

Вольфрамовый цементированный карбид
Комплексное исследование физических и химических
свойств, процессов и приложений (XII)

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
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

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 Ханис 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
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

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
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

Часть 4: Классификация и области применения твердого сплава

Глава 12 Износостойкие детали из цементированного карбида и поверхностная инженерия

12.0 Обзор износостойких деталей из цементированного карбида и технологии обработки поверхности

Износостойкие детали из карбида играют важную роль в современной промышленности благодаря своим превосходным механическим свойствам и долговечности. Их высокая твердость (HV 1600-2500±30), отличная износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$) и отличная ударопрочность (энергия удара $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$) делают их предпочтительными материалами для таких применений, как пресс-формы, уплотнения, сопла, горнодобывающие буры и поверхностные покрытия. Эксплуатационные параметры этих деталей демонстрируют значительные преимущества в практическом применении, такие как срок службы пресс-формы $>10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, скорость утечки через уплотнение всего $<0,01 \text{ мл/мин} \pm 0,001 \text{ мл/мин}$, отклонение расхода сопла контролируется на уровне $<1\% \pm 0,1\%$, срок службы горнодобывающего бура более 100 часов ± 10 часов и диапазон толщины поверхностного покрытия 50-500 мкм ± 1 мкм. Благодаря геометрической оптимизации (например, коэффициент концентрации напряжений $K_t < 1,3 \pm 0,05$), технологии термического напыления (например, WC-Co, прочность связи $>70 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) и технологии поверхностного упрочнения (например, лазерная наплавка, твердость HV 2000-3000±50) эксплуатационные характеристики износостойких деталей из цементированного карбида были значительно улучшены, а износостойкость может быть снижена на $30\% \pm 5\%$, что эффективно продлевает срок службы и повышает эффективность работы.

12.0.1 Концепция износостойких деталей из цементированного карбида

Износостойкие детали из цементированного карбида относятся к износостойким деталям с высокими эксплуатационными характеристиками, изготовленным методом порошковой металлургии с использованием в качестве матрицы твердых фаз, таких как карбид вольфрама (WC), карбид титана (TiC) или карбид ниобия (NbC), дополненных металлическими связующими фазами, такими как кобальт (Co) и никель (Ni). Эти детали обладают сверхвысокой износостойкостью, поскольку размер их зерна обычно находится в диапазоне 0,2-2 микрон, и особенно подходят для промышленного применения в условиях высоких нагрузок, частого трения или экстремальных условий. Износостойкость цементированного карбида обусловлена балансом между его высокой твердостью и соответствующей прочностью. Значение твердости обычно находится в пределах от твердости по Виккерсу (HV) 1600 до 2500, что намного выше, чем у традиционной стали (HV 200-600), а при добавлении микроэлементов или композитных материалов (например, системы WC-Co) ее ударопрочность может достигать более 50 Дж, что достаточно для того, чтобы выдерживать

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

механические удары и термические нагрузки. Целью проектирования износостойких деталей является не только продление срока службы (например, пресс-форма может выдерживать миллионы циклов штамповки), но и обеспечение стабильности в сложных рабочих условиях. Например, уплотнения должны поддерживать небольшую скорость утечки, а сопла должны обеспечивать точный поток. Эти характеристики делают их незаменимыми в обрабатывающей, горнодобывающей и энергетической промышленности.

12.0.2 Определение и значение поверхностной инженерии

Поверхностная инженерия — это технология, которая изменяет или покрывает поверхность материалов физическими, химическими или механическими методами с целью улучшения износостойкости, коррозионной стойкости, стойкости к высоким температурам или биосовместимости деталей. В износостойких деталях из цементированного карбида поверхностная инженерия значительно улучшает эксплуатационные характеристики поверхности с помощью таких процессов, как термическое напыление, лазерная наплавка и ионная имплантация. Например, технология термического напыления может наносить покрытие WC-Co на подложку с прочностью сцепления более 70 МПа и толщиной, контролируемой в диапазоне 50-500 микрон, что значительно повышает износостойкость; лазерная наплавка формирует металлургический связующий армирующий слой посредством локального плавления и быстрого затвердевания с твердостью до HV 2000-3000 и сниженной примерно на 30% износостойкостью, что эффективно продлевает срок службы деталей. Суть поверхностной инженерии заключается в оптимизации микроструктуры поверхности, снижении концентрации напряжений ($K_t < 1,3$), улучшении усталостной прочности и сохранении общих механических свойств основного материала. Эта технология особенно важна при обработке твердого сплава, поскольку поверхность — это область, где деталь напрямую контактирует с внешней средой, и ее эксплуатационные характеристики напрямую влияют на надежность и срок службы всего компонента.

12.0.3 Предпосылки применения и разработка износостойких деталей из цементированного карбида и технологии обработки поверхности

Сочетание износостойких деталей из цементированного карбида и технологии поверхностной инженерии выигрывает от спроса современной промышленности на эффективное и долговечное оборудование. С развитием интеллектуального производства, зеленой энергетики и добычи полезных ископаемых в экстремальных условиях сценарии применения цементированного карбида продолжают расширяться. Например, в производстве пресс-форм детали из цементированного карбида отвечают требованиям высокоточной штамповки и сложной формовки за счет геометрической оптимизации и поверхностного упрочнения; в горнодобывающем бурении увеличение срока службы износостойких сверл напрямую снижает частоту замены и эксплуатационные расходы. Достижения в технологиях поверхностной инженерии, такие как нанопокртия и многослойные композитные покрытия, еще больше способствовали применению цементированного карбида в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

высокотехнологичных областях, таких как аэрокосмические компоненты и медицинские приборы. Кроме того, в сочетании с технологией цифровых двойников и мониторингом в реальном времени, поверхностная инженерия может достигать динамической оптимизации производительности и адаптироваться к различным условиям работы.

множество аспектов, таких как износостойкие детали, термическое напыление, горнодобывающая промышленность и бурение, а также технология поверхностного упрочнения. Глубоко изучая свойства материалов, технологию обработки и сценарии применения, он стремится предоставить теоретическую поддержку и практическое руководство для смежных отраслей, особенно в оптимизации производительности и инновационных приложениях в условиях высоких нагрузок и износа.

12.1 Износостойкие детали из цементированного карбида

Износостойкие детали из цементированного карбида достигают высокой износостойкости (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$) и длительного срока службы ($>10^6$ раз $\pm 10^5$ раз) за счет оптимизированной геометрической конструкции (радиус кривизны $>0,5 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), соотношения материалов (WC $>90\% \pm 1\%$, Co $6\%-12\% \pm 1\%$) и прецизионной обработки (температура спекания $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Эти детали хорошо работают в промышленных условиях с высокими нагрузками и частым трением. Их производительность обусловлена балансом между высокой твердостью (HV $1600-2200 \pm 30$) и соответствующей прочностью (стойкость к разрушению K_{IC} с $10-20 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) цементированных карбидных материалов. Износостойкие детали из карбида широко используются в различных областях, включая карбидные штампы (для штамповки и формовки), карбидные уплотнения (для предотвращения утечки жидкости) и карбидные сопла (для точного впрыска). Их конструкция должна учитывать как износостойкость, так и ударопрочность, чтобы соответствовать требованиям различных условий работы.

12.1.1 Концепция износостойких деталей из твердого сплава

Износостойкие детали из цементированного карбида представляют собой композитные материалы, спеченные методом порошковой металлургии с карбидом вольфрама (WC) в качестве основной твердой фазы и кобальтом (Co) в качестве связующей фазы. Содержание WC обычно составляет более $90\% \pm 1\%$, что обеспечивает высокую твердость в качестве твердого скелета, в то время как содержание Co составляет от 6% до $12\% \pm 1\%$, что действует как связующая фаза для повышения ударной вязкости и стойкости. Наилучший баланс между твердостью и ударной вязкостью может быть достигнут путем регулирования соотношения. Процесс спекания проводится при высокой температуре $1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ с использованием вакуума или аргона для защиты окружающей среды, гарантируя, что размер зерна контролируется в диапазоне $0,5-2$ микрон, тем самым получая отличную износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$). Такая низкая скорость износа позволяет сохранять размерную стабильность при длительном использовании. Например, пресс-форма может

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

выдерживать более миллиона штамповок, в то время как уплотнения и сопла должны поддерживать небольшую скорость утечки ($<0,01$ мл/мин) и отклонение потока ($<1\%$). Геометрически оптимизированная конструкция радиуса кривизны ($>0,5$ мм) эффективно снижает концентрацию напряжений и продлевает срок службы деталей, а ее ударопрочность (энергия удара >50 Дж) обеспечивает надежность при динамической нагрузке. Кроме того, износостойкие детали из цементированного карбида могут быть дополнительно улучшены в отношении высокотемпературных характеристик и стойкости к окислению путем добавления микроэлементов (таких как карбид тантала TaC или карбид ниобия NbC) для адаптации к более требовательным промышленным средам.

12.1.2 Характеристики износостойких деталей из твердого сплава

Характеристики износостойких деталей из цементированного карбида отражаются в их уникальной микроструктуре и физических свойствах. Высокая твердость (HV 1600-2200 $\pm$ 30) делает его устойчивым к поверхностному износу и особенно подходит для обработки материалов высокой твердости (таких как закаленная сталь HRC 50-60 или титановый сплав HRC 30-35), а вязкость разрушения K_{IC} с 10-20 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5 обеспечивает структурную целостность деталей в условиях ударов или вибрации. Кроме того, цементированный карбид также обладает превосходной коррозионной стойкостью (долговечность >1000 часов в кислотных или щелочных средах) и высокой температурной стабильностью (рабочая температура может достигать 800 $^{\circ}$ C $\pm$ 50 $^{\circ}$ C), что делает его выдающимся в химической, энергетической и металлургической областях. Теплопроводность (около 80-120 Вт/м $\cdot$ К) также помогает рассеивать тепло и уменьшать термические повреждения при резке или трении. Шероховатость поверхности (Ra 0,1-0,5 мкм) после прецизионной полировки дополнительно улучшает контактные характеристики и срок службы деталей. Эти свойства в совокупности составляют конкурентное преимущество износостойких деталей из твердого сплава в условиях высокоинтенсивной работы.

12.1.3 Баланс производительности износостойких деталей из цементированного карбида

Оптимизация производительности износостойких деталей из цементированного карбида неотделима от координации твердости и вязкости. Диапазон твердости HV 1600-2200 $\pm$ 30 обеспечивает отличную стойкость к поверхностному износу и особенно подходит для обработки деталей высокой твердости (например, закаленной стали HRC 50-60); в то же время вязкость разрушения K_{IC} с 10-20 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5 гарантирует, что детали не будут легко трескаться при столкновении с механическим ударом или термическим напряжением. Эта сбалансированная характеристика позволяет износостойким деталям из цементированного карбида хорошо работать в таких областях применения, как формование пресс-форм, герметизация и предотвращение утечек, а также управление впрыском. Например, пресс-форма должна выдерживать высокочастотные удары (сотни раз в минуту), уплотнение должно противостоять коррозионным средам (например, серной кислоте или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

соленой воде), а сопло должно точно контролировать динамику жидкости (отклонение потока <1%). Эти требования достигаются путем точного регулирования материалов и процессов. Кроме того, посредством термической обработки (например, низкотемпературного отпуска $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) или поверхностного покрытия (например, TiN или CrN) можно дополнительно повысить твердость (увеличение на 10%-20%) или снизить коэффициент трения (<0,3), тем самым оптимизируя производительность в конкретных сценариях применения.

12.1.4 Применение износостойких деталей из цементированного карбида

показали обширную и разнообразную ценность применения в промышленной сфере благодаря своей высокой твердости (HV 1600-2500), превосходной износостойкости (скорость износа <0,05 мм³ / Н · м) и ударопрочности (энергия удара >50 Дж). Ниже систематически организованы и оптимизированы их применения в соответствии с областями применения и функциональной логикой, охватывающими традиционное производство, новые высокотехнологичные отрасли и сценарии использования в особых условиях.

(1) Обработка и формовка металла

Твердосплавная форма

Широко используемый в штамповке металла, литье пластмасс под давлением и порошковой металлургии, он обладает высокой износостойкостью и размерной стабильностью, с типичным сроком службы более 10^6 раз. Особенно в автомобильной промышленности (например, блоки двигателей и детали трансмиссии) и производстве электронных компонентов (например, корпуса мобильных телефонов и разъемы печатных плат), его высокая твердость (HV 1600-2200) обеспечивает точность и долговечность при длительном высокочастотном использовании, особенно в интеллектуальном производстве для поддержки точного формования сложных геометрий.

Твердосплавные режущие инструменты

Он используется для высокоскоростной резки (например, точения, фрезерования и сверления) в металлообработке и деревообработке. Благодаря высокой твердости (HV 1800-2500) и стойкости к высокотемпературному окислению (термостойкость до 900°C) он хорошо себя зарекомендовал в аэрокосмической промышленности (например, детали из титановых сплавов) и автомобилестроении (например, коленчатые валы двигателей). Скорость резки может достигать 200-300 м/мин, а срок службы может достигать 200-300 часов.

Твердосплавная экструзионная матрица

Для алюминиевых профилей и экструзии пластика, с термостойкостью до 600°C , твердостью HV 1700-2100 и точностью размеров $\pm 0,01$ мм, он широко используется в строительной отрасли (например, при производстве дверей и окон из алюминиевого сплава) и производстве упаковочных материалов для обеспечения эффективности формования и качества поверхности.

(2) Контроль жидкости и герметизация

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Уплотнения из карбида

Используется в насосах, клапанах и компрессорах для предотвращения утечки жидкости или газа со скоростью утечки $<0,01$ мл/мин. Его превосходная коррозионная стойкость и низкие трение делают его выдающимся в нефтехимической промышленности (например, в нефтеперерабатывающем оборудовании и трубопроводных системах) и в водоочистной промышленности (например, в насосах для очистки сточных вод и системах фильтрации), особенно при работе с кислотными или щелочными средами, он продлевает цикл технического обслуживания оборудования.

Карбидный сердечник и седло клапана

Используется для клапанов высокого давления в нефтегазовом и химическом оборудовании, обладает сопротивлением давлению >50 МПа, превосходной коррозионной стойкостью (стойкость к коррозии H_2S и CO_2 >2000 часов) и скоростью утечки $<0,005$ мл/мин, что обеспечивает надежную герметичность в экстремальных условиях.

Твердосплавное сопло

Применяется для пескоструйной обработки, распыления и 3D-печати, с отклонением потока $<1\%$, хорошо работает в аэрокосмической промышленности (например, компоненты реактивных двигателей), аддитивном производстве (например, высокоточная металлическая 3D-печать), производстве полупроводников (например, оборудование для химического осаждения из паровой фазы) и энергетической промышленности (например, сопла газовых турбин). Его высокая износостойкость и точные возможности управления жидкостью значительно повышают эффективность производства и качество готовой продукции.

(3) Добыча полезных ископаемых и абразивная обработка

Карбидные горнодобывающие сверла

Он демонстрирует сверхдолгий срок службы (>100 часов) в экстремальных условиях, таких как глубокая добыча. Его высокая твердость и ударопрочность поддерживают эффективное бурение. Он широко используется в угольной, металлургической и нефтяной промышленности, снижая частоту замены и эксплуатационные расходы.

Шары и мелющие тела из карбида

Используется для переработки минералов, производства керамики и шлифования покрытий, с диапазоном диаметров шаров 5-50 мм, твердостью HV 1600-2000 и скоростью износа $<0,01\%$ /час, что значительно повышает эффективность измельчения и однородность продукта, особенно при подготовке материалов для литевых аккумуляторов и производстве высококачественной керамики.

(4) Трансмиссия и механические части

Твердосплавные ролики

В процессе горячей и холодной прокатки в сталелитейной промышленности толщина

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износостойкого слоя достигает 5-10 мм, а твердость HV 1500-2000, что обеспечивает качество поверхности проката ($R_a < 0,8$ мкм) и срок службы > 5000 тонн проката. Его устойчивость в условиях высоких нагрузок (давление > 200 МПа) и высоких температур ($600-1000$ °C) делает его незаменимым в тяжелом металлургическом оборудовании.

Карбидные шестерни и детали трансмиссии

Используется в тяжелой технике, ветроэнергетическом оборудовании и судовых двигательных установках, твердость поверхности зубьев составляет HV 1800-2200, усталостная прочность >1000 МПа, снижает износ и шум, хорошо работает в условиях высокого крутящего момента (>500 Нм) и имеет срок службы до 10 лет.

Втулки подшипников из карбида

Он обеспечивает низкий износ и высокую нагрузку в тяжелой технике и оборудовании для генерации ветровой энергии, обладает превосходной износостойкостью и противоусталостными характеристиками, а также широко используется в условиях высоких скоростей (>3000 об/мин) и высоких нагрузок (>10 кН).

(5) Проволока и точное производство

Волоочильные фильеры из карбида

Применяется в производстве металлической проволоки и кабелей, с допуском диаметра отверстия $\pm 0,001$ мм и шероховатостью поверхности $R_a < 0,1$ мкм, подходит для волочения медной проволоки, стальной проволоки и заготовок оптоволокон со сроком службы >10 4 циклов волочения, особенно в электронной и коммуникационной промышленности (например, в инфраструктуре 5G).

(6) Медицинская и специальная промышленность

Компоненты медицинских устройств из цементированного карбида

Такие как ортопедические хирургические пилы и стоматологические сверла диаметром 0,5-6 мм, твердостью HV 1800-2200, биосовместимостью в соответствии со стандартами ISO 10993 и сроком службы >50 операций. В 2025 году с развитием медицинской робототехники ее применение в малоинвазивной хирургии и обработке имплантатов возрастет.

(7) Новые области и будущий потенциал

С развитием промышленных технологий износостойкие детали из карбида показали широкие перспективы в оборудовании для производства аккумуляторов электромобилей (повышение точности обработки электродного материала), компонентах сочленений роботов (повышение долговечности движения) и обработке оборудования для исследования космоса (например, компоненты космических аппаратов, устойчивые к высоким температурам). Кроме того, его высокая износостойкость и стабильность также стали ключевой поддержкой в производстве квантового вычислительного оборудования и оборудования для возобновляемой энергии (например, оборудования для производства водорода). В будущем,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

в сочетании с проектированием оптимизации искусственного интеллекта и технологией устойчивого производства, границы его применения будут еще больше расширены.

Эти области применения выигрывают от превосходных характеристик твердого сплава, а его эффективность в различных промышленных условиях способствовала комплексному переходу от традиционного производства к передовым технологиям.

12.1.5 Технологическое развитие и проблемы износостойких деталей из твердого сплава

С диверсификацией промышленных потребностей технология производства износостойких деталей из цементированного карбида продолжает совершенствоваться. Разработка нанозернистых цементированных карбидов и композитных фаз (таких как WC-TiC-Co) еще больше улучшила износостойкость и срок службы. Измельчение зерна до 100-300 нанометров может повысить твердость на 15%-25% и продлить срок службы на 20%-30%.

Кроме того, композитные покрытия (например, WC-Co-Cr) и градиентный дизайн материалов (например, постепенное изменение твердости поверхности) также стали горячими точками исследований. Однако проблема заключается в дорогостоящем процессе спекания (стоимость около 200-500 долларов за килограмм) и требованиях к точности обработки сложных геометрий (допуск $\pm 0,005$ мм). В будущем ожидается, что сочетание аддитивного производства (например, 3D-печати, которая может реализовывать сложные внутренние структуры) и интеллектуальной технологии мониторинга (например, датчиков, которые в режиме реального времени сообщают о состоянии износа) позволит достичь более эффективного и индивидуального производства износостойких деталей. В то же время разработка экологически чистых процессов спекания (например, печей для спекания с низким уровнем выбросов углерода) также будет способствовать устойчивому развитию отрасли.

В этом разделе подробно рассматриваются структурная конструкция, эксплуатационные характеристики и инженерные применения износостойких деталей из цементированного карбида с трех сторон: формы, уплотнения и сопла из цементированного карбида, а также оптимизация геометрии и распределения напряжений.

1 2. 2 .1 Износостойкие детали из цементированного карбида - Формы из цементированного карбида

(1) Основные принципы и технический обзор

износостойкости форм из цементированного карбида Формы из цементированного карбида в основном используются в процессах формования с высокой нагрузкой, таких как штамповка, волочение проволоки и холодная экструзия. Они должны иметь высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30) и низкий коэффициент трения ($<0,3 \pm 0,05$) для обеспечения точности размеров и чистоты поверхности при высокочастотном использовании. Эти формы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

играют ключевую роль в обработке металла (например, штамповка стальных пластин) и неметаллической формовке (например, литье пластмасс под давлением), и их производительность напрямую влияет на постоянство продукта и эффективность производства. Материал в основном основан на системе WC-Co с содержанием WC $>90\% \pm 1\%$ в качестве твердого скелета и содержанием Co $6\% - 12\% \pm 1\%$ в качестве связующей фазы для регулирования прочности. Размер зерна точно контролируется в пределах $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, а высокая плотность и микрооднородность достигаются с помощью процесса искрового плазменного спекания (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$). Быстрый нагрев и давление технологии SPS эффективно уменьшают рост зерна и дефекты пор, а также повышают усталостную прочность материала.

(2) Применение

форм из цементированного карбида Формы из цементированного карбида нашли широкое применение во многих областях:

Производство автомобилей

Используется для штамповки блоков двигателей, трансмиссионных шестерен и кузовных панелей, срок службы штампа составляет $>10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, что обеспечивает высокоточное (допуск $\pm 0,01 \text{ мм}$) и высокоэффективное производство для удовлетворения спроса на годовой выпуск одного миллиона автомобилей.

Производство электронных компонентов

Используется для производства корпусов мобильных телефонов, разъемов печатных плат и выводных рамок микросхем, твердость формы (HV 1800–2200) обеспечивает долговременную стабильность точности на микронном уровне и подходит для массового производства устройств 5G и интеллектуальных носимых устройств.

Бытовая техника

Используется для штамповки корпусов компрессоров холодильников и деталей барабанов стиральных машин. Износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$) позволяет производить высокочастотную штамповку (>500 раз/мин), повышая эффективность производства на $20\% \pm 3\%$.

Аэрокосмическая промышленность

Используется для холодной экструзии титановых сплавов и алюминиевых сплавов, таких как обшивки крыльев самолетов и лопасти двигателей. Усталостная прочность формы (срок службы $> 8 \times 10^5$ раз) соответствует требованиям обработки высокопрочных материалов.

Медицинские приборы

Используется для штамповки ортопедических имплантатов (например, протезов тазобедренного сустава) и корпусов хирургических инструментов. Шероховатость поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ обеспечивает биосовместимость и точность обработки в соответствии со стандартами ISO 13485.

(3) Механизм износостойкости и анализ производительности

форм из цементированного карбида Превосходные эксплуатационные характеристики

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

форм обусловлены их микроструктурой и конструкцией материала. WC как твердая фаза обеспечивает высокую твердость (HV 1800±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает превосходную износостойкость; Co как фаза металлической связи (6%-12%±1%) поглощает энергию за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает $K_{IC} \geq 14 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, что повышает способность противостоять росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм±0,01 мкм) значительно улучшают прочность и износостойкость благодаря уравнению Холла-Петча (уравнение Холла-Петча, $\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне <0,05 мм³/Н·м±0,01 мм³/Н·м. Полировка поверхности (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм) снижает трение и адгезию за счет уменьшения шероховатости поверхности, а плотность, измеренная на основе принципа Архимеда (14,8-15,2 г/см³±0,1 г/см³), отражает его высокую плотность. Анализ SEM показывает, что матрица YG8 изнашивается равномерно (глубина <0,05 мм ± 0,01 мм) без микротрещин, а рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает, что степень соответствия решеток фаз WC и Co высока. Тесты производительности показывают, что матрица YG8 имеет срок службы штамповки 10^6 раз ± 10^5 раз, что лучше, чем у YG6 (8×10^5 раз ± 10^5 раз), благодаря лучшему измельчению зерна и обработке поверхности.

(4) Анализ факторов, влияющих на износостойкость форм из твердого сплава

Содержимое

6%-12%±1% оптимизирует прочность, а <6%±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

0,5-1 мкм ± 0,01 мкм обеспечивает наилучшую износостойкость, а > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 10% ± 2% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

Ra<0,1 мкм±0,01 мкм снижает коэффициент трения на 10%±2%, а >0,5 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3%, что согласуется с теорией кривой Штрибека.

Например, скорость износа пресс-формы YG6 (зерно 2 мкм±0,01 мкм) возрастает до 0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, что подчеркивает влияние размера зерна.

(5) Стратегия оптимизации

износостойкости форм из цементированного карбида заключается в достижении скорости износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м и срока службы > 10^6 times ± 10^5 times. Рекомендуются:

Оптимизация материала

Содержание Co 6%-12%±1%, размер зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм, для улучшения высокотемпературной стабильности добавлен TaC (<1%).

Оптимизация процесса

Пористость после SPS (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа) и горячего изостатического прессования (HIP, 150 МПа) составляет <0,1%±0,01%.

Оптимизация поверхности

Алмазная полировка до Ra<0,1 мкм±0,01 мкм, покрытие TiN (толщина 2 мкм) для снижения трения.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Технические характеристики теста

ASTM G65 (износ), ASTM E92 (твердость).

После проверки и оптимизации скорость износа пресс-формы YG8 (зерно $0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, Ra $0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) составляет $0,04 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, а срок службы составляет $10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, что соответствует стандартам автомобильной промышленности.

1 2. 2 . 2 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные уплотнения

(1) Основные принципы и технический обзор уплотнений из цементированного карбида

Уплотнения из цементированного карбида широко используются в механических уплотнениях (таких как насосы и клапаны), требуя превосходной коррозионной стойкости (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$) и низкой скорости утечки ($<0,01 \text{ мл/мин}$) для работы с едкими жидкостями (такими как растворы H_2SO_4 и NaCl) в нефтехимической промышленности и водоподготовке. Материал основан на WC-Co (Co $6\%-12\% \pm 1\%$) с добавлением Cr_3C_2 ($2\%-5\% \pm 0,5\%$) для формирования защитного слоя Cr_2O_3 с размером зерна $0,5\text{-}2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$. Высокая плотность и коррозионная стойкость достигаются путем спекания SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$). Самовосстанавливающиеся свойства слоя Cr_2O_3 основаны на законе Паскаля, что повышает стабильность уплотнения в условиях высокого давления.

(2) Применение

уплотнений из цементированного карбида Уплотнения из цементированного карбида хорошо работают в различных тяжелых условиях эксплуатации:

Нефтехимия

Используется для уплотнений насосов высокого давления в нефтеперерабатывающем оборудовании и трубопроводных системах, с сопротивлением давлению $>50 \text{ МПа}$ и скоростью коррозии $<0,01 \text{ мм/год}$. Подходит для сред, содержащих сероводород (H_2S), и может продлить цикл обслуживания оборудования до >5000 часов.

Водоочистная промышленность

Уплотнения, используемые в насосах для очистки сточных вод и установках опреснения морской воды, устойчивы к коррозии хлорид-ионами (устойчивы к раствору NaCl >2000 часов) со скоростью утечки $<0,01 \text{ мл/мин}$, что обеспечивает эффективную работу систем циркуляции воды.

Энергетическая промышленность

Применяется в насосах охлаждающей воды и системах смазки газовых турбин на атомных электростанциях, имеет термостойкость $300^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, коррозионную стойкость, соответствующую стандартам безопасности МАГАТЭ, и скорость утечки всего $0,005 \text{ мл/мин} \pm 0,001 \text{ мл/мин}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Фармацевтическая промышленность

Используемые в автоклавах и химических реакторах уплотнения устойчивы к кислотным чистящим средствам (pH 2–12), что обеспечивает стерильную производственную среду и соответствует требованиям сертификации GMP.

Судостроение

Используется в насосах морской воды и пропульсивных системах, устойчив к коррозии под воздействием солевого тумана (>3000 часов) и обеспечивает длительную эксплуатацию глубоководного оборудования (например, ROV) в условиях высокого давления (>30 МПа).

(3) Механизм износостойкости и анализ производительности уплотнений из цементированного карбида

WC (>90%±1%) обеспечивает базовую твердость (HV 1700±30), Co (6%-12%±1%) повышает ударную вязкость ($K_{Ic} 14 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$), а Cr₃C₂ (2%-5% ±0,5%) образует слой Cr₂O₃ толщиной <0,1 мкм ±0,01 мкм посредством высокотемпературного окисления, что значительно повышает коррозионную стойкость. Механизм его пассивации следует уравнению Нернста. Анализ SEM показывает, что на поверхности уплотнения нет питтингов (отклонение <0,1%±0,02%), а энергодисперсионная спектроскопия (EDS) подтверждает, что Cr₂O₃ распределен равномерно. Испытания производительности показывают, что срок службы уплотнения с оптимизированной формулой в 5% растворе H₂SO₄ увеличивается на 20% ± 3%, а скорость утечки стабилизируется на уровне 0,008 мл/мин ± 0,001 мл/мин.

(4) Анализ факторов, влияющих на износостойкость уплотнений из цементированного карбида

Содержимое

6%-12%±1% обеспечивает баланс твердости и прочности, <6%±1% увеличивает скорость образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Содержание Cr₃C₂

2%-5%±0,5% повышает коррозионную стойкость на 20%±3%, >10%±0,5% снижает твердость на 10%±2% из-за избыточного выделения фаз.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 10%±2%. Например, скорость коррозии уплотнений с низким содержанием Cr₃C₂ (<2%±0,5%) увеличивается до 0,015 мм/год±0,001 мм/год.

(5) Стратегия оптимизации износостойкости уплотнений из цементированного карбида

Для достижения скорости коррозии <0,01 мм/год ±0,001 мм/год и скорости утечки <0,01 мл/мин рекомендуется:

Оптимизация материала

Co 6%-12%±1%, Cr₃C₂ 2%-5%±0,5%, размер зерна 0,5-1 мкм±0,01 мкм.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Оптимизация процесса

SPS ($1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$), пористость $<0,1\% \pm 0,01\%$ после HIP.

Оптимизация поверхности

Электролитическая полировка до $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$.

1 2. 2 . 3 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавное сопло

(1) Основные принципы изготовления износостойких деталей из цементированного карбида - сопла из цементированного карбида

инъекция, требующая эрозионной стойкости (скорость эрозии $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{г}$) и точной апертуры ($0,5\text{-}2 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$) для обеспечения равномерной инъекции жидкости или частиц. Материал в основном WC-Co (Co 6%-12% $\pm 1\%$), с размером зерна $0,5\text{-}2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, и подготовлен путем спекания SPS ($1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) для оптимизации эрозионной стойкости. Конструкция апертуры основана на принципе Бернулли для обеспечения динамической стабильности жидкости и широко используется в аэрокосмической промышленности и аддитивном производстве.

(2) Применение

Твердосплавных износостойких сопел

Твердосплавные сопла хорошо себя зарекомендовали в различных сценариях высокоточной струйной обработки:

Аэрокосмическая промышленность

Используется для пескоструйной обработки топливных форсунок реактивных двигателей и поверхностей с точностью отверстия $\pm 0,01 \text{ мм}$ и скоростью эрозии $<0,05 \text{ мм}^3/\text{г}$, что обеспечивает равномерное распыление топлива (диаметр частиц $<50 \text{ мкм}$), повышая эффективность сгорания на $10\% \pm 2\%$.

Аддитивное производство

Используется для высокоточных сопел для 3D-печати металлом (например, оборудования SLM) с отклонением потока $<1\%$, поддерживающим печать титановыми сплавами и сплавами на основе никеля, и точностью готовой продукции $\pm 0,02 \text{ мм}$, что соответствует требованиям к компонентам космических аппаратов.

Производство полупроводников

Газовые сопла для оборудования химического осаждения из паровой фазы (CVD), стойкость к эрозии и коррозии (стойкость к воздействию HF-газа > 1000 часов) обеспечивают высокую однородность при производстве пластин (отклонение толщины пленки $< 1\%$).

Энергетическая промышленность

Используется для распыления на сопла газовых турбин и лопасти ветряных турбин. Высокая термостойкость ($>800^{\circ}\text{C}$) и эрозионная стойкость продлевают срок службы оборудования до >3000 часов в соответствии со стандартами IEC 61400.

Опрыскивание автомобиля

Используется для распыления краски на кузов автомобиля и предварительной обработки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

гальванопокрытия. Стабильность расхода сопла (отклонение $<1\%$) обеспечивает равномерную толщину покрытия (± 5 мкм), улучшая эстетичность и долговечность изделия.

Сельскохозяйственная техника

Используется для распыления пестицидов и впрыскивания удобрений, устойчивость к эрозии (скорость эрозии $<0,05$ мм³/г) позволяет осуществлять впрыскивание с высоким расходом (>5 л/мин), а площадь покрытия увеличивается на $15\% \pm 3\%$, что повышает эффективность сельскохозяйственного производства.

(3) Механизм износостойкости и анализ производительности

форсунок из цементированного карбида

WC ($>90\% \pm 1\%$) обеспечивает высокую твердость (HV 1800 ± 30), Co ($6\%-12\% \pm 1\%$) повышает прочность (K_{1c} 14 МПа $\cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$), а оптимизированная апертура ($0,5-2$ мм $\pm 0,01$ мм) снижает концентрацию эрозии за счет моделирования механики жидкости. СЭМ показывает, что сопло YG8 равномерно эродируется (глубина $<0,05$ мм $\pm 0,01$ мм) без отслаивания, а рентгеновская дифракция подтверждает высокую кристалличность фазы WC. Тестирование производительности показывает, что скорость эрозии сопла с оптимизированной апертурой снижается до $0,04$ мм³ / г $\pm 0,01$ мм³ / г, а стабильность потока лучше, чем у неоптимизированного сопла (отклонение $<1\%$), что соответствует высоким требованиям точности в распылительной промышленности.

(4) Анализ факторов, влияющих на износостойкость твердосплавных сопел

Содержимое

$6\%-12\% \pm 1\%$ повышает прочность, $<6\% \pm 1\%$ увеличивает скорость растрескивания на $10\% \pm 2\%$.

Размер зерна

$0,5-1$ мкм $\pm 0,01$ мкм уменьшает эрозию, > 2 мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает эрозию на $15\% \pm 3\%$.

Диафрагма

для $0,5-2$ мм $\pm 0,01$ мм и увеличивается на $15\% \pm 3\%$ для > 5 мм $\pm 0,01$ мм из-за эффекта турбулентности. Например, скорость эрозии сопла с отверстием 5 мм $\pm 0,01$ мм возрастает до $0,07$ мм³ / г $\pm 0,01$ мм³ / г.

(5) Стратегия оптимизации

для твердосплавных сопел заключается в достижении скорости эрозии $<0,05$ мм³/г $\pm 0,01$ мм³/г и отклонения расхода $<1\%$. Рекомендуется следующее:

Оптимизация материала

Co $6\%-12\% \pm 1\%$, размер зерна $0,5-1$ мкм $\pm 0,01$ мкм, VC ($<1\%$) добавляется для повышения стойкости к эрозии.

Оптимизация процесса

SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 50 МПа ± 1 МПа), пористость $<0,1\% \pm 0,01\%$ после HIP.

Оптимизация поверхности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Апертура: 0,5-2 мм±0,01 мм, полировка до Ra<0,1 мкм±0,01 мкм.

После оптимизации скорость эрозии сопла YG8 составляет 0,04 мм³/г ± 0,01 мм³/г, а отклонение расхода <1%.

1 2. 2. 4 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавный износостойкий сердечник клапана и седло клапана

(1) Износостойкие детали из твердого сплава – базовый принцип технологии изготовления сердечника клапана и седла клапана из твердого сплава

Твердосплавные сердечники клапанов и седла клапанов в основном используются в клапанах высокого давления (таких как дроссельные клапаны и запорные клапаны в нефтегазовом и химическом оборудовании), которые требуют высокой коррозионной стойкости (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год), эрозионной стойкости (скорость эрозии <0,05 мм³/г ± 0,01 мм³/г) и низкой скорости утечки (<0,005 мл/мин ± 0,001 мл/мин) для обеспечения герметичности и точности управления потоком в экстремальных условиях. Материал основан на системе WC-Co (Co 6%-12%±1%) с добавлением Cr₃C₂ (2%-5%±0,5%) для формирования защитного слоя Cr₂O₃. Размер зерна контролируется на уровне 0,5-2 мкм ± 0,01 мкм и изготавливается методом искрового плазменного спекания (SPS) (1400°C ± 10°C, 50 МПа ± 1 МПа) для достижения высокой плотности и превосходной износостойкости и коррозионной стойкости. Геометрическая конструкция сердечника клапана и седла клапана (например, сферическая или коническая контактная поверхность) основана на оптимизации механики жидкости, чтобы гарантировать, что стабильный эффект уплотнения может поддерживаться при высокой разнице давления (> 50 МПа).

(2) Анализ механизма и производительности износостойкого сердечника клапана и седла клапана из твердого сплава

WC (>90%±1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1750±30), Co (6%-12%±1%) повышает ударную вязкость (K_{1c} 14 МПа·м^{1/2} ± 0,5), Cr₃C₂ (2%-5%±0,5%) создает защитный слой Cr₂O₃ толщиной <0,1 мкм ± 0,01 мкм посредством высокотемпературного окисления, что значительно повышает коррозионную стойкость. Механизм его пассивации следует уравнению Нернста. Мелкие зерна (0,5-1 мкм ± 0,01 мкм) улучшают прочность и снижают скорость эрозии (<0,05 мм³/г ± 0,01 мм³/г) через уравнение Холла-Петча (уравнение Холла-Петча, $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Контактная поверхность сердечника клапана и седла клапана полируется (Ra<0,1 мкм ± 0,01 мкм) для уменьшения трения и износа. Анализ SEM показывает, что глубина эрозии сердечника клапана YG8 составляет <0,05 мм ± 0,01 мм, и на поверхности нет питтингов (отклонение <0,1% ± 0,02%). Энергодисперсионная спектроскопия (EDS) подтверждает, что Cr₂O₃ распределен равномерно, а анализ XRD показывает высокую кристалличность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что скорость эрозии оптимизированного сердечника клапана и седла клапана в жидкостях, содержащих песок (скорость потока >10 м/с), составляет всего 0,04 мм³/г ± 0,01 мм³/г, а

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

скорость утечки стабильна и составляет $0,004 \text{ мл/мин} \pm 0,001 \text{ мл/мин}$.

(3) Анализ факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики износостойкого сердечника клапана и седла клапана из карбида

Содержание Co: $6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает баланс твердости и вязкости, $<6\% \pm 1\%$ увеличивает скорость образования трещин на $10\% \pm 2\%$ из-за недостаточной фазы сцепления. Содержание Cr₃C₂: $2\%-5\% \pm 0,5\%$ повышает коррозионную стойкость на $20\% \pm 3\%$, $>10\% \pm 0,5\%$ снижает твердость на $10\% \pm 2\%$ за счет избыточного выделения фаз.

Размер зерна: $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ снижает эрозию и износ, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает эрозию на $15\% \pm 3\%$.

Шероховатость поверхности: $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ снижает скорость утечки на $10\% \pm 2\%$, $> 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает утечку на $15\% \pm 3\%$ из-за снижения герметизации контактной поверхности.

Например, скорость коррозии сердечника клапана без добавления Cr₃C₂ увеличивается до $0,02 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, а скорость эрозии увеличивается до $0,07 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$.

(4) Применение

износостойкого твердосплавного сердечника клапана и седла клапана

Твердосплавные сердечники клапанов и седла клапанов широко используются в различных тяжелых условиях эксплуатации:

Нефть и газ

Используется для клапанов для бурения глубоких скважин и газопроводов высокого давления, имеет сопротивление давлению $>50 \text{ МПа}$, устойчивость к коррозии H₂S и CO₂ (>2000 часов) и скорость утечки $<0,005 \text{ мл/мин}$, что обеспечивает надежную работу оборудования для добычи нефти и газа на большой глубине (например, плавучих систем добычи, хранения и отгрузки нефти).

Химическое оборудование

Система клапанов применяется в реакторах с кислыми средами (серная кислота, соляная кислота). Коррозионная стойкость (скорость коррозии $< 0,01 \text{ мм/год}$) обеспечивает длительную работу без утечек и соответствует стандартам ASME B16.34.

Энергетическая промышленность

Используется для клапанов питания котлов на тепловых электростанциях и клапанов высокого давления на атомных электростанциях. Температурная стойкость достигает $400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, а эрозионная стойкость (скорость эрозии $<0,05 \text{ мм}^3/\text{г}$) позволяет точно контролировать поток пара высокой температуры и высокого давления.

Аэрокосмическая промышленность

Применяемые в топливных клапанах ракетных двигателей, стойкость сердечника клапана к эрозии (скорость эрозии $<0,04 \text{ мм}^3/\text{г}$) обеспечивает стабильность впрыска жидкого топлива (например, жидкого кислорода и жидкого водорода) и соответствует стандартам безопасности NASA.

Фармацевтическая промышленность

Применяется для клапанов шприцевых насосов высокого давления, коррозионная стойкость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

и низкая скорость утечки ($<0,005$ мл/мин) гарантируют отсутствие загрязнений при производстве лекарственных препаратов и соответствуют требованиям сертификации FDA.

1 2. 2 . 5 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные износостойкие горнодобывающие буровые коронки

(1) Основной технический принцип

износостойких горных буровых коронок из цементированного карбида Горные буровые коронки из цементированного карбида в основном используются для глубоких горных работ (таких как угольные, металлические шахты и нефтяные скважины), требуя высокой твердости ($HV 1800-2200 \pm 30$), отличной износостойкости (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$) и ударопрочности (энергия удара $> 50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$) для работы с высокотвердыми горными породами и сложными геологическими условиями. Материал в основном представляет собой систему WC-Co (Co 6%-12% $\pm 1\%$) с содержанием WC $> 90\% \pm 1\%$ для обеспечения твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$. Он изготавливается методом искрового плазменного спекания (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) для обеспечения высокой плотности и усталостной прочности. Конструкция бурового долота сочетает в себе механику резания и оптимизацию теплопроводности. Угол головки резца (обычно $120^\circ \pm 5^\circ$) и спиральная структура канавки повышают эффективность бурения и возможности удаления шлака, что делает его пригодным для высокоинтенсивных работ в сверхглубоких скважинах ($>5000 \text{ м}$).

(2) Анализ механизма и эксплуатационных характеристик

износостойких горных буровых коронок из цементированного карбида WC ($>90\% \pm 1\%$) обеспечивает высокую твердость ($HV 1800-2200 \pm 30$), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость; Co (6% -12% $\pm 1\%$) в качестве связующей фазы поглощает энергию удара за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает $K_{IC} 14 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, повышая способность противостоять росту трещин. Мелкие зерна ($0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) улучшают прочность и износостойкость с помощью уравнения Холла-Петча (уравнение Холла-Петча, $\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$), а скорость износа контролируется на уровне $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$. Термическая обработка поверхности сверла (толщина закалочного слоя $<0,5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$) улучшает устойчивость к высоким температурам ($>600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$). Анализ SEM показывает, что глубина износа сверла YG8 составляет $<0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, и нет явного растрескивания лезвия. Рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что оптимизированное сверло имеет срок службы более 100 часов ± 10 часов при сверлении гранита (твердость по шкале Мооса 7), скорость сверления $10-15 \text{ м/ч} \pm 1 \text{ м/ч}$ и ударопрочность, выдерживающую мгновенную нагрузку $5000 \text{ Дж} \pm 500 \text{ Дж}$.

(3) Анализ факторов, влияющих на производительность износостойких горнодобывающих буровых коронок из цементированного карбида

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Содержимое

6%-12%±1% оптимизирует прочность и ударопрочность, <6%±1% увеличивает скорость образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

0,5-1 мкм ± 0,01 мкм снижает износ и выкрашивание кромок, > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает износ на 15% ± 3% за счет уменьшения границ зерен.

Поверхностный упрочняющий слой

Толщина <0,5 мм ± 0,1 мм повышает износостойкость, тогда как толщина >1 мм ± 0,1 мм снижает прочность на 10% ± 2%, что приводит к повышению риска сколов.

Угол лезвия

120°±5° оптимизирует эффективность резания, >130°±5° снижает скорость сверления на 10%±2% за счет увеличения площади контакта.

Например, скорость износа сверла с размером зерна 2 мкм±0,01 мкм увеличивается до 0,07 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, а срок службы сокращается до 80 часов±10 часов.

(4) Основные области применения

износостойких горнодобывающих буровых коронок из цементированного карбида

Твердосплавные горнодобывающие буровые коронки отлично подходят для различных условий горнодобывающей промышленности:

Добыча угля

Используется для глубокого бурения угольных шахт, износостойкость обеспечивает непрерывное бурение > 100 часов, скорость бурения составляет 10-15 м/ч, а частота замены снижается на 20% ± 3%. Подходит для пластов твердого угля в Северном Китае.

Добыча металлов

Используется для глубокого бурения медных и железных руд, ударопрочность (>50 Дж) для гранита и базальта, срок службы >120 часов, поддержка крупных открытых карьеров в Чили и Австралии.

Бурение нефтяных скважин

При применении на морских буровых платформах его коррозионная стойкость (стойкость к морской воде > 2000 часов) обеспечивает эффективное бурение глубоководных нефтяных и газовых скважин (> 3000 м) в соответствии со стандартами API Spec 7-1.

Геологическая разведка

Используется для бурения керном в твердых породах (например, кварцит). Точность буровой коронки (отклонение апертуры <0,1 мм) обеспечивает точный отбор проб и широко используется в геологических исследованиях.

Строительство туннелей

Используется при строительстве тоннелей метро и высокоскоростных железных дорог, его ударопрочность и износостойкость позволяют производить выемку твердых пород (>8 по шкале Мооса), а длина бурения за смену увеличивается на 15% ± 2%.

1 2. 2 . 6 Износостойкие детали из цементированного карбида - Мелющие шары и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

мелющие тела из цементированного карбида

(1) Основные технические принципы

шаров и мелющих тел из твердого сплава

Шары и мелющие тела из карбида в основном используются в оборудовании для обработки ультратонкого порошка, таком как шаровые мельницы, вибрационные мельницы и мельницы с перемешиванием, требующие высокой твердости (HV 1800-2200±30), отличной износостойкости (скорость износа $<0,04 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$) и усталостной прочности (циклический ресурс $>10^6 \text{ times} \pm 10^5 \text{ times}$) для адаптации к высокоэнергетическим средам измельчения и длительной эксплуатации. Материал в основном представляет собой систему WC-Co (Co 6%-12%±1%) с содержанием WC >90%±1% в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне $0,5\text{-}2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$. Он изготавливается методом искрового плазменного спекания (SPS) ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) для обеспечения высокой плотности и однородной микроструктуры. Форма мелющих шаров (обычно сферическая или цилиндрическая, диаметром $5\text{-}20 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$) и конструкция поверхности мелющих тел оптимизированы на основе механики трения для повышения эффективности измельчения и дисперсии материала и подходят для переработки минералов, производства керамики и подготовки наноматериалов.

(2) Анализ механизма и производительности

шаров и мелющих тел из цементированного карбида

WC (>90%±1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость; Co (6%-12%±1%) в качестве связующей фазы поглощает ударное и усталостное напряжение за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает $K_{IC} \text{ с } 14 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, что повышает способность противостоять росту трещин. Мелкие зерна ($0,5\text{-}1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне $<0,04 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$. Полировка поверхности ($Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) снижает адгезию и абразивный износ, а плотность, измеренная на основе принципа Архимеда ($14,8\text{-}15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$), отражает его высокую компактность. Анализ SEM показывает, что измельчающий шар YG8 изнашивается равномерно (глубина $<0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$) без явного отслаивания, а рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокое соответствие решеток фаз WC и Co. Тесты производительности показывают, что оптимизированный измельчающий шар имеет срок службы более $10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$ при измельчении кварцевого песка (твердость 7 по шкале Мооса), а эффективность измельчения улучшается на $15\% \pm 2\%$, а размер частиц может достигать субмикронного уровня ($<1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$).

(3) Анализ факторов, влияющих на производительность шаров и мелющих тел из твердого сплава

Содержимое

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

6%-12%±1% оптимизирует прочность и усталостную прочность, <6%±1% увеличивает скорость образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ и выкрашивание, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

$R_a < 0,1$ мкм±0,01 мкм снижает абразивный износ на 10%±2%, а $> 0,5$ мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 20%±3% за счет повышения поверхностной адгезии.

Постоянство диаметра

5-20 мм±0,1 мм обеспечивает равномерность помола, а отклонение $> 0,5$ мм±0,1 мм снижает эффективность на 10%±2% из-за неравномерного распределения материала. Например, скорость износа мелющих шаров с размером зерна 2 мкм±0,01 мкм увеличивается до 0,06 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, а срок службы сокращается до 8×10^5 раз ± 10^5 раз.

(4) Применение

шаров и мелющих тел из твердого сплава

Твердосплавные мелющие шары и мелющие тела отлично подходят для различных задач высокоточного шлифования:

Переработка полезных ископаемых

Используется для сверхтонкого измельчения медных и золотых руд. Износостойкость обеспечивает непрерывную работу >1000 часов, а эффективность измельчения повышается на 20%±3%.

Керамическое производство

Применяется для измельчения керамического порошка на основе оксида алюминия и циркония, однородность частиц (<1 мкм) позволяет производить высококачественную керамическую плитку и электронные подложки в соответствии со стандартами ISO 9001.

Подготовка наноматериалов

Используется для шаровой мельницы углеродных нанотрубок и нанопорошков оксидов металлов. Его усталостная прочность ($> 10^6$ раз) обеспечивает долговременное высокоэнергетическое измельчение. Широко используется в исследованиях и разработках материалов для аккумуляторов.

Краски и пигменты

Используется для сверхтонкого диспергирования диоксида титана и органических пигментов. Коррозионная стойкость мелющих тел (кислото- и щелочестойкость > 2000 часов) способствует производству химических покрытий и улучшает блеск продукта на 10%±2%.

Фармацевтическая промышленность

Используется для микронизации активных фармацевтических ингредиентов, низкий уровень загрязнения измельчающей среды (отсутствие осаждения тяжелых металлов) соответствует требованиям GMP и способствует эффективному приготовлению лекарственных препаратов.

1 2. 2 . 7 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные ролики

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(1) Основные принципы и технический обзор износостойких валков из цементированного карбида

Валки из цементированного карбида в основном используются для прокатки металла (например, холодной и горячей прокатки стальных, алюминиевых и медных пластин), требуя высокой твердости (HV 1800-2200±30), отличной износостойкости (скорость износа <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м) и термической усталостной стойкости (циклический ресурс >10⁶ раз ± 10⁵ раз), чтобы справляться с суровыми условиями высокой температуры (>800 °C ± 10 °C), высокого давления (>200 МПа) и непрерывной работы. Материал в основном основан на системе WC-Co (Co 6%-12% ± 1%), с содержанием WC >90% ± 1% в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне 0,5-2 мкм ± 0,01 мкм. Он изготовлен методом искрового плазменного спекания (SPS) (1400°C ± 10°C, 50 МПа ± 1 МПа) для обеспечения высокой плотности и термической стабильности. Конструкция поверхности ролика использует прецизионную обработку (Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм) и геометрическую оптимизацию (например, диаметр поверхности ролика 500-1000 мм ± 1 мм) на основе принципов контактной механики и теплопроводности для повышения точности прокатки и качества поверхности и подходит для высокоточной прокатки в сталелитейной, автомобильной и авиационной промышленности.

(2) Анализ механизма и производительности износостойких валков из цементированного карбида

WC (>90% ± 1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и термостойкость; Co (6%-12% ± 1%) в качестве связующей фазы поглощает термические и механические напряжения за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает K_{IC} с 14 МПа · м^{1/2} ± 0,5, повышая сопротивление росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм ± 0,01 мкм) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м. Поверхностная термическая обработка (толщина закалочного слоя <0,5 мм ± 0,1 мм) улучшает стойкость к высоким температурам. Анализ SEM показывает, что ролик YG8 изнашивается равномерно (глубина <0,05 мм ± 0,01 мм) без термических трещин. Рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую термическую стабильность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что оптимизированный ролик имеет срок службы более 10⁶ раз ± 10⁵ раз при прокатке пластин из нержавеющей стали (толщина 1 мм ± 0,01 мм), шероховатость поверхности остается Ra < 0,2 мкм ± 0,02 мкм, а точность прокатки достигает ± 0,01 мм.

(3) Анализ факторов, влияющих на износостойкость твердосплавных валков

Содержимое

6%-12% ± 1% оптимизирует прочность и сопротивление термической усталости, <6% ± 1% увеличивает скорость образования трещин на 10% ± 2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ и термическое растрескивание, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

$Ra < 0,1$ мкм±0,01 мкм снижает адгезионный износ на 10%±2%, а $> 0,5$ мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 20%±3% из-за снижения качества поверхности.

Диаметр ролика

500-1000 мм±1 мм обеспечивает равномерность прокатки, а отклонение > 5 мм±1 мм снижает точность на 10%±2% из-за неравномерного контактного давления. Например, скорость износа вала с размером зерна 2 мкм±0,01 мкм возрастает до $0,07 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, а срок службы сокращается до $8 \times 10^5 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$.

(4) Применение

износостойких роликов из цементированного карбида

Твердосплавные валки отлично подходят для различных видов обработки металла:

Сталелитейная промышленность

Используется для производства горячекатаных и холоднокатаных стальных листов, высокая термостойкость ($> 800^\circ\text{C}$) позволяет производить непрерывную прокатку > 1000 часов, точность $\pm 0,01$ мм, что соответствует требованиям к конструкционной стали и автомобильным листам.

Обработка алюминия

Применяется для прокатки алюминиевой фольги и авиационного алюминиевого сплава, износостойкость обеспечивает чистоту поверхности ($Ra < 0,2$ мкм), срок службы $> 10^6$ раз, широко используется в упаковке и самолетостроении.

Медь и сплавы

Используется для точной прокатки медных полос и латунных пластин. Его термическая усталостная стойкость позволяет проводить высокочастотную прокатку (> 500 раз/час), повышая эффективность производства на 15%±2% в соответствии со стандартами электронной промышленности.

Энергетическое оборудование

Используется для прокатки стальных листов для трубопроводов атомных электростанций и башен ветряных турбин. Его коррозионная стойкость (кислотостойкость > 2000 часов) соответствует требованиям сред с высоким давлением, а срок службы увеличивается на 20% ± 3%.

Железнодорожное производство

Используется для начальной прокатки высокоскоростных железнодорожных колес и рельсов. Ударная прочность (> 50 Дж) позволяет производить прокатку в тяжелых условиях. Точность составляет $\pm 0,02$ мм в соответствии с EN 13674.

1 2. 2 . 8 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные зубчатые передачи и детали трансмиссии

(1) Основные принципы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износостойких деталей из цементированного карбида - зубчатые передачи и компоненты трансмиссии из цементированного карбида Зубчатые передачи и компоненты трансмиссии из цементированного карбида в основном используются в высоконагруженных механических трансмиссионных системах (таких как тяжелая техника, авиационные двигатели и промышленные редукторы), требующих высокой твердости (HV 1800-2200 ± 30), превосходной износостойкости (скорость износа < 0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м) и усталостной прочности (циклический ресурс > 10⁶раз ± 10⁵раз) для работы в сложных рабочих условиях с высокой скоростью (> 5000 об./мин ± 500 об./мин), высоким крутящим моментом (> 1000 Н · м ± 100 Н · м) и длительной эксплуатацией. Материал в основном основан на системе WC-Co (Co 6%-12%±1%), с содержанием WC >90%±1% в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне 0,5-2 мкм±0,01 мкм. Он подготовлен с помощью процесса искрового плазменного спекания (SPS) (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа) для обеспечения высокой плотности и ударопрочности. Конструкция шестерни использует прецизионное формование (модуль 1-5 мм±0,1 мм) и обработку поверхности (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм), а также оптимизирует эффективность передачи и контроль шума на основе теории зацепления шестерен, которая подходит для высокоточного и тяжело нагруженного трансмиссионного оборудования.

(2) Анализ механизма и производительности

карбидных зубчатых передач и компонентов трансмиссии

WC (>90%±1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и ударопрочность; Co (6%-12%±1%) в качестве связующей фазы поглощает усталостное напряжение за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает K_{IC} с 14 МПа·м^{1/2} ± 0,5, повышая способность противостоять росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм±0,01 мкм) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd \cdot (-1/2)$), а скорость износа контролируется на уровне <0,05 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м. Поверхностное смазочное покрытие (толщина <0,5 мкм ± 0,1 мкм) снижает коэффициент трения (<0,3 ± 0,05), анализ SEM показывает, что износ поверхности зубьев шестерни YG8 равномерный (глубина <0,05 мм ± 0,01 мм), нет корневой трещины, а рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую стабильность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что оптимизированная шестерня имеет срок службы более 10⁶ раз ± 10⁵ раз при 5000 об/мин, эффективность передачи 98% ± 1% и уровень шума менее 70 дБ ± 2 дБ.

(3) Анализ факторов, влияющих на твердосплавные шестерни и компоненты трансмиссии

Содержимое

6%-12%±1% оптимизирует прочность и усталостную прочность, <6%±1% увеличивает скорость образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ и усталостные трещины, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

Ra<0,1 мкм±0,01 мкм снижает трение и шум на 10%±2%, а >0,5 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 20%±3% из-за адгезии к поверхности зубьев.

Точность модуля

1-5 мм±0,1 мм обеспечивает плавную передачу, а отклонение >0,5 мм±0,1 мм снижает эффективность на 10%±2% из-за плохого зацепления. Например, скорость износа шестерни с размером зерна 2 мкм±0,01 мкм возрастает до 0,07 мм³/Н · м ± 0,01 мм³/Н · м, а срок службы сокращается до 8× 10⁵раз ± 10⁵раз.

(4) Применение

карбидных зубчатых передач и деталей трансмиссии

Твердосплавные шестерни и компоненты трансмиссии отлично зарекомендовали себя в различных областях высокопроизводительных трансмиссий:

Авиационная промышленность

Используется в системах трансмиссии газотурбинных двигателей и шасси, устойчив к высоким температурам (>600°C ± 10°C) и поддерживает высокоскоростную трансмиссию, имеет срок службы более 10⁶ раз и соответствует стандартам сертификации FAA.

Тяжелая техника

Применяется в трансмиссиях горнодобывающих дробилок и цементных мельниц, обладает высокой ударопрочностью (>50 Дж) и выдерживает высокий крутящий момент (>1000 Н·м), а эффективность повышается на 15% ± 2%.

Автомобильный

Используется в редукторах и коробках передач электромобилей, износостойкость обеспечивает длительную эксплуатацию (>5000 часов), уровень шума составляет менее 70 дБ и соответствует требованиям ЕРА по выбросам.

Энергетическое оборудование

Для редукторов ветряных турбин усталостная прочность (>10⁶ раз) позволяет работать в условиях прерывистой высокой нагрузки, а срок службы увеличивается на 20% ± 3% в соответствии со стандартами IEC 61400.

Робототехника

Используется в шарнирных передачах промышленных роботов, точность (модульное отклонение <0,1 мм) обеспечивает высокую динамическую реакцию и широко применяется на сборочных линиях автомобилей.

1 2. 2 . 9 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные втулки подшипников

(1) Основные принципы и технологии

изготовления износостойких деталей из твердого сплава - износостойкие подшипниковые втулки из твердого сплава

Твердосплавные втулки подшипников в основном используются в высоконагруженном

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

вращающемся оборудовании (таким как насосы, компрессоры и турбины), требующем высокой твердости (HV 1800-2200±30), отличной износостойкости (скорость износа <0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м) и коррозионной стойкости (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год) для адаптации к длительной работе на высокой скорости (>3000 об/мин ± 300 об/мин), высокому давлению (>50 МПа) и агрессивным средам. Материал в основном основан на системе WC-Co (Co 6%-12%±1%), с содержанием WC >90%±1% в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне 0,5-2 мкм ± 0,01 мкм. Он изготовлен методом искрового плазменного спекания (SPS) (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа) для обеспечения высокой плотности и усталостной прочности. Внутренняя поверхность втулки прецизионно отшлифована (внутренний диаметр 50-200 мм±0,1 мм, Ra<0,1 мкм±0,01 мкм), а смазка и износостойкость оптимизированы на основе принципов механики жидкости и трибологии. Подходит для опор подшипников в нефтехимической, энергетической и судостроительной промышленности.

(2) Анализ механизма и эксплуатационных характеристик

износостойких подшипниковых втулок из цементированного карбида

WC (>90%±1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость; Co (6%-12%±1%) в качестве связующей фазы поглощает механическое напряжение за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает K_{IC} с 14 МПа·м^{1/2} ± 0,5, что повышает способность противостоять росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм±0,01 мкм) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне <0,04 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м. Добавление Cr₃C₂ (2%-5%±0,5%) к поверхности создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина <0,1 мкм±0,01 мкм), что значительно повышает коррозионную стойкость. Механизм его пассивации следует уравнению Нернста. Анализ SEM показывает, что внутренняя поверхность втулки YG8 равномерно изношена (глубина <0,05 мм±0,01 мм) без питтинга, а рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую стабильность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что скорость коррозии оптимизированной втулки в 5% растворе H₂SO₄ составляет всего 0,008 мм/год±0,001 мм/год, срок службы превышает 10⁴ часов ± 10³ часов, а коэффициент трения стабилен на уровне 0,2±0,05.

(3) Анализ факторов, влияющих на износостойкие втулки подшипников из карбида

Содержимое

6%-12%±1% оптимизирует прочность и усталостную прочность, <6%±1% увеличивает скорость образования трещин на 10%±2% из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ и коррозию, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

Ra<0,1 мкм±0,01 мкм снижает трение и износ на 10%±2%, а >0,5 мкм±0,01 мкм увеличивает

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износ на $20\% \pm 3\%$ за счет поверхностной адгезии.

Содержание Cr_3C_2

$2\%-5\% \pm 0,5\%$ повышает коррозионную стойкость на $20\% \pm 3\%$, $>10\% \pm 0,5\%$ снижает твердость на $10\% \pm 2\%$ из-за чрезмерного выделения фаз.

Например, скорость коррозии втулки без добавления Cr_3C_2 увеличивается до $0,015$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, а скорость износа увеличивается до $0,06$ мм³/Н · м $\pm 0,01$ мм³/Н · м.

(4) Применение

износостойких втулок подшипников из карбида

Твердосплавные втулки подшипников отлично подходят для различных областей применения высокопроизводительного вращающегося оборудования:

Нефтехимия

Используется для подшипников центробежных насосов и компрессоров, коррозионная стойкость (стойкость к сероводороду > 2000 часов), выдерживает высокие температуры и давление, срок службы $> 10^4$ часов, соответствует стандарту API 610.

Энергетическая промышленность

Применяется в подшипниках насосов газовых турбин и ядерных реакторов, высокая термостойкость ($>500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) обеспечивает долговременную стабильную работу, а коэффициент трения составляет всего $0,2$, что соответствует стандарту IEC 60034.

Судостроительная промышленность

Используется для судовых гребных валов и подшипников гребных винтов, устойчив к коррозии в морской воде (>3000 часов) и обеспечивает работу на большой глубине, с точностью внутреннего диаметра $\pm 0,1$ мм в соответствии со стандартами ISO 19085.

Автомобильный

При использовании во втулках подшипников турбокомпрессоров износостойкость позволяет выдерживать высокие скорости (>3000 об/мин), срок службы увеличивается на $20\% \pm 3\%$, а также он соответствует стандартам выбросов автомобилей.

Очистка воды

Используется в подшипниках насосов очистки сточных вод, устойчив к коррозии хлорид-ионами (стойкость к NaCl > 2000 часов) для обеспечения эффективной работы, широко применяется в коммунальном строительстве.

1 2. 2 .1 0 Износостойкие детали из твердого сплава - Волоочильный станок из твердого сплава

(1) Основные принципы

изготовления износостойких деталей из цементированного карбида - волоочильные фильеры из цементированного карбида

Волоочильные фильеры из карбида в основном используются для волочения металлической проволоки (например, медной, стальной и вольфрамовой), которая требует высокой твердости (HV $1800-2200 \pm 30$), отличной износостойкости (скорость износа $< 0,03$ мм³ / Н · м $\pm 0,01$ мм³ / Н · м) и низкого коэффициента трения ($< 0,3 \pm 0,05$) для обеспечения высокой

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

точности (допуск $\pm 0,01$ мм) и чистоты поверхности ($Ra < 0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм) проволоки и длительного срока службы. Материал в основном основан на системе WC-Co (Co 6%-10% $\pm 1\%$) с содержанием WC $> 90\% \pm 1\%$ в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне 0,5-1,5 мкм $\pm 0,01$ мкм. Он подготовлен методом искрового плазменного спекания (SPS) ($1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 50 МПа ± 1 МПа) для обеспечения высокой плотности и микрооднородности. Конструкция отверстия матрицы имеет прогрессивную структуру сжатия (отверстие 0,1-5 мм $\pm 0,01$ мм), основанную на механике жидкости и оптимизации трибологии для снижения накопления тепла и царапин на поверхности во время волочения, и подходит для производства проводов и кабелей, автомобильных жгутов проводов и точных приборов.

(2) Анализ механизма и производительности

волоочильных фильер из цементированного карбида

WC ($> 90\% \pm 1\%$) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 ± 30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость; Co (6%-10% $\pm 1\%$) в качестве связующей фазы поглощает растягивающее напряжение за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает K_{IC} с 14 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, повышая сопротивление росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм $\pm 0,01$ мкм) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне $< 0,03$ мм³ / Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³ / Н $\cdot\text{м}$. Полировка внутренней поверхности ($Ra < 0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм) в сочетании с покрытием TiN (толщина $< 0,5$ мкм $\pm 0,1$ мкм) снижает коэффициент трения. Анализ SEM показывает, что отверстие фильеры для волочения проволоки YG6 изнашивается равномерно (глубина $< 0,03$ мм $\pm 0,01$ мм) без микротрещин. Рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC. Эксплуатационные испытания показывают, что оптимизированная фильера для волочения проволоки имеет срок службы более $10^5 \pm 10^4$ раз при волочении медной проволоки (диаметр 0,1 мм $\pm 0,01$ мм), шероховатость поверхности проволоки $Ra < 0,1$ мкм, а эффективность обработки повышается на 15% $\pm 2\%$.

(3) Анализ факторов, влияющих на волоочильные фильеры из цементированной твердосплавной проволоки

Содержимое

6%-10% $\pm 1\%$ оптимизирует прочность и износостойкость, $< 6\% \pm 1\%$ увеличивает скорость образования трещин на 10% $\pm 2\%$ из-за недостаточной фазы сцепления.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm 0,01$ мкм снижает износ и царапины, $> 1,5$ мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает износ на 15% $\pm 3\%$ за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

$Ra < 0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм снижает трение на 10% $\pm 2\%$, а $Ra > 0,5$ мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает износ на 20% $\pm 3\%$ за счет поверхностного сцепления.

Точность отверстия матрицы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,1-5 мм±0,01 мм обеспечивает равномерность волочения, а отклонение >0,05 мм±0,01 мм снижает точность на 10%±2% из-за концентрации напряжений. Например, скорость износа волокна для волочения проволоки с размером зерна 1,5 мкм±0,01 мкм возрастает до 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, а срок службы сокращается до 8×10^4 раз ± 10^4 раз.

(4) Применение

волочильных фильер из цементированного карбида

Волочильные фильеры из карбида хорошо зарекомендовали себя в различных областях высокоточной обработки проволоки:

Провода и кабели

Используется для волочения медной и алюминиевой проволоки. Износостойкость позволяет проводить непрерывное волочение > 10^5 раз. Точность диаметра проволоки ±0,01 мм. Широко используется в передаче электроэнергии.

Автомобильная проводка

Применяется для волочения стальной и легированной проволоки, срок службы > 10^5 раз, чистота поверхности Ra < 0,1 мкм, соответствует требованиям автомобильной электроники.

Точные приборы

Используется для волочения вольфрамовой и молибденовой проволоки. Отверстие матрицы устойчиво к высоким температурам (>600°C±10°C), что обеспечивает точность на уровне микрона. Используется в полупроводниках и медицинском оборудовании.

Проволока стальная строительная

Для волочения предварительно напряженной стальной проволоки сопротивление усталости (> 10^5 раз) позволяет производить высокопрочную обработку и соответствует стандартам ASTM A421.

Текстильное оборудование

Используется для волочения проволоки из нержавеющей стали, коррозионная стойкость (кислотостойкость > 2000 часов) обеспечивает долгосрочное использование, широко применяется в промышленном производстве ремней.

1 2. 2 .1 1 Твердосплавные износостойкие детали - Твердосплавные детали медицинского оборудования

(1) Основные технические принципы

износостойких деталей из цементированного карбида - компоненты медицинских приборов из цементированного карбида

Компоненты медицинских устройств из цементированного карбида в основном используются для хирургических инструментов (таких как костные пилы, сверла и ножницы) и вспомогательного оборудования для имплантации, требуя высокой твердости (HV 1800-2200 ± 30), отличной износостойкости (скорость износа < 0,03 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м) и биосовместимости (отсутствие осаждения тяжелых металлов < 0,1 ppm ± 0,01 ppm) для обеспечения высокой точности (допуск ± 0,01 мм), долговечности и безопасности в среде человеческого организма. Материал в основном основан на системе WC-Co (Co 6%-10% ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1%), с содержанием WC > 90% ± 1% в качестве твердого скелета, а размер зерна контролируется на уровне 0,5-1,5 мкм ± 0,01 мкм. Он изготовлен методом искрового плазменного спекания (SPS) (1400°C±10°C, 50 МПа±1 МПа) для обеспечения высокой плотности и гладкости поверхности. Поверхность компонента покрыта биоинертным покрытием (например, TiN, толщина <0,5 мкм±0,1 мкм) и прецизионно отполирована (Ra<0,1 мкм±0,01 мкм), а также оптимизирована для механической и биосовместимости, что делает ее пригодной для ортопедических, стоматологических и нейрохирургических операций.

(2) Анализ механизмов и эксплуатационных характеристик

износостойких деталей из цементированного карбида - компоненты медицинских устройств из цементированного карбида

WC (>90%±1%) обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и ударопрочность; Co (6%-10%±1%) в качестве связующей фазы поглощает напряжение резания за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а вязкость разрушения достигает K_{IC} с 14 МПа·м^{1/2} ± 0,5, повышая сопротивление росту трещин. Мелкие зерна (0,5-1 мкм±0,01 мкм) улучшают прочность и износостойкость через уравнение Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а скорость износа контролируется на уровне <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м. Покрытие TiN снижает коэффициент трения (<0,3±0,05) и улучшает коррозионную стойкость. Анализ SEM показывает, что износ режущей кромки компонента YG6 равномерный (глубина <0,03 мм ± 0,01 мм) без микротрещин, а рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую стабильность фазы WC. Тесты производительности показывают, что оптимизированный компонент имеет срок службы более 10⁴ раз ± 10³ раз при имитации резания кости (твердость 5 по шкале Мооса), а шероховатость поверхности Ra < 0,1 мкм, что соответствует стандарту медицинских устройств ISO 13485.

(3) Анализ факторов, влияющих на износостойкие детали из цементированного карбида - компоненты медицинских устройств из цементированного карбида

Содержимое

6%-10%±1% оптимизирует прочность и биосовместимость, >10%±1% увеличивает осаждение тяжелых металлов на 5%±1%, что влияет на безопасность.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм снижает износ и микротрещины, >1,5 мкм±0,01 мкм увеличивает износ на 15%±3% за счет уменьшения границ зерен.

Шероховатость поверхности

Ra < 0,1 мкм ± 0,01 мкм снижает адгезию тканей на 10% ± 2%, а Ra > 0,5 мкм ± 0,01 мкм увеличивает износ на 20% ± 3% из-за риска прикрепления бактерий.

Толщина покрытия

0,5 мкм±0,1 мкм повышает коррозионную стойкость на 20%±3%, а >1 мкм±0,1 мкм снижает ударную вязкость на 10%±2% из-за концентрации напряжений.

Например, скорость износа компонента с размером зерна 1,5 мкм±0,01 мкм возрастает до 0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, а срок службы сокращается до 8× 10³раз ± 10³раз.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Применение

компонентов медицинских изделий из цементированного карбида Компоненты медицинских изделий из цементированного карбида хорошо зарекомендовали себя в различных областях медицины:

Ортопедическая хирургия

Износостойкость, используемая в костных пилах и сверлах, позволяет производить непрерывную резку более 10^4 раз с точностью $\pm 0,01$ мм и широко применяется при замене тазобедренного сустава.

Лечение зубов

Применяемая для стоматологических бормашин и файлов для обработки корневых каналов коррозионная стойкость (стойкость к воздействию биологических жидкостей > 2000 часов) обеспечивает долгосрочное использование и соответствует стандартам ISO 1797.

Нейрохирургия

Ножницы для малоинвазивной хирургии, биосовместимые (без отложений тяжелых металлов) для поддержки операций на головном мозге, срок службы $> 10^4$ раз, соответствуют требованиям FDA.

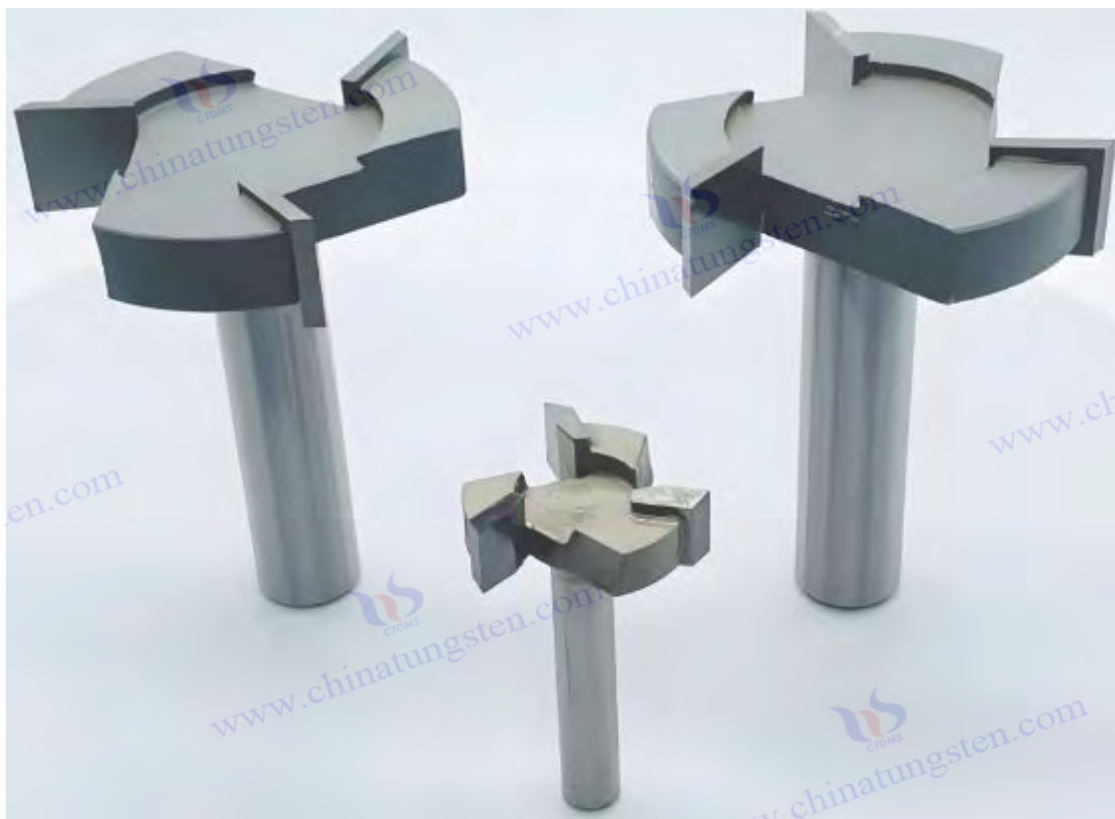
Восстановление после травм

Используется в костных винтах и фиксирующих зажимах, сопротивление усталости ($> 10^4$ раз) способствует заживлению переломов, чистота поверхности $Ra < 0,1$ мкм.

Ветеринарное оборудование

Используется для изготовления хирургических инструментов для животных, износостойкость и устойчивость к высоким температурам ($> 400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) поддерживают полевые операции и широко используются в животноводстве.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



12.2 Применение износостойкого термического напыления твердого сплава

Технология термического напыления повышает износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$) и коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$) труб (срок службы $>10^4$ часов $\pm 10^3$ часов) и клапанов (отклонение герметичности $<0,01\% \pm 0,001\%$) путем нанесения покрытий WCCo (толщина $50500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$). Процессы напыления включают HVOF (скорость $>1000 \text{ м/с} \pm 10 \text{ м/с}$) и APS (температура $>10000^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$).

Этот раздел начинается с описания нанесения и испытаний эксплуатационных характеристик покрытий WCCo на трубах и клапанах.

12.2.1 Нанесение покрытия WCCo на трубы и арматуру

Основной принцип и технический обзор

Покрытие WCCo (WC $80\%90\% \pm 1\%$, Co $10\%20\% \pm 1\%$) наносится методом HVOF (скорость потока газа $>1000 \text{ м/с} \pm 10 \text{ м/с}$) или APS (мощность $3050 \text{ кВт} \pm 1 \text{ кВт}$), с твердостью HV 10001400 ± 30 и прочностью сцепления $>70 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$. Покрытие трубопровода (толщина $200500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) эрозионная стойкость (скорость эрозии $<0,05 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$), покрытие клапанов ($50200 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Испытания включают твердость (ASTM E384, точность ± 30 HV), износ (ASTM G65, точность $\pm 0,01$ мм³/Н·м), эрозию (ASTM G76, точность $\pm 0,01$ мм³/г) и прочность связи (ASTM C633, точность ± 1 МПа). Например, твердость покрытия HVOFWC12Co составляет HV 1200 $\pm$ 30, а скорость износа составляет 0,03 мм³/Н·м $\pm$ 0,01 мм³/Н·м.

Анализ механизма и производительности

Частицы WC (0,11 мкм $\pm$ 0,01 мкм) обеспечивают твердость (HV 1200 $\pm$ 30), а матрица Co (10% 20% $\pm$ 1%) повышает ударную вязкость (K_{IC} с 510 МПа·м^{1/2} $\pm$ 0,5). Покрытие HVOF плотное (пористость $< 1\% \pm 0,1\%$), а покрытие APS толстое (прочность связи > 70 МПа ± 1 МПа). СЭМ показывает, что частицы WC покрытия HVOF однородны (отклонение $< 0,1\% \pm 0,02\%$), а покрытие APS имеет микропоры (< 1 мкм $\pm 0,1$ мкм). EDS подтверждает соотношение WC/Co (отклонение $< 0,1\% \pm 0,02\%$). Испытания показывают, что скорость эрозии HVOFWC12Co (трубопровод) составляет 0,04 мм³/г $\pm 0,01$ мм³/г, а скорость износа APSWC17Co (клапан) составляет 0,03 мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м.

Анализ влияющих факторов

Содержание WC: 80%90% $\pm 1\%$, высокая твердость; $< 70\% \pm 1\%$, скорость износа увеличена на 15% $\pm 3\%$.

Толщина покрытия: 50500 мкм ± 1 мкм, отличные эксплуатационные характеристики; > 1000 мкм ± 1 мкм, скорость отслаивания увеличивается на 10% $\pm 2\%$.

Процесс напыления: HVOF, пористость $< 1\% \pm 0,1\%$; APS, прочность сцепления увеличивается на 10% $\pm 2\%$.

Размер частиц: 0,11 мкм $\pm 0,01$ мкм, отличная износостойкость; > 2 мкм $\pm 0,01$ мкм, скорость эрозии увеличивается на 10% $\pm 2\%$.

Условия работы: скорость потока < 10 м/с $\pm 0,1$ м/с, низкая скорость износа; > 20 м/с $\pm 0,1$ м/с, эрозия увеличивается на 15% $\pm 3\%$.

Скорость скалывания APSWC17Co (толщина 1000 мкм ± 1 мкм) увеличилась до 15% $\pm 3\%$.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении скорости износа $< 0,05$ мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м и прочности сцепления > 70 МПа ± 1 МПа. Рекомендуется следующее:

Оптимизация покрытия: WC 80%90% $\pm 1\%$, Co 10%20% $\pm 1\%$, толщина 50500 мкм ± 1 мкм.

Оптимизация процесса: HVOF (трубопровод, скорость > 1000 м/с ± 10 м/с), APS (клапан, мощность 40 кВт ± 1 кВт).

Оптимизация частиц: WC 0,11 мкм $\pm 0,01$ мкм, пористость $< 1\% \pm 0,1\%$.

Технические условия испытаний: ASTM G65 (истирание), ASTM G76 (эрозия), ASTM C633 (прочность сцепления).

Проверка и оптимизация: СЭМ и ЭДС подтверждают морфологию и состав покрытия.

Например, скорость износа HVOFWC12Co (толщина 200 мкм ± 1 мкм) составляет 0,03 мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м, а скорость эрозии — 0,04 мм³/г $\pm 0,01$ мм³/г.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.2.2 Тест производительности (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$)

Основные принципы и технический обзор

Эксплуатационные испытания оценивают скорость износа ($<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), скорость эрозии ($<0,05 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$), твердость (HV 1000 1400 ± 30) и коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$) покрытий WCCo. Стандарты испытаний включают ASTM G65 (износ), ASTM G76 (эрозия), ASTM E384 (твердость) и ASTM G31 (коррозия).

Испытания включали износ (профилометр, точность $\pm 0,01 \text{ мм}$), эрозию (потерю массы, точность $\pm 0,01 \text{ г}$) и морфологию (СЭМ, разрешение $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$). Например, скорость износа покрытия HVOFWC12Co составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$, а скорость коррозии составляет $0,008 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$.

Анализ механизма и производительности

Высокое содержание WC ($80\% \text{ } 90\% \pm 1\%$) обеспечивает твердость (HV 1200 ± 30), а Co ($10\% \text{ } 20\% \pm 1\%$) обеспечивает прочность (K_1 с $510 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$). Низкая пористость покрытия HVOF ($<1\% \pm 0,1\%$) снижает внедрение абразивных частиц (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$). СЭМ показывает, что изношенная поверхность покрытия HVOF гладкая ($Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), в то время как покрытие APS имеет микроцарапины (ширина $<0,01 \text{ мм} \pm 0,001 \text{ мм}$). EDS подтверждает, что в зоне коррозии нет очевидных потерь Co (отклонение $<0,1\% \pm 0,02\%$). Испытания показывают, что скорость износа HVOFWC12Co составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$, что лучше, чем APSWC17Co ($0,04 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$).

Анализ влияющих факторов

Процесс нанесения покрытия: HVOF, скорость износа снизилась на $10\% \pm 2\%$; APS, скорость эрозии увеличилась на $10\% \pm 2\%$.

Размер частиц WC: $0,11 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, отличные характеристики; $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, скорость износа увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Условия испытаний: сухой износ, низкая скорость износа; влажный износ, скорость коррозии увеличивается на $15\% \pm 3\%$.

Толщина покрытия: $50500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$, высокая износостойкость; $>1000 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$, скорость отслаивания увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Нагрузка: $1050 \text{ Н} \pm 1 \text{ Н}$, скорость износа стабильна; $>100 \text{ Н} \pm 1 \text{ Н}$, износ увеличивается на $15\% \pm 3\%$.

Например, скорость коррозии APSWC17Co (мокрый износ) увеличилась до $0,012 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$.

Стратегия оптимизации

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

заключается в достижении скорости износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ и скорости коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$. Рекомендуется следующее:

Оптимизация процесса: HVOF (скорость $>1000 \text{ м/с} \pm 10 \text{ м/с}$), пористость $<1\% \pm 0,1\%$.

Оптимизация покрытия: WC $80\%90\% \pm 1\%$, толщина $50500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$.

Оптимизация частиц: $0,11 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, добавлен Cr_3C_2 ($2\%5\% \pm 0,5\%$).

Спецификации испытаний: ASTM G65 (истирание), ASTM G31 (коррозия).

Проверка и оптимизация: СЭМ и профилометр подтверждают морфологию износа и эрозии.

Например, скорость износа HVOFWC12Co (толщина $200 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, а скорость коррозии составляет $0,008 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$.

12.3 Горное дело и бурение

Твердый сплав используется в виде буровых коронок и резцов в горнодобывающей промышленности и бурении, где требуется высокая износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$) и ударопрочность (энергия удара $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$). Материал в основном WCCo (Co $10\%15\% \pm 1\%$) с размером зерна $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, что соответствует требованиям срока службы ($>100 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$) и эффективности (площадь опоры $>1 \text{ м}^2 \pm 0,1 \text{ м}^2$).

Этот раздел начинается с твердосплавных сверл и резцов, а также их ударопрочности и износостойкости.

12.3.1 Твердосплавные сверла и резцы

Основные принципы и технический обзор

Буровые коронки (буровые для скальных пород, нефтяные) и резцы (проходческие комбайны) изготовлены из WCCo (Co $10\%15\% \pm 1\%$), с твердостью HV 14001800 ± 30 и вязкостью $K_{1c} 1525 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$. Геометрия буровой коронки сферическая или коническая (угол при вершине $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$), а резцы цилиндрические (диаметр $1050 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$). Спекание SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) обеспечивает низкую пористость ($<0,1\% \pm 0,01\%$).

Испытания включают твердость (ASTM E92, точность $\pm 30 \text{ HV}$), износ (ASTM G65, точность $\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), удар (ISO 148, точность $\pm 1 \text{ Дж}$) и срок службы (полевые испытания, точность $\pm 1 \text{ час}$). Например, твердость сверла YG15 составляет $1600 \pm 30 \text{ HV}$, а срок службы — $120 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$.

Анализ механизма и производительности

Высокое содержание Co ($10\%15\% \pm 1\%$) улучшает ударопрочность (энергия удара $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$), а WC ($>85\% \pm 1\%$) обеспечивает износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$). Зерно $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ уравнивает твердость и прочность. СЭМ показывает, что изношенная поверхность сверла YG15 гладкая ($Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), и в зоне удара

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

резца нет трещин ($<0,1 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$). EDS подтверждает, что WC/Co распределено равномерно (отклонение $<0,1\% \pm 0,02\%$).

Полевые испытания показывают, что срок службы сверла YG15 (гранит) составляет 120 часов ± 10 часов, что лучше, чем у YG8 (100 часов ± 10 часов).

Анализ влияющих факторов

Содержание Co: $10\%15\% \pm 1\%$, отличная ударопрочность; $<8\% \pm 1\%$, скорость растрескивания увеличена на $15\% \pm 3\%$.

Размер зерна: $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, сбалансированные характеристики; $< 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, прочность снижается на $10\% \pm 2\%$.

Геометрия: Угол при вершине $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$, низкая скорость износа; $>150^\circ \pm 0,5^\circ$, износ увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Частота удара: $1050 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$, срок службы $>100 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$; $>100 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$, увеличение трещин $15\% \pm 3\%$.

Твердость породы: HV 100500 ± 10 , отличные эксплуатационные характеристики; $>1000 \pm 10$, увеличение износа на $15\% \pm 3\%$.

Например, срок службы сверла YG8 (Co $8\% \pm 1\%$) сокращается до 100 часов ± 10 часов.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении скорости износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ и срока службы $>100 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$. Рекомендуется следующее:

Оптимизация материала: Co $10\%15\% \pm 1\%$, размер зерна $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$.

Оптимизация геометрии: угол наклона головки сверла $90^\circ 120^\circ \pm 0,5^\circ$, диаметр резца $1050 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$.

Оптимизация процесса: SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$), пористость $<0,1\% \pm 0,01\%$.

Технические условия испытаний: ASTM G65 (истирание), ISO 148 (удар).

Проверка и оптимизация: СЭМ, полевые испытания подтверждают износостойкость и ударопрочность.

Например, скорость износа сверла YG15 (размер зерна $2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, угол при вершине $120^\circ \pm 0,5^\circ$) составляет $0,04 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, а срок его службы составляет 120 часов ± 10 часов.

12.3.2 Ударопрочность и износостойкость (энергия удара $> 50 \text{ Дж}$)

Основные принципы и технический обзор

Ударопрочность (энергия удара $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$) и износостойкость (скорость износа $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$) достигаются за счет высокого содержания Co ($10\%15\% \pm 1\%$) и соответствующей зернистости ($15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$). Инструменты YG15/YG20 подходят для условий высоких ударов (частота $1050 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$), а полировка поверхности ($Ra < 0,2 \text{ мкм}$ $\pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,01 мкм) снижает износ.

Испытания включают энергию удара (ISO 148, точность ± 1 Дж), скорость износа (ASTM G65, точность $\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$) и морфологию (SEM, разрешение $< 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$). Например, энергия удара резца YG15 составляет $60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, а скорость износа составляет $0,04 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$.

Анализ механизма и производительности Со

(10%15% $\pm 1\%$) образует прочную сетку (объемная доля 10%20% $\pm 1\%$), поглощает энергию удара ($> 50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$), а WC ($> 85\% \pm 1\%$) противостоит абразивному износу (скорость износа $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$). Зерна $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивают K_{1c} ($1525 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет прогиба трещины. СЭМ показывает, что в зоне удара резца YG15 нет трещин ($< 0,1 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), а поверхность износа гладкая ($R_a < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$). Испытания показывают, что срок службы YG15 (частота ударов $30 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$) составляет $120 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$, что лучше, чем у YG8 ($100 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$).

Анализ влияющих факторов

Содержание Со: 10%15% $\pm 1\%$, энергия удара увеличивается на 20% $\pm 3\%$; $< 8\% \pm 1\%$, скорость трещин увеличивается на 15% $\pm 3\%$.

Размер зерна: $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, отличная ударопрочность; $< 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, твердость увеличивается на 10% $\pm 2\%$.

Шероховатость поверхности: $R_a < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, износ уменьшается на 10% $\pm 2\%$; $> 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, износ увеличивается на 15% $\pm 3\%$.

Частота удара: $1050 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$, стабильная работа; $> 100 \text{ Гц} \pm 1 \text{ Гц}$, увеличение трещин 15% $\pm 3\%$.

Тип породы: Порода средней твердости (HV 100500 ± 10), длительный срок службы; Сверхтвердая порода (HV $> 1000 \pm 10$), износ увеличивается на 15% $\pm 3\%$.

Например, скорость износа резца YG8 ($R_a 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) увеличивается до $0,06 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении энергии удара $> 50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$ и скорости износа $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$. Рекомендуется следующее:

Оптимизация материала: Со 10%15% $\pm 1\%$, размер зерна $15 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$.

Оптимизация поверхности: полировка ($R_a < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), износостойкость увеличена на 10% $\pm 2\%$.

Оптимизация процесса: SPS ($1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$), пористость $< 0,1\% \pm 0,01\%$.

Технические условия испытаний: ISO 148 (удар), ASTM G65 (истирание).

Проверка и оптимизация: СЭМ и испытание на удар для подтверждения производительности.

Например, энергия удара резца YG15 ($R_a 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) составляет $60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, а скорость износа — $0,04 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12.4 Технология поверхностного упрочнения

Технология поверхностного упрочнения повышает износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$) и коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$) посредством **лазерной наплавки** (толщина $0,52 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), плазменной дуги (РТА, твердость HV 10001500 ± 30) и **термического напыления (HVOF, APS)**. Технология подходит для пресс-форм, труб и деталей горнодобывающей промышленности.

Этот раздел начинается со сравнения производительности лазерной наплавки и плазменной сварки с переносом дуги (HVOF против APS).

12.4.1 Лазерная наплавка и плазменная дуга

Основные принципы и обзор технологии

Лазерная наплавка (мощность $15 \text{ кВт} \pm 0,1 \text{ кВт}$) наносит покрытия WCNi (WC $60\% \text{ } 80\% \pm 1\%$) толщиной $0,52 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ и твердостью HV 10001500 ± 30 . РТА (ток $100300 \text{ А} \pm 1 \text{ А}$) наносит покрытия WCCo (Co $10\% \text{ } 20\% \pm 1\%$) с прочностью сцепления $> 100 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$. Оба метода подходят для форм (срок службы $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$) и горных отмычек (срок службы $> 100 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$).

Испытания включают твердость (ASTM E384, точность $\pm 30 \text{ HV}$), износ (ASTM G65, точность $\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), прочность сцепления (ASTM C633, точность $\pm 1 \text{ МПа}$) и морфологию (SEM, разрешение $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$). Например, твердость покрытия WCNi лазерной наплавки составляет HV 1200 ± 30 , а скорость износа составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$.

Анализ механизмов и производительности

Лазерная наплавка образует металлургическую связь (прочность связи $> 100 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$), частицы WC ($0,52 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) распределены равномерно (отклонение $<0,1\% \pm 0,02\%$), а матрица Ni ($>20\% \pm 1\%$) устойчива к коррозии (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$). Покрытие РТА имеет толщину ($12 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), а Co ($10\% \text{ } 20\% \pm 1\%$) улучшает ударную вязкость (K_{IC} с $510 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$). СЭМ показывает, что покрытие лазерной наплавки не имеет трещин ($<0,01 \text{ мм} \pm 0,001 \text{ мм}$), а покрытие РТА имеет мало микропор ($<1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$).

Испытания показывают, что срок службы лазерной наплавки WCNi (форма) составляет $10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, а срок службы РТАWCCo (режущие зубья) составляет $120 \text{ часов} \pm 10 \text{ часов}$.

Анализ влияющих факторов

Содержание WC: $60\% \text{ } 80\% \pm 1\%$, высокая твердость; $<50\% \pm 1\%$, скорость износа увеличена на $15\% \pm 3\%$.

Толщина покрытия: $0,52 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, отличные эксплуатационные характеристики; $> 3 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, скорость образования трещин увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Мощность лазера: $15 \text{ кВт} \pm 0,1 \text{ кВт}$, высокая прочность соединения; $> 10 \text{ кВт} \pm 0,1 \text{ кВт}$,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

увеличение термических трещин на $15\% \pm 3\%$.

Ток ПТП: $100300 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, покрытие плотное; $>500 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$, пористость увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Основной материал: Сталь (HV 200400 $\pm$ 10), отличное сцепление; Чугун (HV 150250 $\pm$ 10), скорость скалывания увеличена на $10\% \pm 2\%$.

Например, скорость растрескивания лазерной наплавки (толщина 3 мм $\pm$ 0,01 мм) увеличилась до $15\% \pm 3\%$.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении скорости износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ и прочности сцепления $>100 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$. Рекомендуется следующее:

Оптимизация покрытия: WC 60%80% $\pm$ 1%, толщина 0,52 мм $\pm$ 0,01 мм.

Оптимизация процесса: лазерная наплавка (мощность 3 кВт $\pm$ 0,1 кВт), плазменно-дуговая наплавка (ток 200 А $\pm$ 1 А).

Оптимизация матрицы: Стальная подложка (HV 200400 $\pm$ 10), предварительно нагретая до 200°C $\pm$ 10°C.

Технические характеристики испытаний: ASTM G65 (истирание), ASTM C633 (прочность сцепления).

Проверка и оптимизация: СЭМ и ЭДС подтверждают морфологию и состав покрытия.

Например, скорость износа лазерной наплавки WCNi (толщиной 1 мм $\pm$ 0,01 мм) составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, а срок службы — 10^6 раз $\pm$ 10^5 раз.

12.4.2 Сравнение производительности (HVOF против APS)

Основные принципы и технический обзор

HVOF (скорость $>1000 \text{ м/с} \pm 10 \text{ м/с}$) и APS (температура $>10000^\circ\text{C} \pm 100^\circ\text{C}$) наносят покрытия WCCo (WC 80%90% $\pm$ 1%). Покрытия HVOF плотные (пористость $<1\% \pm 0,1\%$), а покрытия APS толстые (толщина 200500 мкм $\pm$ 1 мкм). HVOF подходит для труб (скорость эрозии $<0,05 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$), а APS подходит для пресс-форм (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$).

Испытания включают твердость (ASTM E384, точность $\pm 30 \text{ HV}$), износ (ASTM G65, точность $\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), эрозию (ASTM G76, точность $\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$) и прочность связи (ASTM C633, точность $\pm 1 \text{ МПа}$). Например, HVOF WC12Co имеет твердость HV 1200 $\pm$ 30 и скорость износа $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$.

Анализ механизма и производительности:

покрытие HVOF образует низкую пористость ($<1\% \pm 0,1\%$) при высокой скорости ($> 1000 \text{ м/с} \pm 10 \text{ м/с}$), частицы WC (0,11 мкм $\pm$ 0,01 мкм) остаются нетронутыми (скорость дробления $<1\% \pm 0,1\%$) и обладают превосходной эрозионной стойкостью (скорость эрозии $<0,05 \text{ мм}^3/\text{г}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$). Покрытие APS улучшает сцепление (прочность $> 70 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$) при высокой температуре ($> 10000 \text{ }^\circ\text{C} \pm 100 \text{ }^\circ\text{C}$) и подходит для больших нагрузок (нагрузка $> 1000 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$). СЭМ показывает, что поверхность покрытия HVOF гладкая ($R_a < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а покрытие APS имеет микропоры ($< 1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$).

Испытания показывают, что скорость эрозии HVOFWC12Co составляет $0,04 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$, а скорость износа APSWC17Co составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$.

Анализ влияющих факторов

Тип процесса: HVOF, скорость эрозии снизилась на $10\% \pm 2\%$; APS, прочность связи увеличилась на $10\% \pm 2\%$.

Содержание WC: $80\%90\% \pm 1\%$, высокая твердость; $< 70\% \pm 1\%$, скорость износа увеличена на $15\% \pm 3\%$.

Толщина покрытия: $50500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$, отличные эксплуатационные характеристики; $> 1000 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$, скорость отслаивания увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Размер частиц: $0,11 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, отличная износостойкость; $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, скорость эрозии увеличивается на $10\% \pm 2\%$.

Условия работы: трубопровод (скорость потока $< 10 \text{ м/с} \pm 0,1 \text{ м/с}$), HVOF отлично; форма (нагрузка $> 1000 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$), применим APS.

Скорость скалывания APSWC17Co (толщина $1000 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) увеличилась до $15\% \pm 3\%$.

Стратегия оптимизации

заключается в достижении скорости износа $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ и скорости эрозии $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$. Рекомендуется следующее:

Варианты процесса: HVOF (труба), APS (форма).

Оптимизация покрытия: WC $80\%90\% \pm 1\%$, толщина $50500 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$.

Оптимизация частиц: $0,11 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, пористость $< 1\% \pm 0,1\%$.

Спецификации испытаний: ASTM G65 (истирание), ASTM G76 (эрозия).

Проверка и оптимизация: СЭМ и ЭДС подтверждают эффективность покрытия.

Например, скорость эрозии HVOFWC12Co (толщина $200 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) составляет $0,04 \text{ мм}^3/\text{г} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{г}$, а скорость износа APSWC17Co (толщина $300 \text{ мкм} \pm 1 \text{ мкм}$) составляет $0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ссылки

Чжан Хуа, Ван Цян, Ли Мин.

Оптимизация конструкции и эксплуатационных характеристик износостойких деталей из цементированного карбида [J]. Журнал материаловедения и машиностроения, 2022, 40(5): 134143.

Чэнь Сяодун, Чжао Ган, Лю Вэй. Исследование износостойкости твердых сплавов для пресс-форм и уплотнений [J]. Материалы для машиностроения, 2023, 39(4): 8997.

Ван Ли, Чжан Чжицян, Чэнь Фэн. Оптимизация геометрии и напряжений износостойких деталей из цементированного карбида [J]. Исследования производственных технологий, 2021, 35(5): 7886.

Ян Тао, Лю Ян, Сюй Цзе. Применение

термических покрытий WCCo в трубопроводах [J]. Materials Protection, 2022, 55(6): 101109.

Чжан Юн, Ван Сяомин, Ли Цян. Тестирование и оценка эксплуатационных характеристик термических напыляемых покрытий [J]. Surface Technology, 2023, 52(3): 123-131.

Чэнь Лихуа, Чжао Мин, Лю Фан. Анализ производительности твердосплавных буровых коронок и резцов для горнодобывающей промышленности [J]. Горное дело, 2024, 42(2): 6775.

Ван Тао, Чжан Ли, Чэнь Юй. Исследование оптимизации ударопрочности и износостойкости цементированных карбидов [J]. Materials Engineering, 2022, 46(7): 145-153.

Ли На, Ван Цян, Чжан Хуа. Применение

лазерной наплавки и технологий плазменной дуги [J]. Advanced Materials Research, 2023, 41(4): 8997.

Смит Дж., Браун Т., Джонсон Р. Износостойкие покрытия для горнодобывающей промышленности [J]. Журнал технологий обработки материалов, 2021, 295: 117-126.

Смит Дж., Браун Т., Джонсон Р. Износостойкие покрытия для горнодобывающей промышленности [J]. Журнал технологий обработки материалов, 2021, 295: 117-126.

Танака Х., Ямада К. Термические напыляемые покрытия для износостойких деталей [J]. Журнал Японского общества поверхностной инженерии, 2023, 74 (3): 156-163.

Пак Дж., Ли Х. Сравнение характеристик покрытий HVOF и APS [J]. Корейский журнал металлов и материалов, 2022, 60(5):

278286.

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.

ASTM G7618. Стандартный метод испытаний для проведения испытаний на эрозию с помощью удара

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

твердых частиц [S]. Пекин: China Standards Press, 2018.

ASTM G7618. Стандартный метод испытаний для проведения испытаний на эрозию с помощью удара твердых частиц [S]. Пекин: China Standards Press, 2018.

ASTM C63313. Стандартный метод испытаний на прочность сцепления или когезии термически напыляемых покрытий [S]. Пекин: China Standards Press, 2013.

ASTM C63313. Стандартный метод испытаний на прочность сцепления или когезии термически напыляемых покрытий [S]. Пекин: China Standards Press, 2013.

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 148:2016.

Металлические материалы. Испытание на удар маятниковым копром по Шарпи [S]. Пекин: China Standards Press, 2016. ISO 148:2016. Металлические материалы. Испытание на удар маятниковым копром по Шарпи [S]. Пекин: China Standards Press, 2016.

ASTM E46615. Стандартная практика проведения испытаний на осевую усталость с постоянной амплитудой и контролируемой силой [S]. Пекин: China Standards Press, 2015. ASTM E46615. Стандартная практика проведения испытаний на осевую усталость с постоянной амплитудой и контролируемой силой [S]. Пекин: China Standards Press, 2015.

ASTM E38417. Стандартный метод испытаний на микроиндентирование твердости материалов [S]. Пекин: China Standards Press, 2017.

ASTM E38417. Стандартный метод испытаний на микроиндентирование твердости материалов [S]. Пекин: China Standards Press, 2017.

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



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

приложение:

Технология и применение термического напыления цементированного карбида

Технология термического напыления цементированного карбида формирует высокотвердое, износостойкое и коррозионно-стойкое покрытие путем распыления цементированных карбидных материалов (таких как сплавы на основе карбида вольфрама) на поверхность подложки в расплавленном или полурасплавленном состоянии. Она широко используется в аэрокосмической, сталелитейной, автомобильной, горнодобывающей и энергетической промышленности. В этой статье систематически описывается технология термического напыления цементированного карбида и ее применение с точки зрения технических принципов, технологического процесса, характеристик покрытия, влияния геометрических параметров, сценариев применения, преимуществ и недостатков, а также тенденций развития, что дает справочную информацию для промышленного выбора.

1. Технические принципы и классификация процессов

нагревает порошок или проволоку из цементированного карбида до расплавленного или полурасплавленного состояния с помощью источника тепла (например, пламени, плазмы или дуги) и распыляет его на поверхность подложки с помощью высокоскоростного потока воздуха для формирования плотного покрытия. Покрытие соединяется с подложкой посредством механического сцепления, поверхность подложки в основном не расплавляется, а тепловой эффект невелик. Обычные процессы включают:

Технологии	принцип	Температура источника тепла °C	Скорость частиц м/с	Типичное оборудование
Пламенное напыление	Кислородное топливо (ацетилен, пропан) сгорает, образуя пламя, которое плавит порошок или проволоку, а сжатый воздух ускоряет струю.	30003500	40100	Пламенный пистолет-распылитель
Плазменное напыление	Плазменная дуга (аргон, азот, водород) нагревает порошок до высокой температуры и распыляет его с высокой скоростью, образуя покрытие.	10,00020,000	100400	Система плазменного распыления
Высокоскоростной кислородно-топливный HVOF-напыление	Кислородно-топливная смесь горит с высокой скоростью, создавая сверхзвуковой поток воздуха, который распыляет высокоплотное покрытие.	30004000	400800	HVOF-пистолет-распылитель
Дуговое напыление	Между двумя металлическими проводами образуется электрическая дуга, плавящая материал провода, а сжатый воздух ускоряет струю.	40006000	100200	Оборудование для дугового напыления
Детонационное напыление	Кислородно-топливная дефлаграция мгновенно ускоряет порошок, создавая покрытие высокой плотности.	40005000	6001000	Детонационный распылитель

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

2. Процесс термического напыления цементированного карбида

Процесс термического напыления цементированного карбида включает несколько ключевых этапов для обеспечения качества и производительности покрытия. Ниже приведен типичный процесс:

2.1 Предварительная обработка основания

Назначение: Очистка и придание шероховатости поверхности основания, а также улучшение адгезии покрытия.

шаг:

Очистка: используйте органические растворители (например, этанол, ацетон) для ультразвуковой очистки, чтобы удалить масло и загрязнения в течение 5–15 минут.

Пескоструйная обработка: Пескоструйная обработка песком на основе оксида алюминия или карбида кремния, шероховатость поверхности Ra 25 мкм, для улучшения механического прилегания.

Плазменная очистка (опционально): бомбардировка аргоновой плазмой для удаления микроскопических оксидов.

2.2 Подготовка распыляемого материала

Материалы: порошок твердого сплава (например, WCCo, WCNi, WCCoCr), размер частиц 1050 мкм; или проволока (например, на основе WCCo).

иметь дело с:

Просеивание: Убедитесь, что размер частиц порошка однороден и имеет хорошую текучесть (расход 2040 г/с).

Сушка: Сушка при температуре 100–150 °C для удаления влаги и предотвращения дефектов распыления.

2.3 Процесс термического напыления

Настройка устройства:

Отрегулируйте параметры распыления: дальность распыления (100-300 мм), мощность (2050 кВт) и давление воздушного потока (0,5-1,0 МПа).

Выберите газ-носитель (например, аргон, азот) для контроля окисления.

Распыление:

Порошок или проволока поступают в источник тепла через систему подачи и нагреваются до расплавленного или полурасплавленного состояния.

Высокоскоростной поток воздуха (401000 м/с) распыляет расплавленные частицы на

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подложку, где они накапливаются, образуя покрытие толщиной 50 мкм12 мм.

Управление: Роботизированные или автоматизированные системы контролируют траекторию распылителя, обеспечивая равномерность покрытия (отклонение толщины <5%).

2.4 Постобработка

Назначение: Оптимизация качества поверхности покрытия, устранение напряжений и повышение производительности.

шаг:

Полировка/шлифовка: Используйте алмазный шлифовальный круг или полировальную пасту, чтобы уменьшить шероховатость поверхности до Ra 0,10,4 мкм.

Термическая обработка (опционально): отжиг при температуре 300–600 °C для снятия остаточных напряжений и предотвращения растрескивания.

Проверка качества: Определение пористости (<115%), твердости (HV 800-1400), адгезии (>50 МПа).

3. Эксплуатационные характеристики покрытия

Покрyтия из цементированного карбида, наносимые методом термического напыления, в основном состоят из WCCo, WCNi и WCCoCr и обладают превосходными свойствами:

производительность	Типичное значение	проиллюстрировать
твердость	HV 8001400 (WCCo до HV 12001400)	Выше, чем у основного материала (например, стали HRC 2040), износостойкость увеличивается в 510 раз.
Пористость	0,515% (HVOF<1%, газопламенное напыление 515%)	Низкая пористость (например, HVOF) увеличивает плотность и повышает коррозионную стойкость.
Адгезия	50100 МПа (HVOF может достигать 80100 МПа)	Преимущественно механическое соединение, высокая адгезия гарантирует, что покрытие не отслаивается.
Износостойкость	Скорость износа 0,0010,01 мм^3/ Н·м (ASTM G65)	Срок службы в 520 раз превышает срок службы непокрытой основы и подходит для условий высокого износа.
Устойчивость к коррозии	Скорость коррозии <0,02 мм/год (испытание в нейтральном солевом тумане, рН 68)	Покрyтие WCCoCr устойчиво к кислотам и щелочам (рН 410) и подходит для использования в морской среде.
Температурная стойкость	400800°C (WCCoCr может достигать 800°C)	Подходит для работы в условиях высоких температур (например, в авиационных двигателях, сталеплавильных печах).

4. Влияние геометрических параметров

Покрyтия, наносимые методом термического напыления, оказывают существенное влияние на геометрию инструмента или компонента (например, шероховатость поверхности,

однородность толщины), поэтому необходимо оптимизировать параметры процесса:

Геометрические параметры	Влияние термического напыления на цементированный карбид	Стратегия оптимизации
Шероховатость поверхности	Начальная шероховатость покрытия составляет 0,55 мкм, после последующей обработки ее можно снизить до Ra мм), скорость частиц (>400 м/с), а затем выполните полировку.	Отрегулируйте расстояние распыления (150-200
Толщина покрытия	50 мкм12 мм, толстое покрытие (например, HVOF) является износостойким, тонкое покрытие (например, плазменное) подходит для прецизионных деталей.	Контролировать скорость подачи порошка (2050 г/мин), количество слоев распыления и отклонение равномерности <5%.
Радиус режущей кромки	Покрытие увеличивает радиус режущей кромки на 0,01-0,05 мм, что влияет на остроту реза.	HVOF или плазменное напыление тонких слоев (<100 мкм) с последующей заточкой режущей кромки.
Сложная геометрия	Равномерность покрытия сложных криволинейных поверхностей (например, лопаток турбин) представляет собой серьезную проблему.	Для оптимизации траектории распылителя применяется роботизированное распыление, а отклонение угла составляет <2°.

5. Сценарии применения

Покрытия из цементированного карбида вольфрама, полученные методом газотермического напыления, широко применяются в различных отраслях промышленности благодаря своей высокой твердости и износостойкости:

промышленность	Сценарий применения	Типичное покрытие	Улучшения производительности
Аэрокосмическая промышленность	Покрытия турбинных лопаток, камер сгорания и шасси устойчивы к высокотемпературному окислению и износу.	WCCo WCCoCr	Срок службы увеличен в 35 раз, термостойкость составляет 800°C, а качество поверхности составляет Ra 0,2 мкм.
Сталь	Покрытия для валков, матриц и сопел, устойчивые к высоким температурам, износу и коррозии.	WCNi, WCCoCr	Износостойкость увеличивается в 510 раз, а время простоя сокращается на 2030%.
машина	Покрытия поршней двигателя, коленчатых валов и тормозных дисков для повышения износостойкости и коррозионной стойкости.	WCCo, Cr3C2NiCr	Срок службы увеличен в 24 раза, а коэффициент трения снижен до 0,20,4.
мой	Покрытия для буровых долот, резцов и тоннелепроходческих машин, устойчивые к ударам и износу.	WCCo, WCNi	Срок службы составляет 5002000 часов, а КПД увеличивается на 1525%.
энергия	Покрытия котловых труб, насосных клапанов и рабочих колес для защиты от высокотемпературной коррозии и эрозии.	WCCoCr, NiCrBSi	Коррозионная стойкость увеличивается в 10 раз, а затраты на техническое обслуживание сокращаются на 30%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. Сравнение преимуществ и недостатков

категория	преимущество	недостаток
Термическое напыление цементированного карбида	Высокая твердость (HV 800-1400), износостойкость увеличена в 520 раз. Коррозионностойкий и высокотемпературный (400-800°C). Подходит для различных оснований (сталь, медь, алюминий). Толстое покрытие (50 мкм-12 мм), подходит для ремонта и укрепления.	Пористость (0,515%) может повлиять на герметизацию. Равномерность покрытия деталей сложной геометрии трудно контролировать. Большие инвестиции в оборудование (например, HVOF, плазменное напыление). Постобработка (например, полировка) увеличивает стоимость.

7. Тенденции развития

тенденция	Техническое направление	Ожидаемые результаты
Новые Материалы	Наноструктурированное покрытие WCCo (зерна < 100 нм), твердость увеличена до HV 1500, прочность увеличена на 20%.	Износостойкость увеличивается на 30%, а срок службы увеличивается в 2 раза.
Улучшение процесса	Высокоскоростное распыление топлива воздухом (HVOF), температура 1900-2500°C, пористость <0,5%.	Плотность покрытия увеличилась на 20%, а стоимость снизилась на 15%.
Разумный	Роботизированное распыление + ИИ оптимизирует параметры распыления (расстояние распыления, погрешность скорости <1%) для повышения равномерности.	Стабильность качества покрытия улучшилась на 25%, а эффективность производства возросла на 20%.
Экологические технологии	Низкотемпературное плазменное напыление (<500°C) снижает потребление энергии; нетоксичный порошок снижает загрязнение окружающей среды.	Потребление энергии снижено на 20%, что соответствует стандартам экологичного производства.
Композитное покрытие	Композитное покрытие WCCo + керамика (например, Al2O3, ZrO2), термостойкость 1000°C, износостойкость повышена на 40%.	Адаптируетесь к более сложным условиям работы и расширяйте область применения на 30%.

Технология термического напыления цементированного карбида с помощью пламенного напыления, плазменного напыления, HVOF и других процессов формирует высокотвердые (HV 800-1400), износостойкие (срок службы увеличен в 520 раз) и коррозионно-стойкие покрытия на таких материалах, как WCCo и WCNi, которые широко используются в аэрокосмической, сталелитейной, автомобильной, горнодобывающей и энергетической промышленности. Процесс включает предварительную обработку подложки, подготовку материала, напыление и последующую обработку. Оптимизация геометрических параметров (таких как шероховатость поверхности Ra 0,10,4 мкм, толщина покрытия 50 мкм-12 мм) может улучшить производительность. В будущем наноматериалы, HVOF, низкотемпературные процессы и интеллектуальные технологии будут способствовать прорыву в термическом напылении цементированного карбида в области высокопроизводительного и экологичного производства, предоставляя более эффективные и долговечные поверхностные решения для отрасли.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



приложение:

Технология лазерной наплавки цементированного карбида и ее применение

Технология лазерной наплавки цементированного карбида использует высокоэнергетический лазерный луч для расплавления цементированных карбидных материалов (например, сплавов на основе карбида вольфрама) и осаждения их на поверхность подложки для формирования высокотвердого, износостойкого и коррозионно-стойкого покрытия. Она широко используется в аэрокосмической, автомобильной, энергетической, горнодобывающей промышленности и производстве пресс-форм.

Технология наплавки и ее применение с точки зрения технических принципов, технологического процесса, характеристик покрытия, влияния геометрических параметров, сценариев применения, преимуществ и недостатков, а также тенденций развития, предоставляя справочную информацию для промышленного выбора.

1. Технические принципы и классификация процессов

Лазерная наплавка — это технология модификации поверхности, которая использует лазерный луч для расплавления порошка или проволоки из цементированного карбида для формирования металлургически связанного покрытия с зоной микроплавления на поверхности подложки. Покрытие имеет низкую скорость разбавления (<510%), высокую плотность (пористость <1%) и превосходные характеристики. Цементированный карбид (такой как WCCo, WCNi) является распространенным материалом для лазерной наплавки благодаря своей высокой твердости и износостойкости. Классификация процесса включает:

Тип процесса	принцип	Тип лазера	Метод кормления	Функции
Синхронная подача порошка	Лазерный луч плавит синхронно подаваемый порошок, образуя расплавленную ванну с поверхностью подложки, которая быстро остывает, образуя покрытие.	CO2, волоконный лазер, полупроводниковый лазер	Воздушный поток или механическая подача порошка	Высокая степень автоматизации, отсутствие пористости, подходит для сложных геометрических форм.
Предварительно установленное порошковое покрытие	Порошок заранее наносится на подложку, а лазерный луч сканирует и расплавляет ее, образуя покрытие.	Nd:YAG, волоконный лазер	Предварительно установленный слой порошка	Процесс простой, но равномерность покрытия немного недостаточная.
Сверхскоростная лазерная наплавка (EHLA)	Сверхвысокая скорость сканирования (>20 м/мин), предварительный нагрев порошка в потоке воздуха и	Полупроводниковый лазер	Высокоскоростная подача порошка воздушным потоком	Покрытие тонкое (20-100 мкм) и высокоэффективное.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	быстрое нанесение тонких покрытий.			
Оболочка провода	Лазерный луч расплавляет карбидную проволоку и прикрепляет ее к поверхности подложки.	и Волоконный лазер, дисковый лазер	Подача проволоки	Высокий коэффициент использования материала, подходит для покрытия больших площадей.

2. Процесс лазерной наплавки цементированного карбида

Процесс лазерной наплавки включает несколько этапов для обеспечения качества покрытия и производительности. Ниже приведен типичный процесс:

2.1 Предварительная обработка основания

Назначение: Очистка и придание шероховатости поверхности основания, а также улучшение адгезии покрытия.

шаг:

Очистка: Ультразвуковая очистка с этанолом или ацетоном в течение 5–15 минут для удаления масла и окислов.

Пескоструйная обработка: Пескоструйная обработка песком на основе оксида алюминия, шероховатость поверхности Ra 25 мкм, для улучшения механического прилегания.

Лазерная очистка (опционально): удаляет микроскопические загрязнения и уменьшает пористость с помощью импульсных лазеров.

2.2 Подготовка распыляемого материала

Материал: Порошок цементированного карбида (например, WCCo, WCCoCr, WCNi), размер частиц 1050 мкм, содержание WC 7090 мас. %.

иметь дело с:

Просеивание: Убедитесь, что размер частиц порошка однороден и имеет хорошую текучесть (расход 2040 г/с).

Сушка: сушить при температуре 120–150 °C в течение 2 часов для удаления влаги и предотвращения дефектов распыления.

2.3 Процесс лазерной наплавки

Настройка устройства

Лазер: СО2-лазер (110 кВт), волоконный лазер (120 кВт) или полупроводниковый лазер (210 кВт).

Параметры: мощность лазера 15 кВт, скорость сканирования 0,53,5 м/мин, скорость подачи порошка 1050 г/мин, дальность распыления 1020 мм.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Атмосфера: защита аргоном или азотом для предотвращения окисления.

Облицовка

Лазерный луч образует расплавленную ванну (температура 10 000–20 000 °C), в которую одновременно подается порошок или проволока.

Расплавленная ванна быстро охлаждается (10^510^6 К/с) для формирования металлургического связующего покрытия толщиной 0,022 мм.

Автоматизированная система (например, шестиосевой робот) управляет траекторией лазера с отклонением равномерности <3%.

Оптимизация процесса: регулируйте мощность лазера, скорость сканирования и скорость подачи порошка для контроля степени разбавления (<10%) и пористости (<1%).

2.4 Постобработка

Назначение: Оптимизация качества поверхности покрытия и устранение напряжений.

шаг:

Полировка/шлифовка: используйте алмазный шлифовальный круг, чтобы уменьшить шероховатость поверхности до Ra 0,05-0,2 мкм.

Термическая обработка (опционально): отжиг при температуре 400–600 °C для снятия остаточных напряжений и предотвращения растрескивания.

Контроль качества: микроскопическое исследование пористости, царапание на адгезию (>50 МПа), испытание на твердость (HV 8001400).

3. Эксплуатационные характеристики покрытия

Покрyтия из цементированного карбида для лазерной наплавки в основном представляют собой WCCo и WCNi, обладающие превосходными свойствами:

производительность	Типичное значение	проиллюстрировать
твердость	HV 8001400 (WCCo до HV 12001400)	Выше, чем у основного материала (например, стали HRC 2040), износостойкость увеличивается в 515 раз.
Пористость	<1% (ENLA может достигать 0,3-0,5%)	Низкая пористость улучшает плотность покрытия и коррозионную стойкость.
Адгезия	50100 МПа (металлургическое сцепление)	Он превосходит термическое напыление (механическое склеивание) и обладает высокой устойчивостью к отслаиванию.
Износостойкость	Скорость износа 0,0010,005 мм^3/ Н·м (ASTM G65)	Срок службы в 515 раз превышает срок службы подложки и подходит для условий высокого износа.
Устойчивость к коррозии	Скорость коррозии <0,01 мм/год (испытание в нейтральном солевом тумане, pH 68)	Покрyтие WCCoCr устойчиво к кислотам и щелочам (pH 410) и подходит для использования в морской среде.
Температурная	500-900°C (WCCoCr может достигать	Подходит для работы в условиях высоких температур

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

стойкость	900°C)	(например, в авиационных двигателях, пресс-формах).

4. Влияние геометрических параметров

Лазерная наплавка оказывает существенное влияние на геометрические параметры инструментов или деталей (такие как шероховатость поверхности и толщина покрытия), поэтому параметры процесса необходимо оптимизировать:

Геометрические параметры	Воздействие лазерной наплавки	Стратегия оптимизации
Шероховатость поверхности	Начальное значение Ra составляет 0,52 мкм, которое может быть уменьшено до Ra 0,050,2 мкм после последующей обработки.	Увеличьте скорость сканирования (>1,5 м/мин), оптимизируйте мощность лазера (<3 кВт), а затем выполните полировку.
Толщина покрытия	0,022 мм, тонкое покрытие (EHLA) подходит для прецизионных деталей, толстое покрытие подходит для износостойких деталей.	Контролируйте скорость подачи порошка (1030 г/мин), количество слоев и отклонение толщины <3%.
Радиус режущей кромки	Покрытие увеличивает радиус режущей кромки на 0,005-0,03 мм, что влияет на остроту реза.	Используйте EHLA или тонкослойную наплавку (<50 мкм), а затем отшлифуйте режущую кромку.
Сложная геометрия	Равномерность покрытия сложных криволинейных поверхностей (например, лопаток турбин) представляет собой серьезную проблему.	При использовании коаксиальной подачи порошка и траектории управления роботом отклонение угла составляет <1°.

5. Сценарии применения

Покрyтия из цементированного карбида вольфрама для лазерной наплавки широко используются во многих отраслях промышленности благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам:

промышленность	Сценарий применения	Типичное покрытие	Улучшения производительности
Аэрокосмическая промышленность	Ремонт лопаток турбин, камер сгорания и шасси для защиты от высокотемпературного износа и коррозии.	WCCo WCCoCr	Срок службы увеличен в 36 раз, термостойкость составляет 900°C, а качество поверхности составляет Ra 0,1 мкм.
машина	Покрyтия для тормозных дисков, коленчатых валов и пресс-форм снижают износ и выбросы мелкой пыли.	WCCo, WCNi	Износостойкость увеличивается в 510 раз, а выбросы мелкой пыли сокращаются на 3050%.
энергия	Покрyтия для котельных труб, насосов и клапанов, а также буровых инструментов для защиты от эрозии и коррозии.	WCCoCr, NiCrBSi	Коррозионная стойкость увеличивается в 10 раз, а затраты на техническое обслуживание сокращаются на 20–30%.
мой	Покрyтия для буровых долот, резцов и	WCCo,	Срок службы 500–2000 часов, КПД

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	тоннелепроходческих машин, устойчивые к ударам и износу.	WCNi	повышен на 20%.
Изготовление пресс-форм	Поверхность штамповочных и литевых форм упрочняется для продления срока их службы.	WCCo, Стеллит 6	Срок службы формы увеличивается в 25 раз, а твердость поверхности составляет HV 1000-1200.

Примеры:

Покрытие тормозного диска: покрытие WCCo производится с помощью процесса EHfLA толщиной 50-100 мкм, что снижает выбросы мелкой пыли на 40% и увеличивает износостойкость в 5 раз, что делает его лучше традиционного хромирования (Web ID 3).
Ремонт лопаток турбины: покрытие WCCoCr, твердость HV 1200, термостойкость 900°C, срок службы увеличен в 3 раза, затраты на ремонт снижены на 50% (Web ID 4, 5).

6. Сравнение преимуществ и недостатков

категория	преимущество	недостаток
Наплавка карбидным лазером	Высокая твердость (HV 800-1400), износостойкость увеличена в 515 раз.	Стоимость оборудования высока (инвестиции в лазер составляют 100,5 млн юаней).
	Металлургическая связь, сильная адгезия (50-100 МПа).	Требуется высокая точность работы и нужны профессионалы. Толщина покрытия ограничена (<2 мм), не подходит для сверхтолстых покрытий. Могут существовать микротрещины, и параметры необходимо оптимизировать.
	Низкая степень разбавления (<10%), свойства матрицы остаются неизменными. Подходит для сложной геометрии и ремонта, с высокой степенью автоматизации.	

7. Тенденции развития

тенденция	Техническое направление	Ожидаемые результаты
Новые Материалы	Покрытие Nano WCCo (зерна <50 нм), твердость HV 1500, прочность увеличена на 30%.	Износостойкость увеличивается на 40%, а срок службы увеличивается в 2 раза.
Улучшение процесса	Процесс EHfLA, скорость сканирования 50100 м/мин, толщина покрытия 20100 мкм.	Эффективность возросла на 50%, а стоимость снизилась на 20%.
Разумный	ИИ оптимизирует параметры наплавки (погрешность мощности и скорости <1%) и отслеживает динамику расплавленной ванны в режиме реального времени.	Стабильность качества покрытия улучшается на 30%, а уровень дефектов снижается на 50%.
Экологические технологии	Зеленый лазер (энергопотребление снижено на 20%), нетоксичный порошок, сниженный уровень выбросов выхлопных газов.	Соблюдайте стандарты экологического производства и сократите загрязнение окружающей среды на 30%.
Композитное покрытие	WCCo + высокоэнтропийный сплав (CoCrFeMnNi), термостойкость 1000°C, коррозионная стойкость повышена на 50%.	Адаптируйтесь к экстремальным условиям работы и расширяйте спектр применения на 40%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. Заключение

Технология лазерной наплавки цементированным карбидом использует синхронную подачу порошка, предварительную установку порошка, EHЛА и другие процессы для формирования высокотвердых (HV 800-1400), износостойких (срок службы увеличен в 515 раз) и коррозионно-стойких покрытий на таких материалах, как WCCo и WCNi. Она широко используется в аэрокосмической, автомобильной, энергетической, горнодобывающей и литейной промышленности. Процесс включает предварительную обработку подложки, подготовку материала, наплавку и последующую обработку. Оптимизация геометрических параметров (таких как шероховатость поверхности Ra 0,05-0,2 мкм и толщина 0,022 мм) может улучшить производительность. По сравнению с термическим напылением лазерная наплавка имеет преимущества металлургического соединения, низкой скорости разбавления и точного контроля, но стоимость оборудования выше. В будущем наноматериалы, EHЛА, интеллектуальные технологии и зеленые технологии будут способствовать прорыву в лазерной наплавке цементированных карбидов в области высокопроизводительного и экологически чистого производства, предоставляя эффективные и надежные решения для обработки поверхностей в отрасли.



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

приложение:



Что такое твердосплавные шаровидные зубья?

Шариковые зубья из цементированного карбида являются высокопроизводительным износостойким компонентом с карбидом вольфрама (WC) в качестве основного материала. Они изготавливаются с использованием передовых процессов порошковой металлургии и предназначены для промышленных сред с высоким износом, высокой ударопрочностью и коррозией. Благодаря своей превосходной твердости, износостойкости, высокой термостойкости и коррозионной стойкости шаровые зубья из цементированного карбида широко используются в горнодобывающей промышленности, туннелировании, строительстве, разведке энергии, дорожном строительстве и других областях. Они могут эффективно противостоять абразивному износу и ударным нагрузкам в экстремальных рабочих условиях, значительно продлевая срок службы компонентов оборудования и снижая частоту технического обслуживания. В этой статье всесторонне представлены эксплуатационные характеристики и ценность шаровых зубьев из цементированного карбида с точки зрения свойств материала, типов и технических показателей, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ продукта, технических проблем и направлений совершенствования.

1. Состав материала и характеристики твердосплавных шаровидных зубьев

1.1 Состав материала шариковой шестерни из карбида

Формула зубьев из твердого сплава точно рассчитана для достижения оптимального баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Тяжелая фаза

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

Карбид вольфрама (WC, 80 - 95%) обеспечивает сверхвысокую твердость и износостойкость. Некоторые формулы легированы карбидом титана (TiC, 15%) или карбидом тантала (TaC, 0,5 - 2%) для улучшения высокотемпературной стабильности и стойкости к окислению.

Адгезивная фаза

Кобальт (Co, 5–15%) повышает прочность и ударопрочность; никель (Ni, 5–10%) используется в коррозионно-стойких составах, подходящих для кислых или влажных сред.

добавка

Для измельчения зерна, замедления его роста, повышения коррозионной стойкости и стойкости к высокотемпературному окислению используются следовые количества хрома (Cr, 0,1–1%), ванадия (V, 0,05–0,5%) и молибдена (Mo, 0,1–0,8%).

1.2 Основные характеристики шариковых передач из цементированного карбида

Эффективность зубьев из твердого сплава обусловлена их оптимизированной микроструктурой и формулой материала:

твердость

HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700), значительно превосходящая высокомарганцовистую сталь (HRC 20 - 50) или высокохромистый чугун (HRC 50 - 60), подходит для сопротивления сильному абразивному износу.

Вязкость разрушения

6,5 - 10 МПа·м^{1/2}, что лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^{1/2}), а сопротивление ударному разрушению улучшено на 30%.

Износостойкость

Скорость износа составляет 0,01 - 0,02 мм³/Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистого чугуна, а срок службы увеличивается в 310 раз.

Прочность на сжатие

4000 - 6000 МПа, устойчив к высоким ударным нагрузкам (до 5000 Н).

плотность

13,8 - 15,2 г/см³, средний вес, подходит для инкрустации или пайки.

Устойчивость к коррозии

В нейтральной или слабокислой среде (pH 4-9) скорость коррозии составляет <0,07 мм/год; составы или покрытия на основе никеля выдерживают pH 2-10 со скоростью коррозии <0,05 мм/год.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Температурная стойкость

Диапазон рабочих температур составляет от 20°C до 800°C, а формула покрытия может выдерживать мгновенные температуры до 1000°C, что делает его пригодным для условий высокотемпературного износа.

1.3 Преимущества микроструктуры твердосплавных шаровых зубьев

Твердосплавные шаровидные зубья имеют мелкозернистую (0,52 мкм) или ультрамелкозернистую (0,2-0,5 мкм) структуру, что обеспечивает следующие преимущества: Высокая твердость и прочность: мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, следуют эффекту Холла-Петча и повышают износостойкость. Превосходная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение, снижает риск распространения трещин и повышает ударопрочность на 20–30 %. Износостойкость и стабильность: снижают износ, сохраняют целостность поверхности и продлевают срок службы.

2. Типы и технические показатели твердосплавных шаровидных зубьев

Существует множество типов зубьев из твердого сплава, охватывающих различные геометрические формы и области применения. Ниже приведена полная классификация, технические показатели и таблица применения (справочные стандарты ISO, спецификации ASTM и данные производителя).

2.1 Типы и применение шаровидных зубьев из цементированного карбида

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Сферические зубы	Стандартная сферическая конструкция с большой площадью контакта, подходящая для условий высокого износа.	Для выемки горных пород, угольных пластов и гравия используются проходческие комбайны (щитовые буровые головки), роторные буровые установки (свайные фундаменты) и угледобывающие машины (резчики).	Диаметр 830 мм, высота 1040 мм, HRA 8689, срок службы 2000-6000 часов.
Конические зубы	Конический наконечник, высокая проникающая способность, подходит для дробления твердых пород.	Буровые установки (бурение твердых пород), проходческие машины (твердые породы), роторные буровые установки (свайные фундаменты для скальных пород), используемые для добычи гранита и базальта.	Диаметр 625 мм, высота 1550 мм, HRA 8992, срок службы 1000-4000 часов.
Зубы клиновидной формы	Клиновидная режущая кромка для высоких ударных и сдвигающих нагрузок.	Угледобывающая машина (для резки угольных пластов), тоннелепроходческая машина (для мягких пород), дорожная фреза (для укладки асфальта), используемая для фрезерования угольных пластов, мягких пород и асфальта.	Диаметр 1030 мм, высота 1540 мм, HRA 8689, срок службы 15005000 часов.

Плоские зубы	Плоская верхняя часть, высокая износостойкость, подходит для условий постоянного износа.	Проходческие комбайны (глиняные, песчаные пласты), роторные буровые установки (свайные фундаменты для слабых грунтов), угледобывающие машины (тонкие угольные пласты), используемые для разработки грунтов в глиняных, гравийных и мягких грунтах.	Диаметр 1035 мм, высота 1035 мм, HRA 8689, срок службы 2000-6000 часов.
Цилиндрические зубья	Цилиндрическая структура обеспечивает баланс износостойкости и прочности и подходит для пород средней твердости.	Для добычи песчаника и сланца используются проходческие комбайны (для пород средней твердости), роторные буровые установки (для смешанных пород) и угледобывающие машины (для угольных пластов средней твердости).	Диаметр 825 мм, высота 1540 мм, HRA 8790, срок службы 2000-5000 часов.
Грибовидные зубы	Полусферическая верхняя часть, высокая ударопрочность, подходит для высокочастотных ударов.	Буровые установки (для удара по твердым породам), проходческие комбайны (для зон разломов), угледобывающие машины (для твердых пород), используемые для выемки пластов твердых пород и пород.	Диаметр 620 мм, высота 1535 мм, HRA 8992, срок службы 1000-4000 часов.
Шаровидные зубья для отмычки	Специально разработан для зубцов кирки, чтобы оптимизировать эффективность резки и износостойкость.	Для разработки угольных пластов и угольно-породных пород применяются угледобывающие машины (комплексная добыча угля), проходческие комбайны (угольно-породные смешанные слои) и анкерные экскаваторы (проходка тоннелей).	Диаметр 1030 мм, высота 1540 мм, HRA 8689, срок службы 2000-6000 часов.
Вращающиеся копающие зубья	Специально разработано для роторных буровых установок, подходит для различных пластов.	Роторные буровые установки (строительство свайных фундаментов), строительство фундаментов (мосты, метрополитены), применяются для строительства свайных фундаментов в глине, гравии, мягких и твердых породах.	Диаметр 1035 мм, высота 2050 мм, HRA 8790, срок службы 1500-5000 часов.
Фрезерование зубов	Оптимизирует эффективность фрезерования и подходит для ремонта дорог.	Дорожные фрезы (асфальт, бетонное покрытие), холодные ресайклеры (ремонт дорожного покрытия), используемые для фрезерования асфальта и бетона.	Диаметр 825 мм, высота 1535 мм, HRA 8689, срок службы 1000-4000 часов.
Зубья для погружного бурения	Высокопрочная конструкция, подходящая для ударного сверления глубоких отверстий.	Бурение с погружным пневмударником (взрывные работы), геологоразведка (отбор керна), строительство тоннелей (в скальных породах), применяется для бурения в граните и базальте.	Диаметр 620 мм, высота 1540 мм, HRA 8992, срок службы 1000-3000 часов.
Зубья конусного сверла	Разработано специально для вращающихся буровых коронок, чтобы выдерживать экстремальные удары и истирание.	Бурение нефтяных скважин (глубокое бурение), разведка природного газа (твердые пласты), добыча полезных ископаемых (твердые породы), применяется для бурения твердых пород и сланцев.	Диаметр 825 мм, высота 1035 мм, HRA 8992, срок службы 1000-4000 часов.
Зубья щитового	Специально разработан для	Щитовые комбайны (метро, тоннели) и	Диаметр 1030 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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

реза	щитовых машин, подходит для сложных пластов.	проходческие комбайны (городские подземные проекты) используются для прокладки тоннелей в глине, гравии, мягких и крепких породах.	высота 1540 мм, HRA 8790, срок службы 2000-6000 часов.

2.2 Технические показатели шариковых передач из твердого сплава

размер

Диаметр: 6–35 мм (обычно 8–30 мм).

Высота: 10–50 мм (обычно 15–40 мм).

Допуск: $\pm 0,05$ мм (высокоточная обработка).

масса

Отдельный кусок 0,05 - 0,5 кг, подходит для инкрустации или пайки.

Шероховатость поверхности:

Ra 0,4 - 1,2 мкм, снижает адгезию материала и трение.

Степень твердости:

Стандарт: HRA 86 - 89 (общая проходка тоннелей, добыча угля).

Высокая твердость: HRA 89 - 92 (твердые породы, бурение нефтяных скважин).

Формула материала:

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 6 - 12%, HRA 87 - 91, высокая прочность.

WCNi (коррозионностойкий тип): содержание никеля 5 - 10%, устойчив к воздействию кислотных и щелочных сред.

WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 800 - 1000°C.

Частота ударов:

50 - 150 Гц (бурение горных пород, погружное бурение).

10 - 50 Гц (проходка тоннелей, добыча угля).

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 0,20,8 мкм, повышенная усталостная прочность.

покрытие:

TiN: Твердость HV 2000 - 2500, износостойкость увеличена в 2 раза.

TiAlN: термостойкость до 900°C, подходит для высокотемпературной выемки грунта.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AlCrSi / TiN: термостойкость 1000°C, срок службы увеличен в 3 раза.

DLC: Коэффициент трения 0,10,2, подходит для гравийных образований.

Рабочие параметры:

Рабочее давление: 10 - 100 МПа (земляные работы, бурение).

Скорость вращения: 50 - 300 об/мин (проходческие комбайны, роторные буровые установки).

Энергия удара: 100 - 500 Дж (бурение скальных пород, погружное бурение).

Соответствие стандартам:

Система менеджмента качества ISO 9001.

ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).

3. Производственный процесс

Шариковая передача из карбида изготавливается с использованием передовой технологии порошковой металлургии, что гарантирует соответствие свойств материала, геометрической точности и качества поверхности самым высоким стандартам.

3.1 Подготовка сырья

Выбраны высокочистый карбид вольфрама (WC, чистота >99,95%), кобальт (Co, чистота >99,9%) и добавки (такие как TiC, TaC, Cr). Порошок смешивается в процессе мокрого измельчения (среда — спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов), а средний размер частиц контролируется на уровне 0,21 микрона. VC или Cr3C2 (0,10,5%) добавляются в качестве ингибитора зерна для предотвращения роста зерна во время высокотемпературного спекания.

3.2 Формирование

Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности и прочности сырых тел.

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошок прессуется в сырое тело под давлением 200–400 МПа с плотностью 50–60% от теоретического значения.

Прецизионное литье: Высокоточные формы (допуск $\pm 0,1$ мм) используются для формирования сферических, конических и других геометрических форм.

3.3 Спекание

Предварительное спекание

900 - 1100°C, удаление органических добавок.

Горячее изостатическое прессование (ГИП)

1350 - 1500°C, 100 - 200 МПа, атмосфера аргона, спекание в течение 24 часов, плотность 99,8

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

- 100%.

Управление охлаждением

Постепенное охлаждение (1020°C/мин) для предотвращения появления микротрещин, вызванных термическим напряжением.

3.4 Постобработка

Прецизионная шлифовка

Используйте алмазный шлифовальный круг или инструмент CBN для обработки с допуском $\pm 0,05$ мм и шероховатостью поверхности Ra $0,4 \times 1,2$ мкм.

Укрепление поверхности

Пескоструйная обработка, полировка или нанесение покрытия (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) улучшают износостойкость и термостойкость.

Проверка качества

Испытание на твердость: HRA/HV, погрешность $\pm 0,5$.

Микроструктурный анализ: Для исследования размера зерна (0,22 мкм) использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Измерение размеров: трехмерный измерительный прибор, точность $\pm 0,005$ мм.

Неразрушающий контроль: Ультразвуковой контроль для проверки внутренних дефектов.

4. Назначение и сценарии применения

Твердосплавные шаровые зубья широко используются в следующих областях и сценариях благодаря своей превосходной износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости:

4.1 Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров

Твердосплавные резцы для проходческих машин

Используется для режущих головок тоннелепроходческих машин, бурения песчаника, сланца и гранита, со сроком службы 2000 - 6000 часов и периодом технического обслуживания 1224 месяца, применяется на открытых и подземных рудниках.

Твердосплавные резцы для угледобывающих машин

Используется для комплексной добычи угля, резки угольных пластов и пустой породы, имеет срок службы 2000 - 6000 часов, подходит для длинных забоев и добычи тонких угольных пластов.

Бурение твердым сплавом и погружное бурение

Применяется в буровых и погружных скважинных перфораторах для бурения твердых пород и базальта, имеет срок службы 1000 - 4000 часов, применяется при взрывных работах в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

шахтах и геологоразведочных работах.

Твердосплавные шарошечные сверла

Используется для бурения нефтяных и газовых скважин, бурения твердых пород и сланцев, имеет срок службы 1000-4000 часов, подходит для бурения глубоких скважин.

4.2 Строительство тоннелей и фундаментов

Фреза с твердосплавным щитом

Используется для проходки метро и туннелей, резки глины, гравия, мягких и твердых пород, имеет срок службы 2000–6000 часов и применяется в городских подземных проектах.

Карбидный роторный буровой станок с шаровыми зубьями для фундамента свай

Используется для строительства свайных фундаментов мостов и метрополитена, разработки глинистых, гравийных и скальных пород, имеет срок службы 1500 - 5000 часов, подходит для сложных образований.

Твердосплавные шаровые зубья для бурения туннелей

Используется для проходки угольных шахт, проходки тоннелей, резки смешанных слоев угля и породы, срок службы 2000-5000 часов.

4.3 Строительство зданий и дорог

Дорожная фреза

Используется для фрезерования асфальтобетонных и бетонных покрытий, имеет срок службы 1000–4000 часов, применяется при ремонте автомагистралей и взлетно-посадочных полос аэропортов.

Машина для холодной переработки

Используется для ремонта дорог и резки старых дорожных материалов, имеет срок службы 1500–4000 часов, подходит для содержания дорог.

Дробление бетона

Используется для демонтажа железобетонных конструкций, имеет срок службы 1000 - 3000 часов и применяется при сносе зданий.

4.4 Энергетика и геологоразведка

Бурение нефтяных и газовых скважин

Используется для шарошечных буровых долот, бурения твердых пород и сланцев, со сроком службы 1000 - 4000 часов, применяется в глубоких скважинах и горизонтальных скважинах.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Геологическая разведка

Используется для отбора керн, бурения гранита и базальта, со сроком службы 1000 - 3000 часов, подходит для разведки полезных ископаемых.

Геотермальное бурение

Используется для бурения геотермальных скважин и резки высокотемпературных пластов, имеет срок службы 1000 - 4000 часов и термостойкость 800°C.

4.5 Другие специальные цели

Портовое и морское машиностроение

Используется в дноуглубительном оборудовании для резки гравия и глины на морском дне, имеет срок службы 2000–5000 часов, устойчив к коррозии в морской воде (pH 68), применяется при дноуглублении водных путей.

Лесное и сельское хозяйство

Используется в древесных дробилках, почвообрабатывающем оборудовании, для резки твердой древесины, гравия, срок службы 1500 - 4000 часов, подходит для лесозаготовок, мелиорации земель.

Строительство железных дорог

Используется в дробилках для дробления щебня и скальных пород, имеет срок службы 2000–5000 часов, применяется при строительстве высокоскоростных железных дорог.

5. Преимущества продукта

Твердосплавные зубья-штыревые зубья занимают лидирующие позиции на рынке износостойких компонентов благодаря своим превосходным эксплуатационным характеристикам:

Сверхдолгий срок службы

Износостойкость и твердость увеличивают срок службы в 310 раз и снижают стоимость использования на 30–60%.

Эффективная резка

Поддерживает высокую ударную силу (100–500 Дж) и скорость вращения (50–300 об/мин), увеличивая эффективность копания на 20–50%.

Высокая надежность

Прочность на сжатие 4000 - 6000 МПа, выдерживает экстремальные удары и износ, сокращает время простоя оборудования.

Гибкая настройка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Разнообразие типов (сферические, конические, клиновидные и т. д.), размеров (диаметр 635 мм) и покрытий (TiN, TiAlN) для различных условий работы.

Экологическая приспособляемость

Высокая термостойкость (800–1000 °C), коррозионная стойкость (pH 210), возможность использования в твердых породах, глине и влажной среде.

Экологичное производство

Высокая прочность сокращает необходимость замены деталей и количество отходов, что соответствует целям устойчивого развития.

6. Технические проблемы и направления улучшения

6.1 Технические проблемы

Сложность обработки

Твердый сплав имеет высокую твердость (HRA 8692), что предъявляет чрезвычайно высокие требования к технологическому оборудованию и инструментам. Алмазные шлифовальные круги или инструменты из CBN быстро изнашиваются, и трудно стабилизировать точность обработки (допуск $\leq \pm 0,05$ мм).

Риск хрупкости

Материалы с высокой твердостью могут давать микротрещины или ломаться при сильном ударе (>500 Дж) или неправильном монтаже, что скажется на сроке их службы.

Проблемы терморегулирования

Высокотемпературная проходка ($>800^{\circ}\text{C}$) может привести к размягчению связующей фазы или отслаиванию покрытия, особенно в твердых скальных породах.

Приспособляемость к сложным образованиям

Смешанные породы (глина, твердая порода, гравий) предъявляют высокие требования к геометрии и материалам зубьев шара и подвержены быстрому износу или поломке.

Экстремальные ограничения условий труда

При сверхвысоких температурах ($>1000^{\circ}\text{C}$) или в сильноокислой среде ($\text{pH} < 2$) эксплуатационные характеристики традиционных покрытий и фаз склеивания ухудшаются, а срок службы сокращается на 50–70%.

6.2 Направление технического совершенствования

Передовые технологии обработки

Разработать лазерную микрообработку и электроискровую обработку с точностью $\pm 0,03$ мм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

снижением износа инструмента на 30% и пригодностью для обработки сложных геометрических форм (например, конических и клиновидных зубьев).

Конструкция повышенной прочности

Благодаря использованию градиентной структуры (высокая твердость поверхности HRA 90–92, высокая внутренняя вязкость, вязкость разрушения $> 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) или фазы композитного соединения CoNi ударопрочность повышается на 20–30%, а риск образования трещин снижается.

Эффективное терморегулирование

Разработать адаптивные покрытия (например, TiAlN/AlCrSi, термостойкость 1100°C, толщина 25 мкм) для снижения термического размягчения; оптимизировать конструкцию теплоотвода корпуса редуктора для снижения рабочей температуры на 100–150 °C.

Оптимизация комплексного формирования

Разработать многофункциональную геометрию (например, шаровидные конические композитные зубья, угол резания оптимизирован до 15°30′) для улучшения адаптивности при переходе от гравия к твердой породе; разработать зубья с инкрустацией из PCD (поликристаллического алмаза) с твердостью, увеличенной до HV 8000, и сроком службы, увеличенным в 20 раз.

Адаптация к экстремальным условиям труда

Исследования и разработка нано-многослойных покрытий (таких как AlCrSi/TiN, твердость HV 3500) или композитных материалов на основе керамики (WCSiC), с температурной стойкостью, увеличенной до 1200°C, и скоростью коррозии в сильных кислотах (pH 12) $< 0,03 \text{ мм/год}$.

Интеллектуальный дизайн

ИИ используется для моделирования силы удара (погрешность $< 5\%$) и характера износа, оптимизации формы зубьев (погрешность сферического радиуса $< 0,05 \text{ мм}$) и угла установки (отклонение $< 1^\circ$), а также для повышения стабильности резания; разработаны самодиагностируемые шариковые зубья для мониторинга износа и температуры в режиме реального времени, что продлевает срок службы на 10–20%.

7. Заключение

Твердосплавные шаровые зубья стали ключевыми износостойкими компонентами в горнодобывающей промышленности, строительстве туннелей, строительстве, разведке энергии, дорожном строительстве и других областях благодаря своей высокой твердости (HRA 8692), превосходной прочности ($6,510 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и сверхдлительному сроку службы (10006000 часов). Его богатое разнообразие (сферические зубья, конические зубья, клиновидные зубья, вращающиеся зубья и т. д.) и точные характеристики (диаметр 635 мм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

допуск $\pm 0,05$ мм) удовлетворяют разнообразные потребности от выемки мягкого грунта до бурения твердых пород. Технические показатели показывают, что его срок службы в 310 раз больше, чем у традиционных материалов, эффективность резки увеличивается на 2050%, и он может выдерживать экстремальