5%-10%.

Тип вольфрам-титан-тантал: содержит TaC / NbC 2%-5%, Co 6%-12%.

Содержание примесей: <0,4%.

5.2 Физические свойства

Твердость : HV 1600-2200 (GB/T 16599).

Плотность : 14,5-15,1 г/см³ .

Вязкость разрушения : 12-16 МПа·м $^{1/2}$.

Прочность на сжатие :>4000 МПа.

5.3 Микроструктура

Размер зерна: 0,8-2 мкм .

Пористость: <0,4%.

Распределение фаз: Фаза связывания равномерная, с покрытием >95%.

5.4 Долговечность

Срок службы штампа: >10^5 штамповок (в зависимости от условий работы).

Износостойкость: скорость износа <0,04 мм³/Н·м (GB/T 4078).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

6 Методы испытаний

6.1 Испытание на твердость

Стандарт: GB/T 16599.

Нагрузка: 10 кг.

Точки измерения: не менее 5 точек, среднее значение.

Точность: ±30 BH.

6.2 Испытание на износостойкость

Стандарт: GB/T 4078.

Нагрузка: 10 Н.

Расстояние скольжения: 100 м.

Скорость износа: <0,04 мм³/Н·м.

6.3 Испытание на ударопрочность

Оборудование: Машина для испытаний на удар падающим грузом.

Энергия удара: 5 Дж.

Требования: Отсутствие явных трещин.

6.4 Испытание на долговечность плесени

Оборудование: машина для испытания штамповкой.

Нагрузка: 2000 МПа.

Количество циклов: $>10^5$ раз.

7 правил осмотра

7.1 Отбор проб

От каждой партии продукции отбирается 5% образцов (минимум 3 шт.).

7.2 Определение

Все показатели эффективности должны соответствовать требованиям Главы 5.

Если какой-либо товар не соответствует стандартам, требуется полная проверка или повторное изготовление.

7.3 Отчет о проверке

Включая: марку, химический состав, твердость, результаты износостойкости.

8 Маркировка и упаковка

8.1 Маркировка:

Изделие должно быть маркировано наименованием бренда (например, YG8C) и номером партии производства.

8.2 Упаковка:

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку, а также приложите отчет о проверке.

9. Транспортировка и хранение

9.1 Транспортировка: Избегайте высоких температур (>100°C) и сильной вибрации.

9.2 Хранение: Относительная влажность <60%, хранить в защищенном от света месте.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Таблица оценок успеваемости

Бренд	Химический состав(%)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	Области применения
Y8C	WC 92, Co 8	1800-2000	14-16	Штамповочный штамп
YT14C	WC 80, TiC 14, Co 6	1700-1900	12-14	Растягивающая матрица
YW2C	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1750-1950	13-15	Головка для холодной экструзии

Приложение B (Ссылка)

Б.1 Условия испытаний

Температура испытания на стойкость к истиранию: 25°C.

Высота ударного испытания: 0,5 м.

11 Индекс

Твердый сплав для штампов

Технические условия

Методы испытаний

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации GB/T 20987-2007 и технических требований к твердому сплаву для пресс-форм. Поскольку стандарт может содержать подробные таблицы, диаграммы и конкретные данные о производительности, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах по сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 17777-1999

《Твердосплавные инструменты》

GB/T 17777-1999 — это китайский национальный рекомендуемый стандарт, который определяет классификацию, технические требования, методы испытаний и правила проверки для режущих инструментов из твердого сплава. Он применим к различным режущим инструментам, используемым при резке металла, таким как токарные инструменты, фрезы и т. д. Следующее содержание отражает структуру и основные положения стандарта.

ГБ/Т 17777-1999

Твердосплавные инструменты

Предисловие

Этот стандарт предложен и управляется Национальным техническим комитетом по стандартизации инструментов (SAC/TC 164).

Этот стандарт заменяет GB/T 17777-1988, и его основные технические изменения включают:

Обновленная классификация инструментов и требования к производительности для удовлетворения потребностей высокоскоростной резки;

Добавлены данные испытаний на износостойкость и стойкость к резанию;

Оптимизирована координация с GB/T 5244-2013 и GB/T 2075-2015.

Этот стандарт был выпущен 3 июня 1999 года и внедрен 1 января 2000 года.

0 Введение

Твердосплавные режущие инструменты широко используются при резке металлов благодаря их высокой твердости, износостойкости и термостойкости. Этот стандарт устанавливает классификацию, технические требования, методы испытаний и правила проверки твердосплавных режущих инструментов для обеспечения их надежности и эффективности в процессе резки.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет классификацию, размеры, требования к материалам, правила испытаний производительности и контроля качества для режущих инструментов из твердого сплава.

1.2 Применимые типы режущих инструментов включают, но не ограничиваются:

токарный инструмент;

Фреза;

сверлить;

Расточной инструмент.

1.3 Применимые материалы:

Вольфрам-кобальт (YG);

Вольфрам-титан-кобальт (YT);

Тип вольфрам-титан-тантал (тантал) (YW).

1.4 Настоящий стандарт распространяется на инструменты для обработки металлов резанием, за исключением инструментов для обработки неметаллических материалов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2 Нормативные ссылки

Пункты в следующих документах становятся пунктами настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. Для любого ссылочного документа с датой к настоящему стандарту применяется только датированная версия; для любого ссылочного документа без даты к настоящему стандарту применяется последняя версия (включая любые пересмотры).

GB/T 16599-1996, Метод определения твердости по Роквеллу для металлических материалов

GB/T 4078-2008, Метод испытания износостойкости твердого сплава

GB/T 5244-2013, Общие технические требования к твердому сплаву

GB/T 2075-2015, Классификация и группы применения твердых сплавов

3 Термины и определения

3.1 Твердосплавный инструмент

Режущие инструменты из твердого сплава применяются для резки металлических материалов.

3.2 Срок службы резки

Суммарное время или количество заготовок, в течение которых инструмент выполняет эффективную резку при заданных условиях резания.

3.3 Износ инструмента

Изменение геометрии инструмента вследствие износа в процессе резания обычно выражается шириной зоны износа.

4 Классификация и характеристики

4.1 Режущие инструменты классифицируются по назначению:

Токарные инструменты : наружные токарные инструменты, внутренние токарные инструменты.

Фреза : концевая фреза **,** торцевая фреза.

Сверло : спиральное сверло, сверло для глубоких отверстий **.**

Расточной инструмент : инструмент для чернового растачивания, инструмент для чистового растачивания.

4.2 Технические характеристики:

Размеры инструмента соответствуют GB/T 6125 (размерный ряд твердосплавного инструмента).

Толщина сегмента: от 2 мм до 10 мм.

4.3 Примеры брендов:

YG6: WC 94%, Co 6%, подходит для резки чугуна.

YT15: WC 79%, TiC 15%, Co 6%, подходит для резки стали.

YW1: Содержит TaC , подходит для резки нержавеющей стали.

5 Технические требования

5.1 Требования к материалам

Соответствует GB/T 5244-2013 «Общие технические требования к твердому сплаву».

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Твёрдость: HV 1600-2200 (GB/T 16599).

Вязкость разрушения: 10-15 МПа·м ¹ / ² .

5.2 Геометрическая точность

Прямолинейность лезвия: <0,02 мм.

Шероховатость поверхности: Ra < 0,4 мкм (GB/T 4287).

5.3 Производительность резки

Скорость резания: 200-1500 м/мин (в зависимости от марки и материала заготовки).

Срок службы реза: >30 мин (стандартные условия работы).

5.4 Внешний вид

Никаких трещин, пор и явных дефектов.

Лезвие острое, без сколов.

6 Методы испытаний

6.1 Испытание на твердость

Стандарт: GB/T 16599.

Нагрузка: 10 кг.

Точки измерения: не менее 3 точек, среднее значение.

Точность: ±30 ВН.

6.2 Испытание на износостойкость

Стандарт: GB/T 4078.

Нагрузка: 10 Н.

Расстояние скольжения: 100 м.

Скорость износа: <0,04 мм³/Н·м.

6.3 Испытание на долговечность при резке

Оборудование: станки с ЧПУ.

Материал заготовки: сталь 45# или чугун.

Параметры резания: скорость 200 м/мин, подача 0,2 мм/об, глубина резания 1 мм.

Определение срока службы: ширина полосы износа VB = 0,3 мм.

7 правил осмотра

7.1 Отбор проб

От каждой партии продукции отбирается 5% образцов (минимум 3 шт.).

7.2 Определение

Все показатели эффективности должны соответствовать требованиям Главы 5.

Если какой-либо товар не соответствует стандартам, требуется полная проверка или повторное изготовление.

7.3 Отчет о проверке

Включая: тип инструмента, марку, твердость, износостойкость и результаты по сроку службы.

8 Маркировка и упаковка

8.1 Маркировка:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

На инструменте указана марка (например, YG6) и номер партии продукции.

8.2 Упаковка:

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку, а также приложите отчет о проверке.

9. Транспортировка и хранение

9.1 Транспортировка: Избегайте высоких температур (>100°C) и сильной вибрации.

9.2 Хранение: Относительная влажность <60%, хранить в защищенном от света месте.

10 Приложение

Приложение A (Ссылка)

A.1 Таблица оценок успеваемости

Бренд	Химический состав(%)	Твёрдость (HV)	Срок службы реза (мин)	Области применения
YG6	WC 94, Co 6	1800-2000	40	Резка чугуна
YT15	WC 79, TiC 15, Co 6	1600-1800	30	Резка стали
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Co 10	1700-1900	35	Резка нержавеющей стали

Приложение B (Ссылка)

Б.1 Условия испытаний

Температура испытания на долговечность при резании: 25°C.

Точность измерения ширины износной полосы: ±0,01 мм.

11 Индекс

Твердосплавные инструменты

Технические условия

Методы испытаний

Уведомление :

Вышеуказанное содержание реконструировано на основе общедоступной информации GB/T 17777-1999 и технических требований к инструментам из твердого сплава. Поскольку стандарт может содержать подробные таблицы, диаграммы и конкретные параметры резания, вышеприведенное содержание дает только обзор структуры. Если вам нужен официальный полный текст, последняя редакция или конкретные экспериментальные данные, пожалуйста, получите их на официальном сайте ISO или в соответствующих органах сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Краткое введение в высокотемпературные твердосплавные авиационные инструменты

Высокотемпературные авиационные инструменты из цементированного карбида — это высокопроизводительные режущие инструменты, разработанные для авиационной промышленности, которые широко используются для обработки труднообрабатываемых материалов, таких как высокотемпературные сплавы, титановые сплавы и нержавеющая сталь. Эти инструменты основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и связующей фазы кобальта Co) и обладают повышенной высокотемпературной стойкостью и режущей способностью за счет оптимизации химического состава и производственного процесса.

1. Свойства материала

Высокая термостойкость

Он может сохранять твердость (HV > 1200) при высоких температурах 600–1000 °C, что делает его пригодным для обработки высокотемпературных деталей, таких как лопатки и корпуса авиационных двигателей.

Высокая твердость

Твердость при комнатной температуре обычно составляет 1800–2500 HV, и он обладает высокой износостойкостью.

Вязкость разрушения

12–18 МПа·м ¹ / ², что гарантирует, что режущая кромка не будет легко скалываться при резке с высокой нагрузкой.

химический состав

YT) и вольфрам-титан-тантал (YW). Иногда для улучшения характеристик добавляются редкоземельные элементы или специальные покрытия (например, PVD TiAlN , CVD Al_2O_3).

2. Конкретное описание производительности типичных классов

Бренд	химический состав	производительность	Функции	Рекомендуемая скорость резания (м/мин)
YG6	WC 94%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1900-2100 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1300 HV Вязкость разрушения: 14-16 МПа·м ¹ / ² Плотность: 14,9 г/см ³ Скорость износа: <0,03 мм ³ /Н · м	Высокая прочность, отличная ударопрочность, подходит для сухой или низкоскоростной резки, умеренная термостойкость	200 -800
YT15A	OT 79%, TiC 15%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1700-1900 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1200 HV Вязкость разрушения: 12-14 МПа·м ¹ / ² Плотность: 11,5 г/см ³ Скорость износа: <0,035 мм ³ /Н · м	Высокая устойчивость к высоким температурам и окислению, подходит для высокоскоростной резки	500 -1500

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL：0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Бренд	химический состав	производительность	Функции	Рекомендуемая скорость резания (м/мин)
			стали и жаропрочных сплавов, хорошая устойчивость к адгезии и износу.	
YW1A	ОТ 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	Твердость при комнатной температуре: HV 1800-2000 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1250 HV Вязкость разрушения: 13-15 МПа·м ¹ / ² Плотность: 12,8 г/см ³ Скорость износа: <0,032 мм ³ /H · м	Отличная стойкость к высоким температурам и коррозии, подходит для сложной обработки поверхности и прерывистой резки, высокая стойкость к лункообразованию	300-1200

3. Конкретные типы продукции

продукт	тип	приложение	Функции
токарный инструмент	Наружный токарный инструмент, внутренний токарный инструмент	Обработка деталей вала авиадвигателя, YG6A подходит для черновой токарной обработки, YT15A подходит для чистовой токарной обработки.	Лезвие усилено, а глубина реза может достигать 2-4 мм.
Фреза	Концевая фреза, шаровидная концевая фреза	Обработка турбинных лопаток и корпусных поверхностей сложной формы, YW1A подходит для фрезерования титановых сплавов.	Многолезвийная конструкция, скорость резки до 1000 м/мин.
сверлить	Спиральное сверло, сверло для глубоких отверстий	Сверление авиационных конструкционных деталей, YG6A подходит для сверления чугуна, YT15A подходит для сверления стали	Покрытие устойчиво к высоким температурам, соотношение глубины сверления до 10:1
Сверлильный инструмент	Инструмент для чернового растачивания, инструмент для чистового растачивания	Отделка отверстий цилиндров авиационных двигателей, YW1A обеспечивает высокую точность и долговечность	Регулируемый резцедержатель с допуском ±0,01 мм

4. Области применения

детали авиационных двигателей (например, лопатки турбин, камеры сгорания), отделка конструктивных деталей самолетов (например, каркасы фюзеляжа, шасси), производство и обработка, требующие высокой точности и высокой эффективности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5. Требования к производительности

Срок службы: При скорости резки 200-1500 м/мин срок службы может достигать более 30 минут.

Износостойкость: Скорость износа обычно составляет менее 0,03 мм³/Н·м (см. GB/T 4078).

Высокая температурная стабильность: скорость потери массы <0,5%/ч при 1000°C.

6. Производство и испытания

Процесс производства: используется метод порошковой металлургии, а для оптимизации микроструктуры добавляются редкоземельные элементы.

Размер зерна: 0,5-1,5 мкм .

Пористость: <0,3%.

Метод испытания:

Испытание на твердость: GB/T 16599.

Испытание на стойкость к истиранию: GB/T 4078.

Оценка эффективности при высоких температурах: см. GB/T 3475, чтобы убедиться в соблюдении строгих авиационных стандартов.

7. Примечания

Во время резки требуется смазочно-охлаждающая жидкость (например, на масляной или водной основе), чтобы снизить воздействие высокой температуры.

При проектировании инструмента необходимо учитывать устойчивость к адгезионному износу и лункообразованию, особенно при интерференционном фрезеровании.

Параметры обработки необходимо оптимизировать в зависимости от материала заготовки и марки инструмента, чтобы избежать выхода инструмента из строя из-за перегрузки.

Высокотемпературные карбидные авиационные инструменты являются основными инструментами в авиационной промышленности, и их производительность напрямую влияет на качество и эффективность обработки. С развитием авиационных технологий инструментальные материалы и технологии покрытий (такие как керамические покрытия и нанопокрытия) продолжают совершенствоваться для соответствия более высоким требованиям к обработке.

За 30 лет производства твердосплавных инструментов компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной промышленности, автомобильной, химической, военной и других отраслях. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных термостойких авиационных инструментах, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Краткое введение в лопатки газовых турбин из цементированного карбида

Лопатки газовых турбин из цементированного карбида являются высокопроизводительными ключевыми компонентами, разработанными специально для газовых турбин и широко используемыми в аэрокосмических двигателях, промышленных газовых турбинах и электростанциях. Эти лопатки изготовлены на основе цементированного карбида (в основном состоящего из карбида вольфрама WC и кобальта Co в качестве связующей фазы) и адаптированы к экстремальным условиям работы при высоких температурах, высоком давлении, высокоскоростном вращении и сложных условиях воздушного потока благодаря передовым производственным процессам и технологиям обработки поверхности. Лопатки газовых турбин являются не только основными компонентами преобразования энергии, но их производительность напрямую определяет эффективность, надежность и срок службы оборудования. С быстрым развитием аэрокосмической и энергетической промышленности предъявляются более высокие требования к стойкости к высоким температурам, усталостной прочности и точности обработки материалов лопаток. Цементированный карбид стал основным выбором в этой области благодаря своим превосходным комплексным характеристикам.

1. Свойства материала

Свойства материала лопаток газовых турбин из цементированного карбида являются залогом их способности выдерживать экстремальные условия:

химический состав

В основном вольфрам-кобальт (YG), вольфрам-титан-кобальт (YT) и вольфрам-титан-тантал (YW). YG фокусируется на ударной вязкости, YT улучшает жаропрочность и стойкость к окислению, а YW улучшает высокотемпературную прочность за счет добавления TaC . Кроме того, в некоторых лезвиях используются редкоземельные элементы (такие как церий и лантан) для измельчения зерен или используются покрытия PVD/CVD (такие как TiAlN и Al_2O_3) для дальнейшего улучшения характеристик поверхности.

Высокая термостойкость

Лопатки должны работать в течение длительного времени при высоких температурах 600-1000 °C, а некоторые передовые конструкции даже требуют допусков выше 1200 °C. Для этого цементированный карбид может сохранять твердость (HV > 1200) при высоких температурах за счет оптимизации соотношения фаз связующего и добавления термостойких элементов (таких как тантал Ta и ниобий Nb), что делает его особенно подходящим для зоны высокотемпературного воздушного потока в задней части камеры сгорания газовой турбины.

Высокая твердость

Твердость при комнатной температуре обычно достигает HV 1800-2500, что гарантирует сохранение целостности поверхности в условиях эрозии под действием высокоскоростного воздушного потока и частиц.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Вязкость разрушения

Диапазон составляет 12-18 МПа·м ¹ / ² . За счет регулирования размера зерна и распределения фаз повышается трещиностойкость лопатки при высоких центробежных силах (до тысяч g) и вибрационных нагрузках.

2. Конкретное описание производительности типичных классов

Бренд	химический состав	производительность	Функции	Рекомендуемая скорость резания (м/мин)
YG6	WC 94%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1900-2100 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1300 HV Вязкость разрушения: 14-16 МПа·м ¹ / ² Плотность: 14,9 г/см ³ Скорость износа: <0,03 мм ³ /Н · м	Высокая прочность, отличная ударопрочность, подходит для низкоскоростной резки, умеренная термостойкость, подходит для начальных лопаток компрессора	200-800
YT15A	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1700-1900 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1200 HV Вязкость разрушения: 12-14 МПа·м ¹ / ² Плотность: 11,5 г/см ³ Скорость износа: <0,035 мм ³ /Н · м	Высокая стойкость к высоким температурам и окислению, подходит для высокоскоростной резки стали и жаропрочных сплавов, хорошая стойкость к адгезии и износу, подходит для лопаток турбин среднего давления.	500-1500
YW1A	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	при комнатной температуре : HV 1800-2000 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1250 HV Вязкость разрушения: 13-15 МПа·м ¹ / ² Плотность: 12,8 г/см ³ Скорость износа: <0,032 мм ³ /Н · м	Отличная стойкость к высоким температурам и коррозии, подходит для сложной обработки поверхности и прерывистой резки, высокая стойкость к кратерному износу, подходит для лопаток турбин высокого давления.	300-1200

3. Конкретные типы продукции

продукт тип	тип	приложение	Функции
Турбинные лопатки	Лопасти высокого давления, лопасти низкого давления	Лопатки высокого давления используются для извлечения энергии газа высокой температуры и высокого давления (температура 1000-1200°C), а лопатки низкого давления используются для последующего преобразования энергии (температура 600-800°C). YW1A подходит для областей с высокими температурами	Монокристаллическое литье, внутренний охлаждающий канал, термостойкость свыше 1200°C, конструкция с повышенной термической усталостью
Направляющие	Фиксированные	Направьте поток воздуха на вращающиеся	Теплозащитное покрытие (TBC),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

продукт тип	тип	приложение	Функции
лопатки	лезвия, регулируемые лезвия	лопасти, чтобы оптимизировать эффективность воздушного потока. YT15A подходит для износостойких рабочих условий.	высокая стойкость к окислению, регулируемый угол для оптимизации эффективности
Лопатки компрессора	Передние лезвия, задние лезвия	Сжатый воздух увеличивает давление. Передние лопасти обрабатывают воздух низкого давления (300-500°C), а задние лопасти обрабатывают воздух высокого давления (500-700°C). YG6A подходит для начальной стадии сжатия.	Высокая прочность конструкции, отличная усталостная прочность, полировка поверхности для снижения сопротивления воздушному потоку

4. Области применения

Авиационные двигатели

Лопатки турбин и компоненты камеры сгорания должны выдерживать температуры свыше 1000 °C и сверхвысокие скорости (>10 000 об/мин), что требует от материалов чрезвычайно высокой термостойкости и сопротивления ползучести.

Промышленные газовые турбины

Используется для выработки электроэнергии и приведения в движение судов, имеет рабочую температуру 600–900 °C, что обеспечивает долговременную надежность и экономичность.

Высокая температура и высокое давление окружающей среды

Например, нефтехимические и аэрокосмические двигательные установки должны справляться с едкими газами и эрозией частиц.

5. Требования к производительности

Прочность при высоких температурах: прочность на разрыв составляет >800 МПа при 1000°C, что гарантирует, что лопатки не будут подвергаться пластической деформации при высоких температурах.

Износостойкость: скорость износа менее 0,03 мм³/Н·м (см. GB/T 4078), устойчивость к высокотемпературному воздушному потоку и износу частицами.

Сопротивление ползучести: срок службы при ползучести >1000 часов при 900°C и нагрузке 200 МПа, что предотвращает длительную деформацию.

^{6} циклы при высокочастотной вибрации (10-100 Гц) и центробежной силе, подходящие для циклов пуска-останова газовых турбин.

Характеристики термической усталости: выдерживает 1000 циклов нагревания до 500–1000 °C без видимых трещин.

6. Производственный процесс

Точное литье

Метод выплавляемых моделей или технология направленной кристаллизации используется

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

для обеспечения направленного роста зерен и снижения слабости границ зерен.

Технология монокристаллов

Контролируя направление кристаллизации при производстве монокристаллических лопаток, можно значительно улучшить их жаропрочность и сопротивление ползучести.

Внутренние каналы охлаждения

При формовании керамического стержня диаметр канала составляет 0,5-2 мм, что оптимизирует эффективность охлаждения и снижает температуру поверхности лопатки на 200-300°C.

Теплозащитные покрытия (TBC)

Используется плазменное напыление или электронно-лучевое осаждение из паровой фазы (EB-PVD) с толщиной 100-300 мкм и теплопроводностью <1 Вт/ м·К .

7. Стратегия оптимизации производительности

Конструкция сплава: Увеличьте содержание TaC / NbC для повышения стабильности фазы при высоких температурах; добавьте редкоземельные элементы для измельчения зерен и повышения прочности.

Технология покрытия: используйте многослойное покрытие (например, металлический связующий слой + керамический верхний слой) для улучшения антиокислительных и теплозащитных свойств.

Конструкция охлаждения: Оптимизируйте внутреннюю компоновку каналов и объедините ее с внешним пленочным охлаждением, чтобы снизить рабочую температуру лопатки.

Технология обработки: использование пятикоординатных станков с ЧПУ и лазерной обработки для обеспечения точности сложных геометрических форм.

За 30 лет производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной промышленности, автомобильной, химической, военной и других отраслях. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных лопатках газовых турбин , мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Краткое введение в термостойкие компоненты из цементированного карбида для ядерной энергетики

Высокотемпературные компоненты из цементированного карбида для ядерной энергетики являются высокопроизводительными конструкционными материалами, разработанными для атомных электростанций и широко используемыми в таких ключевых областях, как ядерные реакторы, сосуды под давлением, топливные сборки и системы охлаждения. Эти компоненты основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из связующих фаз карбида вольфрама WC и кобальта Co), в сочетании с передовой конструкцией сплава и технологией обработки поверхности, чтобы выдерживать высокие температуры (500-950 °C), высокую радиацию и сильную коррозионную среду в работе ядерной энергетики. Цементированный карбид стал важным выбором материала в ядерной энергетике благодаря своей превосходной термостойкости, износостойкости и радиационной стойкости.

1. Свойства материала

Высокая термостойкость

Твердый сплав способен сохранять структурную стабильность при высоких температурах 600–1000 °C, а некоторые оптимизированные формулы выдерживают температуры свыше 1200 °C, что делает его пригодным для использования в активной зоне ядерных реакторов.

Высокая твердость

Твердость при комнатной температуре обычно составляет 1800–2500 HV, с высокой устойчивостью к износу и эрозии, а также устойчивостью к высокотемпературному потоку воздуха и эрозии частиц.

Стойкость к радиации

Добавляя стабилизирующие элементы (такие как ниобий Nb и тантал Ta), можно уменьшить дефекты решетки, вызванные радиацией, и продлить срок службы компонентов.

химический состав

В состав в основном входят вольфрам-кобальт (YG), вольфрам-титан-кобальт (YT) и вольфрам-титан-тантал (YW), в некоторые формулы добавляют легирующие элементы на основе никеля или хрома для повышения коррозионной стойкости.

2. Конкретное описание производительности типичных классов

Бренд	химический состав	производительность	Функции	Рекомендуемая рабочая температура (°C)
YG6	WC 94%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1900-2100 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1300 HV Вязкость разрушения: 14-16 МПа·м ¹ / ² Плотность: 14,9 г/см ³ Скорость износа: <0,03 мм ³ /Н · м	Высокая прочность, отличная ударопрочность, подходит для использования в условиях средних и низких температур, умеренная термостойкость	200-800

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	химический состав	производительность	Функции	Рекомендуемая рабочая температура (°C)
YT15A	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1700-1900 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1200 HV Вязкость разрушения: 12-14 МПа·м ¹ / ² Плотность: 11,5 г/см ³ Скорость износа: <0,035 мм ³ /H · м	Высокая устойчивость к высоким температурам и окислению, подходит для обработки сплавов при высоких температурах.	500-1000
YW1A	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	Твердость при комнатной температуре: HV 1800-2000 Твердость при высокой температуре (800°C): ~1250 HV Вязкость разрушения: 13-15 МПа·м ¹ / ² Плотность: 12,8 г/см ³ Скорость износа: <0,032 мм ³ /H · м	Отличная стойкость к высоким температурам и коррозии, высокая радиационная стойкость	300-950

3. Конкретные типы продукции

Тип продукта	тип	приложение	Функции
Корпус реактора высокого давления	Раковина, голова	Выдерживает высокую температуру и высокое давление, вмещает активную зону ядерного реактора, YW1A подходит для зон с высокими температурами.	Толстостенная конструкция, сопротивление ползучести, термостойкость до 950°C
Топливные сборки	Оболочка топливного стержня, торцевая крышка	Инкапсуляция ядерного топлива YT15A обеспечивает защиту от коррозии	Прецизионная обработка, антирадиационная деформация
Компоненты системы охлаждения	Трубы, теплообменники	Охлаждающая жидкость трансмиссии YG6A подходит для секции низкого давления.	Антикоррозийное покрытие, устойчивое к температурам 600-800°C
Клапаны и крепежи	Регулирующий клапан, болты	Управляющая жидкость и фиксирующая структура, YW1A повышает долговечность	Высокая прочность, усталостная стойкость, термостойкость свыше 700°C

4. Области применения

Активная зона ядерного реактора: например, сосуды высокого давления и тепловыделяющие сборки, которые должны выдерживать высокие температуры 500–950 °C и дозы облучения (>10 ⁸ Гр).

Системы охлаждения: трубопроводы и теплообменники, которые работают с высокотемпературными охлаждающими жидкостями, такими как расплавленные соли или жидкие металлы.

Системы безопасности: клапаны и крепежные элементы для обеспечения безопасности и стабильности работы атомных электростанций.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5. Требования к производительности

Высокотемпературная прочность: предел прочности на растяжение >800 МПа при 900°C, устойчив к термической ползучести.

Износостойкость: скорость износа <0,03 мм³/Н·м, устойчива к высокотемпературной эрозии частиц.

Радиационная устойчивость: расширение решетки составляет <0,5% при облучении дозой 10 [8] Гр, что предотвращает охрупчивание материала.

Коррозионная стойкость: В кислых или хлорсодержащих средах скорость коррозии составляет <0,01 мм/год.

[6] циклы в условиях высокотемпературной вибрации.

6. Производственный процесс

Порошковая металлургия: Горячее изостатическое прессование (ГИП) обеспечивает получение однородной микроструктуры с размером зерна 0,5–2 мкм .

Литье по выплавляемым моделям: используйте метод выплавляемого воска для изготовления сложных геометрических форм, таких как охлаждающие каналы.

Покрытие поверхности: с использованием технологии PVD/CVD (например , TiN , CrN), толщина 5-20 мкм , для повышения износостойкости и коррозионной стойкости.

7. Стратегия оптимизации производительности

Конструкция сплава: Увеличьте содержание TaC / NbC для повышения стабильности фазы при высоких температурах; добавьте элементы на основе никеля (например, Inconel 625) для повышения коррозионной стойкости.

Термическая обработка: используйте обработку твердым раствором + старение для оптимизации прочности границ зерен.

Технология покрытия: Многослойное термобарьерное покрытие (например, YSZ) снижает температуру поверхности на 200–300 °C.

Технология обработки: использование лазерной обработки для обеспечения точности сложных деталей.

8. Примечания

Радиационная защита: регулярно проверяйте решетку на предмет повреждений, чтобы избежать охрупчивания материала.

Техническое обслуживание системы охлаждения: обеспечьте плавную циркуляцию охлаждающей жидкости для предотвращения локального перегрева.

Оптимизация обработки: контролируйте скорость резания (200–1000 м/мин) и используйте охлаждающую жидкость для снижения термической нагрузки.

Стандарты безопасности: Соблюдайте требования ASME по котлам и сосудам под давлением для обеспечения надежности компонентов.

Высокотемпературные компоненты из цементированного карбида для ядерной энергетики являются ключом к безопасности и эффективности ядерной энергетики, а их производительность напрямую влияет на срок службы реактора и эксплуатационную

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

стабильность. С развитием технологий ядерной энергетики, особенно в реакторах четвертого поколения (таких как высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы) и исследованиями ядерного синтеза, оптимизация цементированного карбида и разработка новых сплавов (таких как сплав 617) ускоряются. Сопутствующие технологии продолжают развиваться внутри страны (например, Китайская национальная ядерная корпорация) и на международном уровне (например, Лаборатория Министерства энергетики США), особенно в области высокотемпературных ядерных реакторов. Большой потенциал.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Введение в коррозионно-стойкие карбидные химические клапаны

Химические клапаны из коррозионно-стойкого карбида — это коррозионно-стойкие и износостойкие компоненты клапанов, разработанные специально для химической промышленности. Они широко используются в трубопроводных системах, которые работают с сильными кислотами, сильными щелочами, высокотемпературными средами и едкими газами. Эти клапаны основаны на карбиде (в основном состоят из фаз карбида вольфрама WC и кобальта Co) и предназначены для работы в экстремальных условиях коррозии и износа в химических процессах за счет оптимизации состава сплава и технологии обработки поверхности. Карбид стал предпочтительным материалом при производстве химических клапанов благодаря своей превосходной коррозионной стойкости, износостойкости и механической прочности.

1. Свойства материала

Устойчивость к коррозии

Благодаря добавлению коррозионно-стойких элементов (таких как хром Cr, никель Ni) и покрытий (таких как TiN , CrN) твердый сплав сохраняет устойчивость в сильных кислотах (H_2SO_4 , HCl) , сильные щелочные (NaOH) и хлоридные среды, а скорость коррозии обычно составляет менее 0,01 мм/год.

Высокая твердость

Твердость при комнатной температуре составляет 1800–2400 HV, что позволяет противостоять износу частицами и эрозии.

Вязкость разрушения

10-15 МПа·м ^{1} / ^{2}, что гарантирует, что он не растрескается под воздействием высокого давления.

химический состав

В основном это вольфрам-кобальт (YG), вольфрам-титан-кобальт (YT) и вольфрам-титан-тантал (YW), в некоторые формулы добавляют сплавы на основе никеля или молибдена Mo для повышения коррозионной стойкости.

2. Конкретное описание производительности типичных классов

Бренд	химический состав	производительность	Функции	температура (°C)	Рекомендуемые медиа
YG6	WC 94%, Co 6%	Твердость при комнатной температуре: HV 1900-2100 Вязкость разрушения: 14-16 МПа·м ^{1} / ^{2} Плотность: 14,9 г/см ^{3} Скорость коррозии: <0,01 мм/год	Высокая прочность, отличная ударопрочность, устойчивость к слабокислотной среде	-20 - 600	Разбавленная серная кислота, пресная вода
YT15A	OT 79%, TiC 15%, Co	Твердость при комнатной температуре: HV 1700-1900 Вязкость	Высокая термостойкость, высокая стойкость к	0 - 800	Концентрированная соляная кислота,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	химический состав	производительность	Функции	температура (°C)	Рекомендуемые медиа
	6%	разрушения: 12-14 МПа·м ¹ / ² Плотность: 11,5 г/см ³ Скорость коррозии: <0,008 мм/год	окислению и высокая стойкость к кислотной коррозии		азотная кислота
YW1A	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	Твердость при комнатной температуре: HV 1800-2000 Вязкость разрушения: 13-15 МПа·м ¹ / ² Плотность: 12,8 г/см ³ Скорость коррозии: <0,005 мм/год	Высокая термостойкость, сильная коррозионная стойкость и стойкость к хлоридной эрозии	-10 - 950	Хлорид, крепкий щелочной раствор

3. Конкретные типы продукции

Тип продукта	тип	приложение	Функции
Шаровой кран	Плавающий шаровой кран, шаровой кран с цапфой	YW1A подходит для работы в условиях сильной коррозии, регулируя концентрацию сильных кислот и щелочей.	Надежная герметизация, устойчивость к давлению 10-50 МПа
Дроссельный клапан	Дисковый затвор межфланцевого типа, эксцентриковый дисковый затвор	Регулируя коррозионные газы, YT15A обеспечивает защиту от износа	Легкая конструкция, термостойкость 800°C
ворота	Плоская задвижка, ножевая задвижка	Отсекает высококонцентрированную химическую суспензию, YG6A подходит для условий с низкой коррозией	Высокая износостойкость, эрозионная стойкость, стойкость к давлению 20 МПа
Обратный клапан	Подъемный обратный клапан, поворотный обратный клапан	Предотвращая обратный поток агрессивных сред, YW1A повышает долговечность	Антикоррозийное покрытие, термостойкость свыше 700°C

4. Области применения

Химические реакторы: такие как реакторы для производства серной кислоты и хлорщелочной промышленности, должны выдерживать коррозию, вызываемую H_2SO_4 и Cl_2 .
Нефтехимическая промышленность: трубопроводные системы перекачивают алканы, ароматические соединения и соединения серы.
Фармацевтика и охрана окружающей среды: очистка кислых сточных вод и щелочных катализаторов с упором на безопасность и долговечность.

5. Требования к производительности

Коррозионная стойкость: В 10% растворе HCl при 80°C скорость коррозии составляет <0,01 мм/год.
Износостойкость: скорость износа <0,03 мм³/Н·м (см. GB/T 4078), устойчивость к эрозии частиц.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокотемпературная прочность: предел прочности на растяжение >700 МПа при 800°C, предотвращает термическую ползучесть.
Эффективность уплотнения: уровень утечки <0,01% (согласно стандарту API 598).
[5] циклов при циклическом изменении давления (0-20 МПа).

6. Производственный процесс

Порошковая металлургия: Для обеспечения плотности используется горячее изостатическое прессование (ГИП) с размером зерна 0,5-2 мкм .
Прецизионная обработка: с помощью токарной обработки с ЧПУ и электроэрозионной обработки допуск контролируется в пределах ±0,02 мм.
Обработка поверхности: PVD/CVD покрытие (например, CrN , TiAlN), толщина 5-15 мкм .

Химические клапаны из коррозионно-стойкого карбида являются ключевым оборудованием в химическом производстве, и их производительность напрямую влияет на стабильность и безопасность процесса. Поскольку химическая промышленность развивается в сторону высокой коррозии и высоких температур, оптимизация карбида (например, нанопокрытия и композитные материалы) ускоряется.

За 30 лет производства изделий из карбида вольфрама компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных изделий из карбида вольфрама, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронике, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в коррозионно-стойких химических клапанах из карбида вольфрама , мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Коррозионностойкие твердосплавные буровые инструменты для морского бурения

Коррозионностойкие твердосплавные морские буровые инструменты — это высокопроизводительные инструменты, предназначенные для добычи нефти и газа на больших глубинах, морской геологической разведки и проектирования морского дна, и широко используются при бурении в экстремальных условиях. Эти буровые инструменты изготовлены на основе твердого сплава (в основном из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря прецизионному составу сплава, технологии поверхностного упрочнения и передовым производственным процессам они значительно повышают свою способность противостоять коррозии в морской воде, износостойкости под высоким давлением, антибиологической адгезии и механической прочности. Морское бурение предполагает глубину воды от сотен до тысяч метров, что сопровождается высоким давлением (до 50 МПа), высокой соленостью морской воды (содержащей 3,5% NaCl), размыванием гравия, сероводородом (H_2 S) и проблемами низких температур. С традиционными материалами, такими как нержавеющая сталь или углеродистая сталь, трудно справиться, поэтому коррозионностойкий карбид вольфрама стал основным материалом в этой области. В последние годы, в связи с ускорением разработки глубоководных ресурсов и ростом потребностей в защите окружающей среды, исследования, разработки и применение коррозионно-стойкого твердого сплава открывают новые возможности для развития.

1. Технические характеристики

Устойчивость к коррозии

При добавлении коррозионно-стойких элементов, таких как хром (Cr) и молибден (Mo), и нанесении покрытий TiN , CrN или TiAlN , коррозионно-стойкий цементированный карбид демонстрирует отличную коррозионную стойкость в морской воде с высокой соленостью, хлоридных и сульфидных средах со скоростью коррозии всего 0,01-0,02 мм/год, что значительно лучше, чем у обычной нержавеющей стали (более 0,1 мм/год). Его стойкость к коррозии H_2S особенно выдающаяся, и он подходит для глубоководных нефтяных и газовых месторождений, содержащих сероводород.

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1800–2500 HV, что позволяет эффективно противостоять износу и эрозии частиц гравия и скальных образований морского дна, а скорость износа контролируется на уровне ниже 0,03 мм³/Н·м, что продлевает срок службы бурового инструмента.

Механическая прочность

Вязкость разрушения достигает 12–16 МПа·м¹ / ², что обеспечивает структурную целостность в условиях высокого глубоководного давления (20–50 МПа), большой центробежной силы (тысячи g) и вибрации, а предел прочности на разрыв превышает 700 МПа при 800 °C, предотвращая термическую ползучесть и усталостное разрушение.

Антибиообрастание

Обработка поверхности (например, полировка до Ra < 0,2 мкм) в сочетании с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

антибактериальным покрытием (например, покрытием TiAlN или Ag-легированным покрытием) может эффективно препятствовать прикреплению морских организмов (таких как усоногие желуди и водоросли), сокращать частоту технического обслуживания и повышать эффективность бурения.

Эффективность при низких температурах

В условиях низких температур глубоководного моря от -10°C до 4°C он сохраняет хорошую прочность и устойчивость к хрупкому разрушению и подходит для бурения в полярных водах.

2. Материалы и марки

Коррозионностойкий цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с различными потребностями морского бурения. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1900-2100, вязкость разрушения 14-16 МПа·м $^{1/2}$, подходит для бурения скважин на мелководье (0-500 м), устойчив к слабоагрессивным средам, таким как пресная вода и слабоконцентрированная соленая вода (<1% NaCl), скорость коррозии <0,02 мм/год.

YT15A

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1700-1900, высокая термостойкость до 800 °C, подходит для бурения скважин средней глубины (500-2000 м), устойчив к средней и сильной коррозии, например, к соленой морской воде (3,5% NaCl), скорость коррозии <0,015 мм/год.

YW1A

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1800-2000, высокая стойкость к глубоководной коррозии (2000-5000 м), отличная стойкость к хлоридам, сероводороду и биологической адгезии, скорость коррозии <0,01 мм/год, термостойкость до 950°C.

3. Применение

Коррозионностойкие цементированные карбидные инструменты для морского бурения играют ключевую роль в различных областях морского машиностроения. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий окружающей среды и эксплуатационных требований. Ниже приведен подробный анализ:

Глубоководная добыча нефти и газа

Применимо к сверхглубоководным буровым платформам с глубиной воды 2000-5000 м, таким как Мексиканский залив, нефтяные месторождения Северного моря и Южно-Китайское море, где необходимо бурить через морское дно для добычи сырой нефти и природного газа. Столкнувшись с высоким давлением (20-50 МПа), высокой соленостью морской воды и сероводородом (H_2S) в среде, буровые инструменты должны обладать

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

высокой коррозионной стойкостью, износостойкостью и усталостной прочностью, а также выдерживать низкие температуры на большой глубине (0-4 °C).

Типичная продукция: буровые долота PDC (композитные буровые долота из поликристаллического алмаза) и шарошечные долота марки YW1A с сопротивлением давлению 50 МПа, подходящие для бурения в твердых породах и серосодержащих нефтяных и газовых месторождениях. Их основными преимуществами являются: высокая износостойкость для продления срока службы бурового долота, устойчивость к коррозии H_2S для снижения рисков безопасности и внутренняя охлаждающая конструкция для снижения воздействия высокой температуры.

Морская геологоразведка

Используется для бурения донных отложений, отбора кернов горных пород и геотермальных ресурсов, таких как геологические исследования под ледяным щитом Антарктиды и разведка гидротермальных источников на дне Тихого океана.

Он должен выдерживать чередование мягких отложений и твердых скальных образований, противостоять биообрастанию для поддержания эффективности бурения и выдерживать низкие температуры до -10°C.

Типичная продукция: стабилизаторы бурильной колонны и коронки для бурения керном, изготовленные из сплава марки YT15A, выдерживающего температуру до 800°C и устойчивого к образованию биопленки.

Преимущества: Высокая прочность обеспечивает устойчивость бурового инструмента в сложных пластах, а антибактериальное покрытие поверхности снижает частоту технического обслуживания, что делает его пригодным для полярных условий.

Подводное проектирование

Применяется для прокладки подводных трубопроводов, строительства инфраструктуры платформ и установки подводных кабелей, например, при разработке глубоководных нефтяных и газовых месторождений в Южно-Китайском море. Длительное погружение в морскую воду (глубина воды 500-3000 м) требует устойчивости к коррозии в морской воде, усталостной нагрузке и биологическому прикреплению.

Типовая продукция: соединители (фланцы, болты) и детали клапанов из марок YG6A и YW1A с пределом прочности при давлении 40 МПа.

Преимущества: Высокопрочные соединители обеспечивают структурную устойчивость, антикоррозионные покрытия продлевают срок службы, а прочность подходит для длительной подводной эксплуатации.

Специальные приложения

Глубоководная добыча полезных ископаемых

Например, добыча полиметаллических конкреций и сульфидов требует бурения отложений морского дна и столкновения с коррозией из-за высоких концентраций ионов металлов.

Мониторинг окружающей среды

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Установить буровые инструменты для сбора данных о морском дне (таких как температура и давление), уделяя особое внимание долговечности и точности данных.

4. Производственный процесс

Процесс производства коррозионно-стойких цементированных твердосплавных инструментов для морского бурения сочетает в себе передовые технологии материаловедения и прецизионной обработки, чтобы гарантировать его производительность в экстремальных условиях. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошка

(WC) и кобальта (Co) высокой чистоты , добавляются коррозионно-стойкие элементы (например, Cr, Mo) и отвердители (например, TiC , TaC). Смесь перемешивается в шаровой мельнице в течение 24-48 часов для обеспечения равномерного распределения, а размер частиц контролируется на уровне 0,5-2 мкм , с содержанием примесей менее 0,1%.

Аддитивная оптимизация

Небольшое количество редкоземельных элементов (таких как Ce и La) добавляется для измельчения зерен, повышения коррозионной стойкости и прочности; наноразмерные карбидные частицы добавляются для повышения плотности.

Процесс формования

Нажатие

Порошок прессуется в заготовки методом холодного изостатического прессования (ХИП) при давлении 200-300 МПа, с плотностью формования 60-70% от теоретической плотности.

Горячее изостатическое прессование (ГИП)

Термическая обработка при температуре 1300–1500 °C и давлении 100–200 МПа дополнительно устраняет поры, увеличивает плотность более чем до 98% и повышает прочность на сжатие.

Формование сложных конструкций

Для изготовления сверл и компонентов клапанов используются методы литья под давлением или 3D-печати (селективное лазерное плавление SLM) для создания внутренних каналов охлаждения или сложных геометрических форм с точностью ± 0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание

Спекание при температуре 1400–1600°C в течение 1–2 часов в вакуумной печи способствует связыванию частиц WC, удаляет газовые примеси и предотвращает окисление.

Жидкофазное спекание

Co плавится, образуя жидкую фазу, заполняет поры и повышает прочность материала и коррозионную стойкость. Время спекания точно контролируется, чтобы избежать чрезмерного размера зерна.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Постобработка

Плазменная очистка применяется для удаления поверхностного оксидного слоя с целью обеспечения адгезии последующих покрытий, некоторые изделия подвергаются низкотемпературному отжигу для снятия остаточных напряжений.

Обработка поверхности

Физическое осаждение из паровой фазы (PVD)

Нанесите покрытие TiN или CrN толщиной 5–20 мкм для повышения коррозионной стойкости и износостойкости в морской воде, особенно подходит для глубоководной среды, устойчивой к сероводороду.

Химическое осаждение из паровой фазы (CVD)

При использовании покрытия TiAlN или Al_2O_3 термостойкость достигает 1000°C, что подходит для глубоководного высокотемпературного бурения или гидротермальной среды.

Полировка

Механическая или электрохимическая полировка до Ra < 0,2 мкм может уменьшить биоприлипание и шероховатость поверхности, а антимикробные покрытия (например, легированные серебром) можно комбинировать для дальнейшего подавления роста морских организмов.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ

Пятикоординатный станок с ЧПУ используется для обработки режущих кромок сверл, уплотнительных поверхностей клапанов и резьбы соединителей с точностью ±0,02 мм.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО)

Используется для сложных внутренних полостей и микропор (например, охлаждающих каналов) для уменьшения зон термического влияния, с шероховатостью поверхности до Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка

Он облегчает чистовую обработку, улучшает качество поверхности и геометрическую точность и особенно подходит для микроструктуры инструментов для сверхглубокого бурения.

Проверка качества

Испытание на твердость: в соответствии с GB/T 16599, нагрузка 10 кг, точность ±30 HV, гарантирует, что твердость соответствует стандарту и является однородной.

Испытание на коррозию: Погружение в 3,5% раствор NaCl при температуре 80°C на 2000 часов для имитации морской среды с целью оценки потери массы и изменений поверхности.

Испытание под давлением: в соответствии со стандартом API 6A приложите давление, в 1,5 раза превышающее расчетное (максимум 75 МПа), чтобы обнаружить утечку, деформацию и целостность конструкции.

Испытание на усталость: моделирование циклов давления 0–30 МПа, $>10^5$ циклов, оценка роста трещин и усталостной долговечности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

5. Показатели эффективности

Устойчивость к коррозии

При температуре 80°C в 3,5% растворе NaCl скорость коррозии составляет <0,02 мм/год; при содержании 100 ppm H_2S коррозионная стойкость остается выше 90%.

Износостойкость

Скорость износа составляет менее 0,03 мм³/Н·м, что позволяет противостоять эрозии гравия и скальных образований морского дна.

Механическая прочность

Предел прочности при растяжении >700 МПа при 800°C, стойкость к термической ползучести; вязкость разрушения 12-16 МПа·м $^{1/2}$.

Усталостная долговечность

При циклическом изменении давления от 0 до 30 МПа срок службы увеличивается более чем в 10 раз, что позволяет адаптироваться к вибрационным нагрузкам в условиях глубоководья.

Уплотнение

Соответствует стандарту API 6A, уровень утечки <0,01%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава

Увеличить содержание Cr и Mo для повышения стойкости к точечной и хлоридной коррозии; разработать сплавы с высокой энтропией (например, CoCrFeNiMo) для улучшения общих характеристик.

Технология нанесения покрытий

Многослойное покрытие (например, Ni-Cr + TiN) используется для повышения устойчивости к эрозии морской воды и высоким температурам, а толщина может быть изменена в диапазоне от 5 до 20 мкм .

Термическая обработка

Процесс твердого раствора + старения оптимизирует коррозионную стойкость границ зерен и механическую прочность, а также снижает остаточные напряжения.

Обработка поверхности

Полировка до Ra < 0,2 мкм для уменьшения биологического прилипания; нанесение нанопокрытия или антибактериального покрытия (легированного серебром) для повышения долговечности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Инновации в процессе

3D-печать (SLM) позволяет создавать сложные конструкции по индивидуальному заказу, а ИИ оптимизирует параметры спекания и толщину покрытия, снижая потребление энергии и повышая эффективность.

Коррозионностойкие твердосплавные буровые инструменты для морского бурения значительно повысили эффективность, безопасность и срок службы глубоководного бурения благодаря передовым производственным процессам и целевым конструкциям. С углублением разработки морских ресурсов, особенно в сторону сверхглубоких вод (>5000 м) и экологически чистой морской инженерии, оптимизация твердосплавных инструментов (например, нанопокрытие, композитные материалы и интеллектуальное производство) будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30 лет производства твердосплавных инструментов компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в коррозионно-стойких твердосплавных морских буровых инструментах, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Краткое введение в коррозионно-стойкие детали кислотного реактора из цементированного карбида

Компоненты кислотного реактора из коррозионно-стойкого цементированного карбида — это коррозионно-стойкие, высокопроизводительные компоненты, предназначенные для химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности. Они широко используются в реакторных системах, которые работают с сильными кислотами (например, серной кислотой H_2SO_4, соляной кислотой HCl), высокотемпературными средами и высококоррозионными газами. Эти компоненты основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации состава сплава, технологии поверхностного упрочнения и прецизионного производственного процесса значительно улучшаются коррозионная стойкость, износостойкость и механическая прочность сильных кислот. Среда кислотного реактора включает в себя высокую температуру (500-1000 °C), высокое давление (10-30 МПа) и высококоррозионные среды (например, концентрированную кислоту и хлорсодержащие соединения). Традиционные материалы, такие как нержавеющая сталь или титановые сплавы, трудно стабильно эксплуатировать в течение длительного времени, поэтому коррозионно-стойкий цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, варианты применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в кислых средах.

1. Технические характеристики

Устойчивость к коррозии

Благодаря добавлению кислотостойких элементов, таких как хром (Cr), молибден (Mo) и никель (Ni), а также нанесению покрытий TiN , CrN или TiAlN , коррозионно-стойкий цементированный карбид демонстрирует отличную коррозионную стойкость в концентрированной серной кислоте (98% H_2SO_4) , соляной кислоте (37% HCl) и хлоридсодержащих средах со скоростью коррозии всего 0,005–0,01 мм/год, что намного лучше, чем у нержавеющей стали (0,05–0,1 мм/год).

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1800–2400 HV, что позволяет противостоять износу частицами и эрозии, а скорость износа контролируется ниже 0,02 мм³/Н·м, что подходит для высокоскоростных кислотных сред.

Механическая прочность

Вязкость разрушения достигает 10-15 МПа·м¹ / ², что обеспечивает целостность конструкции при высоком давлении и термическом ударе, а предел прочности на растяжение превышает 600 МПа при 800°C.

Высокая температурная стабильность

Он сохраняет стабильные характеристики в кислой среде при высоких температурах 500–1000 °C и обладает высокой стойкостью к термической ползучести и окислению.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Химическая стойкость

Для сильных окисляющих кислот (таких как азотная кислота HNO_3) и восстанавливающих кислот (таких как плавиковая кислота HF) точечную и равномерную коррозию можно уменьшить за счет оптимизации сплава и разработки покрытия.

2. Материалы и марки

Коррозионностойкий цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с различными потребностями кислотных реакторов. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1900-2100, вязкость разрушения 14-16 МПа·м $^{1/2}$, подходит для кислых сред средней и низкой концентрации (<30% H_2SO_4) , скорость коррозии <0,01 мм/год, термостойкость 600 °C.

YT15A

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1700-1900, высокая термостойкость до 800 °C, подходит для кислот средней концентрации (например, 50% HCl), скорость коррозии <0,008 мм/год, высокая стойкость к окислению.

YW1A

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1800-2000, высокая термостойкость до 950°C, подходит для сред с высокой концентрацией кислот и хлоридов, скорость коррозии <0,005 мм/год, отличная стойкость к сильной кислотной эрозии.

3. Подробности заявки

Компоненты кислотного реактора из коррозионно-стойкого цементированного карбида играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и технологических требований. Ниже приведен подробный анализ:

Производство серной кислоты

контактного сернокислотного процесса, среда — 98% H_2SO_4 , температура — 500-700°C.

Требования: Должны противостоять сильной окислительной кислотной коррозии и эрозии высокоскоростных частиц, а также выдерживать давление 20 МПа.

Типовая продукция: футеровочные пластины и сопла из стали марки YW1A, скорость коррозионной стойкости <0,005 мм/год.

Преимущества: Высокая твердость снижает износ, покрытие повышает устойчивость к проникновению кислот.

Хлор-щелочная промышленность

Клапаны и уплотнения для электролизеров и реакторов, работающих с 37% HCl и хлором (Cl_2) при температуре 50-200 °C.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Требования: Должны противостоять хлоридной коррозии и высокотемпературному окислению, выдерживать давление 10-15 МПа.
Типовая продукция: детали клапанов и уплотнительные кольца из стали марки YT15A, скорость коррозии <0,008 мм/год.
Преимущества: Устойчивость к окислению хлором, увеличенный срок службы.

Фармацевтика и тонкая химия

Применяется для перемешивающих лопастей и трубок теплообменников в реакторах синтеза, работающих с плавиковой кислотой (HF) или смешанными кислотами, температура 100-300°C.
Требования: Должны противостоять сильной восстановительной кислотной коррозии и высокоточной обработке, а также выдерживать давление 15 МПа.
Типичная продукция: лопасти мешалок и фитинги труб из стали марки YG6A, скорость коррозионной стойкости <0,01 мм/год.
Преимущества: Высокая прочность, позволяющая адаптироваться к сложным движениям, полировка поверхности для уменьшения остатков.

Специальные приложения

Обработка отработанной кислоты: Для обработки отработанной кислоты высокой концентрации необходимо противостоять смешанной коррозии нескольких кислот.
Каталитическая реакция: носитель катализатора должен быть устойчивым к высоким температурам и химически стабильным.
Проблема: Сверхвысокие температуры (>1000°C) или сверхконцентрированные кислоты (>98%) предъявляют более высокие требования к эксплуатационным характеристикам материалов.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства коррозионно-стойких деталей кислотного реактора из цементированного карбида сочетает в себе передовые технологии материаловедения и прецизионной обработки, чтобы гарантировать его производительность в сильных кислотных средах. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co), добавьте кислотостойкие элементы (например, Cr, Mo, Ni) и отвердители (например, TiC , TaC). Используйте шаровую мельницу для смешивания в течение 24-48 часов, контролируйте размер частиц до 0,5-2 мкм и поддерживайте содержание примесей ниже 0,1%.
Оптимизация присадок: для измельчения зерен добавляются редкоземельные элементы (например, Ce и La), а для повышения плотности и коррозионной стойкости — наноразмерные карбиды.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Процесс формования

Прессование: С помощью технологии холодного изостатического прессования (ХИП) порошок прессуется в заготовки под давлением 200-300 МПа и плотностью формования 60-70% от теоретической плотности.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): термическая обработка при температуре 1300–1500 °C и давлении 100–200 МПа устраняет поры, увеличивает плотность более чем до 98%, а также повышает устойчивость к сжатию и проникновению кислот.

Формование сложных конструкций: для крыльчаток и трубок теплообменников используется технология литья под давлением или 3D-печати (селективное лазерное плавление SLM) для изготовления сложных геометрических форм с точностью ± 0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: Спекание при температуре 1400–1600 °C в вакуумной печи в течение 1–2 часов способствует связыванию частиц WC, удаляет газовые примеси и предотвращает окисление.

Спекание в жидкой фазе: Co расплавляется, образуя жидкую фазу, заполняя поры, повышая прочность материала и кислотостойкость. Время спекания точно контролируется для оптимизации размера зерна.

Последующая обработка: Для удаления поверхностного оксидного слоя применяется плазменная очистка, а некоторые изделия подвергаются низкотемпературному отжигу для снятия остаточных напряжений.

Обработка поверхности

Физическое осаждение из паровой фазы (PVD): нанесите покрытие TiN или CrN толщиной 5–15 мкм для повышения стойкости к кислотной коррозии и износостойкости.

паровой фазы (CVD): используется покрытие TiAlN или Al_2O_3 , термостойкость до 1000°C, подходит для высокотемпературной кислой среды.

Полировка: механическая или электрохимическая полировка до Ra < 0,2 мкм для снижения адгезии к кислой среде и шероховатости поверхности.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность обработки уплотнительных поверхностей клапанов, лопаток рабочего колеса и внутренних стенок труб контролируется в пределах ±0,02 мм с помощью пятикоординатных станков с ЧПУ.

Электроискровая обработка (ЭИО): применяется для обработки сложных внутренних полостей и микроотверстий, уменьшая зоны термического влияния, а шероховатость поверхности может достигать Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка: облегчает финишную обработку, улучшает качество поверхности и геометрическую точность, особенно подходит для высокоточных деталей.

Проверка качества

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание на твердость: в соответствии с GB/T 16599, нагрузка 10 кг, точность ±30 HV, обеспечивает равномерную твердость.
Испытание на коррозию: погружение в 98% раствор H_2SO_4 или 37% раствор HCl при температуре 80°C на 1000 часов для оценки потери массы и изменений поверхности.
Испытание под давлением: в соответствии со стандартом ASME B16.34 приложите давление, в 1,5 раза превышающее расчетное (до 45 МПа), чтобы обнаружить утечку и деформацию.
Испытание на усталость: моделирование циклов давления 0–20 МПа, >10 ^{5} циклов, оценка роста трещин.

5. Показатели эффективности

Коррозионная стойкость: При 80°C в 98% H_2SO_4 скорость коррозии составляет <0,01 мм/год; при содержании 10% HCl коррозионная стойкость остается выше 95%.
Износостойкость: скорость износа <0,02 мм³/Н·м, устойчивость к высокоскоростной эрозии кислотными частицами.
Механическая прочность: предел прочности при растяжении >600 МПа при 800°C, вязкость разрушения 10-15 МПа·м $^{1/2}$.
^{5} раз при цикле давления 0-20 МПа, адаптируется к тепловому удару и механическим нагрузкам.
Уплотнение: соответствует стандарту API 598, уровень утечки <0,01%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: увеличить содержание Cr, Mo и Ni для повышения устойчивости к точечной коррозии, равномерной коррозии и окислительной кислоте; разработать сплавы с высокой энтропией (например, CoCrFeNiMo) для улучшения комплексных характеристик.
Технология покрытия: Многослойное покрытие (например, Ni-Cr + TiN) используется для улучшения стойкости к кислотной коррозии и высокой температуре. Толщина может быть настроена от 5 до 15 мкм .
Термическая обработка: обработка на твердый раствор + процесс старения, оптимизируют стойкость к межзеренной коррозии и механическую прочность, а также снижают остаточные напряжения.
Обработка поверхности: полировка до Ra < 0,2 мкм для снижения адгезии кислых сред; нанесение нанопокрытия или антикоррозионного покрытия для повышения долговечности.
Инновационные процессы: 3D-печать (SLM) позволяет индивидуализировать сложные конструкции, а ИИ оптимизирует параметры спекания и толщину покрытия, снижая потребление энергии и повышая эффективность.

Коррозионностойкие компоненты кислотного реактора из цементированного карбида значительно улучшили стабильность и долговечность в кислых средах благодаря передовым производственным процессам и целевому проектированию приложений. Поскольку химическая промышленность движется в сторону высококонцентрированной кислоты и высокотемпературных процессов, оптимизация цементированного карбида (например, нанопокрытия, композитные материалы и интеллектуальное производство) будет

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

продолжать стимулировать ее технологический прогресс.

За 30 лет производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в коррозионно-стойких деталях кислотных реакторов из твердосплавных изделий, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Химический насос из коррозионно-стойкого карбида

Химический насос из коррозионно-стойкого карбида — это насосное оборудование, предназначенное для перекачивания едких химических сред. Его основные компоненты изготовлены из коррозионно-стойких карбидных материалов (таких как сплавы на основе карбида вольфрама или сплавы, содержащие тантал и титан) для обеспечения долговременной стабильной работы в суровых условиях с сильными кислотами, сильными щелочами, высокими температурами или частицами. Ниже приведено подробное описание, основанное на формате деталей кислотного реактора из коррозионно-стойкого карбида, дополненное и улучшенное.

1. Технические характеристики

Устойчивость к коррозии

Благодаря добавлению кислотостойких элементов, таких как хром (Cr), молибден (Mo) и никель (Ni), а также нанесению покрытий TiN , CrN или TiAlN , коррозионно-стойкие химические насосы из цементированного карбида демонстрируют отличную коррозионную стойкость в концентрированной серной кислоте (98% H_2SO_4) , соляной кислоте (37% HCl) и хлоридсодержащих средах со скоростью коррозии всего 0,005–0,01 мм/год, что намного лучше, чем у нержавеющей стали (0,05–0,1 мм/год).

Благодаря оптимизации сплава и конструкции покрытия можно уменьшить точечную и равномерную коррозию под воздействием сильных окисляющих кислот (таких как азотная кислота HNO_3) и восстанавливающих кислот (таких как плавиковая кислота HF).

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1800–2400 HV, что позволяет противостоять износу частицами и эрозии, а скорость износа контролируется ниже 0,02 мм³/Н·м, что подходит для высокоскоростных кислотных сред.

Механическая прочность

Вязкость разрушения достигает 10-15 МПа·м$^{1/2}$, что обеспечивает целостность конструкции при высоком давлении и термическом ударе, а предел прочности на растяжение превышает 600 МПа при 800°C.

Высокая температурная стабильность

Устойчив к воздействию высоких температур и кислых сред при температуре от 100 до 300 °C (в зависимости от сплава и конструкции), обладает высокой стойкостью к термической ползучести и окислению.

Химическая стойкость

За счет оптимизации состава сплава и покрытия повышается устойчивость к сильным окисляющим и восстановительным кислотам, а также снижается локальная и равномерная коррозия.

2. Материалы и марки

Химические насосы из коррозионно-стойкого карбида были разработаны в различных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

классах в соответствии с различными потребностями химических процессов. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1900-2100, вязкость разрушения 14-16 МПа·м $^{1}/^{2}$, подходит для кислых сред средней и низкой концентрации (<30% H_2SO_4) , скорость коррозии <0,01 мм/год, термостойкость 600 °C.

YT15A

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1700-1900, высокая термостойкость до 800 °C, подходит для кислот средней концентрации (например, 50% HCl), скорость коррозии <0,008 мм/год, высокая стойкость к окислению.

YW1A

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1800-2000, высокая термостойкость до 950°C, подходит для сред с высокой концентрацией кислот и хлоридов, скорость коррозии <0,005 мм/год, отличная стойкость к сильной кислотной эрозии.

Дополнительные материалы

Уплотнения: Изготовлены из карбида кремния (SiC), нитрида кремния (Si_3N_4) или фторопластов (например, ПТФЭ, F46), устойчивых к химической коррозии.

Корпус насоса: нержавеющая сталь (304, 316) или фторопластовая футеровка в сочетании с твердосплавными компонентами.

Рабочее колесо: карбидное или керамическое покрытие для обеспечения износостойкости и коррозионной стойкости.

3. Подробности заявки

Химические насосы из коррозионно-стойкого карбида играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Производство серной кислоты

Сценарий: Насосная система для контактного сернокислотного процесса, перекачка 98% H_2SO_4 , температура 500-700 °C, давление 20 МПа.

Требования: Устойчивость к сильной окислительной кислотной коррозии и эрозии высокоскоростных частиц.

Типичная продукция: корпус насоса и рабочее колесо из стали марки YW1A, скорость коррозии <0,005 мм/год.

Преимущества: Высокая твердость снижает износ, покрытие повышает устойчивость к проникновению кислот.

Хлор-щелочная промышленность

Применение: Насосные системы для электролизеров и реакторов, перекачивающих 37% HCl

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

и хлор (Cl_2) при температурах 50-200°C и давлениях 10-15 МПа.
Требования: Устойчивость к хлоридной коррозии и высокотемпературному окислению.
Типичная продукция: детали клапанов и уплотнения из стали марки YT15A, скорость коррозии <0,008 мм/год.
Преимущества: Устойчивость к окислению хлором, увеличенный срок службы.

Фармацевтика и тонкая химия
Применение: Насосные системы в реакторах синтеза, работающие с плавиковой кислотой (HF) или смешанными кислотами, температура 100-300°C, давление 15 МПа.
Требования: Устойчивость к сильной восстановительной кислотной коррозии и высокоточная обработка.
Типичная продукция: Детали рабочего колеса и корпуса насоса из стали марки YG6A, скорость коррозии <0,01 мм/год.
Преимущества: Высокая прочность, позволяющая адаптироваться к сложным движениям, полировка поверхности для уменьшения остатков.

Специальные приложения
Обработка отработанной кислоты: Для обработки отработанной кислоты высокой концентрации необходимо противостоять смешанной коррозии нескольких кислот.
Каталитическая реакция: носитель катализатора, который должен быть устойчивым к высоким температурам и химически стабильным.
Проблема: Сверхвысокие температуры (>1000°C) или сверхконцентрированные кислоты (>98%) предъявляют более высокие требования к эксплуатационным характеристикам материалов.

4. Подробное объяснение процесса производства
Процесс производства коррозионно-стойких карбидных химических насосов сочетает в себе передовые технологии материаловедения и точной обработки, чтобы гарантировать его производительность в сильных кислотных средах. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:
Подготовка сырья
Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co), добавьте кислотостойкие элементы (например, Cr, Mo, Ni) и отвердители (например, TiC , TaC). Используйте шаровую мельницу для смешивания в течение 24-48 часов, контролируйте размер частиц до 0,5-2 мкм , а содержание примесей должно быть менее 0,1%.
добавок : для измельчения зерен добавляются редкоземельные элементы (например, Ce и La), а для повышения плотности и коррозионной стойкости — наноразмерные карбиды.
Процесс формования
Прессование: При использовании технологии холодного изостатического прессования (ХИП) давление составляет 200-300 МПа, а плотность формования достигает 60-70% от теоретической плотности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Горячее изостатическое прессование (ГИП): Термическая обработка при температуре 1300–1500 °C и давлении 100–200 МПа устраняет поры, увеличивает плотность более чем до 98%, а также повышает устойчивость к сжатию и проникновению кислот.

Литье сложных конструкций: Для рабочих колес и корпусов насосов сложные геометрические формы изготавливаются с точностью ± 0,05 мм с использованием литья под давлением или 3D-печати (селективное лазерное плавление SLM).

Процесс спекания

Вакуумное спекание: Спекание при температуре 1400–1600 °C в течение 1–2 часов в вакуумной печи способствует связыванию частиц WC, удаляет газовые примеси и предотвращает окисление.

Спекание в жидкой фазе: кобальт плавится, образуя жидкую фазу, заполняющую поры, повышая прочность материала и кислотостойкость, а время спекания точно контролируется для оптимизации **размера зерна.**

Последующая обработка: Для удаления поверхностного оксидного слоя применяется плазменная очистка, а некоторые изделия подвергаются низкотемпературному отжигу для снятия остаточных напряжений.

Обработка поверхности

Физическое осаждение из паровой фазы (PVD): нанесите покрытие TiN или CrN толщиной 5–15 мкм для повышения стойкости к кислотной коррозии и износу.

паровой фазы (CVD): используется покрытие TiAlN или Al_2O_3 , термостойкость до 1000°C, подходит для высокотемпературной кислой среды.

Полировка: механическая или электрохимическая полировка до Ra < 0,2 мкм для снижения адгезии к кислой среде и шероховатости поверхности.

Прецизионная обработка

Обработка на станке с ЧПУ: седло клапана, лопатки и внутренняя стенка корпуса насоса обрабатываются на пятикоординатном станке с ЧПУ с точностью ±0,02 мм.

Электроискровая обработка (ЭИО): применяется для сложных полостей и микроотверстий, уменьшает зону термического влияния, а шероховатость поверхности может достигать Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка: облегчает финишную обработку, улучшает качество поверхности и геометрическую точность, особенно подходит для высокоточных компонентов.

Проверка качества

Испытание на твердость: в соответствии с GB/T 16599, нагрузка 10 кг, точность ±30 HV, обеспечивает равномерную твердость.

Испытание на коррозию: погружение в 98% раствор H_2SO_4 или 37% раствор HCl при температуре 80°C на 1000 часов для оценки потери массы и изменений поверхности.

Испытание под давлением: в соответствии со стандартом ASME B16.34 приложите давление, в 1,5 раза превышающее расчетное (до 45 МПа), чтобы обнаружить утечку и деформацию.

Испытание на усталость: имитирует циклы давления 0–20 МПа в течение $>10^5$ циклов для оценки роста трещин.

5. Показатели эффективности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Коррозионная стойкость: При 80°C в 98% H_2SO_4 скорость коррозии составляет <0,01 мм/год; при содержании 10% HCl коррозионная стойкость остается выше 95%.
Износостойкость: Скорость износа <0,02 мм³/Н·м, устойчивость к высокоскоростной эрозии кислотными частицами.
Механическая прочность: прочность на разрыв >600 МПа при 800°C, вязкость разрушения 10-15 МПа·м $^{1/2}$.
^{5} раз при циклах давления 0-20 МПа, адаптируется к тепловому удару и механическим нагрузкам.
Уплотнение: соответствует стандарту API 598, уровень утечки <0,01%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: увеличить содержание Cr, Mo и Ni для повышения устойчивости к точечной коррозии, равномерной коррозии и окислительной кислоте; разработать сплавы с высокой энтропией (например, CoCrFeNiMo) для улучшения комплексных характеристик.
покрытия : Многослойное покрытие (например, Ni-Cr + TiN) используется для улучшения способности противостоять кислотной коррозии и высоким температурам. Толщина может быть настроена от 5 до 15 мкм .
Термическая обработка: обработка на твердый раствор + процесс старения для оптимизации коррозионной стойкости границ зерен и механической прочности, а также снижения остаточного напряжения.
Обработка поверхности: полировка до Ra < 0,2 мкм для снижения адгезии кислых сред; нанесение нанопокрытия или антикоррозионного покрытия для повышения долговечности.
Инновационные процессы: 3D-печать (SLM) позволяет индивидуализировать сложные конструкции, а ИИ оптимизирует параметры спекания и толщину покрытия, снижая потребление энергии и повышая эффективность.

Химические насосы из коррозионно-стойкого карбида незаменимы в химической, природоохранной и горнодобывающей промышленности благодаря своей превосходной коррозионной стойкости, износостойкости и высокой температурной стабильности. Такие марки, как YW1A, особенно подходят для чрезвычайно агрессивных сред из-за наличия TaC , в то время как YG6A больше подходит для умеренных условий. Благодаря передовым производственным процессам и целевому проектированию эти насосы значительно улучшили стабильность и долговечность в кислых средах. Поскольку химическая промышленность движется к высококонцентрированным кислотам и высокотемпературным процессам, постоянная оптимизация (например, нанопокрытия, композитные материалы и интеллектуальное производство) будет способствовать ее технологическому прогрессу.

За 30 лет производства карбида вольфрама компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных изделий из карбида вольфрама, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронике, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

коррозионно-стойких карбидных химических насосах, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Коррозионностойкие карбидные морские клапаны

Коррозионностойкие цементированные карбидные морские клапаны — это коррозионностойкие, высокопроизводительные клапаны, разработанные специально для морской техники и разработки глубоководных ресурсов. Они широко используются в морской добыче нефти и газа, морских трубопроводных системах и подводном машиностроении. Эти клапаны основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co). За счет оптимизации состава сплава, технологии поверхностного упрочнения и точных производственных процессов они значительно повышают свою устойчивость к коррозии в морской воде, высокому давлению, износостойкости и биологической адгезии. Морская среда включает в себя глубины воды от сотен до тысяч метров (давление до 50 МПа), морскую воду с высокой соленостью (содержащую 3,5% NaCl), сероводород (H_2S) и проблемы биологической адгезии. Традиционные материалы, такие как нержавеющая сталь или титановые сплавы, трудно удовлетворяют требованиям долгосрочного использования, поэтому коррозионностойкий цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, варианты применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в морской среде.

1. Технические характеристики

Устойчивость к коррозии

Благодаря добавлению коррозионно-стойких элементов, таких как хром (Cr), молибден (Mo) и никель (Ni), а также нанесению покрытий TiN , CrN или TiAlN , коррозионно-стойкий цементированный карбид демонстрирует превосходную коррозионную стойкость в условиях соленой морской воды, хлоридных и сульфидных сред со скоростью коррозии всего 0,01–0,02 мм/год и лучшую стойкость к коррозии H_2S, чем у традиционных материалов.

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1800–2500 HV, что позволяет противостоять размыву морского дна гравием и износу частицами, а скорость износа контролируется на уровне ниже 0,03 $мм^3/Н·м$.

Механическая прочность

Вязкость разрушения достигает 12–16 $МПа·м^{1/2}$, что обеспечивает целостность конструкции в условиях высокого давления (20–50 МПа) и вибрации, а предел прочности на растяжение превышает 700 МПа при температуре 800 °C.

Антибиообрастание

Обработка поверхности (например, полировка до Ra < 0,2 мкм) в сочетании с антимикробным покрытием (например, легированным серебром TiN) эффективно препятствует прикреплению морских организмов (например, морских желудей, водорослей)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

и снижает требования к техническому обслуживанию.

Стабильность при низких температурах

Он сохраняет прочность и устойчивость к хрупкому разрушению в условиях низких температур на больших глубинах от -10°C до 4°C и подходит для использования в полярных водах.

2. Материалы и марки

Коррозионностойкий цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с требованиями применения морских клапанов. Ниже приводится подробное введение в различные возможные подходящие марки и их характеристики, охватывающие эксплуатационные требования различных морских сред:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1900-2100, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность 14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1300 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: В основном используется в мелководных средах (0-500 м) или в средах с низкой коррозионной активностью, таких как клапаны в пресной воде и соленой воде с низкой концентрацией (<1% NaCl), такие как основные регулирующие клапаны для подводных платформ. Подходит для рабочих условий низкого давления (<20 МПа) и средних и низких температур (от -10°C до 400°C).

Преимущества: высокая прочность и ударопрочность, устойчивость к слабой коррозионной среде, относительно низкая стоимость, подходит для первоначального морского проектирования или некритических компонентов клапанов.

Ограничения: коррозионная стойкость несколько снижается в условиях высокой солености или содержания H_2S в глубоководных средах, поэтому необходимо использовать покрытие .

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1850-2050, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1250 HV, скорость износа <0,035 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для клапанов, используемых в средних и мелких водах (0–1000 м), например, в качестве регулирующих клапанов в морских трубопроводных системах, работающих с морской водой средней солености (1–3% NaCl), с сопротивлением давлению 20–30 МПа и термостойкостью 500 °C.

Преимущества: более высокая прочность, чем у YG6A, лучшая ударопрочность и усталостная прочность, подходит для клапанов с большими динамическими нагрузками, таких как поворотные затворы или задвижки.

Ограничения: Немного меньшая устойчивость к сильной коррозии, требуется покрытие PVD (например, TiN) для повышения приспособляемости к глубоководным условиям.

YT15A

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1700-1900, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1200 HV, скорость износа <0,035 мм ³/Н · м, высокая стойкость к окислению.

Применимые сценарии: Подходит для клапанов, работающих в средних и глубоких водах (500–2000 м), таких как обратные клапаны и шаровые краны для подводных нефтепроводов, работающих с морской водой с высокой соленостью (3,5% NaCl), с сопротивлением давлению 30–40 МПа и термостойкостью 800 °C.

Преимущества: Отличная стойкость к высоким температурам и окислению, подходит для обработки насыщенной кислородом или высокотемпературной морской воды, хорошая стойкость к адгезии и износу.

Для повышения коррозионной стойкости в сверхглубоких водах или средах, содержащих H_2S, требуются дополнительные покрытия (например, TiAlN).

YT30

Состав: WC 70%, TiC 20%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1600-1800, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность 11,2 г/см ³, теплопроводность около 55 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для клапанов, используемых в средних и больших глубинах (1000–2500 м), например, регулирующих клапанов в системах подводной добычи, устойчив к умеренной коррозии и высоким температурам (600–900 °C), а также выдерживает давление 35 МПа.

Преимущества: более высокая прочность и термостойкость, подходит для работы в условиях кратковременных высоких температур, высокая износостойкость.

Ограничения: Низкая твердость, требуется покрытие для повышения устойчивости к глубоководной коррозии.

YW1A

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1800-2000, вязкость разрушения 13-15 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1250 HV, скорость износа <0,032 мм ³/Н · м, коррозионная стойкость <0,01 мм/год.

Применимые сценарии: Клапаны, подходящие для глубоководных высококоррозионных сред (2000–5000 м), такие как шаровые краны и задвижки для сверхглубоководных буровых платформ, с сопротивлением давлению 50 МПа, термостойкостью 950 °C и устойчивостью к хлоридам и H_2 S.

Преимущества: Отличные комплексные характеристики, высокая устойчивость к коррозии и биологической адгезии, подходит для экстремальных морских условий.

Ограничения: Высокая стоимость производства, требуется точная механическая обработка для обеспечения герметичности.

YW2

Состав: WC 75%, TiC 12%, TaC 3%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1750-1950, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

12,6 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1200 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м, коррозионная стойкость <0,012 мм/год.
Применимые сценарии: Подходит для глубоководной арматуры (1500–4000 м), например, для аварийных запорных клапанов подводных трубопроводов, с сопротивлением давлению 40–45 МПа и термостойкостью 900 °C.
Преимущества: Сбалансированная твердость и прочность, устойчивость к высокотемпературному окислению и коррозии, подходит для сложного регулирования жидкостей.
Ограничение: Для условий сверхвысокого давления (>50 МПа) требуется дополнительное армирование.
YG20C
Состав: WC 80%, Co 20%
Характеристики: Твердость HV 1650-1850, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹ / ² , плотность 13,5 г/см ³ , теплопроводность около 70 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (800°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм ³ /Н · м, коррозионная стойкость <0,015 мм/год.
Применимые сценарии: Подходит для клапанов большой мощности, работающих на мелководье и средней глубине (0–2000 м), например, опорных клапанов для подводных платформ, с сопротивлением давлению 30 МПа и термостойкостью 700 °C.
Преимущества: Сверхвысокая прочность, высокая ударопрочность и усталостная прочность, подходит для условий динамических нагрузок.
Ограничения: Умеренная коррозионная стойкость, требуется покрытие для использования в глубоководных условиях.

3. Применение

Коррозионностойкие карбидные морские клапаны играют ключевую роль в различных областях морского машиностроения. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий окружающей среды и эксплуатационных требований. Ниже приведен подробный анализ:

Добыча нефти и газа на шельфе

Применение: Применяется на сверхглубоководных буровых платформах и подводных добычных системах на глубине воды 2000–5000 м, например, на нефтяных месторождениях в Мексиканском заливе и Северном море, для контроля сред с высоким содержанием H_2S и высокой соленостью.
Требования: стойкость к высокому давлению (20–50 МПа), агрессивной морской воде и сероводороду, а также к температуре 200–600 °C.
Типовая продукция: шаровые краны и задвижки из стали марки YW1A с сопротивлением давлению 50 МПа и скоростью коррозионной стойкости <0,01 мм/год.
Преимущества: Высокая герметичность снижает утечки, а устойчивость к коррозии H_2S повышает безопасность.

Система морских трубопроводов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сценарий: Регулирующие клапаны и обратные клапаны для подводных нефте- и газопроводов, таких как глубоководный трубопровод в Южно-Китайском море.
Требования: Длительное погружение в морскую воду (глубина воды 500-3000 м), коррозионная стойкость и сопротивление усталостным нагрузкам, сопротивление давлению 30-40 МПа.
Типовая продукция: поворотные затворы и обратные клапаны из стали марки YT15A, скорость коррозионной стойкости <0,015 мм/год.
Преимущества: Высокая прочность, устойчивость к биообрастанию и сокращение затрат на техническое обслуживание.

Подводное проектирование
Сценарий: Регулирующие клапаны, используемые в фундаментах подводных платформ и системах защиты кабелей, например, при строительстве ветряных электростанций в Северном море.
Требования: Должны быть устойчивы к коррозии в морской воде, низким температурам и биологическому воздействию, а также выдерживать давление 20-30 МПа.
Типовая продукция: регулирующие клапаны и соединительные вентили из стали марки YG6A, скорость коррозионной стойкости <0,02 мм/год.
Преимущества: Высокая прочность, позволяющая адаптироваться к сложным условиям, обработка поверхности для продления срока службы.

Специальные приложения
Глубоководная добыча: контроль систем извлечения полиметаллических конкреций требует устойчивости к коррозии, вызванной высокими концентрациями ионов металлов.
Мониторинг окружающей среды: регулирующие клапаны для подводного оборудования для сбора данных, отличающиеся долговечностью и точностью.
Задача: Сверхглубокие воды (>5000 м), высокое давление (>50 МПа) и экстремально низкие температуры (<-10°C) предъявляют повышенные требования к производительности клапана.

4. Подробное объяснение процесса производства
Процесс производства коррозионно-стойких карбидных морских клапанов сочетает в себе передовые технологии материаловедения и прецизионной обработки, чтобы гарантировать их производительность в морских условиях. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья
Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки карбида вольфрама (WC) и кобальта (Co), добавьте коррозионно-стойкие элементы (например, Cr, Mo, Ni) и отвердители (например, TiC , TaC). Используйте шаровую мельницу для смешивания в течение 24-48 часов, контролируйте размер частиц до 0,5-2 мкм и поддерживайте содержание примесей ниже 0,1%.
Оптимизация присадок: для измельчения зерен добавляются редкоземельные элементы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

(например, Ce и La), а для повышения плотности и коррозионной стойкости — наноразмерные карбиды.

Процесс формования

Прессование: С помощью технологии холодного изостатического прессования (ХИП) порошок прессуется в заготовки под давлением 200-300 МПа и плотностью формования 60-70% от теоретической плотности.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): Термическая обработка при температуре 1300–1500 °C и давлении 100–200 МПа устраняет поры, увеличивает плотность более чем до 98% и повышает сопротивление сжатию.

Литье сложных конструкций: Для шаровых кранов и поворотных затворов используется технология литья под давлением или 3D-печати (селективное лазерное плавление SLM), позволяющая изготавливать сложные уплотнительные конструкции с точностью ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: Спекание при температуре 1400–1600 °C в вакуумной печи в течение 1–2 часов способствует связыванию частиц WC, удаляет газовые примеси и предотвращает окисление.

Спекание в жидкой фазе: Co расплавляется, образуя жидкую фазу, заполняя поры, повышая прочность материала и коррозионную стойкость. Время спекания точно контролируется для оптимизации размера зерна.

Последующая обработка: Для удаления поверхностного оксидного слоя применяется плазменная очистка, а некоторые изделия подвергаются низкотемпературному отжигу для снятия остаточных напряжений.

Обработка поверхности

Физическое осаждение из паровой фазы (PVD): нанесите покрытие TiN или CrN толщиной 5–20 мкм для повышения стойкости к коррозии в морской воде и износу.

фазы (CVD): использование покрытия TiAlN или Al_2O_3 , термостойкость до 1000°C, подходит для использования в условиях высоких температур на больших глубинах.

Полировка: механическая или электрохимическая полировка до Ra < 0,2 мкм для уменьшения биологического прилипания и шероховатости поверхности в сочетании с антибактериальным покрытием для подавления роста морских организмов.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность обработки уплотнительных поверхностей клапанов и каналов потока контролируется в пределах ±0,02 мм с помощью пятикоординатных станков с ЧПУ.

Электроискровая обработка (ЭИО): применяется для обработки сложных внутренних полостей и микроотверстий, уменьшая зоны термического влияния, а шероховатость поверхности может достигать Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка: облегчает отделку, улучшает качество поверхности и геометрическую

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

точность, особенно подходит для высокоточных клапанов.

Проверка качества

Испытание на твердость: в соответствии с GB/T 16599, нагрузка 10 кг, точность ±30 HV, обеспечивает равномерную твердость.

Испытание на коррозию: Погружение в 3,5% раствор NaCl при температуре 80°C на 2000 часов для имитации морской среды с целью оценки потери массы и изменений поверхности.

Испытание под давлением: в соответствии со стандартом API 6A приложите давление, в 1,5 раза превышающее расчетное (максимум 75 МПа), чтобы обнаружить утечку и деформацию.

Испытание на усталость: смоделируйте циклы давления 0–30 МПа, >10^5 циклов, и оцените рост трещин.

5. Показатели эффективности

Коррозионная стойкость: В 3,5% растворе NaCl при 80°C скорость коррозии составляет <0,02 мм/год; при содержании 100 ppm H_2S коррозионная стойкость остается выше 90%.

Износостойкость: скорость износа <0,03 $мм^3/Н·м$, устойчивость к эрозии под воздействием морского гравия.

Механическая прочность: предел прочности при растяжении >700 МПа при 800°C, вязкость разрушения 12-16 $МПа·м^{1/2}$.

^{5} раз при цикле давления 0-30 МПа, адаптируется к вибрационным нагрузкам в условиях глубоководья.

Уплотнение: соответствует стандарту API 6A, уровень утечки <0,01%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: увеличить содержание Cr, Mo и Ni для повышения устойчивости к точечной коррозии, хлоридной и сероводородной коррозии; разработать сплавы с высокой энтропией (например, CoCrFeNiMo) для улучшения общих характеристик.

Технология покрытия: Многослойное покрытие (например, Ni-Cr + TiN) используется для улучшения способности противостоять эрозии морской воды и высокой температуре. Толщина может быть настроена от 5 до 20 мкм .

Термическая обработка: обработка на твердый раствор + процесс старения, оптимизируют стойкость к межзеренной коррозии и механическую прочность, а также снижают остаточные напряжения.

Обработка поверхности: полировка до Ra < 0,2 мкм для уменьшения биологического прилипания; нанесение нанопокрытия или антибактериального покрытия для повышения долговечности.

Инновационные процессы: 3D-печать (SLM) позволяет изготавливать сложные уплотнительные конструкции по индивидуальному заказу, а искусственный интеллект оптимизирует параметры спекания и толщину покрытия для снижения энергопотребления и повышения эффективности.

Коррозионностойкие морские клапаны из цементированного карбида значительно повысили

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

надежность и безопасность глубоководной инженерии благодаря передовым производственным процессам и целевым конструкциям приложений. Поскольку разработка морских ресурсов движется в сторону сверхглубоких вод (>5000 м) и экстремальных условий, оптимизация цементированного карбида (например, нанопокрытие, композитные материалы и интеллектуальное производство) будет продолжать стимулировать его технологический прогресс.

За 30 лет производства изделий из карбида вольфрама компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных изделий из карбида вольфрама, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронике, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в коррозионно-стойких судовых клапанах из карбида вольфрама, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Труба из карбидной кислоты, устойчивая к коррозии

Обзор

, высокопроизводительные трубы, предназначенные для химической, нефтехимической и смежных отраслей промышленности. Они широко используются при транспортировке сильных кислот (например, серной кислоты H_2SO_4 , соляной кислоты HCl), высокотемпературных коррозионных сред и газожидкостных смесей высокого давления. Эти трубы изготавливаются на основе цементированного карбида (в основном из карбида вольфрама WC и кобальта Co). За счет оптимизации состава сплава, технологии поверхностного упрочнения и точных производственных процессов они значительно повышают устойчивость к сильной кислотной коррозии, устойчивость к высоким температурам, износостойкость и механическую прочность. Среда кислотного трубопровода включает в себя высокую температуру (500-1000 °C), высокое давление (10-40 МПа) и высококоррозионные среды (например, концентрированную кислоту, хлорсодержащие соединения). Традиционные материалы, такие как нержавеющая сталь или титановые сплавы, склонны к коррозионному разрушению при длительном использовании, поэтому коррозионно-стойкий цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, варианты применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в кислых средах.

1. Технические характеристики

Устойчивость к коррозии

Благодаря добавлению кислотостойких элементов, таких как хром (Cr), молибден (Mo) и никель (Ni), а также нанесению покрытий TiN , CrN или TiAlN , коррозионно-стойкий цементированный карбид демонстрирует отличную коррозионную стойкость в концентрированной серной кислоте (98% H_2SO_4) , соляной кислоте (37% HCl) и хлоридсодержащих средах со скоростью коррозии всего 0,005–0,01 мм/год, что намного лучше, чем у нержавеющей стали (0,05–0,1 мм/год).

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1800–2400 HV, что позволяет противостоять износу частицами и эрозии под действием высокоскоростной жидкости, а скорость износа контролируется на уровне ниже 0,02 мм³/Н·м.

Механическая прочность

Вязкость разрушения достигает 10-15 МПа·м$^{1/2}$, что обеспечивает целостность конструкции в условиях высокого давления и термоциклирования, а предел прочности на разрыв превышает 600 МПа при 800°C.

Высокая температурная стабильность

Он сохраняет стабильные характеристики в кислой среде при высоких температурах 500–1000 °C и обладает высокой стойкостью к термической ползучести и окислению.

Химическая стойкость

Для сильных окисляющих кислот (таких как азотная кислота HNO_3) и восстанавливающих

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

кислот (таких как плавиковая кислота HF) точечную коррозию, равномерную коррозию и коррозионное растрескивание под напряжением можно уменьшить за счет оптимизации сплава и разработки покрытия.

2. Материалы и марки

Коррозионностойкий цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с различными потребностями кислотных трубопроводов. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1900-2100, вязкость разрушения 14-16 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,9 г/см ^{3}, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1300 HV, скорость износа <0,03 мм ^{3} /Н · м, скорость коррозии <0,01 мм/год.

Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих кислоты средней и низкой концентрации (например, <30% H_2SO_4) или среды с низкой температурой (<600 °C), с сопротивлением давлению 10-20 МПа, а также подходит для первичной химической обработки.

Преимущества: высокая прочность и ударопрочность, низкая стоимость, подходит для неэкстремально кислых сред.

Ограничения: Ограниченная коррозионная стойкость при высоких концентрациях кислот или высоких температурах, требуется покрытие.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1850-2050, вязкость разрушения 16-18 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,7 г/см ^{3}, теплопроводность около 75 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (800°C) около 1250 HV, скорость износа <0,035 мм ^{3} /Н · м, скорость коррозии <0,012 мм/год.

Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих кислоты средней концентрации (например, 30–50 % HCl) или среды средней температуры (<700 °C), с сопротивлением давлению 15–25 МПа, подходит для средней части нефтехимической промышленности.

Преимущества: Прочность выше, чем у YG6A, сопротивление усталости выше, подходит для трубопроводов с динамической нагрузкой.

Ограничение: Для защиты от сильной кислотной коррозии требуется дополнительная защита покрытия.

YT15A

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1700-1900, вязкость разрушения 12-14 МПа·м $^{1/2}$, плотность 11,5 г/см ^{3}, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1200 HV, скорость износа <0,035 мм ^{3} /Н · м, скорость коррозии <0,008 мм/год.

Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих высококонцентрированные кислоты (например, 50% H_2SO_4) или высокотемпературные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

среды (<800°C), с сопротивлением давлению 20-30 МПа, подходит для хлорщелочной промышленности и высокотемпературных реакций.

Преимущества: Высокая стойкость к высоким температурам и окислению, хорошая стойкость к адгезии и износу.

Армирование покрытия необходимо в средах с чрезвычайно концентрированными кислотами или H_2S.

YT30

Состав: WC 70%, TiC 20%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1600-1800, вязкость разрушения 14-16 МПа·м$^{1/2}$, плотность 11,2 г/см^3, теплопроводность около 55 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм^3/Н · м, скорость коррозии <0,01 мм/год.

Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих высокотемпературные смешанные кислоты (например, HNO_3 + H_2SO_4) или прерывистые высокотемпературные среды (600-900 °C), с сопротивлением давлению 25-35 МПа.

Преимущества: Сбалансированная термостойкость и прочность, стойкость к высокотемпературному окислению.

Ограничения: Низкая твердость, требуется покрытие для повышения износостойкости.

YW1A

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1800-2000, вязкость разрушения 13-15 МПа·м$^{1/2}$, плотность 12,8 г/см^3, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1250 HV, скорость износа <0,032 мм^3/Н · м, скорость коррозии <0,005 мм/год.

Применимые сценарии: подходят для трубопроводов, транспортирующих сверхконцентрированные кислоты (например, 98% H_2SO_4) или высококоррозионные среды, содержащие хлориды (<950° C) , с сопротивлением давлению 30-40 МПа, а также подходят для основных участков кислотной химической промышленности.

Преимущества: Отличная устойчивость к сильным кислотам и высоким температурам, высокая устойчивость к биологической адгезии.

Ограничения: Высокая стоимость производства и необходимость точной обработки.

YW2

Состав: WC 75%, TiC 12%, TaC 3%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1750-1950, вязкость разрушения 14-16 МПа·м$^{1/2}$, плотность 12,6 г/см^3, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1200 HV, скорость износа <0,03 мм^3/Н · м, скорость коррозии <0,007 мм/год.

Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих высокотемпературные сильные кислоты (например, 70% HF) или сложные кислотные среды (<900°C), с сопротивлением давлению 25–35 МПа.

Преимущества: Устойчив к высокотемпературному окислению и коррозии, подходит для многокислотных смешанных сред.

Ограничения: Для сверхвысокого давления (>40 МПа) требуется усиление конструкции.

YG20C

Состав: WC 80%, Co 20%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Характеристики: Твердость HV 1650-1850, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 13,5 г/см ³, теплопроводность около 70 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (800°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм ³/Н · м, скорость коррозии <0,015 мм/год.
Применимые сценарии: Подходит для трубопроводов, транспортирующих кислоты средней и низкой концентрации или среды с высокой нагрузкой (<700 °C), с сопротивлением давлению 20-30 МПа, подходит для вспомогательных химических трубопроводов.
Преимущества: Сверхвысокая прочность, высокая ударопрочность и усталостная прочность.
Ограничения: Умеренная коррозионная стойкость, требуется покрытие для повышения адаптации к глубоким кислотам.

3. Подробности заявки

Коррозионностойкие цементированные карбидные кислотные трубы играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и технологических требований. Ниже приведен подробный анализ:

Производство серной кислоты

Сценарий: Применяется к трубопроводам, транспортирующим 98% H_2SO_4 , с температурой 500-700°C и давлением 15-25 МПа.
Требования: Необходимо противостоять сильной окислительной кислотной коррозии и высокой скорости потока.
Типичная продукция: футерованные трубы из стали марки YW1A, скорость коррозионной стойкости <0,005 мм/год.
Преимущества: Высокая коррозионная стойкость снижает утечки.

Хлор-щелочная промышленность

Сценарий: Используется для транспортировки 37% HCl и газообразного хлора, температура 50-200°C, давление 10-15 МПа.
Требования: Устойчивость к хлоридной коррозии и высокотемпературному окислению.
Типовая продукция: кислотостойкие трубные секции из стали марки YT15A, скорость коррозионной стойкости <0,008 мм/год.
Преимущества: высокая термостойкость, антиокислительные свойства.

Фармацевтика и тонкая химия

Сценарий: Транспортировка плавиковой или смешанной кислоты, температура 100-300°C, давление 10-20 МПа.
Требования: Устойчивость к сильной восстановительной кислотной коррозии.
Типовая продукция: специальные трубы из стали марки YG6A, скорость коррозионной стойкости <0,01 мм/год.
Преимущества: высокая точность, меньше остатков.

Специальные приложения

Обработка отработанной кислоты: транспортировка высококонцентрированной

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

отработанной кислоты и предотвращение поликислотной коррозии.

Реакция высокого давления: выдерживает высокие температуры и давление кислотных жидкостей, выдерживая давление >40 МПа.

Проблема: Сверхвысокие температуры (>1000°C) или сверхконцентрированные кислоты предъявляют повышенные требования к материалам.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства коррозионно-стойких цементированных карбидных кислотных труб сочетает в себе передовые технологии материаловедения и прецизионной обработки, чтобы гарантировать их производительность в кислотных средах. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: использовать высокочистые порошки WC и Co, добавить кислотостойкие элементы (например, Cr, Mo, Ni) и отвердители (например, TiC , TaC), измельчать в шаровой мельнице в течение 24–48 часов, размер частиц должен составлять 0,5–2 мкм .

Оптимизация присадок: для измельчения зерен добавляются редкоземельные элементы, а для повышения плотности — нанокарбиды.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность более 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.

Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.

Постобработка: плазменная очистка, частичный отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 5-15 мкм , устойчиво к кислотной коррозии.

CCЗ: Покрытие TiAlN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 1000° C.

Полировка: Ra < 0,2 мкм , для снижения адгезии среды.

Прецизионная обработка

Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,02 мм, обработка внутренней стенки.

Электроэрозионная обработка: сложная внутренняя полость, Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка: улучшение качества поверхности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.

Испытание на коррозию: 80°C, 98% H_2SO_4, 1000 часов.

Испытание под давлением: ASME B16.34, 1,5-кратное давление.

Испытание на усталость: 0-20 МПа, $>10^5$ раз.

5. Показатели эффективности

Коррозионная стойкость: 80°C, 98% H_2SO_4, < 0,01 мм/год.

Износостойкость: <0,02 мм³/Н·м.

Механическая прочность: 800°C, >600 МПа, 10-15 МПа·м$^{1/2}$.

Усталостная долговечность: $>10^5$ раз.

Уплотнение: API 598, <0,01%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: добавьте Cr, Mo и Ni для получения сплавов с высокой энтропией.

Технология покрытия: Многослойное Ni-Cr + TiN , 5-15 мкм .

Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.

Обработка поверхности: Ra < 0,2 мкм , нанопокрытие.

Инновации в процессах: 3D-печать, параметры оптимизации ИИ.

Коррозионностойкие карбидные кислотные трубы значительно улучшили стабильность и долговечность в кислых средах благодаря передовым процессам и дизайну приложений. Поскольку химическая промышленность движется в сторону высококонцентрированной кислоты и высокотемпературных процессов, оптимизация карбида будет продолжать стимулировать технологический прогресс.

За 30 лет производства карбида вольфрама компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных изделий из карбида вольфрама, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронике, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в коррозионно-стойких карбидных трубах для кислот, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Крупнозернистые твердосплавные горнодобывающие сверла

Обзор

Крупнозернистые карбидные горные буровые коронки — это износостойкие, высокопроизводительные буровые коронки, разработанные специально для горнодобывающей промышленности. Они широко используются в карьерах, подземных рудниках и при добыче твердых пород. Эти буровые коронки основаны на крупнозернистом карбидном сплаве (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co с крупным размером зерна 5-10 мкм). Благодаря оптимизации формулы сплава и процесса упрочнения износостойкость, ударопрочность и сопротивление разрушению значительно улучшаются. Горнодобывающая среда включает в себя высокотвердые горные породы (такие как гранит, кварцит), высокие ударные нагрузки (тысячи Ньютонов) и высокие температуры (200-600 °C). Традиционные материалы, такие как буровые коронки на основе стали, с трудом выдерживают длительный износ и разрушение, поэтому крупнозернистый карбидный сплав становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в горнодобывающей промышленности.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1200-1600 HV, размер зерна 5-10 мкм , износостойкость повышена, скорость износа контролируется ниже 0,05 мм³/Н·м, и подходит для бурения пород высокой твердости.

Ударопрочность

Вязкость разрушения составляет 15–25 МПа·м$^{1/2}$, что лучше, чем у мелкозернистых сплавов, и позволяет выдерживать высокие ударные нагрузки (>5000 Н) без разрушения кромок.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 500 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и подходит для частых циклов сверления-извлечения.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур в горнодобывающей промышленности (200–600 °C), устойчив к термическому растрескиванию и окислению.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в водных или кислых шлаковых средах составляет менее 0,02 мм/год.

2. Материалы и марки

Крупнозернистый цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с различными потребностями горнодобывающих буровых коронок. Ниже приведены

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

основные типы и их характеристики:

YG11C

Состав: WC 89%, Co 11%

Характеристики: Твердость HV 1350-1450, вязкость разрушения 20-22 МПа·м ¹/ ², плотность 14,4 г/см ³, теплопроводность около 70 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 900 HV, скорость износа <0,06 мм ³/Н · м, размер зерна 6-8 мкм .

Применимые сценарии: подходит для бурения в породах средней твердости (таких как известняк и гранит), ударная нагрузка 3000–5000 Н, термостойкость 400 °C, подходит для открытых горных работ.

Преимущества: высокая прочность и ударопрочность, умеренная износостойкость, высокая экономичность.

Ограничения: Немного более низкая износостойкость в сверхтвердых горных породах или при высоких температурах.

YG15C

Состав: WC 85%, Co 15%

Характеристики: Твердость HV 1300-1400, вязкость разрушения 22-25 МПа·м ¹/ ², плотность 14,0 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 850 HV, скорость износа <0,05 мм ³/Н · м, размер зерна 7-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для бурения в горных породах высокой твердости (например, кварцит и базальт), ударная нагрузка 5000-8000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для глубокого бурения в подземных шахтах.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к сильным ударам и трещинам, высокая долговечность.

Ограничения: Низкая твердость, необходимо оптимизировать конструкцию режущей кромки.

YC40

Состав: WC 75%, Co 15%, TaC 5%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1250-1350, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 13,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 800 HV, скорость износа <0,07 мм ³/Н · м, размер зерна 8-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для бурения в сверхтвердых горных породах (таких как диабаз, железная руда), ударная нагрузка 8000-10000 Н, термостойкость 600°C, подходит для высокоинтенсивной добычи полезных ископаемых.

Преимущества: Высокая термо- и коррозионная стойкость, подходит для сложных горнодобывающих районов.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требует регулярного обслуживания.

YG20C

Состав: WC 80%, Co 20%

Характеристики: Твердость HV 1250-1350, вязкость разрушения 23-25 МПа·м ¹/ ², плотность 13,8 г/см ³, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 850 HV, скорость износа <0,06 мм ³/Н · м, размер зерна 5-7 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для бурения с большими нагрузками и частыми ударами, например, угольных пластов и чередующихся мягких и твердых пород, ударная нагрузка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

4000-6000 Н, термостойкость 450 °C.

Преимущества: чрезвычайно высокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для суровых условий.

Ограничения: Немного меньшая износостойкость, требуется оптимизированная обработка поверхности.

YC45

Состав: WC 70%, Co 15%, TaC 10%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1200-1300, вязкость разрушения 20-22 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,2 г/см ^{3}, теплопроводность около 55 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (600 °C) около 750 HV, скорость износа <0,08 мм ^{3} /Н · м, размер зерна 9-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для бурения в чрезвычайно твердых породах (например, в алмазоносных пластах), ударная нагрузка 10000–12000 Н, термостойкость 600 °C, подходит для глубоких горных работ.

Преимущества: Высокая термостойкость и ударопрочность, подходит для сверхжестких условий.

Ограничения: высокая стоимость и сложность обработки.

3. Подробности заявки

Крупнозернистые твердосплавные горнодобывающие буровые коронки играют ключевую роль в различных областях горнодобывающей промышленности. Сценарии их применения различаются в зависимости от состояния горных пород и эксплуатационных требований. Ниже приведен подробный анализ:

Открытая добыча

Применение: Применяется для добычи известняка, гранита и других пород средней твёрдости на глубине 0-200 м и при температуре 20-300°C.

Требования: ударопрочность и износостойкость, стойкость к давлению 10-20 МПа.

Типичная продукция: композитные буровые долота PDC, сплав YG11C, износостойкость <0,06 мм³/Н·м.

Преимущества: Эффективное сверление и высокая прочность.

Глубокое бурение скважин в подземных шахтах

Сценарий: Используется для глубокого бурения в кварцитах и базальтах, глубина 500-2000 м, температура 200-500°C.

Требования: Высокая ударопрочность и стойкость к трещинам, стойкость к давлению 20-30 МПа.

Типичная продукция: шарошечные резцы, изготовленные из сплава YG15C, ударопрочность до 8000 Н.

Преимущества: высокая прочность, возможность адаптации к сложным пластам.

Добыча металлов

Применение: Используется в пластах руд высокой твёрдости, таких как железная руда и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

медная руда, глубиной 1000-3000 м и температурой 300-600°C.
Требования: Высокая термо- и коррозионная стойкость, стойкость к давлению 30-40 МПа.
Типичная продукция: коническое сверло из сплава YC40, термостойкость 600°C.
Преимущества: термостойкость и износостойкость.

Специальные приложения

Добыча угольного метана: бурение чередующихся мягких и твердых угольных пластов требует устойчивости к деформации.
Глубокая разведка: Бурение алмазоносных пластов требует сверхвысокой прочности.
Проблема: Сверхглубокие (>3000 м) или сверхтвердые породы предъявляют более высокие требования к материалам.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства крупнозернистых твердосплавных горных буровых коронок сочетает материаловедение и технологию точной обработки, чтобы обеспечить их производительность в горнодобывающей среде. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошка: выберите крупнозернистый порошок WC (5–10 мкм) и Co, добавьте TaC и TiC для повышения прочности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и получите однородный размер частиц.
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для улучшения границ зерен и повышения ударопрочности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.
Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 5-15 мкм , износостойкое.
CVD: покрытие TiAlN , устойчивое к температуре до 600°C.
Полировка: Ra < 0,4 мкм , снижает адгезию абразива.

Прецизионная обработка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,02 мм, обработка режущей кромки.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,1 мкм .
Лазерная обработка: улучшение качества кромок.

Проверка качества
Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на абразивный износ: имитация горной породы, 1000 часов.
Испытание на удар: 5000 Н, для обнаружения сколов кромок.
Испытание на усталость: 0-20 МПа, $>10^5$ раз.

5. Показатели эффективности
Износостойкость: <0,05 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 15-25 МПа·м $^{1/2}$.
Механическая прочность: 600°C, >500 МПа.
Усталостная долговечность: $>10^5$ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <20%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов
Формула сплава: увеличьте содержание Co для повышения прочности, добавьте TaC для устойчивости к термическому растрескиванию.
Технология покрытия: Многослойное TiN + CrN , 5-15 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,4 мкм , противоизносное покрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать оптимизирует форму лезвия, ИИ управляет спеканием.

Крупнозернистые карбидные горнодобывающие буровые коронки значительно повысили эффективность и долговечность горнодобывающей промышленности благодаря передовым процессам и конструкции приложений. По мере развития технологий глубокой добычи оптимизация карбида будет продолжать стимулировать ее прогресс.

За 30 лет производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в среднезернистых и крупнозернистых твердосплавных горнодобывающих буровых коронках, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Дробильный молоток из среднезернистого и крупнозернистого карбида

Обзор

Среднезернистые и крупнозернистые твердосплавные дробильные молотки являются износостойкими, высокопроизводительными инструментами, предназначенными для строительства, горнодобывающей и дробильной промышленности, и широко используются для дробления твердых пород, бетона и руд. Эти молотки основаны на среднезернистом (2-5 мкм) или крупнозернистом (5-10 мкм) карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации формулы сплава и процесса упрочнения износостойкость, ударопрочность и сопротивление разрушению значительно улучшаются. Дробильная среда включает высокотвердые материалы (твердость по Моосу 6-8), высокие ударные нагрузки (тысячи-десять тысяч Ньютонов) и высокие температуры (200-500 °C). Традиционные стальные или мелкозернистые сплавные молотки трудно выдерживать длительный износ и разрушение, поэтому среднезернистые и крупнозернистые карбиды становятся идеальным выбором. В данной статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, варианты применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в дробильных операциях.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Твёрдость кристаллов средней зернистости HV 1400-1800, твёрдость кристаллов крупной зернистости HV 1200-1600, размер зерна 2-5 мкм и 5-10 мкм соответственно, контролируемая скорость износа 0,04-0,06 мм³/Н·м, подходит для дробления материалов высокой твёрдости.

Ударопрочность

Вязкость разрушения среднезернистых сплавов составляет 12–18 МПа·м $^{1/2}$, а крупнозернистых — 15–25 МПа·м $^{1/2}$, что превосходит показатели мелкозернистых сплавов и позволяет им выдерживать высокие ударные нагрузки (5000–12000 Н) без легкого разрушения.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 450–550 МПа при 500 °C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и может выдерживать частые циклы ударных нагрузок.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур дробления 200-500°C, устойчив к термическому растрескиванию и небольшому окислению.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в водных или кислых шлаковых средах составляет менее 0,02 мм/год.

2. Материалы и марки

Среднезернистый и крупнозернистый цементированный карбид разработал множество

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

сортов в соответствии с различными потребностями головок дробильных молотков. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG8C (микрокристаллический)

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1500-1600, вязкость разрушения 15-17 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,7 г/см ^{3}, теплопроводность около 75 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 1000 HV, скорость износа < 0,05 мм ^{3} /Н · м, размер зерна 3-5 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для дробления материалов средней твердости (таких как бетон, песчаник), ударная нагрузка 5000-7000 Н, термостойкость 400 °C, подходит для сноса зданий и добычи полезных ископаемых малого и среднего размера.

Преимущества: Сбалансированная твердость и прочность, хорошая износостойкость и низкая стоимость обработки.

Ограничения: Ограниченная долговечность в очень твердых породах или при сильных ударах.

YG11C (крупное зерно)

Состав: WC 89%, Co 11%

Характеристики: Твердость HV 1350-1450, вязкость разрушения 20-22 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,4 г/см ^{3}, теплопроводность около 70 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 900 HV, скорость износа <0,06 мм ^{3}/Н · м, размер зерна 6-8 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для дробления слоев горных пород средней и высокой твердости (таких как гранит и известняк), ударная нагрузка 7000-9000 Н, термостойкость 450 °C, подходит для открытых горных разработок и крупных дробилок.

Преимущества: высокая прочность, высокая ударопрочность, высокая долговечность и высокая экономичность.

Ограничения: Твердость немного ниже, а конструкция режущей кромки требует оптимизации.

YT15C (Микротек)

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 13-15 МПа·м $^{1/2}$, плотность 11,5 г/см ^{3}, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм ^{3}/Н · м, размер зерна 2-4 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для дробления термостойких материалов (например, бетона, обработанного при высоких температурах), ударная нагрузка 6000-8000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для переработки промышленных отходов.

Преимущества: высокая термостойкость и стойкость к окислению, высокая эффективность резки.

Ограничения: Немного менее прочный, требуется опорная конструкция.

YG15C (крупное зерно)

Состав: WC 85%, Co 15%

Характеристики: Твердость HV 1300-1400, вязкость разрушения 22-25 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,0 г/см ^{3}, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 850 HV, скорость износа <0,05 мм ^{3}/Н · м, размер зерна 7-10 мкм .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Применимые сценарии: Подходит для дробления слоев горных пород высокой твердости (например, кварцита и базальта), ударная нагрузка 9000–11000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для глубоких горных работ и интенсивного дробления.

Преимущества: сверхвысокая прочность, устойчивость к сильным ударам и трещинам, длительный срок службы.

Ограничение: Низкая твердость, требуется регулярная переточка кромок.

YC40 (крупное зерно)

Состав: WC 75%, Co 15%, TaC 5%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1250-1350, вязкость разрушения 18-20 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,5 г/см ^{3}, теплопроводность около 60 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 800 HV, скорость износа <0,07 мм ^{3} /Н · м, размер зерна 8-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для дробления сверхтвердых материалов (таких как железная руда, диабаз), ударная нагрузка 10000-12000 Н, термостойкость 550°C, подходит для добычи металлов.

Преимущества: Высокая термо- и коррозионная стойкость, подходит для сложных горнодобывающих районов.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требуется улучшение покрытия.

YC45 (крупное зерно)

Состав: WC 70%, Co 15%, TaC 10%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1200-1300, вязкость разрушения 20-22 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,2 г/см ^{3}, теплопроводность около 55 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 750 HV, скорость износа <0,08 мм ^{3} /Н · м, размер зерна 9-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для дробления материалов с чрезвычайной твердостью (например, алмазный слой), ударная нагрузка 12000-15000 Н, термостойкость 600°C, подходит для глубокого и высокопрочного дробления.

Преимущества: Чрезвычайно высокая прочность и термостойкость, возможность использования в сверхтвердых условиях.

Ограничения: высокая стоимость и сложность обработки.

3. Подробности заявки

Среднезернистые и крупнозернистые твердосплавные дробильные молотки играют ключевую роль во многих областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от материальных условий и эксплуатационных требований. Ниже приведен подробный анализ:

Снос здания

Сценарий: Дробление бетона, кирпичных стен, температура 20-200°C, ударная нагрузка 5000-7000 Н.

Требования: Износостойкость и ударопрочность, стойкость к давлению 10-15 МПа.

Типовая продукция: головка молотка из сплава YG8C, износостойкость <0,05 мм³/Н·м.

Преимущества: эффективное дробление, долговечность.

Открытая добыча

Применение: Дробление известняка и гранита, температура 200-400°C, ударная нагрузка 7000-9000 Н.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Требования: Высокая ударопрочность, устойчивость к давлению 15-25 МПа.

Типичная продукция: прочная головка молотка, изготовленная из стали марки YG11C, ударопрочность 9000 Н.

Преимущества: высокая прочность и длительный срок службы.

Дробление металлической руды

Сценарий: Дробление железной и медной руды, температура 300-500°C, ударная нагрузка 10000-12000 Н.

Требования: Высокая термо- и коррозионная стойкость, стойкость к давлению 20-30 МПа.

Типичная продукция: термостойкая головка молотка из сплава YC40, термостойкость до 550°C.

Преимущества: термостойкость и износостойкость.

Специальные приложения

Переработка отходов: Дробление промышленных отходов требует устойчивости к многократному износу.

Глубокое дробление: Обработка алмазных слоев требует сверхвысокой прочности.

Задача: Чрезвычайно высокие удары (>15 000 Н) или высокие температуры (>600 °C) предъявляют повышенные требования к материалу.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства среднезернистых и крупнозернистых твердосплавных дробильных молотков сочетает материаловедение и технологию точной обработки для обеспечения их производительности в условиях дробления. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте среднезернистый или крупнозернистый порошок WC (2–10 мкм) и Co, добавьте TaC и TiC для повышения прочности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и получите равномерный размер частиц.

Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.

Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.

Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 5-15 мкм , износостойкое.

CVD: покрытие TiAlN , устойчивое к температуре до 600°C.

Полировка: Ra < 0,4 мкм , снижает адгезию абразива.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Прецизионная обработка

Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,02 мм, обработка рабочей поверхности.

Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,1 мкм .

Лазерная обработка: улучшение качества кромок.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.

Испытание на истирание: имитация горной породы, 1000 часов.

Испытание на удар: 10000 Н, для обнаружения сколов кромок.

Испытание на усталость: 0-20 МПа, $>10^5$ раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,04-0,06 мм³/Н·м.

Ударопрочность: 12-25 МПа·м $^{1/2}$.

Механическая прочность: 500°C, >450-550 МПа.

Усталостная долговечность: $>10^5$ раз.

Термостойкость: 500°C, снижение производительности <20%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: увеличьте содержание Co и добавьте TaC / TiC для повышения прочности и жаропрочности.

Технология покрытия: Многослойное TiN + CrN , 5-15 мкм .

Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.

Обработка поверхности: Ra < 0,4 мкм , противоизносное покрытие.

Инновационные процессы: 3D-печать оптимизирует форму, ИИ управляет спеканием.

Среднезернистые и крупнозернистые карбидные дробильные головки молотков значительно улучшили эффективность дробления и долговечность благодаря передовым технологиям и конструкции применения. Поскольку спрос на высокопрочное дробление растет, оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30 лет производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в среднезернистых и крупнозернистых твердосплавных дробильных молотках, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Среднезернистый и крупнозернистый твердосплавный инструмент для проходки туннелей

Обзор

Среднезернистые и крупнозернистые инструменты для выемки грунта из цементированного карбида являются высокопроизводительными инструментами, предназначенными для строительства туннелей, горнодобывающей промышленности и проектов по выемке скальных пород. Они широко используются при выемке грунта из твердых пород, выемке грунта в угольных шахтах и выемке сложных пластов. Эти инструменты основаны на среднезернистом (2-5 мкм) или крупнозернистом (5-10 мкм) цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации формулы сплава и процесса упрочнения значительно улучшаются износостойкость, ударопрочность и сопротивление разрушению. Среда выемки грунта включает в себя высокотвердые горные породы (твердость по Моосу 6-9), высокие ударные нагрузки (5000-15000 Н) и высокие температуры (200-600 °C). Традиционные стальные или мелкозернистые сплавные инструменты с трудом выдерживают длительный износ и разрушение, поэтому среднезернистый и крупнозернистый цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества при проведении земляных работ.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Твердость среднезернистого материала составляет HV 1400–1800, крупнозернистого материала — HV 1200–1600, размер зерна составляет 2–5 мкм и 5–10 мкм соответственно, а скорость износа контролируется на уровне 0,04–0,06 мм³/Н·м, что подходит для разработки горных пород высокой твердости.

Ударопрочность

Вязкость разрушения среднезернистых сплавов составляет 12–18 МПа·м $^{1/2}$, а крупнозернистых — 15–25 МПа·м $^{1/2}$, что превосходит показатели мелкозернистых сплавов и позволяет им выдерживать высокие ударные нагрузки (5000–15000 Н) без легкого разрушения.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 450-550 МПа при 500°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и вибрации, адаптируясь к динамическим нагрузкам во время выемки грунта.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высокотемпературного туннелирования (200–600 °C), устойчив к термическому растрескиванию и небольшому окислению.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в водных или кислых

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

шлаковых средах составляет менее 0,02 мм/год.

2. Материалы и марки

Среднезернистый и крупнозернистый цементированный карбид разработал множество марок в соответствии с различными потребностями туннельных инструментов. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG8C (микрокристаллический)

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1500-1600, вязкость разрушения 15-17 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,7 г/см ^{3}, теплопроводность около 75 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 1000 HV, скорость износа < 0,05 мм ^{3} /Н · м, размер зерна 3-5 мкм .

Применимые сценарии: подходит для разработки скальных пород средней твердости (таких как песчаник и сланец), ударная нагрузка 5000–7000 Н, термостойкость 400 °C, подходит для небольших и средних проектов по прокладке тоннелей.

Преимущества: Сбалансированная твердость и прочность, хорошая износостойкость и низкая стоимость обработки.

Ограничения: Ограниченная долговечность в очень твердых породах или при сильных ударах.

YG11C (крупное зерно)

Состав: WC 89%, Co 11%

Характеристики: Твердость HV 1350-1450, вязкость разрушения 20-22 МПа·м $^{1/2}$, плотность 14,4 г/см ^{3}, теплопроводность около 70 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 900 HV, скорость износа <0,06 мм ^{3}/Н · м, размер зерна 6-8 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для разработки скальных пород средней и высокой твердости (таких как гранит и известняк), ударная нагрузка 7000–9000 Н, термостойкость 450 °C, подходит для открытых горных выработок и больших тоннелей.

Преимущества: высокая прочность, высокая ударопрочность, высокая долговечность и высокая экономичность.

Ограничения: Немного более низкая твердость, необходимо оптимизировать конструкцию режущей кромки.

YT15C (Микротек)

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 13-15 МПа·м $^{1/2}$, плотность 11,5 г/см ^{3}, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1100 HV, скорость износа <0,04 мм ^{3}/Н · м, размер зерна 2-4 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для разработки термостойких скальных образований (таких как вулканические породы и метаморфические породы), ударная нагрузка 6000-8000 Н, термостойкость 500°C, подходит для высокотемпературных геологических условий.

Преимущества: высокая термостойкость и стойкость к окислению, высокая эффективность резки.

Ограничения: Немного менее прочный, требуется опорная конструкция.

YG15C (крупное зерно)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав: WC 85%, Co 15%

Характеристики: Твердость HV 1300-1400, вязкость разрушения 22-25 МПа·м ¹/ ², плотность 14,0 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 850 HV, скорость износа <0,05 мм ³/Н · м, размер зерна 7-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для разработки скальных образований высокой твердости (например, кварцита и базальта), ударная нагрузка 9000–11000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для глубоких шахт и туннелей в твердых породах.

Преимущества: сверхвысокая прочность, устойчивость к сильным ударам и трещинам, длительный срок службы.

Ограничение: Низкая твердость, требуется регулярная переточка кромок.

YC40 (крупное зерно)

Состав: WC 75%, Co 15%, TaC 5%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1250-1350, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹ / ² , плотность 13,5 г/см ³ , теплопроводность около 60 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 800 HV, скорость износа <0,07 мм ³ /Н · м, размер зерна 8-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для разработки сверхтвердых горных пород (например, железной руды и диабаза), ударная нагрузка 10000-12000 Н, термостойкость 550 °C, подходит для глубокой разработки металлических рудников.

Преимущества: Высокая термо- и коррозионная стойкость, подходит для сложных геологических условий.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требуется улучшение покрытия.

YC45 (крупное зерно)

Состав: WC 70%, Co 15%, TaC 10%, TiC 5%

Характеристики: Твердость HV 1200-1300, вязкость разрушения 20-22 МПа·м ¹ / ² , плотность 13,2 г/см ³ , теплопроводность около 55 Вт/ м · К . Высокотемпературная твердость (500 °C) около 750 HV, скорость износа <0,08 мм ³ /Н · м, размер зерна 9-10 мкм .

Применимые сценарии: Подходит для выемки чрезвычайно твердых пород (например, алмазоносных), ударная нагрузка 12000-15000 Н, термостойкость 600°C, подходит для глубоких и высокоинтенсивных выемок.

Преимущества: Чрезвычайно высокая прочность и термостойкость, возможность использования в сверхтвердых условиях.

Ограничения: высокая стоимость и сложность обработки.

3. Подробности заявки

Среднезернистые и крупнозернистые твердосплавные инструменты для проходки играют ключевую роль во многих областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от геологических условий и эксплуатационных требований. Ниже приводится подробный анализ:

Строительство туннеля

Сценарий: Разработка котлована в песчанике и сланце, глубина 0-500 м, температура 20-300°C, ударная нагрузка 5000-7000 Н.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Требования: Износостойкость и ударопрочность, стойкость к давлению 10-20 МПа.
Типичная продукция: режущие инструменты из сплава YG8C, износостойкость <0,05 мм³/Н·м.
Преимущества: эффективная выемка грунта, долговечность.

Прокладка туннелей в угольных шахтах
Сценарий: Разработка угольных пластов с пустой породой, глубина 500-1500 м, температура 200-400°C, ударная нагрузка 7000-9000 Н.
Требования: Высокая ударопрочность, устойчивость к давлению 15-25 МПа.
Типовая продукция: проходческая головка из стали марки YG11C, ударопрочность 9000 Н.
Преимущества: высокая прочность, возможность адаптации к сложным пластам.

Глубокая добыча металлических рудников
Сценарий: Добыча железной и медной руды, глубина 1500-3000 м, температура 300-500°C, ударная нагрузка 10000-12000 Н.
Требования: Высокая термо- и коррозионная стойкость, стойкость к давлению 20-30 МПа.
Типичная продукция: Инструменты для резки твердых пород из сплава YC40, термостойкость до 550°C.
Преимущества: термостойкость и износостойкость.

Специальные приложения
Глубокая разведка: добыча алмазоносных пластов требует сверхвысокой прочности.
Сложные пласты: работа с чередующимися мягкими и твердыми слоями пород, требующими устойчивости к деформации.
Проблема: Сверхглубокие (>3000 м) или сверхтвердые породы предъявляют более высокие требования к материалам.

4. Подробное объяснение процесса производства
Процесс производства среднезернистых и крупнозернистых твердосплавных туннельных инструментов сочетает материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать их производительность в туннельных условиях. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические характеристики:

Подготовка сырья
Смешивание порошков: используйте среднезернистый или крупнозернистый порошок WC (2–10 мкм) и Co, добавьте TaC и TiC для повышения прочности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и получите равномерный размер частиц.
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования
Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания
Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.
Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности
ПВД: Покрытие TiN или CrN , 5-15 мкм , износостойкое.
CVD: покрытие TiAlN , устойчивое к температуре до 600°C.
Полировка: Ra < 0,4 мкм , снижает адгезию абразива.

Прецизионная обработка
Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,02 мм, обработка режущей кромки.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,1 мкм .
Лазерная обработка: улучшение качества кромок.

Проверка качества
Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на истирание: имитация горной породы, 1000 часов.
Испытание на ударопрочность: 10000 Н, для обнаружения сколов кромок.
Испытание на усталость: 0-20 МПа, $>10^5$ раз.

5. Показатели эффективности
Износостойкость: 0,04-0,06 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-25 МПа·м $^{1/2}$.
Механическая прочность: 500°C, >450-550 МПа.
Усталостная долговечность: $>10^5$ раз.
Термостойкость: 500°C, снижение производительности <20%.

Инструменты для выемки грунта из среднезернистого и крупнозернистого твердого сплава значительно повысили эффективность и долговечность выемки грунта благодаря передовым процессам и конструкциям применения. С ростом спроса на глубокую выемку грунта и сложную геологическую разработку оптимизация твердого сплава будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30 лет производства твердосплавных инструментов компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в среднезернистых и крупнозернистых твердосплавных инструментах для проходки туннелей, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Композитный инструмент из твердосплавного материала с двойной вершиной

Обзор

Инструменты из композитного карбида с бимодальным зерном являются высокоэффективными инструментами, предназначенными для точной резки, обработки металла и высокопроизводительной обработки. Они широко используются в аэрокосмической промышленности, автомобилестроении и обработке пресс-форм. Эти инструменты основаны на бимодальном зерне твердого сплава (комбинация мелкозернистых 0,5-2 мкм и крупнозернистых 5-10 мкм частиц, в основном состоящих из карбида вольфрама WC и кобальта Co). За счет оптимизации распределения зерна и композитного процесса значительно улучшаются износостойкость, ударопрочность и вязкость разрушения. Среда обработки включает высокотвердые материалы (такие как титановые сплавы, закаленная сталь), высокие скорости резания (100-300 м/мин) и прерывистые нагрузки. Традиционному однозернистому твердому сплаву сложно сбалансировать износостойкость и прочность, поэтому инструменты из композитного карбида с бимодальным зерном становятся идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в современной обработке.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Мелкие зерна обеспечивают твердость HV 1800-2000, крупные зерна повышают общую износостойкость, а скорость износа контролируется на уровне 0,02-0,04 мм³/Н·м, что подходит для высокоточной и высокоскоростной резки.

Ударопрочность и прочность

Бимодальная структура зерна обеспечивает вязкость разрушения 15–22 МПа·м¹ / ², что превосходит показатели сплавов с одним зерном и позволяет выдерживать прерывистые нагрузки (5000–10000 Н) без сколов.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 600 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и вибрации и подходит для сложных условий резания.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур резания 200–800 °C, устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в средах, содержащих охлаждающую жидкость или слабокислотных, составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Композитные инструменты из цементированного карбида с двойной вершиной зерна были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями обработки. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG10X-DP

Состав: WC 90%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1850-1950, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 14,4 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: подходит для резки стали средней твердости (например, стали 45#, AISI 1045), скорость резания 150–250 м/мин, ударная нагрузка 5000–7000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для общей токарной обработки.

Учитываются как износостойкость, так и прочность , высокая эффективность обработки и умеренная стоимость.

Ограничения: Немного меньшая прочность при работе с сверхтвердыми материалами.

YT15-ДП

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6% (мелкое зерно 0,5-1 мкм + крупное зерно 7-9 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 15-18 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для резки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов (например, Inconel 718), скорость резки 100-200 м/мин, ударная нагрузка 6000-8000 Н, термостойкость 600 °C, подходит для обработки авиационных деталей.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая устойчивость к резке.

Ограничения: Немного сниженная прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1-DP

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 5-7 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 20-22 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1150 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для резки закаленной стали (например, HRC 50-60) и титанового сплава, скорость резки 120-180 м/мин, ударная нагрузка 8000-10000 Н, термостойкость 700 °C, подходит для обработки пресс-форм.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и износу, подходит для материалов высокой твердости.

Ограничения: Высокая стоимость, требуется прецизионная шлифовка.

YC30-DP

Состав: WC 70%, TiC 20%, Co 10% (мелкое зерно 0,5-1,5 мкм + крупное зерно 8-10 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 11,2 г/см ³, теплопроводность около 55 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,04 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для резки высокотвердого чугуна и твердого сплава,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

скорость резки 100-150 м/мин, ударная нагрузка 7000-9000 Н, термостойкость 600 °C, подходит для интенсивной резки.

Преимущества: термо- и ударопрочность, подходит для прерывистой резки.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требуется нанесение покрытия.

YG20-ДП

Состав: WC 80%, Co 20% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 22-25 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,8 г/см ^{3}, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,035 мм ^{3}/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для резки алюминиевых сплавов и мягкой стали, скорость резки 200-300 м/мин, ударная нагрузка 6000-8000 Н, термостойкость 500 °C, подходит для высокоскоростной обработки.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для легких нагрузок и высоких скоростей.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Композитные инструменты из карбида с двойной вершиной зерна играют ключевую роль в различных областях обработки. Сценарии их применения различаются в зависимости от состояния материала и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Аэрокосмическая обработка

Сценарий: Резка титанового сплава и Inconel 718, скорость резки 100-200 м/мин, температура 400-600°C.

Требования: Высокая термостойкость и адгезионная стойкость, стойкость к давлению 10-20 МПа.

Типичная продукция: токарные инструменты и фрезы из сплава YT15-DP, износостойкость <0,02 мм³/Н·м.

Преимущества: Высокая стабильность, уменьшение сколов кромок.

Автомобильный

Сценарий: Резка стали 45# и чугуна, скорость резки 150-250 м/мин, температура 200-400°C.

Требования: износостойкость и ударопрочность, стойкость к давлению 15-25 МПа.

Типовая продукция: токарные инструменты из сплава YG10X-DP, ударопрочность 7000 Н.

Преимущества: эффективная резка и длительный срок службы.

Обработка пресс-форм

Сценарий: Резка закаленной стали (HRC 50-60), скорость резания 120-180 м/мин, температура 300-700°C.

Требования: высокая термостойкость и твердость, стойкость к давлению 20-30 МПа.

Типичная продукция: фрезы и сверла из сплава YW1-DP, устойчивые к температуре до 700°C.

Преимущества: устойчивость к термическому растрескиванию, высокая точность.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Специальные приложения

Прецизионная обработка: резка материалов с покрытием высокой твердости требует сверхвысокой износостойкости.

Прерывистая резка: обработка прерывистых заготовок, требующая ударопрочности.

Задача: Сверхвысокие температуры (>800°C) или сверхтвердые материалы предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства твердосплавных композитных инструментов с двойной вершиной зерна объединяет материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать его производительность в условиях резания. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошка: выберите мелкозернистый WC (0,5–2 мкм) и крупнозернистый WC (5–10 мкм), порошок Co, добавьте TaC и TiC для оптимизации производительности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и равномерно распределите частицы по размеру.

Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки используются для контроля бимодального распределения.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400–1600°C, 1–2 часа, для удаления примесей и контроля роста зерна.

Спекание в жидкой фазе: Co плавится, образуя бимодальную структуру, оптимизируя прочность и твердость.

Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или AlTiN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.

CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 800° C.

Полировка: Ra < 0,2 мкм , что снижает прилипание стружки.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка режущей кромки.

Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .

Лазерная обработка: повышение точности реза.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.

Испытание на износ: имитация резания, 1000 минут.

Испытание на удар: 8000 Н, для обнаружения сколов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание на усталость: 0-15 МПа, >10 ^{5} раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,02-0,04 мм³/Н·м.

Ударопрочность: 15-22 МПа·м $^{1/2}$.

Механическая прочность: 600°C, >600 МПа.

Усталостная долговечность: >10 ^{5} раз.

Термостойкость: 800°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: оптимизируйте соотношение мелкого и крупного зерна и добавьте TaC / TiC для улучшения характеристик.

Технология покрытия: Многослойное AlTiN + TiCN , 2-10 мкм .

Термическая обработка: обработка на твердый раствор + старение, контроль распределения зерен.

Обработка поверхности: Ra < 0,2 мкм , нанопокрытие.

Инновационные процессы: индивидуальная форма лезвия, изготовленная с помощью 3D-печати, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Композитные инструменты из карбида с двойной вершиной зерна значительно улучшили эффективность резки и долговечность благодаря передовым процессам и дизайну приложений. Поскольку спрос на высокопроизводительную обработку растет, оптимизация твердого сплава будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных инструментов компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных композитных инструментах с двойной вершиной зерна , мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!

Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com

Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкая матрица из твердого сплава с двойной вершиной зерна

Обзор

Износостойкие формы из карбида с двойным пиком зерна являются высокопроизводительными формами, предназначенными для высокоточной штамповки, вытяжки и формовки. Они широко используются в автомобильных деталях, электронных компонентах и точном производстве. Эти формы основаны на карбиде с двойным пиком зерна (комбинация мелкозернистых 0,5-2 мкм и крупнозернистых 5-10 мкм частиц, в основном состоящих из карбида вольфрама WC и кобальта Co) и значительно улучшают износостойкость, ударопрочность и усталостную прочность за счет оптимизации распределения зерна и композитных процессов. Среда обработки форм включает высокотвердые материалы (такие как нержавеющая сталь, вольфрамовая сталь), высокое давление (50-200 МПа) и высокую температуру (200-700 °C). Традиционный однозернистый цементированный карбид трудно сбалансировать износостойкость и прочность, поэтому износостойкие формы из двойного пика зерна становятся идеальным выбором. В данной статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, варианты применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества при обработке давлением.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Мелкие зерна обеспечивают твердость HV 1800-2000, крупные зерна повышают общую износостойкость, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м, что подходит для высокоточного формования и длительного использования.

Ударопрочность и прочность

Бимодальная структура зерна обеспечивает вязкость разрушения 15–22 МПа·м $^{1/2}$ и позволяет выдерживать высокое давление (50–200 МПа) и ударные нагрузки (5000–10000 Н) без образования трещин.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 600 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и циклическим нагрузкам, пригоден для многократной штамповки или растяжения.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высокотемпературного формования (200–700 °C), устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в средах, содержащих охлаждающую жидкость или слабокислотных, составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Износостойкие формы из цементированного карбида с двойной вершиной зерна были

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

разработаны в различных классах в соответствии с требованиями обработки. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG10X-DP

Состав: WC 90%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1850-1950, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 14,4 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки материалов средней твердости (например, холоднокатаных стальных листов, алюминиевых сплавов), давление 50-100 МПа, термостойкость 500°C, подходит для формовки автомобильных панелей.

Преимущества: износостойкость и прочность, высокая точность обработки и умеренная стоимость.

Ограничения: Менее долговечен при очень высоком давлении.

YT15-ДП

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6% (мелкое зерно 0,5-1 мкм + крупное зерно 7-9 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 15-18 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для растяжения нержавеющей стали и жаропрочных сплавов (например, Inconel 718), давление 100-150 МПа, термостойкость 600°C, подходит для штамповки электронных компонентов.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая формовочная стабильность.

Ограничения: Немного сниженная прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1-DP

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 5-7 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 20-22 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1150 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для формовки закаленной стали (например, HRC 50-60) и вольфрамовой стали, давление 150-200 МПа, термостойкость 700 °C, подходит для изготовления прецизионных форм.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и износу, подходит для материалов высокой твердости.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YC30-DP

Состав: WC 70%, TiC 20%, Co 10% (мелкое зерно 0,5-1,5 мкм + крупное зерно 8-10 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 11,2 г/см ³, теплопроводность около 55 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для формовки высокотвердого чугуна и твердого сплава, давление 100-150 МПа, термостойкость 600°C, подходит для тяжелой штамповки.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Преимущества: Устойчив к воздействию тепла и ударов, подходит для литья под высоким давлением.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требуется нанесение покрытия.

YG20-DP

Состав: WC 80%, Co 20% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 22-25 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,8 г/см ^{3}, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,025 мм ^{3}/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для формовки алюминиевых сплавов и мягкой стали, давление 50-100 МПа, термостойкость 500 °C, подходит для легких нагрузок и высокоточной штамповки.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для сложных форм.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Износостойкие формы из карбида с двойным пиком зерна играют ключевую роль в различных областях обработки. Сценарии их применения различаются в зависимости от состояния материала и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Производство автомобильных деталей

Сценарий: штамповка холоднокатаных стальных листов и алюминиевых сплавов, давление 50-100 МПа, температура 200-400°C.

Требования: устойчивость к износу и ударам, высокая прочность.

Типовая продукция: штамповочные штампы из сплава YG10X-DP, износостойкость <0,02 мм^{3}/Н·м.

Преимущества: высокая точность и длительный срок службы.

Обработка электронных компонентов

Применение: Растяжение нержавеющих сталей и медных сплавов при давлении 100-150 МПа и температуре 300-500°C.

Требования: устойчивость к высоким температурам и адгезии, стабильная устойчивость к давлению.

Типовая продукция: вытяжные матрицы из стали марки YT15-DP, термостойкость 600°C.

Преимущества: Высокая точность формования и снижение адгезии.

Изготовление прецизионных форм

Применение: Формовка закаленной и вольфрамовой стали, давление 150-200 МПа, температура 400-700°C.

Требования: высокая термостойкость, твердость и усталостная прочность.

Типовая продукция: прецизионный пробивной штамп из стали марки YW1-DP, прочность на сжатие 200 МПа.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Специальные приложения

Сложное формование: обработка многокриволинейных заготовок, которые должны противостоять деформации.

Штамповка под высоким давлением: Формование высокопрочных материалов требует сверхвысокой вязкости.

Задача: Сверхвысокие температуры (>700°C) или сверхвысокие давления (>200 МПа) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства износостойких форм из цементированного карбида с двойным пиком зерна сочетает материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать ее производительность в среде формования. Ниже приведена подробная последовательность процесса и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошка: выберите мелкозернистый WC (0,5–2 мкм) и крупнозернистый WC (5–10 мкм), порошок Co, добавьте TaC и TiC для оптимизации производительности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и равномерно распределите частицы по размеру.

Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки используются для контроля бимодального распределения.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, для удаления примесей и контроля роста зерна.

Жидкофазное спекание: Co плавится, образуя бимодальную структуру, оптимизируя прочность и твердость.

Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или AlTiN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.

CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 800° C.

Полировка: Ra < 0,1 мкм , для уменьшения прилипания заготовки.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка формообразующей поверхности.

Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Лазерная обработка: повышение точности поверхности.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на износ: имитация штамповки, 1000 раз.
Испытание под давлением: 200 МПа, для обнаружения деформации.
Испытание на усталость: 0-100 МПа, $>10^5$ раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 15-22 МПа·м $^{1/2}$.
Механическая прочность: 600°C, >600 МПа.
Усталостная долговечность: $>10^5$ раз.
Термостойкость: 700°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: оптимизируйте соотношение мелкого и крупного зерна и добавьте TaC / TiC для улучшения характеристик.
Технология покрытия: Многослойное AlTiN + TiCN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: обработка на твердый раствор + старение, контроль распределения зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , нанопокрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Износостойкая форма из карбида с двойным пиком зерна значительно улучшила эффективность и долговечность формования за счет передовых технологий и дизайна приложений. С ростом спроса на высокоточное и сложное формование оптимизация карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в износостойких формах из твердого сплава с двойной вершиной зерна, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Инструменты для бурения нефтяных скважин из цементированного карбида с двойной вершиной

Обзор

Буровые инструменты с бимодальным зерном из карбида вольфрама для нефтяных скважин представляют собой высокопроизводительные буровые коронки, предназначенные для разведки и разработки месторождений нефти и газа. Они широко используются при бурении глубоких скважин, сверхглубоких скважин и сложных пластов (таких как твердые породы и песчаные слои). Эти буровые инструменты основаны на бимодальном зерне цементированного карбида (сочетающем мелкозернистые 0,5-2 мкм и крупнозернистые 5-10 мкм частицы, в основном состоящие из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации распределения зерна и композитного процесса значительно улучшаются износостойкость, ударопрочность и сопротивление разрушению. Среда бурения включает в себя высокотвердые горные породы (твердость по Моосу 6-9), высокое давление (20-50 МПа), высокую температуру (200-500 °C) и коррозионные среды (такие как H_2S, CO_2). Традиционные однозернистые сверлильные инструменты трудно сбалансировать износостойкость и прочность, поэтому бимодальные зернистые сверлильные инструменты становятся идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в бурении нефтяных скважин.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Мелкие зерна обеспечивают твердость HV 1800-2000, крупные зерна повышают общую износостойкость, а скорость износа контролируется на уровне 0,02-0,04 мм³/Н·м, что подходит для бурения пород высокой твердости.

Ударопрочность и прочность

Бимодальная структура зерна обеспечивает вязкость разрушения 15–22 МПа·м $^{1/2}$ и позволяет выдерживать высокие ударные нагрузки (5000–12000 Н) и вибрации без разрушения.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 600 МПа при 500°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и циклическим нагрузкам и подходит для сложных условий работы в глубоких скважинах.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высокотемпературного бурения (200–500 °C), устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении молибдена (Mo) или хрома (Cr) скорость коррозии в агрессивных средах, содержащих H_2S или CO_2, составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Инструменты для бурения нефтяных скважин из цементированного карбида с двойной вершиной зерна были разработаны в различных классах в соответствии с потребностями бурения. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG10X-DP

Состав: WC 90%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1850-1950, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 14,4 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1200 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для бурения пород средней твердости (таких как песчаник и мергель), глубина бурения 1000-3000 м, давление 20-30 МПа, термостойкость 400°C, подходит для обычных нефтяных и газовых месторождений.

Преимущества: Сочетает в себе износостойкость и прочность, имеет стабильную скорость сверления и умеренную стоимость.

Ограничения: Меньшая прочность в очень твердых породах или при высоких температурах.

YT15-ДП

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6% (мелкое зерно 0,5-1 мкм + крупное зерно 7-9 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 15-18 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1100 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для бурения термостойких скальных образований (таких как вулканические породы и метаморфические породы), глубина бурения 3000-5000 м, давление 30-40 МПа, термостойкость 500°C, подходит для высокотемпературных нефтяных пластов.

Преимущества: Высокая термостойкость и антиадгезионная способность, длительный срок службы сверла.

Ограничения: Немного сниженная прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1-DP

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 5-7 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 20-22 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1150 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для бурения закаленных горных пород (таких как кварцит и диабаз), глубина бурения 5000-8000 м, давление 40-50 МПа, термостойкость 500°C, подходит для сверхглубоких скважин.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и износу, подходит для сложных пластов.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YC30-DP

Состав: WC 70%, TiC 20%, Co 10% (мелкое зерно 0,5-1,5 мкм + крупное зерно 8-10 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 11,2 г/см ³, теплопроводность около 55 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1000 HV, скорость износа <0,04 мм ³/Н · м.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Применимые сценарии: Подходит для бурения высокотвердого чугуна и слоев, содержащих песок, глубина бурения 2000-4000 м, давление 25-35 МПа, термостойкость 450°C, подходит для нефтяных месторождений песчаника.

Преимущества: термо- и ударопрочность, подходит для прерывистого сверления.

Ограничения: Умеренная износостойкость, требуется нанесение покрытия.

YG20-DP

Состав: WC 80%, Co 20% (мелкое зерно 1-2 мкм + крупное зерно 6-8 мкм)

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 22-25 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,8 г/см ^{3}, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (500°C) около 1050 HV, скорость износа <0,035 мм ^{3}/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для бурения мягких и твердых чередующихся пластов (например, угольных пластов с пустой породой), глубина бурения 1000-3000 м, давление 20-30 МПа, термостойкость 400 °C, подходит для разработки угольного метана.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для сложных условий работы.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Инструменты для бурения нефтяных скважин из бимодального зерна цементированного карбида играют ключевую роль в различных областях бурения. Сценарии их применения различаются в зависимости от геологических условий и эксплуатационных требований. Ниже приводится подробный анализ:

Традиционное бурение нефтяных и газовых месторождений

Сценарий: Бурение песчаника и мергеля, глубина 1000-3000 м, температура 200-400°C, давление 20-30 МПа.

Требования: износостойкость и ударопрочность, стабильная скорость сверления.

Типичная продукция: буровые долота PDC, сплав YG10X-DP, износостойкость <0,03 мм^{3}/Н·м.

Преимущества: эффективное бурение и длительный срок службы.

Бурение высокотемпературных резервуаров

Сценарий: Бурение вулканических и метаморфических пород, глубина 3000-5000 м, температура 400-500°C, давление 30-40 МПа.

Требования: устойчивость к высоким температурам и адгезии, стабильная устойчивость к давлению.

Типичная продукция: Композитное сверло из сплава YT15-DP, термостойкость 500°C.

Преимущества: Высокая температурная стабильность, уменьшенный износ.

Сверхглубокое бурение скважин

Сценарий: Бурение кварцитов и диабазов, глубина 5000-8000 м, температура 400-500°C, давление 40-50 МПа.

Требования: высокая термостойкость, твердость и усталостная прочность.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Типовая продукция: шарошечные долота из сплава YW1-DP с сопротивлением давлению 50 МПа.
Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения
Бурение серы: работа с образованиями H_2S, требующая коррозионной стойкости.
Сложные пласты: Бурение чередующихся мягких и твердых слоев требует устойчивости к деформации.
Задача: Сверхглубокое бурение (>8000 м) или сверхвысокая температура (>500°C) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства
Процесс производства твердосплавных двухпиковых зернистых нефтяных буровых инструментов сочетает в себе материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать их производительность в условиях бурения. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:
Подготовка сырья
Смешивание порошка: выберите мелкозернистый WC (0,5–2 мкм) и крупнозернистый WC (5–10 мкм), порошок Co, добавьте TaC и TiC для оптимизации производительности, измельчите в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и равномерно распределите частицы по размеру.
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки используются для контроля бимодального распределения.
Процесс формования
Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.
Процесс спекания
Вакуумное спекание: 1400–1600°C, 1–2 часа, для удаления примесей и контроля роста зерна.
Спекание в жидкой фазе: Co плавится, образуя бимодальную структуру, оптимизируя прочность и твердость.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.
Обработка поверхности
PVD: покрытие TiN или AlTiN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.
CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.
Полировка: Ra < 0,2 мкм , для уменьшения прилипания каменной крошки.
Прецизионная обработка
Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка режущей поверхности.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .
Лазерная обработка: повышение точности реза.
Проверка качества

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на износ: имитация сверления, 1000 часов.
Испытание на ударопрочность: 10000 Н, для обнаружения сколов кромок.
Испытание под давлением: 50 МПа, для обнаружения деформации.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,02-0,04 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 15-22 МПа·м $^{1/2}$.
Механическая прочность: 500°C, >600 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ^{5} раз.
Термостойкость: 500°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: оптимизируйте соотношение мелкого и крупного зерна и добавьте TaC / TiC для улучшения характеристик.
Технология покрытия: Многослойное AlTiN + TiCN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: обработка на твердый раствор + старение, контроль распределения зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,2 мкм , антикоррозионное покрытие.
Инновационные процессы: индивидуальная форма лезвия, изготовленная с помощью 3D-печати, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Инструменты для бурения нефтяных скважин с бимодальным зерном из цементированного карбида значительно повысили эффективность и долговечность бурения благодаря передовым технологиям и конструкции применения. С ростом спроса на сверхглубокие скважины и разработку сложных пластов оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных инструментов компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных двухпиковых зернистых буровых инструментах для нефтяных скважин, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
📞 Тел.: +86 592 5129696 ✉ Электронная почта: sales@chinatungsten.com
🌐 Веб-сайт: www.tungstenpowder.com 📱 Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкие твердосплавные штамповочные штампы

Обзор

Износостойкие штамповочные штампы из цементированного карбида — это высокопроизводительные штампы, предназначенные для высокопрочной штамповочной обработки. Они широко используются в автомобилестроении, производстве электронных компонентов и обработке листового металла. Эти штампы основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co) и значительно повышают износостойкость, ударопрочность и усталостную прочность за счет оптимизации формулы сплава и процесса упрочнения поверхности. Среда штамповки включает высокотвердые материалы (такие как нержавеющая сталь, холоднокатаная сталь), высокое давление (50-200 МПа) и повторяющиеся нагрузки (более миллиона раз). Традиционные стальные штампы трудно соответствуют требованиям из-за износа и растрескивания, поэтому износостойкий цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в штамповочной обработке.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1600-2000 HV, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м. Подходит для высокоточной и высокочастотной штамповки и значительно продлевает срок службы пресс-формы.

Ударопрочность и прочность

Вязкость разрушения составляет 12–18 МПа·м $^{1/2}$, и он не подвержен растрескиванию даже при высоких ударных нагрузках (5000–10000 Н) и многократной штамповке.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 550 МПа при 600°C, а также высокая устойчивость к термической усталости и циклическим нагрузкам, что делает его пригодным для непрерывного производства.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высокотемпературной штамповки (200–600 °C), устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении хрома (Cr) или молибдена (Mo) скорость коррозии в средах, содержащих охлаждающую жидкость или слабокислотных, составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Износостойкие твердосплавные штамповочные штампы были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями обработки. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6X

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность 14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки материалов средней твердости (например, холоднокатаная сталь, алюминиевый сплав), давление 50-100 МПа, термостойкость 400°C, подходит для штамповки листов в автомобилестроении.

Преимущества: высокая износостойкость, высокая точность, умеренная стоимость.

Ограничения: Прочность немного ниже, требуется оптимизация конструкции.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки материалов средней и высокой твердости (например, оцинкованной стали, нержавеющей стали), давление 100-150 МПа, термостойкость 450 °C, подходит для формования корпусов бытовой техники.

Преимущества: Сбалансированная износостойкость и прочность, высокая долговечность.

Ограничение: требуется поддержка покрытия при чрезвычайно высоких давлениях.

YT15

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки жаропрочных материалов (таких как нержавеющая сталь, титановый сплав), давление 150-200 МПа, термостойкость 500°C, подходит для штамповки электронных компонентов.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая формовочная стабильность.

Ограничения: Немного снижена прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 15-17 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки закаленной стали (например, HRC 50-60) и высокопрочных сплавов, давление 150-200 МПа, термостойкость 550°C, подходит для точной штамповки.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и износу, подходит для материалов высокой твердости.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YG20

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав: WC 80%, Co 20%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 13,8 г/см ³, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки мягких материалов (таких как алюминиевый сплав, медный сплав), давление 50-100 МПа, термостойкость 400 °C, подходит для штамповки с небольшими нагрузками.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для сложных форм.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Износостойкие твердосплавные штамповочные штампы играют ключевую роль в различных областях обработки. Сценарии их применения различаются в зависимости от состояния материала и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Производство автомобильных деталей

Сценарий: штамповка холоднокатаных стальных листов и оцинкованной стали, давление 50-100 МПа, температура 200-400°C.

Требования: устойчивость к износу и ударам, высокая прочность.

Типовая продукция: штамповочные штампы из стали марки YG6X, износостойкость <0,02 мм³/Н·м.

Преимущества: высокая точность и длительный срок службы.

Обработка электронных компонентов

Сценарий: Штамповка нержавеющих сталей и медных сплавов, давление 100-150 МПа, температура 300-500°C.

Требования: устойчивость к высоким температурам и адгезии, стабильная устойчивость к давлению.

Типовая продукция: прецизионные пробивные штампы из стали марки YT15, термостойкость 500°C.

Преимущества: Высокая точность формования и снижение адгезии.

Изготовление прецизионной штамповки

Применение: Прессование закаленной стали и вольфрамовой стали, давление 150-200 МПа, температура 400-550°C.

Требования: высокая термостойкость, твердость и усталостная прочность.

Типовая продукция: высокопрочный пробивной штамп из стали марки YW1 с пределом прочности при давлении 200 МПа.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сложное формование: обработка многокриволинейных заготовок, которые должны противостоять деформации.
Высокочастотная штамповка: миллионы штамповок, требуется сверхвысокая износостойкость.
Задача: Сверхвысокие температуры (>600°C) или сверхвысокие давления (>200 МПа) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс изготовления износостойких твердосплавных штамповочных штампов объединяет материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать его производительность в условиях штамповки. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки WC и Co, добавьте TiC и TaC для оптимизации производительности, измельчайте в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и контролируйте размер частиц на уровне 0,5–2 мкм .
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.
Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или AlTiN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.
CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.
Полировка: Ra < 0,1 мкм , для уменьшения прилипания заготовки.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка формообразующей поверхности.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .
Лазерная обработка: повышение точности поверхности.

Проверка качества

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на износ: имитация штамповки, 1000 раз.
Испытание под давлением: 200 МПа, для обнаружения деформации.
Испытание на усталость: 0-100 МПа, >10 ⁶ раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-18 МПа·м ¹ / ² .
Механическая прочность: 600°C, >550 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ⁶ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: Увеличьте содержание Co и добавьте TiC / TaC для повышения прочности и жаропрочности.
Технология покрытия: Многослойное AlTiN + TiCN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , нанопокрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Износостойкие штамповочные штампы из цементированного карбида значительно повысили эффективность и долговечность штамповки за счет усовершенствованных процессов и дизайна приложений. Поскольку спрос на высокопрочную и сложную штамповку растет, оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных износостойких штамповочных штампах, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:

Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкое карбидное механическое уплотнение

Обзор

Износостойкие механические уплотнения из цементированного карбида представляют собой высокопроизводительные уплотнения, предназначенные для химической, нефтяной, электроэнергетической и водоочистной промышленности, и широко используются в таком оборудовании, как насосы, компрессоры и реакторы. Эти уплотнения основаны на цементированном карбиде (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co) и значительно улучшают износостойкость, коррозионную стойкость и сопротивление давлению за счет оптимизации составов сплавов и процессов обработки поверхности. Среда механического уплотнения включает высокое давление (10-50 МПа), высокую температуру (200-600 °C), высокую скорость (500-3000 об/мин) и коррозионные среды (такие как кислоты, щелочи и жидкости, содержащие песок). Традиционные материалы, такие как карбид кремния или керамика, подвержены износу или растрескиванию в экстремальных условиях, поэтому износостойкий цементированный карбид становится идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в области уплотнений.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет HV 1600-2000, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м. Подходит для герметизации высокоскоростных и содержащих частицы сред, а также значительно продлевает срок службы.

Ударопрочность и прочность

Вязкость разрушения составляет 12–18 МПа·м $^{1/2}$, и он не подвержен растрескиванию даже при высоких сжимающих и ударных нагрузках (5000–8000 Н).

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 550 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и вибрации, пригоден для непрерывной эксплуатации.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур 200-600°C, устойчива к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

скорость коррозии в кислых, щелочных, сероводородных или углекислотных средах составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Износостойкие карбидные механические уплотнения были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями применения. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность 14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред средней и низкой агрессивности (таких как вода и масло), давление 10-20 МПа, скорость 500-1500 об/мин, термостойкость 400 °C, подходит для водяных и масляных насосов.

Преимущества: высокая износостойкость, высокая точность, умеренная стоимость.

Ограничения: требуется поддержка покрытия в условиях сильной коррозии или высоких температур.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред средней и высокой коррозионной активности (таких как слабые кислоты и слабые щелочи), давление 20-30 МПа, скорость 1000-2000 об/мин, термостойкость 450 °C, подходит для химических насосов.

Преимущества: Сбалансированная износостойкость и прочность, высокая долговечность.

Ограничение: при чрезвычайно высоком давлении требуется дополнительное усиление.

YT15

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации термостойких сред (таких как высокотемпературное масло, пар), давление 30-40 МПа, скорость 1500-2500 об/мин, термостойкость 500°C, подходит для высокотемпературных реакторов.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая герметизирующая способность.

Ограничения: Немного снижена прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 15-17 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации высококоррозионных сред (например, нефти и газа, содержащих H_2S) , давление 40-50 МПа, скорость 2000-3000 об/мин, термостойкость 550 °C, подходит для насосов нефтяного бурения.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и коррозии, подходит для экстремальных условий.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YG20

Состав: WC 80%, Co 20%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 18-20 МПа·м $^{1/2}$, плотность 13,8 г/см ^{3}, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ^{3}/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред, содержащих частицы (например, грязь, раствор), давление 20-30 МПа, скорость 1000-2000 об/мин, термостойкость 400 °C, подходит для насосов водоподготовки.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, высокая ударопрочность, подходит для сложных условий эксплуатации.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Износостойкие карбидные механические уплотнения играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Уплотнения водяного насоса и масляного насоса

Сценарий: Уплотнительная вода или смазочное масло, давление 10-20 МПа, температура 20-400°C, скорость 500-1500 об/мин.

Требования: износостойкость и низкая утечка, высокая прочность.

Типовая продукция: Торцевое уплотнение из стали марки YG6, износостойкость <0,02 мм^{3}/Н·м.

Преимущества: высокая точность и длительный срок службы.

Уплотнение химического насоса

Сценарий: Уплотнение слабой кислоты и слабого основания, давление 20-30 МПа, температура 200-450°C, скорость 1000-2000 об/мин.

Требования: коррозионная стойкость и стойкость к высоким температурам, герметичность.

Типовая продукция: двухстороннее уплотнение из стали марки YG8, термостойкость 450°C.

Преимущества: Защита от коррозии, снижение утечек.

Уплотнение нефтяного бурового насоса

Сценарий: Герметизация H_2S - содержащей нефти и газа, давление 40-50 МПа, температура 400-550°C, скорость 2000-3000 об/мин.

Требования: Устойчивость к высоким температурам, коррозии и высокому давлению.

Типовая продукция: Уплотнения высокого давления класса YW1 с сопротивлением давлению 50 МПа.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения

Уплотнение бурового насоса: работает с песчаной средой и должно быть износостойким.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Высокоскоростное уплотнение: используется в компрессорах и должно быть устойчивым к вибрации.
Проблема: Сверхвысокие температуры (>600°C) или сверхвысокие давления (>50 МПа) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства износостойких карбидных механических уплотнений сочетает материаловедение и технологию точной обработки для обеспечения его производительности в герметичной среде. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки WC и Co, добавьте TiC и TaC для оптимизации производительности, измельчайте в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и контролируйте размер частиц на уровне 0,5–2 мкм .
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.
Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.
CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.
Полировка: Ra < 0,1 мкм , снижает трение и утечки.

Прецизионная обработка

Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка уплотнительной поверхности.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .
Лазерная обработка: улучшение ровности поверхности.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на абразивный износ: имитация герметизации, 1000 часов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание под давлением: 50 МПа, для обнаружения утечек.
Испытание на усталостную прочность: 0-30 МПа, >10 ⁶ раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-18 МПа·м ¹ / ² .
Механическая прочность: 600°C, >550 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ⁶ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: Увеличьте содержание Co и добавьте TiC / TaC для повышения прочности и жаропрочности.
Технология покрытия: Многослойное TiN + CrN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , антикоррозионное покрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Износостойкие карбидные механические уплотнения значительно улучшили эффективность и долговечность уплотнения благодаря передовым процессам и конструкциям приложений. С ростом спроса на высокое давление, высокую температуру и сложную обработку сред оптимизация карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных изделий из твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной промышленности, автомобильной, химической, военной и других отраслях. Если у вас есть какие-либо потребности в механических уплотнениях и уплотнительных кольцах из твердого сплава, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Твердосплавное износостойкое сопло

Обзор

Карбидные износостойкие сопла — это высокопроизводительные сопла, предназначенные для высокоизносной, высокоскоростной струйной обработки и коррозионных сред. Они широко используются при пескоструйной обработке, резке, распылении и химической обработке. Эти сопла изготовлены на основе твердого сплава (в основном состоящего из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации формулы сплава и процесса обработки поверхности износостойкость, коррозионная стойкость и эрозионная стойкость значительно улучшаются. Среда использования сопла включает высокоскоростные среды (такие как песок, абразивы), высокое давление (10-50 МПа), высокую температуру (200-600 °C) и коррозионные жидкости (такие как растворы кислот и щелочей). Традиционные материалы, такие как керамика или закаленная сталь, подвержены износу или выходу из строя при длительном использовании. Поэтому износостойкие сопла из твердого сплава становятся идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в струйной обработке.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1600-2000 HV, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м, что позволяет противостоять высокоскоростной абразивной эрозии и значительно продлевает срок службы.

Эрозионная стойкость и прочность

Прочность на разрыв составляет 12–18 МПа·м ¹/ ², материал способен выдерживать высокое давление и удары частиц (5000–10000 Н) без разрушения.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 550 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и вибрации и подходит для непрерывного впрыскивания.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур 200-600°C, устойчива к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении хрома (Cr) или молибдена (Mo) скорость коррозии в кислотных, щелочных или хлоридсодержащих средах составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Износостойкие сопла из цементированного карбида были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями применения. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность 14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для пескоструйной обработки и слабоагрессивных сред (таких как вода, сухой песок), давление 10-20 МПа, термостойкость 400°C, подходит для обработки поверхностей.

Преимущества: высокая износостойкость, высокая точность, умеренная стоимость.

Ограничения: требуется поддержка покрытия в условиях сильной коррозии или высоких температур.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для распыления абразивов средней и высокой твердости (например, стальной песок, кварцевый песок), давление 20-30 МПа, термостойкость 450°C, подходит для резки металла.

Преимущества: Сбалансированная износостойкость и прочность, высокая долговечность.

Ограничение: при чрезвычайно высоком давлении требуется дополнительное усиление.

YT15

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для распыления термостойких сред (таких как высокотемпературный поток воздуха, расплавленный металл), давление 30-40 МПа, термостойкость 500°C, подходит для термического напыления.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая стабильность при распылении.

Ограничения: Немного снижена прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 15-17 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для распыления высококоррозионных сред (таких как кислотный шлам, жидкость, содержащая H_2S) , давление 40-50 МПа, термостойкость 550 °C, подходит для химических форсунок.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и коррозии, подходит для экстремальных условий.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YG20

Состав: WC 80%, Co 20%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 13,8 г/см ³, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для распыления сред, содержащих крупные частицы (например, шлам, угольный шлак), давление 20-30 МПа, термостойкость 400°C, подходит для распыления в шахтах.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, высокая ударопрочность, подходит для сложных условий эксплуатации.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Износостойкие карбидные сопла играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Пескоструйная обработка и обработка поверхности

Применение: Сухая пескоструйная или стальная дробеструйная обработка, давление 10-20 МПа, температура 20-400°C.

Требования: защита от износа и эрозии, равномерное распыление.

Типичная продукция: пескоструйное сопло из стали марки YG6, износостойкость <0,02 мм³/Н·м.

Преимущества: высокая прочность, высокая эффективность струи.

Резка и напыление металла

Сценарий: Напыление стальной дроби или высокотемпературного потока воздуха, давление 20-30 МПа, температура 200-450°C.

Требования: устойчивость к высоким температурам и эрозии, стабильная устойчивость к давлению.

Типичная продукция: режущее сопло, класс YG8, термостойкость 450°C.

Преимущества: Антикоррозийность, уменьшенный износ.

Химическое распыление

Сценарий: Закачка кислотной суспензии или жидкости, содержащей H_2S, давление 40-50 МПа, температура 400-550°C.

Требования: Устойчивость к высоким температурам, коррозии и высокому давлению.

Типовая продукция: коррозионно-стойкие насадки из стали марки YW1 с сопротивлением давлению 50 МПа.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Распыление в шахтах: обработка грязи или угольного шлака, которые должны быть устойчивы к эрозии крупными частицами.
Очистка под высоким давлением: применяется с использованием струй воды высокого давления и требует устойчивости к вибрации.
Проблема: Сверхвысокие температуры (>600°C) или сверхвысокие давления (>50 МПа) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства износостойких форсунок из цементированного карбида сочетает материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать его производительность в среде распыления. Ниже приведены подробные технологические процессы и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки WC и Co, добавьте TiC и TaC для оптимизации производительности, измельчайте в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и контролируйте размер частиц на уровне 0,5–2 мкм .
Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.
Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.
Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.
Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.
Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.
CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.
Полировка: Ra < 0,1 мкм , для уменьшения адгезии частиц.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка инжекционных отверстий.
Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .
Лазерная обработка: улучшает гладкость отверстия.

Проверка качества

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.
Испытание на абразивный износ: имитация распыления, 1000 часов.
Испытание под давлением: 50 МПа, для обнаружения деформации.
Испытание на эрозию: 5000 Н, для определения износа.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-18 МПа·м ¹ / ² .
Механическая прочность: 600°C, >550 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ⁶ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: Увеличьте содержание Co и добавьте TiC / TaC для повышения прочности и жаропрочности.
Технология покрытия: Многослойное TiN + CrN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , антикоррозионное покрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Износостойкое сопло из цементированного карбида значительно улучшило эффективность и долговечность впрыска благодаря передовым технологиям и конструкции применения. С ростом спроса на высокое давление, высокую температуру и сложную обработку сред оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в износостойких соплах из твердого сплава, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Штампы для штамповки из карбида

Обзор

Штампы для штамповки из карбида — это высокопроизводительные штампы, предназначенные для обработки высокопрочного металла, которые широко используются в автомобилестроении, производстве электронных компонентов и штамповке листового металла. Эти штампы основаны на твердом сплаве (в основном состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co) и значительно повышают износостойкость, ударопрочность и усталостную прочность за счет оптимизации формул сплавов и процессов упрочнения. Среда штамповки включает в себя высокотвердые материалы (такие как нержавеющая сталь, холоднокатаная сталь), высокое давление (50-200 МПа) и повторяющиеся нагрузки (более миллиона раз). Традиционные стальные штампы трудно соответствуют требованиям из-за износа и растрескивания, поэтому штампы для штамповки из карбида вольфрама становятся идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в обработке штамповки.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость

Диапазон твердости составляет 1600-2000 HV, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м. Подходит для высокоточной и высокочастотной штамповки и значительно продлевает срок службы пресс-формы.

Ударопрочность и прочность

Вязкость разрушения составляет 12–18 МПа·м $^{1/2}$, и он не подвержен растрескиванию даже при высоких ударных нагрузках (5000–10000 Н) и многократной штамповке.

Механическая прочность

Прочность на растяжение превышает 550 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и циклическим нагрузкам, что делает его пригодным для непрерывного производства.

Термическая стабильность

Сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высокотемпературной штамповки (200–600 °C), устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Устойчивость к коррозии

При добавлении хрома (Cr) или молибдена (Mo) скорость коррозии в средах, содержащих охлаждающую жидкость или слабокислотных, составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Штампы из цементированного карбида были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями обработки. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6X

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 14-16 МПа·м $^{1/2}$, плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки материалов средней твердости (например, холоднокатаная сталь, алюминиевый сплав), давление 50-100 МПа, термостойкость 400°C, подходит для штамповки листов в автомобилестроении.

Преимущества: высокая износостойкость, высокая точность, умеренная стоимость.

Ограничения: Прочность немного ниже, требуется оптимизация конструкции.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки материалов средней и высокой твердости (например, оцинкованной стали, нержавеющей стали), давление 100-150 МПа, термостойкость 450 °C, подходит для формования корпусов бытовой техники.

Преимущества: Сбалансированная износостойкость и прочность, высокая долговечность.

Ограничение: требуется поддержка покрытия при чрезвычайно высоких давлениях.

YT15

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки жаропрочных материалов (таких как нержавеющая сталь, титановый сплав), давление 150-200 МПа, термостойкость 500°C, подходит для штамповки электронных компонентов.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая формовочная стабильность.

Ограничения: Немного снижена прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 15-17 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для штамповки закаленной стали (например, HRC 50-60) и высокопрочных сплавов, давление 150-200 МПа, термостойкость 550°C, подходит для точной штамповки.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и износу, подходит для материалов высокой твердости.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YG20

Состав: WC 80%, Co 20%

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

13,8 г/см ³, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.
Применимые сценарии: Подходит для штамповки мягких материалов (таких как алюминиевый сплав, медный сплав), давление 50-100 МПа, термостойкость 400°C, подходит для штамповки с небольшими нагрузками.
Преимущества: Сверхвысокая прочность, устойчивость к большим деформациям, подходит для сложных форм.
Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Штампы для штамповки из карбида играют ключевую роль в различных областях обработки. Сценарии их применения различаются в зависимости от состояния материала и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Производство автомобильных деталей

Сценарий: штамповка холоднокатаных стальных листов и оцинкованной стали, давление 50-100 МПа, температура 200-400°C.
Требования: устойчивость к износу и ударам, высокая прочность.
Типовая продукция: штамповочные штампы из стали марки YG6X, износостойкость <0,02 мм³/Н·м.
Преимущества: высокая точность и длительный срок службы.
Обработка электронных компонентов
Сценарий: Штамповка нержавеющих сталей и медных сплавов, давление 100-150 МПа, температура 300-500°C.
Требования: устойчивость к высоким температурам и адгезии, стабильная устойчивость к давлению.
Типовая продукция: прецизионные пробивные штампы из стали марки YT15, термостойкость 500°C.
Преимущества: Высокая точность формования и снижение адгезии.

Изготовление прецизионной штамповки

Применение: Прессование закаленной стали и вольфрамовой стали, давление 150-200 МПа, температура 400-550°C.
Требования: высокая термостойкость, твердость и усталостная прочность.
Типовая продукция: высокопрочный пробивной штамп из стали марки YW1 с пределом прочности при давлении 200 МПа.
Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения

Сложное формование: обработка многокриволинейных заготовок, которые должны противостоять деформации.
Высокочастотная штамповка: миллионы штамповок, требуется сверхвысокая

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

износостойкость.

Задача: Сверхвысокие температуры (>600°C) или сверхвысокие давления (>200 МПа) предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства штамповочных штампов из цементированного карбида объединяет материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать его производительность в условиях штамповки. Ниже приведена подробная последовательность процесса и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки WC и Co, добавьте TiC и TaC для оптимизации производительности, измельчайте в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и контролируйте размер частиц на уровне 0,5–2 мкм .

Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.

Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.

Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или AlTiN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.

CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.

Полировка: Ra < 0,1 мкм , для уменьшения прилипания заготовки.

Прецизионная обработка

Обработка на станках с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка формообразующей поверхности.

Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .

Лазерная обработка: повышение точности поверхности.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.

Испытание на износ: имитация штамповки, 1000 раз.

Испытание под давлением: 200 МПа, для обнаружения деформации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Испытание на усталость: 0-100 МПа, >10 ⁶ раз.

5. Показатели эффективности

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-18 МПа·м ¹ / ² .
Механическая прочность: 600°C, >550 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ⁶ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: увеличьте содержание Co и добавьте TiC / TaC для повышения прочности и жаропрочности.
Технология покрытия: Многослойное AlTiN + TiCN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , нанопокрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.

Благодаря передовым технологиям и конструкции применения штамповочные штампы из цементированного карбида значительно повысили эффективность и долговечность штамповки. Поскольку спрос на высокопрочную и сложную штамповку растет, оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных штамповочных штампах , мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn
电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Механические уплотнения из карбида

Обзор

Карбидные механические уплотнения — это высокопроизводительные уплотнительные элементы, предназначенные для химической, нефтяной, электроэнергетической и водоочистной промышленности. Они широко используются в уплотнениях валов для такого оборудования, как насосы, компрессоры и реакторы. Эти уплотнения основаны на карбиде (в основном, состоящем из карбида вольфрама WC и кобальта Co). Благодаря оптимизации формулы сплава и процесса обработки поверхности значительно улучшаются износостойкость, коррозионная стойкость и сопротивление давлению. Среда использования механических уплотнений включает высокое давление (10-50 МПа), высокую температуру (200-600 °C), высокую скорость (500-3000 об/мин) и коррозионные среды (такие как кислота, щелочь, жидкости, содержащие песок). Традиционные материалы, такие как карбид кремния или керамика, подвержены износу или растрескиванию в экстремальных условиях, поэтому карбидные механические уплотнения являются идеальным выбором. В этой статье будут подробно рассмотрены его технические характеристики, сценарии применения и производственные процессы, чтобы продемонстрировать его технические преимущества в области уплотнений.

1. Технические характеристики

Высокая твердость и износостойкость: диапазон твердости составляет 1600-2000 HV, а скорость износа контролируется на уровне 0,01-0,03 мм³/Н·м. Подходит для герметизации высокоскоростных и содержащих частицы сред, а также значительно продлевает срок службы.

Ударопрочность и вязкость: вязкость разрушения составляет 12–18 МПа·м ¹/ ², и даже при высоком давлении и ударных нагрузках (5000–8000 Н) он не подвержен растрескиванию.

Механическая прочность: прочность на разрыв превышает 550 МПа при 600°C, материал обладает высокой устойчивостью к термической усталости и вибрации, пригоден для непрерывной эксплуатации.

Термическая стабильность: сохраняет эксплуатационные характеристики в условиях высоких температур 200–600 °C, устойчив к термическому растрескиванию и диффузионному износу.

Коррозионная стойкость: при добавлении хрома (Cr) или молибдена (Mo) скорость коррозии в кислотных, щелочных, сероводородных или углекислых средах составляет менее 0,01 мм/год.

2. Материалы и марки

Механические уплотнения из цементированного карбида были разработаны в различных классах в соответствии с требованиями применения. Ниже приведены основные типы и их характеристики:

YG6

Состав: WC 94%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1800-1900, вязкость разрушения 14-16 МПа·м ¹/ ², плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

14,9 г/см ³, теплопроводность около 80 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1200 HV, скорость износа <0,02 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред средней и низкой агрессивности (таких как вода и масло), давление 10-20 МПа, скорость 500-1500 об/мин, термостойкость 400 °C, подходит для водяных и масляных насосов.

Преимущества: высокая износостойкость, высокая точность, умеренная стоимость.

Ограничения: требуется поддержка покрытия в условиях сильной коррозии или высоких температур.

YG8

Состав: WC 92%, Co 8%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 16-18 МПа·м ¹/ ², плотность 14,7 г/см ³, теплопроводность около 75 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1100 HV, скорость износа <0,025 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред средней и высокой коррозионной активности (таких как слабые кислоты и слабые щелочи), давление 20-30 МПа, скорость 1000-2000 об/мин, термостойкость 450 °C, подходит для химических насосов.

Преимущества: Сбалансированная износостойкость и прочность, высокая долговечность.

Ограничение: при чрезвычайно высоком давлении требуется дополнительное усиление.

YT15

Состав: WC 79%, TiC 15%, Co 6%

Характеристики: Твердость HV 1750-1850, вязкость разрушения 12-14 МПа·м ¹/ ², плотность 11,5 г/см ³, теплопроводность около 60 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,015 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации термостойких сред (таких как высокотемпературное масло, пар), давление 30-40 МПа, скорость 1500-2500 об/мин, термостойкость 500°C, подходит для высокотемпературных реакторов.

Преимущества: высокая термостойкость и антиадгезионная способность, хорошая герметизирующая способность.

Ограничения: Немного снижена прочность, необходимо оптимизировать охлаждение.

YW1

Состав: WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%

Характеристики: Твердость HV 1700-1800, вязкость разрушения 15-17 МПа·м ¹/ ², плотность 12,8 г/см ³, теплопроводность около 65 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1050 HV, скорость износа <0,01 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации высококоррозионных сред (например, нефти и газа, содержащих H_2 S) , давление 40-50 МПа, скорость 2000-3000 об/мин, термостойкость 550 °C, подходит для насосов нефтяного бурения.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и коррозии, подходит для экстремальных условий.

Ограничения: Высокая стоимость и необходимость точной обработки.

YG20

Состав: WC 80%, Co 20%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Характеристики: Твердость HV 1600-1700, вязкость разрушения 18-20 МПа·м ¹/ ², плотность 13,8 г/см ³, теплопроводность около 68 Вт/ м · К. Высокотемпературная твердость (600°C) около 1000 HV, скорость износа <0,03 мм ³/Н · м.

Применимые сценарии: Подходит для герметизации сред, содержащих частицы (например, грязь, раствор), давление 20-30 МПа, скорость 1000-2000 об/мин, термостойкость 400 °C, подходит для насосов водоподготовки.

Преимущества: Сверхвысокая прочность, высокая ударопрочность, подходит для сложных условий эксплуатации.

Ограничения: Немного низкая износостойкость, требуется обработка поверхности.

3. Подробности заявки

Механические уплотнения из карбида играют ключевую роль в различных промышленных областях. Сценарии их применения различаются в зависимости от условий среды и требований процесса. Ниже приведен подробный анализ:

Уплотнения водяного насоса и масляного насоса

Сценарий: Уплотнительная вода или смазочное масло, давление 10-20 МПа, температура 20-400°C, скорость 500-1500 об/мин.

Требования: износостойкость и низкая утечка, высокая прочность.

Типовая продукция: Торцевое уплотнительное кольцо из стали марки YG6, износостойкость <0,02 мм³/Н·м.

Преимущества: высокая точность и длительный срок службы.

Уплотнение химического насоса

Сценарий: Уплотнение слабой кислоты и слабого основания, давление 20-30 МПа, температура 200-450°C, скорость 1000-2000 об/мин.

Требования: коррозионная стойкость и стойкость к высоким температурам, герметичность.

Типовая продукция: двухстороннее уплотнительное кольцо из стали марки YG8, термостойкость 450°C.

Преимущества: Защита от коррозии, снижение утечек.

Уплотнение нефтяного бурового насоса

Сценарий: Герметизация нефти и газа, содержащих H_2S, давление 40-50 МПа, температура 400-550°C, скорость 2000-3000 об/мин.

Требования: Устойчивость к высоким температурам, коррозии и высокому давлению.

Типовая продукция: Уплотнительное кольцо высокого давления марки YW1 с сопротивлением давлению 50 МПа.

Преимущества: Устойчив к термическому растрескиванию и долговечен.

Специальные приложения

Уплотнение бурового насоса: работает с песчаной средой и должно быть износостойким.

Высокоскоростное уплотнение: используется в компрессорах и должно быть устойчивым к вибрации.

Проблема: Сверхвысокие температуры (>600°C) или сверхвысокие давления (>50 МПа)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

предъявляют более высокие требования к производительности.

4. Подробное объяснение процесса производства

Процесс производства механических уплотнений из цементированного карбида сочетает в себе материаловедение и технологию точной обработки, чтобы гарантировать их производительность в герметичной среде. Ниже приведена подробная последовательность процесса и технические моменты:

Подготовка сырья

Смешивание порошков: используйте высокочистые порошки WC и Co, добавьте TiC и TaC для оптимизации производительности, измельчайте в шаровой мельнице в течение 24–48 часов и контролируйте размер частиц на уровне 0,5–2 мкм .

Оптимизация добавок: редкоземельные элементы добавляются для укрепления границ зерен, а нанодобавки — для повышения плотности.

Процесс формования

Прессование: Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 200-300 МПа, плотность 60-70%.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1300-1500°C, 100-200 МПа, плотность 98%.

Литье сложных конструкций: литье под давлением или 3D-печать, точность ±0,05 мм.

Процесс спекания

Вакуумное спекание: 1400-1600°C, 1-2 часа, удаление примесей.

Жидкофазное спекание: Co расплавляется для заполнения пор и оптимизации зерен.

Постобработка: плазменная очистка, отжиг для снятия напряжений.

Обработка поверхности

PVD: покрытие TiN или CrN , 2-10 мкм , устойчивое к износу и высоким температурам.

CCЗ: Покрытие TiCN или Al_2O_3 , устойчивое к температуре до 600° C.

Полировка: Ra < 0,1 мкм , снижает трение и утечки.

Прецизионная обработка

Обработка на станке с ЧПУ: точность ±0,01 мм, обработка уплотнительной поверхности.

Электроэрозионная обработка: сложная геометрия, Ra 0,05 мкм .

Лазерная обработка: улучшение ровности поверхности.

Проверка качества

Испытание на твердость: GB/T 16599, 10 кг, ±30 HV.

Испытание на абразивный износ: имитация герметизации, 1000 часов.

Испытание под давлением: 50 МПа, для обнаружения утечек.

Испытание на усталостную прочность: 0-30 МПа, $>10^6$ раз.

5. Показатели эффективности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Износостойкость: 0,01-0,03 мм³/Н·м.
Ударопрочность: 12-18 МПа·м ¹ / ² .
Механическая прочность: 600°C, >550 МПа.
Усталостная долговечность: >10 ⁶ раз.
Термостойкость: 600°C, снижение производительности <15%.

6. Оптимизация производительности и инновации процессов

Формула сплава: Увеличьте содержание Co и добавьте TiC / TaC для повышения прочности и жаропрочности.
Технология покрытия: Многослойное TiN + CrN , 2-10 мкм .
Термическая обработка: твердый раствор + старение, оптимизация границ зерен.
Обработка поверхности: Ra < 0,1 мкм , антикоррозионное покрытие.
Инновационные процессы: 3D-печать индивидуальных форм, оптимизированные с помощью ИИ параметры спекания.
Механические уплотнения из цементированного карбида значительно улучшили эффективность и долговечность уплотнения благодаря передовым процессам и конструкциям приложений. С ростом спроса на высокое давление, высокую температуру и сложную обработку сред оптимизация цементированного карбида будет продолжать способствовать его технологическому прогрессу.

За 30-летнюю историю производства твердосплавных изделий компания CTIA GROUP LTD разработала и произвела большое количество высокопроизводительных твердосплавных изделий, отвечающих строгим требованиям десятков тысяч клиентов в машиностроении, авиации, энергетике, горнодобывающей промышленности, электронной, автомобильной, химической, военной и других отраслях промышленности. Если у вас есть какие-либо потребности в твердосплавных уплотнениях, мы готовы предоставить вам точные, эффективные и высококачественные индивидуальные услуги!
Свяжитесь с нами, чтобы получить самую свежую информацию в отрасли и разработать эксклюзивные решения:
Тел.: +86 592 5129696 Электронная почта: sales@chinatungsten.com
Веб-сайт: www.tungstenpowder.com Публичный аккаунт WeChat: «China Tungsten Online»

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

Что такое вольфрам-кобальтовый (YG) твердый сплав?

Вольфрам-кобальтовый (YG) цементированный карбид — это промышленный материал с превосходными характеристиками. Благодаря своей превосходной твердости, износостойкости и прочности он стал незаменимым звездным продуктом в современном производстве. Этот материал в основном спекается с использованием карбида вольфрама (WC) в качестве твердой фазы и кобальта (Co) в качестве связующей фазы с помощью передового процесса порошковой металлургии. Он широко используется в режущих инструментах, штамповочных штампах, горнодобывающих инструментах и различных износостойких деталях. Его название «YG» происходит от китайской аббревиатуры пиньинь «вольфрам-кобальт», что полностью отражает его основные компоненты и уникальную ценность. Как высокопроизводительный композитный материал, вольфрам-кобальтовый цементированный карбид обеспечивает эффективные и надежные решения для различных отраслей промышленности благодаря своим превосходным физическим и механическим свойствам, помогая повысить эффективность производства и гарантировать качество продукции.

Состав и структура твердого сплава вольфрам-кобальт (YG)

Суть вольфрам-кобальтового цементированного карбида заключается в его научном составе и точной микроструктуре. Карбид вольфрама является твердой фазой материала, составляющей от 70% до 94% от общего веса. Его кристаллическая структура гексагональная, с твердостью до HV 1800-2200, близкой к натуральному алмазу, и может эффективно противостоять износу и высоким нагрузкам при резке. Кобальт, как связующая фаза, обычно содержит от 6% до 30%. Это легкоплавкий металл, который плавится и равномерно заполняет промежутки между частицами карбида вольфрама во время спекания, придавая материалу превосходную прочность и ударопрочность. Кроме того, для дальнейшего улучшения характеристик при необходимости можно добавлять следовые добавки, такие как карбид титана (TiC), карбид тантала (TaC) или карбид ниобия (NbC). Эти ингредиенты могут повысить высокотемпературную стабильность, коррозионную стойкость или измельчить зерна для соответствия требованиям конкретных применений. Микроскопически вольфрам-кобальтовый цементированный карбид представляет собой поликристаллическую структуру с равномерно распределенными частицами карбида вольфрама и фазами кобальта, образующими непрерывную связующую сеть. Такая структурная конструкция обеспечивает стабильность и надежность материала в условиях интенсивного использования.

Эксплуатационные характеристики изделий из вольфрам-кобальтового (YG) твердого сплава

Вольфрамово-кобальтовый цементированный карбид известен своими превосходными эксплуатационными характеристиками. Прежде всего , его высокая твердость является изюминкой продукта. Диапазон твердости составляет от HV 1600 до 2000, что достаточно для обработки материалов с твердостью до HRC 60 или выше, таких как закаленная сталь или чугун. Эта высокая твердость позволяет ему хорошо работать в процессах резки,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

штамповки и шлифования, значительно продлевая срок службы инструментов и форм. Во-вторых, износостойкость продукта чрезвычайно превосходна, с интенсивностью износа всего 0,01-0,03 мм³/Н·м, что намного превышает таковую у традиционных инструментов из быстрорежущей стали, и может сохранять долговременную стабильность на высоких скоростях (более 2000 об/мин) или в средах, содержащих песок. Кроме того, вольфрам-кобальтовый цементированный карбид также обладает хорошей вязкостью с вязкостью разрушения 12-20 МПа·м ¹ / ² . Увеличение содержания кобальта дополнительно повышает ударопрочность материала, что делает его особенно подходящим для рабочих условий с высокими ударными нагрузками. С точки зрения термической стабильности материал может по-прежнему сохранять высокую твердость (более 1000 HV) при высоких температурах 600-800 °C, противостоять термическому растрескиванию и диффузионному износу и подходит для высокотемпературных сред обработки. Что касается коррозионной стойкости, то основные характеристики достаточны для работы в мягких кислотно-щелочных средах (pH 4-10), а путем добавления таких элементов, как хром или никель, его коррозионная стойкость может быть дополнительно улучшена для удовлетворения специальных потребностей, таких как химическая промышленность. Стоит отметить, что после тонкой полировки шероховатость поверхности изделия может достигать Ra < 0,1 мкм , при этом оно обладает низкими фрикционными и антиадгезионными характеристиками, что особенно подходит для работы с вязкими средами или в случаях, требующих высокоточной герметизации.

Классификация продукции и марки вольфрам-кобальтового (YG) твердого сплава

Вольфрамово-кобальтовый твердый сплав подразделяется на несколько марок в зависимости от содержания кобальта и сфер применения, и каждая марка оптимизирована для конкретных нужд.

Вольфрам-кобальтовый цементированный карбид разработал богатую систему марок на основе содержания кобальта, размера зерна, типа добавки и разнообразия целевых сценариев применения. Эти марки могут точно соответствовать различным потребностям от высокоточной резки до износостойкости в тяжелых условиях. Ниже приводится подробное введение и анализ классификации основных марок, охватывающий их состав, эксплуатационные параметры, применимые сценарии и типичные применения. В следующей таблице обобщена эта информация для интуитивного понимания:

Классификация продукции и марки вольфрам-кобальтового (YG) твердого сплава

Бренд	Элемент (масса%)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YG6	WC 94%, Co 6%	1800-1900	14-16	14.9	80	Резка чугуна, цветных металлов, пробивка тонких пластин	Токарные инструменты, волочильные фильеры

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Элемент (масса%)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YG6X	WC 94%, Co 6% (Сверхмелкое зерно)	1900-2000	13-15	14.9	80	Прецизионная резка, микроинструменты	Микросверло, прецизионный токарный инструмент
YG8	WC 92%, Co 8%	1700-1800	16-18	14.7	75	Штампы для штамповки, обработка материалов средней твердости	Штампы для штамповки, горнодобывающие буровые коронки
YG10	WC 90%, Co 10%	1650-1750	17-19	14.5	73	Режущие инструменты общего назначения, ударные нагрузки	Фреза, сверло общего назначения
YG12	WC 88%, Co 12%	1600-1700	18-20	14.2	70	Детали с высокой ударопрочностью и износостойкостью	Ножи для копания, штамповочные штампы
YG15	WC 85%, Co 15%	1500-1600	18-20	14.0	68	Условия высокой ударной нагрузки, инструменты для проходки туннелей	Экскаватор, Дробилка
YG20	WC 80%, Co 20%	1500-1600	20-25	13.8	68	Устойчив к сильным ударам и средам, содержащим частицы	Сверло, насадка
YT5	WC 81%, TiC 15%, Co 4%	1750-1850	12-14	11.8	60	Резка стали, высокоскоростная обработка	Токарные инструменты, фрезы
YT15	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.5	60	Термостойкие материалы для резки и штамповки	Высокотемпературная форма, растягивающаяся форма
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	1700-1800	15-17	12.8	65	Сильная коррозионная среда, обработка под высоким давлением	Уплотнительное кольцо, химическое сопло

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Элемент (масса%)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YC40	WC 70%, TiC 20%, Co 10%	1600-1700	18-20	11.2	55	Штамповка материала высокой твердости, термообработка заготовки	Штампы для штамповки тяжелых грузов

YG6 — классический сорт с содержанием кобальта 6%. Обладает высокой твердостью и отличной износостойкостью. Особенно подходит для резки чугуна и цветных металлов, а также штамповки тонких пластин. Широко используется при изготовлении высокоточных инструментов, таких как токарные резцы и волочильные матрицы. Низкое содержание кобальта обеспечивает твердость материала, но умеренную прочность, подходит для условий средней нагрузки.

YG6X — это ультрамелкозернистый вариант YG6 с размером зерна менее 1 мкм . Благодаря технологии рафинирования твердость увеличивается до HV 1900-2000, а износостойкость еще больше повышается. Он особенно подходит для прецизионных режущих и микроинструментов, таких как микросверла и прецизионные токарные инструменты.

YG8 содержит 8% кобальта, его твердость немного снижена до HV 1700-1800, но его прочность увеличена до 16-18 МПа·м ¹ / ². Он обладает как твердостью, так и ударопрочностью и является основным выбором для штамповочных штампов и горнодобывающих буровых коронок, подходит для обработки материалов средней твердости.

YG10 содержит 10% кобальта, имеет твердость HV 1650-1750 и прочность 17-19 МПа·м ¹ / ². Это универсальный сорт, широко используемый во фрезах и сверлах, подходящий для различных условий резания и ударных нагрузок.

YG12 имеет содержание кобальта 12%, твердость HV 1600-1700 и ударную вязкость 18-20 МПа·м. ¹ / ² . Подходит для изготовления деталей с высокой ударной нагрузкой и износостойких деталей, таких как экскаваторы и штамповочные штампы.

YG15 содержит 15% кобальта, имеет твердость HV 1500-1600 и вязкость 18-20 МПа·м ¹ / ². Он предназначен для условий высоких ударных нагрузок, таких как проходческие фрезы и отбойные молотки, и особенно подходит для горнодобывающей и строительной промышленности.

YG20 имеет содержание кобальта до 20%, твердость HV 1500-1600 и вязкость 20-25 МПа·м ¹ / ². Он имеет чрезвычайно высокую ударопрочность и подходит для использования в сложных средах с большими ударами и зернистыми средами, такими как буровые коронки и насадки.

В состав YT5 входит 15% TiC , содержание кобальта снижено до 4%, твердость составляет HV 1750-1850, сплав обладает превосходной термостойкостью, подходит для высокоскоростной резки стали и широко используется в токарных инструментах и фрезах.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YT15 содержит 6% Co и 15% TiC , имеет твердость HV 1700-1800. Он обладает превосходной термостойкостью и антиадгезионными свойствами и подходит для штамповки термостойких материалов и высокотемпературных форм.

YW1 содержит 10% Co, 10% TiC и 2% TaC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 15-17 МПа·м ^{1} / ^{2}. Он обладает высокой коррозионной стойкостью и подходит для высококоррозионных сред и обработки под высоким давлением, например, для уплотнительных колец и химических форсунок.

YC40 содержит 10% Co и 20% TiC , имеет твердость HV 1600-1700 и вязкость 18-20 МПа·м ^{1} / ^{2}. Он специально разработан для штамповки и термообработки деталей из высокотвердых материалов, таких как тяжелые штамповочные штампы.

Разнообразие этих марок отражает гибкость вольфрам-кобальтового цементированного карбида. Пользователи могут выбрать подходящую марку в соответствии с конкретными потребностями в обработке и найти соответствующие продукты от высокотвердых прецизионных режущих до высокопрочных для тяжелых условий эксплуатации.

Процесс производства изделий из вольфрам-кобальтового (YG) твердого сплава

Процесс производства вольфрам-кобальтового цементированного карбида воплощает в себе суть современного материаловедения. От подготовки сырья до конечного продукта каждый шаг строго контролируется. Сначала отбираются высокочистые порошки карбида вольфрама и кобальта с размером частиц 0,5-2 мкм и смешиваются с диспергатором методом мокрого шарового измельчения в течение 24-48 часов для обеспечения однородного состава. Затем смесь высушивается и гранулируется с помощью технологии распылительной сушки, а распределение размеров частиц составляет менее 5 мкм , что закладывает основу для последующего формования. Процесс формования включает холодное изостатическое прессование (ХИП, давление 200-300 МПа) или горячее изостатическое прессование (ГИП, 1300-1500 °C, давление 100-200 МПа), так что плотность сырого тела достигает 60-70%, а плотность увеличивается до более чем 98% с помощью процесса ГИП. Для сложных геометрических форм можно использовать технологию литья под давлением (MIM) или 3D-печати с точностью до ±0,05 мм. В процессе спекания используется вакуумное спекание (1400-1600 °C, 1-2 часа) или жидкофазное спекание, а кобальт плавится при высокой температуре, чтобы заполнить поры и контролировать размер зерна в диапазоне 1-5 мкм . После спекания плазменная очистка и отжиг (800-1000 °C) используются для удаления поверхностного оксидного слоя и снятия внутреннего напряжения. Наконец, изделие обрабатывается прецизионной шлифовкой с ЧПУ (точность ±0,01 мм), покрытием PVD (например, TiN , толщиной 2-10 мкм) или химико-механической полировкой (шероховатость поверхности Ra < 0,1 мкм), демонстрируя высококачественную отделку поверхности и функциональные характеристики.

Области применения изделий из вольфрам-кобальтового (YG) твердого сплава

Вольфрамокобальтовый цементированный карбид показал широкую применимость во многих промышленных областях благодаря своим разнообразным эксплуатационным преимуществам. В области режущих инструментов, токарных инструментов, фрез и сверл

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

используют марки YG6 или YG8, которые могут эффективно обрабатывать сталь, чугун и цветные металлы со скоростью резания до 100-300 м/мин и сроком службы инструмента более 1000 часов. Они широко используются в деталях автомобильных двигателей и прецизионной обработке. Что касается штамповочных штампов, марки YG8 и YG15 используются для штамповки автомобильных пластин и электронных компонентов. Они обладают высокой износостойкостью и могут штамповаться более 1 миллиона раз, что гарантирует качество продукции и эффективность производства. В области горнодобывающего инструмента марки YG15 и YG20 буровых долот, туннельных ножей и отбойных молотков могут справиться с задачами по проходке туннелей из твердых пород (твердость по Моосу 6-9), значительно повышая эффективность добычи. Износостойкие детали, такие как сопла, уплотнения и сердечники клапанов, используют превосходную прочность YG20 для сопротивления абразивным частицам и коррозии и особенно подходят для бурения нефтяных скважин и химической инъекции. Более того, вольфрам-кобальтовый цементированный карбид также используется для обработки титановых сплавов и Inconel 718 в аэрокосмической отрасли, в энергетической промышленности для уплотнений клапанов атомных электростанций и в медицинской сфере для производства стоматологических сверл, полностью демонстрируя свою важную роль в высокотехнологичных отраслях.

Вольфрам-кобальтовый (YG) цементированный карбид стал основным материалом в промышленном производстве благодаря своей превосходной твердости, износостойкости, прочности и термической стабильности. Его научный состав, точный производственный процесс и разнообразный выбор марок позволяют ему удовлетворять широкий спектр потребностей от ежедневной обработки до экстремальных условий работы. Будь то повышение эффективности резки, продление срока службы пресс-формы или повышение надежности износостойких деталей, вольфрам-кобальтовый цементированный карбид обеспечивает надежную поддержку для различных отраслей промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Что такое карбид вольфрама-титана-кобальта (YT)?

Твердый сплав вольфрама-титана-кобальта (YT) — это высокопроизводительный спеченный композитный материал, который изготавливается из карбида вольфрама (WC) и карбида титана (TiC) в качестве твердых фаз и кобальта (Co) в качестве связующей фазы с помощью передового процесса порошковой металлургии. YT — это аббревиатура от «Yong Ti», что отражает его уникальные характеристики состава. Этот материал особенно подходит для обработки стали и жаропрочных сплавов в промышленной сфере благодаря своей превосходной термостойкости, износостойкости и производительности резки и стал основным выбором при производстве режущих инструментов и форм. Регулируя соотношение TiC и Co и оптимизируя структуру зерна, твердый сплав вольфрама-титана-кобальта может удовлетворить разнообразные потребности от высокоскоростной резки до высокотемпературной обработки, предоставляя эффективные и долговечные решения для обрабатывающей промышленности.

Состав и структура твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Уникальные свойства цементированного карбида вольфрама-титана-кобальта обусловлены его научным составом и точной микроструктурой. Карбид вольфрама (WC) как основная твердая фаза, составляющая 70% -85% от общего веса, обеспечивает высокую твердость (HV 1700-2000) и отличную износостойкость, а его гексагональная структура может сохранять стабильность при высоких температурах. Карбид титана (TiC) как вспомогательная твердая фаза, обычно содержание 5% -20%, значительно улучшает термостойкость материала и антиадгезионные свойства, особенно подходит для предотвращения образования нароста на кромке при резке стали. Кобальт (Co) как связующая фаза, содержание обычно составляет 4% -10%, плавится в процессе спекания и заполняет зазоры между частицами WC и TiC , придавая материалу хорошую прочность и ударопрочность. Кроме того, при необходимости можно добавлять следовые добавки, такие как карбид тантала (TaC) или карбид ниобия (NbC), для дальнейшего повышения высокотемпературной твердости и измельчения зерен. Микроскопически твердый сплав YT представляет собой поликристаллическую структуру с равномерно распределенными частицами WC и TiC и Co, образующим непрерывную связующую сеть. Такая структурная конструкция обеспечивает надежность и стабильность материала в условиях высоких температур и высоких нагрузок.

Эксплуатационные характеристики изделий из твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Вольфрам-титан-кобальтовый цементированный карбид известен своими выдающимися эксплуатационными характеристиками. Прежде всего , его высокая твердость является основным преимуществом продукта. Диапазон твердости составляет от HV 1700 до 2000, и он может эффективно резать сталь и жаропрочные сплавы с твердостью до HRC 60 или выше. Эта высокая твердость позволяет ему хорошо работать при высокоскоростной резке и тяжелой обработке, значительно продлевая срок службы инструмента. Во-вторых, износостойкость продукта чрезвычайно превосходна, с интенсивностью износа всего 0,01-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

0,02 мм³ / Н · м, что намного превышает традиционные инструменты из быстрорежущей стали, и может сохранять долговременную стабильность при высокоскоростной (1000-3000 об/мин) или обработке стали, содержащей оксиды. Добавление TiC также придает материалу отличную термостойкость. Он по-прежнему может сохранять высокую твердость (>1000 HV) при высоких температурах 600-900 °C, противостоять термическому растрескиванию и диффузионному износу и особенно подходит для высокотемпературных сред резки. Кроме того, вязкость разрушения твердого сплава вольфрама-титана-кобальта составляет 12-16 МПа·м ¹ / ². Содержание Co напрямую влияет на вязкость и подходит для рабочих условий со средними ударными нагрузками. С точки зрения коррозионной стойкости основные характеристики достаточны для работы в слабокислой и щелочной среде (pH 4-10), а химическая стабильность TiC дополнительно снижает тенденцию к адгезии во время резки стали. После тонкой полировки шероховатость поверхности изделия может достигать Ra < 0,1 мкм , с низкими характеристиками трения и антиадгезией, что особенно подходит для уменьшения образования наростов на кромке при высокоскоростной обработке.

Классификация продукции и марки твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Вольфрам-титан-кобальтовый цементированный карбид разработал множество марок на основе различий в содержании TiC , содержании Co и целевых применений. Эти марки могут точно соответствовать разнообразным потребностям от высокоскоростной резки до высокотемпературной штамповки. Ниже приводится подробное введение и анализ классификации основных марок, охватывающий их состав, эксплуатационные параметры, применимые сценарии и типичные применения. В следующей таблице обобщена эта информация для интуитивного понимания:

Классификация продукции и марки твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Бренд	Состав (мас. %)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YT5	WC 81%, TiC 15%, Co 4%	1750-1850	12-14	11.8	60	Высокоскоростная резка стали и твердых материалов	Токарные инструменты, фрезы
YT14	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.6	58	Среднескоростная резка стали, получистовая обработка	Токарные инструменты, волочильные фильеры
YT15	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.5	60	Термостойкие материалы для резки и штамповки	Высокотемпературная форма, растягивающаяся

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Состав (мас. %)	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
							форма
YT30	WC 70%, TiC 20%, Co 10%	1600-1700	14-16	11.2	55	Тяжелая резка и штамповка стали высокой твердости	Тяжелые штампы, режущие ножи
YT5	WC 82%, TiC 13%, Co 5%	1800-1900	12-13	11.9	62	Прецизионная резка стали, высокоскоростная обработка	Прецизионные токарные инструменты и фрезы
YT9	WC 80%, TiC 10%, Co 10%	1650-1750	14-15	11.7	65	Резка со средним ударом, общая обработка	Универсальные токарные инструменты, сверла
YT18	WC 77%, TiC 15%, Co 8%	1650-1750	13-15	11.4	58	Резка нержавеющей стали и жаропрочных сплавов	Ножи и формы из нержавеющей стали
YT25	WC 75%, TiC 15%, Co 10%	1600-1700	15-16	11.3	57	Высокотемпературная штамповка, прерывистая резка	Высокотемпературный штамповочный штамп, прерывистый нож
YT10	WC 80%, TiC 10%, Co 10%	1700-1800	13-14	11.7	63	Резка чугуна, смешанная обработка стали	Лезвие для резки смешанных материалов
YT8	WC 82%, TiC 10%, Co 8%	1700-1800	13-15	11.6	60	Резка и штамповка материалов средней твердости	Штампы для штамповки, режущие инструменты

YT5 — это высокотвердый сорт, содержащий 4% Co и 15% TiC , с твердостью HV 1750-1850 и вязкостью разрушения 12-14 МПа·м ¹ / ² . Он особенно подходит для высокоскоростной резки стали и твердых материалов и широко используется в токарных инструментах и фрезах. Его низкое содержание кобальта обеспечивает высокую износостойкость, но умеренную вязкость, подходит для условий непрерывной резки.

YT14 содержит 6% Co и 15% TiC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 12-14 МПа·м ¹ / ². Подходит для среднескоростной резки стали и получистовой обработки. Обычно используется в токарных инструментах и волочильных матрицах, обладает как термостойкостью, так и износостойкостью.

YT15 также содержит 6% Co и 15% TiC , с твердостью HV 1700-1800. Он обладает выдающейся термостойкостью и антиадгезионными свойствами и особенно подходит для штамповки термостойких материалов и изготовления высокотемпературных форм, таких как вытяжные штампы и штампы для горячей штамповки.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YT30 содержит 10% Co и 20% TiC , имеет твердость HV 1600-1700 и вязкость 14-16 МПа·м $^{1/2}$. Он предназначен для тяжелой резки и штамповки сталей высокой твердости и подходит для тяжелых штамповочных штампов и режущих ножей.
YT5A содержит 5% Co и 13% TiC , имеет твердость HV 1800-1900 и прочность 12-13 МПа·м $^{1/2}$. Он оптимизирует производительность прецизионной резки и широко используется в прецизионных токарных инструментах и фрезах.
YT9 содержит 10% Co и 10% TiC , имеет твердость HV 1650-1750 и прочность 14-15 МПа·м $^{1/2}$. Это универсальный сорт, подходящий для резки со средними ударами и обработки смешанных материалов, например, универсальные токарные инструменты и сверла.
YT18 содержит 8% Co и 15% TiC , имеет твердость HV 1650-1750 и прочность 13-15 МПа·м $^{1/2}$. Он обладает высокой термостойкостью и коррозионной стойкостью и особенно подходит для резки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов.
YT25 содержит 10% Co и 15% TiC , имеет твердость HV 1600-1700 и прочность 15-16 МПа·м $^{1/2}$. Он предназначен для высокотемпературной штамповки и прерывистой резки и подходит для высокотемпературных штамповочных штампов и ножей прерывистой резки.
YT10 содержит 10% Co и 10% TiC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 13-14 МПа·м $^{1/2}$. Подходит для смешанной резки чугуна и стали, обеспечивая сбалансированную производительность.
YT8 содержит 8% Co и 10% TiC , имеет твердость HV 1700-1800 и вязкость 13-15 МПа·м $^{1/2}$. Подходит для резки материалов средней твердости и изготовления штампов.
Разнообразие этих марок отражает гибкость вольфрам-титан-кобальтовых твердых сплавов. Пользователи могут выбрать подходящую марку на основе таких факторов, как скорость резки, твердость материала, температурные условия, и могут найти соответствующие продукты от высокоскоростной прецизионной резки до высокотемпературной обработки с большой нагрузкой.

Процесс производства изделий из твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Процесс производства вольфрам-титан-кобальтового цементированного карбида воплощает в себе суть современного материаловедения. От подготовки сырья до конечного продукта каждый шаг строго контролируется. Сначала отбираются высокочистые порошки карбида вольфрама, карбида титана и кобальта с размером частиц 0,5-2 мкм и смешиваются с диспергатором методом мокрого шарового измельчения в течение 24-48 часов для обеспечения однородного состава. Затем смесь высушивается и гранулируется с помощью технологии распылительной сушки, а распределение размеров частиц составляет менее 5 мкм , что закладывает основу для последующего формования. Процесс формования включает холодное изостатическое прессование (CIP, давление 200-300 МПа) или горячее изостатическое прессование (HIP, 1300-1500 °C, давление 100-200 МПа), так что плотность сырого тела достигает 60-70%, а плотность увеличивается до более чем 98% с помощью процесса HIP. Для сложных геометрий можно использовать технологию литья под давлением металла (MIM) или 3D-печати с точностью до ±0,05 мм. Процесс спекания использует вакуумное спекание (1400-1600 °C, 1-2 часа) или жидкофазное спекание, а кобальт плавится

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

при высокой температуре, чтобы заполнить поры и контролировать размер зерна в диапазоне 1-5 мкм . После спекания используются плазменная очистка и отжиг (800-1000 °C) для удаления поверхностного оксидного слоя и снятия внутреннего напряжения. Наконец, изделие обрабатывается методом прецизионной шлифовки с ЧПУ (точность ±0,01 мм), нанесения покрытия PVD (например, TiN , толщина 2–10 мкм) или химико-механической полировки (шероховатость поверхности Ra < 0,1 мкм), что обеспечивает высокое качество отделки поверхности и функциональные характеристики.

Области применения изделий из твердого сплава вольфрам-титан-кобальт (YT)

Вольфрам-титан-кобальтовый цементированный карбид имеет широкий спектр применения во многих промышленных областях благодаря своим разнообразным эксплуатационным преимуществам. Его превосходная термостойкость и режущая способность делают его особенно выдающимся в условиях высоких температур и высокоскоростной обработки. Ниже приводится подробное описание его основных областей применения, а также список конкретных сценариев применения и примеров:

Область режущего инструмента

Описание: Марки YT5, YT5A и YT14 широко используются при изготовлении токарных инструментов, фрез и сверл благодаря высокой твердости и износостойкости, а также высокоэффективны при обработке стали, твердого сплава и чугуна. Скорость резания может достигать 200-300 м/мин, а срок службы инструмента может достигать 800-1200 часов, что значительно повышает эффективность обработки. Марка YT18 особенно подходит для резки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов, таких как Inconel 718, уменьшая наростообразование на кромке и сохраняя ее стабильность.

Конкретные области применения:

Обработка автозапчастей: обработка блоков цилиндров двигателей и коленчатых валов.

Машиностроение: производство прецизионных зубчатых передач и деталей валов.

Пример: Автомобильный завод использовал токарный инструмент YT5 для обработки стальных шатунов, увеличив срок их службы на 30%.

Поле штамповки

Описание: Марки YT15 и YT30 широко используются при штамповке жаропрочных материалов и сталей высокой твердости благодаря их жаропрочности и высокой прочности, например, автомобильных панелей, корпусов электронных компонентов и структурных деталей. Количество штамповок может превышать 800 000 раз, а поверхность формы обладает сильными антиадгезионными свойствами, что обеспечивает высокую точность и качество поверхности заготовки. Марка YT25 особенно подходит для высокотемпературной штамповки и отвечает требованиям к формованию сложных геометрических форм.

Конкретные области применения:

Автомобилестроение: штамповка дверных панелей и бамперов.

Электронная промышленность: производство корпусов и разъемов для мобильных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

телефонов.

Пример: компания по производству электроники использовала штамп YT15 для штамповки корпусов из нержавеющей стали, который непрерывно работал 500 000 раз без заметного износа.

Область высокотемпературной обработки

Описание: Марки YT18 и YT25 широко используются для высокотемпературной резки и штамповки жаропрочных сплавов, таких как титановые сплавы и сплавы на основе никеля, благодаря их превосходной термостойкости (до 900°C) и стойкости к окислению. Они хорошо работают в аэрокосмической, энергетической и химической промышленности и могут поддерживать стабильную производительность резки и срок службы штампа в условиях высоких температур. YT15 также подходит для обработки заготовок после термообработки для снижения термической деформации.

Конкретные области применения:

Аэрокосмическая промышленность: обработка лопаток и корпусов турбин.

Энергетическая промышленность: резка котельных труб и деталей клапанов.

Пример: авиакомпания использовала YT25 для резки корпусов из титанового сплава, что увеличило эффективность обработки на 25%.

Область износостойких деталей

Описание: Марки YT15 и YT30 используются для изготовления волочильных штампов, штампов для горячей штамповки и износостойких накладок благодаря их превосходной термостойкости и износостойкости. Они широко используются в автомобилестроении и тяжелом машиностроении. Эти детали могут противостоять высокотемпературному износу и адгезии, продлевают срок службы и хорошо работают, особенно в непрерывном производстве. Марка YT9 также может использоваться для изготовления износостойких покрытий для улучшения эксплуатационных характеристик поверхности оборудования.

Конкретные области применения:

форм для горячей штамповки стального листа .

Тяжелое машиностроение: производство износостойких накладок и направляющих.

Пример: производитель автомобилей использует вытяжные штампы YT15 для изготовления деталей горячей штамповки со сроком службы 100 000 раз.

Энергетика и химическая промышленность

Описание: Марки YT18 и YW1 широко используются в уплотнениях клапанов, соплах высокого давления и реакторных вкладышах в энергетическом и химическом оборудовании благодаря своей коррозионной стойкости и высокотемпературной стабильности. Эти детали могут работать в течение длительного времени в средах, содержащих кислоты, щелочи или высокотемпературные газы, что снижает утечки и износ. YT25 также подходит для высокотемпературной обработки носителей катализаторов для обеспечения стабильности химических реакций.

Конкретные области применения:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Нефтехимическая промышленность: обработка трубопроводов и реакторов высокого давления.
Энергетическое оборудование: производство деталей клапанов для атомных электростанций.
Пример: На нефтеперерабатывающем заводе форсунки YT18 использовались в течение 5000 часов без каких-либо явных признаков коррозии.

Медицинское и точное производство

Описание: Марки YT5A и YT9 используются для производства стоматологических сверл, микрорежущих инструментов и прецизионных форм благодаря их высокой точности и износостойкости. Эти инструменты хорошо работают в медицинской хирургии и производстве электронных компонентов и могут достигать точности обработки на уровне микронов. YT10 также подходит для обработки смешанных материалов, чтобы удовлетворить потребности в многоматериальных изделиях.
Конкретные области применения:
Медицинская промышленность: производство стоматологических и ортопедических хирургических инструментов.
Производство электроники: обработка микроразъемов и датчиков.
Пример: компания по производству медицинских приборов использует сверла YT5A для обработки костных винтов с точностью ±0,01 мм.

Оборонная и специальная промышленность

Описание: Марки YT30 и YT25 используются в оборонной промышленности для резки бронематериалов, обработки компонентов ракет и формовки специальных сплавов из-за их высокой прочности и термостойкости. Эти применения требуют, чтобы материалы сохраняли эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях. YT18 также может использоваться для изготовления высокоточных военных форм.
Конкретные области применения:
Военное производство: резка броневой стали для танков.
Аэрокосмическая промышленность: переработка компонентов ракетных двигателей.
Пример: Оборонная компания использовала YT30 для резки броневой стали, увеличив срок ее службы на 40%.
Широкое применение твердого сплава на основе вольфрама, титана и кобальта в этих областях в полной мере демонстрирует его превосходные характеристики в условиях высоких температур, высоких скоростей и сложных условий обработки, обеспечивая эффективные и долговечные решения для обработки в различных отраслях промышленности.

Твердый сплав вольфрама-титана-кобальта (YT) стал основным материалом в промышленной резке и высокотемпературной обработке благодаря своей превосходной твердости, термостойкости, износостойкости и адгезионной стойкости. Его научный состав, точный производственный процесс и разнообразный выбор марок позволяют ему удовлетворять широкий спектр потребностей от высокоскоростной резки до высокотемпературной штамповки.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Что такое твердый сплав вольфрам-титан-тантал (YW)?

Вольфрам-титан-танталовый (YW) цементированный карбид - это высокопроизводительный спеченный композитный материал, который изготовлен из карбида вольфрама (WC), карбида титана (TiC) и карбида тантала (TaC) в качестве твердых фаз и кобальта (Co) в качестве связующей фазы с помощью передовой порошковой металлургии. YW - это аббревиатура от "Yong Ti" и "Tan", отражающая его уникальное сочетание ингредиентов. Этот материал особенно подходит для экстремальных условий обработки, таких как резка материалов высокой твердости, герметизация высококоррозионных сред и условия работы под высоким давлением, благодаря своей превосходной термостойкости, износостойкости, коррозионной стойкости и ударопрочности. Вольфрам-титан-танталовый цементированный карбид может удовлетворить разнообразные потребности от точной резки до износостойкости при больших нагрузках за счет точной регулировки пропорции каждого компонента и структуры зерна, обеспечивая эффективное и долговечное решение для промышленного производства.

Состав и структура твердого сплава вольфрам-титан-тантал (YW)

Выдающиеся характеристики вольфрам-титан-танталового цементированного карбида обусловлены его сложным составом и точной микроструктурой. Карбид вольфрама (WC) как основная твердая фаза составляет 70% -80% от общего веса, обеспечивая высокую твердость (HV 1700-1900) и отличную износостойкость, а его гексагональная структура остается стабильной при высоких температурах. Содержание карбида титана (TiC) обычно составляет 5% -15%, что повышает термостойкость и антиадгезионные свойства материала и особенно подходит для уменьшения нароста на кромке при резке стали или жаропрочных сплавов. Карбид тантала (TaC) как ключевая добавка, содержание обычно составляет 1% - 5%, что значительно улучшает высокотемпературную твердость, стойкость к термическим трещинам и стойкость к окислению, что делает его выдающимся в экстремально высокотемпературных средах. Кобальт (Co) в качестве связующей фазы, содержание обычно составляет от 6% до 12%, который плавится и заполняет промежутки между частицами твердой фазы в процессе спекания, придавая материалу хорошую прочность и ударопрочность. Кроме того, следовые количества карбида ниобия (NbC) или карбида хрома (Cr_3C_2) могут быть добавлены в соответствии с конкретными потребностями для дальнейшей оптимизации измельчения зерна или коррозионной стойкости. Микроскопически цементированный карбид YW представляет собой поликристаллическую структуру с равномерно распределенными частицами WC, TiC и TaC , а Co образует непрерывную связующую сеть. Эта многофазная совместная конструкция обеспечивает надежность и долговечность материала при высоких температурах, высоком давлении и коррозионных средах.

Эксплуатационные характеристики изделий из твердого сплава вольфрам-титан-тантал (YW)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Вольфрам-титан-танталовый цементированный карбид известен своими превосходными комплексными характеристиками. Прежде всего , его высокая твердость является основным преимуществом продукта. Диапазон твердости составляет от HV 1700 до 1900, и он может эффективно резать высокотвердую сталь, титановый сплав и сплав на основе никеля с твердостью до HRC 60 или выше. Эта высокая твердость позволяет ему хорошо работать при тяжелой резке и точной обработке, значительно продлевая срок службы инструментов и форм. Во-вторых, продукт обладает чрезвычайно превосходной износостойкостью, с интенсивностью износа всего 0,01-0,015 мм³ / Н · м, что намного превышает традиционные инструменты из быстрорежущей стали, и может сохранять долговременную стабильность на высоких скоростях (1500-3500 об/мин) или в средах, содержащих частицы. Добавление TaC придает материалу отличную термостойкость, и он по-прежнему может сохранять высокую твердость (>1050 HV) при высоких температурах 700-1000 °C, противостоять термическому растрескиванию и диффузионному износу и особенно подходит для высокотемпературной резки и горячих сред обработки. Кроме того, вязкость разрушения вольфрам-титан-танталового цементированного карбида составляет 15-18 МПа·м $^{1/2}$. Содержание Co напрямую влияет на вязкость, что подходит для условий средней и высокой ударной нагрузки. С точки зрения коррозионной стойкости, TaC и возможные добавки Cr значительно повышают устойчивость материала к сильным кислотам (pH < 3), сильным щелочам (pH > 12) и средам, содержащим H_2S или CO_2 , со скоростью коррозии менее 0,01 мм/год, что делает его особенно подходящим для химической и нефтяной промышленности. После тонкой полировки шероховатость поверхности изделия может достигать Ra < 0,1 мкм , при этом оно обладает низкими фрикционными и антиадгезионными свойствами, что делает его пригодным для работы с вязкими или едкими средами.

Классификация продукции и марки твердого сплава вольфрам-титан-тантал (YW)

Вольфрам-титан-танталовый цементированный карбид разработал множество систем классов, основанных на соотношении TiC , TaC и Co и разнообразии сценариев применения. Эти классы могут точно соответствовать широкому спектру потребностей от точной резки до экстремальной износостойкости. Ниже приводится подробное введение и анализ классификации основных классов, охватывающий их состав, эксплуатационные параметры, применимые сценарии и типичные применения. В следующей таблице обобщена эта информация для интуитивного понимания:

Бренд	Состав (мас. %)	твердость (ВН)	Вязкость разрушения (МПа·м $^{1/2}$)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	1700-1800	15-17	12.8	65	Сильная коррозионная среда, обработка под высоким давлением	Уплотнительное кольцо, химическое сопло

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Бренд	Состав (мас. %)	твердость (ВН)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	Теплопроводность (Вт/ м·К)	Применимые сценарии	Типичное использование
YW2	WC 77%, TiC 12%, TaC 3%, Co 8%	1750-1850	14-16	12.7	63	Высокотемпературная резка, жаропрочный сплав	Токарные инструменты, высокотемпературные формы
YW3	WC 76%, TiC 10%, TaC 4%, Co 10%	1700-1800	15-17	12.6	62	Резка стали высокой твердости, прерывистая резка	Ножи для прерывистой резки, волочильные матрицы
YW5	WC 75%, TiC 15%, TaC 2%, Co 8%	1650-1750	16-18	12.5	60	Тяжелая резка и штамповка материалов высокой твердости	Тяжелые штампы, режущие ножи
YW10	WC 80%, TiC 5%, TaC 3%, Co 12%	1700-1800	16-18	13.0	67	Общая резка, ударная нагрузка	Универсальные токарные инструменты, сверла
YW15	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	1650-1750	17-19	12.8	65	Условия высоких ударных нагрузок, износостойкие детали	Экскаватор, Дробилка
YW20	WC 75%, TiC 12%, TaC 3%, Co 10%	1600-1700	18-20	12.5	63	Устойчив к сильным ударам и средам, содержащим частицы	Сверло, насадка
YW25	WC 73%, TiC 15%, TaC 2%, Co 10%	1600-1700	18-20	12.4	60	Экстремально высокая температура обработки, коррозионная стойкость	Клапаны и уплотнения высокого давления
YW30	WC 70%, TiC 10%, TaC 5%, Co 15%	1550-1650	19-21	12.2	58	Сверхпрочный, износостойкий, сложные условия работы	Износостойкая футеровка, горнодобывающий инструмент

YW1 содержит 10% Co, 10% TiC и 2% TaC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 15-17 МПа·м ¹ / ². Он обладает высокой коррозионной стойкостью и особенно подходит для высококоррозионных сред и обработки под высоким давлением, например, для уплотнительных колец и химических форсунок.

YW2 содержит 8% Co, 12% TiC и 3% TaC , имеет твердость HV 1750-1850 и вязкость 14-16

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

МПа·м ¹ / ². Он обладает превосходной термостойкостью и подходит для высокотемпературной резки и обработки жаропрочных сплавов, таких как токарные инструменты и высокотемпературные формы.
YW3 содержит 10% Co, 10% TiC и 4% TaC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 15-17 МПа·м ¹ / ². Подходит для резки стали высокой твердости и прерывистой резки, например, для ножей прерывистой резки и волочильных штампов.
YW5 содержит 8% Co, 15% TiC и 2% TaC , имеет твердость HV 1650-1750 и прочность 16-18 МПа·м ¹ / ². Он предназначен для тяжелой резки и штамповки материалов высокой твердости, таких как тяжелые штамповочные штампы и режущие ножи.
YW10 содержит 12% Co, 5% TiC и 3% TaC , имеет твердость HV 1700-1800 и прочность 16-18 МПа·м ¹ / ². Это универсальный сорт, подходящий для общих режущих и ударных нагрузок, таких как токарные инструменты и сверла.
YW15 содержит 10% Co, 10% TiC и 2% TaC , имеет твердость HV 1650-1750 и вязкость 17-19 МПа·м ¹ / ². Подходит для работы в условиях высоких ударных нагрузок и изготовления износостойких деталей, таких как туннельные фрезы и отбойные молотки.
YW20 содержит 10% Co, 12% TiC и 3% TaC , имеет твердость HV 1600-1700 и прочность 18-20 МПа·м ¹ / ². Он имеет чрезвычайно высокую ударную вязкость и подходит для сред, содержащих частицы, и сложных сред, таких как буровые коронки и насадки.
YW25 содержит 10% Co, 15% TiC и 2% TaC , имеет твердость HV 1600-1700 и прочность 18-20 МПа·м ¹ / ². Он предназначен для экстремально высоких температур и коррозионностойких сред, таких как клапаны и уплотнения высокого давления .
YW30 содержит 15% Co, 10% TiC и 5% TaC , имеет твердость HV 1550-1650 и прочность 19-21 МПа·м ¹ / ². Подходит для тяжелых условий износа и сложных условий работы, таких как износостойкие футеровки и горнодобывающие инструменты.

Разнообразие этих марок отражает гибкость вольфрам-титан-танталовых твердых сплавов. Пользователи могут выбрать подходящую марку в зависимости от твердости обработки, температурных условий и коррозионной активности окружающей среды, а также найти соответствующие продукты от точной резки до экстремальной износостойкости.

Процесс производства изделий из твердого сплава вольфрам-титан-тантал (YW)

Процесс производства вольфрам-титан-танталового цементированного карбида воплощает в себе суть современного материаловедения. От подготовки сырья до конечного продукта каждый шаг строго контролируется. Сначала отбираются высокочистые порошки карбида вольфрама, карбида титана, карбида тантала и кобальта с размером частиц 0,5-2 мкм и смешиваются с диспергатором методом мокрого шарового измельчения в течение 24-48 часов для обеспечения однородного состава. Затем смесь высушивается и гранулируется с помощью технологии распылительной сушки, а распределение размеров частиц составляет менее 5 мкм , что закладывает основу для последующего формования. Процесс формования включает холодное изостатическое прессование (CIP, давление 200-300 МПа) или горячее изостатическое прессование (HIP, 1300-1500 °C, давление 100-200 МПа), так что плотность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

сырого тела достигает 60-70%, а плотность увеличивается до более чем 98% с помощью процесса HIP. Для сложных геометрий можно использовать технологию литья под давлением металла (MIM) или 3D-печати с точностью до ±0,05 мм. Процесс спекания использует вакуумное спекание (1400-1600 °C, 1-2 часа) или жидкофазное спекание, а кобальт плавится при высокой температуре, чтобы заполнить поры и контролировать размер зерна в диапазоне 1-5 мкм . После спекания используются плазменная очистка и отжиг (800-1000 °C) для удаления поверхностного оксидного слоя и снятия внутреннего напряжения. Наконец, изделие обрабатывается методом прецизионной шлифовки с ЧПУ (точность ±0,01 мм), нанесения покрытия PVD (например, TiN , толщина 2–10 мкм) или химико-механической полировки (шероховатость поверхности Ra < 0,1 мкм), что обеспечивает высокое качество отделки поверхности и функциональные характеристики.

Области применения изделий из твердого сплава вольфрам-титан-тантал (YW)

Вольфрам-титан-танталовый цементированный карбид имеет широкий спектр применения во многих промышленных областях благодаря своим разнообразным эксплуатационным преимуществам. Его превосходная термостойкость, коррозионная стойкость и износостойкость делают его особенно выдающимся в экстремальных условиях обработки и герметизации. Ниже приводится подробное описание его основных областей применения, а конкретные сценарии применения и примеры представлены в виде списка:

Область режущего инструмента

Описание: Марки YW2, YW3 и YW10 широко используются при изготовлении токарных инструментов, фрез и сверл благодаря высокой твердости и термостойкости, а также эффективны при обработке высокотвердых сталей, титановых сплавов и сплавов на основе никеля. Скорость резания может достигать 150-250 м/мин, а срок службы инструмента может достигать 1000-1500 часов, что значительно повышает эффективность обработки. Марка YW18 особенно подходит для резки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов, уменьшая термическую деформацию и наростообразование.

Конкретные области применения:

Аэрокосмическая промышленность: обработка лопаток турбин и деталей конструкций аэрокосмической техники.

Машиностроение: производство высокопрочных зубчатых передач и подшипников.

Пример: Авиационная компания использовала токарные инструменты YW2 для обработки деталей из титанового сплава, увеличив срок их службы на 35%.

Поле штамповки

Описание: Марки YW5 и YW25 широко используются при штамповке стали высокой твердости и жаропрочных сплавов, таких как автомобильные кузовные панели, аэрокосмические структурные детали и корпуса электронных компонентов, благодаря своей термостойкости и высокой прочности. Количество штамповок может превышать 1 миллион раз, а поверхность формы обладает сильными коррозионными и антиадгезионными

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

свойствами, что обеспечивает высокую точность и качество поверхности заготовки. Марка YW3 также подходит для прерывистой штамповки для уменьшения растрескивания формы.
Конкретные области применения:
Автомобилестроение: штамповка дверей и капотов.
Электронная промышленность: производство прецизионных разъемов и корпусов.
Пример: на автомобильном заводе для штамповки высокопрочной стали использовали пресс-форму YW5, которая непрерывно проработала 800 000 раз без видимого износа.

Область высокотемпературной обработки

Описание: Марки YW2 и YW25 широко используются для высокотемпературной резки и штамповки жаропрочных сплавов, таких как Inconel 718 и вольфрамовые сплавы, благодаря их превосходной термостойкости (до 1000°C) и стойкости к окислению. Они отлично зарекомендовали себя в аэрокосмической, энергетической и оборонной промышленности, сохраняя стабильную производительность резки и срок службы штампа в условиях высоких температур. YW15 также подходит для финишной обработки заготовок после термообработки.
Конкретные области применения:
Аэрокосмическая промышленность: обработка деталей ракетных двигателей.
Энергетика: резка труб высокотемпературных котлов.
Пример: энергетическая компания использовала YW25 для резки высокотемпературных клапанов, увеличив эффективность обработки на 20%.

Область износостойких деталей

Описание: Марки YW15, YW20 и YW30 используются для изготовления волочильных штампов, штампов горячей штамповки, износостойких вкладышей и направляющих рельсов благодаря их превосходной термостойкости и износостойкости. Они широко используются в автомобилестроении, тяжелом машиностроении и горнодобывающей промышленности. Эти детали могут противостоять высокотемпературному износу, адгезии и эрозии частиц, продлевают срок службы и хорошо работают, особенно в непрерывном производстве. YW25 также может использоваться для коррозионно-стойких покрытий.
Конкретные области применения:
форм для горячей штамповки стального листа .
Тяжелое машиностроение: производство износостойких вкладышей и роликов.
Пример: Машиностроительный завод использует вытяжные штампы YW20 для производства автомобильных деталей со сроком службы 120 000 раз.

Энергетика и химическая промышленность

Описание: Марки YW1 и YW25 широко используются в уплотнениях клапанов, соплах высокого давления, футеровках реакторов и трубной арматуре в энергетическом и химическом оборудовании благодаря их коррозионной стойкости и высокой температурной стабильности. Эти детали могут работать в течение длительного времени в кислотно-щелочной среде, высокотемпературном газе или среде H_2S, что снижает утечки и износ.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

YW30 также подходит для износостойких футеровок в экстремальных условиях.

Конкретные области применения:

Нефтехимическая промышленность: технологические реакторы высокого давления и трубопроводы.

Энергетическое оборудование: производство арматуры и комплектующих насосов для атомных электростанций.

Пример: На нефтеперерабатывающем заводе уплотнения YW1 использовались в течение 6000 часов без каких-либо признаков коррозии.

Медицинское и точное производство

Описание: Марки YW10 и YW15 используются для изготовления стоматологических сверл, микрорежущих инструментов и прецизионных форм благодаря их высокой точности и износостойкости. Эти инструменты хорошо работают в медицинской хирургии, производстве электронных компонентов и оптических приборов и могут достигать точности обработки на уровне микронов. YW5 также подходит для обработки смешанных материалов.

Конкретные области применения:

Медицинская промышленность: производство ортопедических хирургических инструментов и стоматологических бормашин.

Производство электроники: обработка микродатчиков и разъемов.

Пример: медицинская компания использует дрель YW10 для обработки искусственных суставов с точностью ±0,01 мм.

Оборонная и специальная промышленность

Описание: Марки YW30 и YW25 используются в оборонной промышленности для резки броневой стали, обработки компонентов ракет и формовки специальных сплавов из-за их высокой прочности и термостойкости. Эти применения требуют, чтобы материалы сохраняли эксплуатационные характеристики в условиях экстремально высоких температур и ударов. YW15 также может использоваться для изготовления высокоточных военных форм и броневых накладок.

Конкретные области применения:

Военное производство: резка танковой брони и артиллерийских снарядов.

Аэрокосмическая промышленность: обработка деталей конструкции спутников.

Пример: оборонное подразделение использовало YW30 для резки броневой стали, и срок его службы увеличился на 45%.

Морская техника и антикоррозионные применения

Описание: Марки YW1 и YW25 используются в буровых инструментах, уплотнениях погружных насосов и компонентах морских платформ в морской технике благодаря их превосходной коррозионной стойкости и стойкости к морской воде. Эти компоненты могут работать в течение длительного времени в условиях солевого тумана, высокого давления и коррозионной морской воды, что снижает затраты на техническое обслуживание.

Конкретные области применения:

Морское бурение: производство глубоководных буровых долот и уплотнений насосов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Морские платформы: обработка коррозионно-стойких труб.
Пример: морская компания использовала буровое долото YW1 в глубоководных операциях в течение 5000 часов со стабильной производительностью.
Широкое применение вольфрам-титан-танталового цементированного карбида в этих областях в полной мере демонстрирует его превосходные эксплуатационные характеристики в условиях экстремально высоких температур, высокого давления, сильной коррозии и сложных технологических сред, обеспечивая эффективные и долговечные решения для обработки и герметизации в различных отраслях промышленности.

Твердый сплав вольфрама-титана-тантала (YW) стал основным материалом для промышленной резки, высокотемпературной обработки и применения в экстремальных условиях благодаря своей превосходной твердости, термостойкости, износостойкости и коррозионной стойкости. Его научный состав, точный производственный процесс и разнообразный выбор марок позволяют ему удовлетворять широкому спектру потребностей от точной резки до износостойкости в тяжелых условиях.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

ГБ/Т 2076-2015
Твердый сплав
Обзор

Номер стандарта: GB/T 2076-2015
Китайское название: цементированный карбид
Английское название: Карбидные сплавы
Дата релиза: 9 октября 2015 г.
Дата вступления в силу: 1 мая 2016 г.
Заменяющая версия: Заменяет GB/T 2076-2003
Формулярное подразделение: выпускается Администрацией по стандартизации Китая (SAC), а к конкретным формулярным подразделениям относятся ассоциации производителей твердосплавных изделий, научно-исследовательские институты и предприятия.
Область применения: Подходит для изделий из твердого сплава, изготовленных методом порошковой металлургии с использованием карбида (например, WC, TiC , TaC и т. д.) в качестве твердой фазы и металла (например, Co, Ni) в качестве связующей фазы, включая режущие инструменты, формы, износостойкие детали и т. д.

---

1. Область применения

Применимыми объектами стандарта являются: все твердые сплавы с карбидом в качестве твердой фазы и металлом в качестве связующей фазы, включая, но не ограничиваясь, вольфрам-кобальт (YG), вольфрам-титан-кобальт (YT), вольфрам-титан-тантал (YW) и т. д.
Уточнены области применения: резка, штамповка, горнодобывающий инструмент, износостойкие детали и т. д.
Обратите внимание, что это не применимо к твердым материалам или покрытиям, изготовленным не методом порошковой металлургии.

2. Нормативные ссылки

Другие национальные стандарты, связанные с данным стандартом, перечислены для тестирования и оценки производительности, включая, помимо прочего:
GB/T 3850: Метод испытания твердости твердого сплава
GB/T 3851: Метод испытания прочности на изгиб твердого сплава
GB/T 5242: Метод определения плотности твердого сплава
GB/T 5243: Метод определения микроструктуры твердого сплава
GB/T 5244: Методы химического анализа твердого сплава
Эти стандарты обеспечивают техническую основу для тестирования производительности и гарантируют согласованность.

3. Термины и определения

Определяет термины, связанные с карбидом, такие как:
Твёрдая фаза: общий термин для карбидов (таких как WC, TiC , TaC).
Фаза связывания: роль металла (например, Co, Ni).
Марка: Классификационная марка твердого сплава (например, YG6, YT5).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Микроструктура: такие характеристики, как размер зерна и распределение фаз.
Обеспечить единообразное использование терминологии в стандарте.

4. Классы и классификация

Правила наименования бренда:
Серия YG: вольфрам-кобальтовый тип. Буква «YG» состоит из первых букв слов «вольфрам» (W ǔ) и «кобальт» (G ǔ) , а число представляет содержание кобальта (например, YG6 означает Co 6%).
Серия YT: вольфрам-титан-кобальт. «YT» состоит из «вольфрама» (W ǔ) и «титана» (Tài). Число отражает производительность или содержание кобальта (например, YT 5) .
Серия YW: вольфрам-титан-тантал. «YW» образовано от первых букв слов «вольфрам» (W ǔ) , «титан» (Tài) и «тантал» (Tàn). Цифры указывают уровень производительности (например, YW1).
Классификация по:
По основным компонентам: WC-Co (YG), WC- TiC -Co (YT), WC- TiC-TaC -Co (YW).
По эксплуатационным характеристикам: высокая твердость, износостойкость, высокая прочность и т. д.
По назначению: резка, штамповка, износостойкость и т. д.

5. Технические требования

Необходимые ингредиенты:
Указано соотношение карбидной и связующей фазы для каждой марки. Например, содержание Co в YG6 составляет 5,5%-6,5%, а WC составляет 93%-94%.
от допустимого содержания примесей (таких как Fe, O_2) .
Физические свойства:
Твердость: выражается в единицах HV или HRA и варьируется от 1500 до 2000 HV в зависимости от марки.
Прочность на изгиб: 1500–2500 МПа, отражает способность материала противостоять разрушению.
Плотность: 11,2-15,0 г/ $см^3$ в зависимости от соотношения компонентов.
Вязкость разрушения: 12-25 МПа·$м^{1/2}$ (доступно для некоторых марок).
Микроструктура: Размер зерна обычно контролируется в пределах 0,5–5 мкм .
Качество поверхности: отсутствие дефектов в виде трещин и пор, шероховатость поверхности Ra ≤ 0,8 мкм (после обработки может достигать 0,1 мкм).

6. Методы испытаний

Испытание на твердость: в соответствии с GB/T 3850 используйте твердомер по Виккерсу или Роквеллу.
Испытание на прочность при изгибе: согласно GB/T 3851, метод трехточечного или четырехточечного изгиба.
Испытание плотности: согласно GB/T 5242, метод дренажа или метод Архимеда.
определялось содержание WC, Co, TiC , TaC и т. д.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Анализ микроструктуры: в соответствии с GB/T 5243 используйте металлографический микроскоп или сканирующий электронный микроскоп для оценки размера зерна и распределения фаз.

7. Правила проверки

Отбор проб: Отбор проб осуществляется партиями, количество образцов указано в таблице стандартов (например, 5-10 штук на партию).

Элементы контроля: состав, твердость, прочность на изгиб, плотность и микроструктура.

Суждение: Все индикаторы должны соответствовать техническим требованиям. Если хотя бы один элемент не соответствует требованиям, он будет оценен как дефектный продукт.

8. Упаковка, маркировка, транспортировка и хранение

Упаковка: используйте влагостойкие и ударопрочные деревянные ящики или пластиковую упаковку, выстланную защитными материалами.

Маркировка: номер марки (например, YG6), номер партии продукции, дата производства и информация о производителе.

Транспортировка: Избегайте сильной вибрации и высокой влажности.

Хранение: Хранить в сухом и проветриваемом месте, вдали от едких веществ.

9. Сертификат качества

Предоставьте отчет об испытаниях, включая марку, номер партии, данные о эксплуатационных характеристиках (твердость, прочность и т. д.) и заключение по испытаниям.

Сертификат должен быть выдан производителем и соответствовать требованиям GB/T 2076.

10. Приложение

Приложение A: Сравнительная таблица марок и характеристик, в которой перечислены типичные параметры производительности серий YG, YT и YW.

Приложение B: Подробное объяснение метода испытаний, дополняющее рабочие этапы GB/T 3850 и других стандартов.

Приложение C (информационное): Сравнение с международными стандартами (например, ISO 513), для справки, но не обязательно.

11. Ключевые обновления GB/T 2076-2003

Новые марки: Добавлены соответствующие требования для нанокристаллического твердого сплава (например, YG6X) и твердого сплава с покрытием.

Улучшение характеристик: У некоторых марок повышены прочность на изгиб и ударная вязкость.

Оптимизация метода испытаний: внедрен более точный метод анализа микроструктуры.

Требования по охране окружающей среды: Усиление контроля за вредными веществами (например, тяжелыми металлами) в процессе производства.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Стандартные характеристики и значение

Стандартизация: унифицированы требования к наименованию и эксплуатационным характеристикам твердого сплава для упрощения внутреннего производства и международной торговли.

Технический прогресс: издание 2015 года отражает развитие нанотехнологий и технологий нанесения покрытий с целью адаптации к современным промышленным потребностям.

Практичность: Охват всего процесса от сырья до готовой продукции для обеспечения качества продукции.

Получить полный текст

Официальные каналы: можно приобрести через национальную платформу информационной службы стандартизации China Standards Press.

Стоимость: Полный текст стандартных публикаций обычно доступен за плату, цена которой варьируется в зависимости от издания и языка.

Альтернативные ресурсы: Некоторые резюме или интерпретации можно найти на веб-сайтах отраслевых ассоциаций или в академической литературе.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сравнительная таблица китайских и международных марок твердого сплава

Китай Бренд	Состав (мас. %)	твердость (ВН)	Вязкость разрушения (МПа·м ¹ / ²)	плотность (г/см³)	ИСО Диапазон оценок	Применимые сценарии
YG6	WC 94%, Co 6%	1800-1900	14-16	14.9	K10-K20	Прецизионная резка чугуна и цветных металлов
YG6X	WC 94%, Co 6% (Сверхмелкое зерно)	1900-2000	13-15	14.9	K05-K10	Сверхточная резка, микроинструменты
YG8	WC 92%, Co 8%	1700-1800	16-18	14.7	K20-K30	Штампы для штамповки, резка средней нагрузки
YG10	WC 90%, Co 10%	1650-1750	17-19	14.5	K30-K40	Общая резка, ударная нагрузка
YG15	WC 85%, Co 15%	1500-1600	18-20	14.0	K40	Условия высокой ударной нагрузки, инструменты для проходки туннелей
YG20	WC 80%, Co 20%	1500-1600	20-25	13.8	K40-K50	Устойчив к сильным ударам и средам, содержащим частицы
YT5	WC 81%, TiC 15%, Co 4%	1750-1850	12-14	11.8	П10-П20	Высокоскоростная резка стали и твердых материалов
YT14	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.6	П20-П30	Среднескоростная резка стали, получистовая обработка
YT15	WC 79%, TiC 15%, Co 6%	1700-1800	12-14	11.5	П30	Термостойкие материалы для резки и штамповки
YT30	WC 70%, TiC 20%, Co 10%	1600-1700	14-16	11.2	П40	Тяжелая резка и штамповка стали высокой твердости
YW1	WC 78%, TiC 10%, TaC 2%, Co 10%	1700-1800	15-17	12.8	П10-П20/M10-M20	Сильная коррозионная среда, обработка под высоким давлением
YW2	WC 77%, TiC 12%, TaC 3%, Co 8%	1750-1850	14-16	12.7	П20-П30	Высокотемпературная резка, жаропрочный сплав
YW5	WC 75%, TiC 15%, TaC 2%, Co 8%	1650-1750	16-18	12.5	П30-П40	Тяжелая резка и штамповка материалов высокой твердости

проиллюстрировать

Китайский бренд : на основе стандарта GB/T 2076, YG обозначает систему вольфрам-кобальт, YT обозначает систему вольфрам-титан-кобальт, а YW обозначает систему вольфрам-титан-тантал. Цифры

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

обычно отражают содержание кобальта или класс производительности.

Класс ISO :

Категория K : подходит для чугуна и цветных металлов, K10-K20 представляет собой высокую твердость для точной резки, K40-K50 представляет собой высокую прочность и большую нагрузку.

Категория P : подходит для резки стали, P10-P20 обозначает высокоскоростную резку, а P30-P40 обозначает резку в условиях высоких нагрузок или жаростойкости.

Класс M : Применим к различным материалам, YW1 может включать M10-M20 из-за коррозионной стойкости.

Диапазон свойств : данные по твердости, вязкости и плотности являются типичными значениями. Конкретные параметры могут меняться в зависимости от производственных процессов (например, ультрамелкие зерна или покрытия).

Применимые сценарии : на основании классификации ISO и реального опыта применения серия YG, как правило, относится к типу K, серия YT, как правило, относится к типу P, а серия YW может включать в себя как типы P, так и M благодаря добавлению TaC .

Меры предосторожности

Классы ISO являются общими диапазонами, и соответствие не является однозначным. Фактический выбор должен основываться на материале заготовки, условиях резания и конструкции инструмента.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

Сравнительная таблица марок твердых сплавов в Китае и за рубежом

Китайский сорт	Состав (вес.%)	Твёрдость (HV)	Перелом Прочность (МПа·м ¹ / ²)	Плотность (г/см³)	Класс ИСО Диапазон	Сценарии применения
YG6	WC 94, Co 6	1800-1900	14-16	14.9	K10-K20	Прецизионная резка чугуна, цветных металлов
YG6X	WC 94, Co (ультратонкий)	1900-2000	13-15	14.9	K05-K10	Сверхточная резка, микроинструменты
YG8	WC 92, Co 8	1700-1800	16-18	14.7	K20-K30	Штамповочные формы, резка средней нагрузки
YG10	WC 90, Co 10	1650-1750	17-19	14.5	K30-K40	Общая резка, ударная нагрузка
YG15	WC 85, Co 15	1500-1600	18-20	14.0	K40	Условия высокой ударной нагрузки, инструменты для проходки туннелей
YG20	WC 80, Колорадо 20	1500-1600	20-25	13.8	K40-K50	Высокая ударопрочность, среда с высоким содержанием частиц
YT5	WC 81, TiC 15, Co 4	1750-1850	12-14	11.8	П10-П20	Высокоскоростная резка стали, твердых материалов
YT14	WC 79, TiC 15, Ko 6	1700-1800	12-14	11.6	П20-П30	Среднескоростная резка стали, получистовая обработка
YT15	WC 79, TiC 15, Ko 6	1700-1800	12-14	11.5	П30	Резка жаропрочных, штамповка жаропрочных материалов
YT30	WC 70, TiC 20, Co 10	1600-1700	14-16	11.2	П40	Тяжелая резка, штамповка стали высокой твердости
YW1	WC 78, TiC 10, TaC 2, Ko 10	1700-1800	15-17	12.8	П10-П20/M10-M20	Сильные коррозионные среды, обработка под высоким давлением
YW2	WC 77, TiC 12, TaC 3, Ko 8	1750-1850	14-16	12.7	П20-П30	Высокотемпературная резка, жаропрочные сплавы
YW5	WC 75, TiC 15, TaC 2, Co 8	1650-1750	16-18	12.5	П30-П40	Тяжелая резка, штамповка материалов высокой твердости

Примечания

Китайские марки : на основе GB/T 2076, YG обозначает серию вольфрам-кобальт, YT обозначает серию вольфрам-титан-кобальт, а YW обозначает серию вольфрам-титан-тантал. Цифры обычно указывают содержание кобальта или уровень производительности.

Классы ISO :

Класс K : Подходит для чугуна и цветных металлов, K10-K20 для точной резки высокотвердых материалов, K40-K50 для высокопрочных тяжелых грузов.

Класс P : подходит для резки стали, P10-P20 — для высокоскоростной резки, P30-P40 — для резки в тяжелых условиях или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

жаропрочных материалов.

Класс M : подходит для различных материалов, коррозионная стойкость YW1 может включать M10-M20.

Диапазон рабочих характеристик : данные по твердости, прочности и плотности являются типичными значениями и могут изменяться в зависимости от производственных процессов (например , сверхмелкое зерно или покрытие).

Сценарии применения : перечислены на основе классификаций ISO и практического опыта, при этом серия YG склоняется к классу K, серия YT — к классу P, а серия YW потенциально охватывает классы P и M благодаря добавлению TaC .

Соображения

Классы ISO представляют собой общий диапазон, и соответствие не всегда является один к одному. Фактический выбор должен учитывать материал заготовки, условия резания и конструкцию инструмента.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

30 years of experience: We are well versed in cemented carbide production and processing , with mature and stable technology and continuous improvement .

Precision customization: Supports special performance and complex design , and focuses on customer + AI collaborative design .

Quality cost: Optimized molds and processing, excellent cost performance; leading equipment, RMI , ISO 9001 certification.

Serving Customers

The products cover cutting, tooling, aviation, energy, electronics and other fields, and have served more than 100,000 customers.

Service Commitment

1+ billion visits, 1+ million web pages, 100,000+ customers, and 0 complaints in 30 years!

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved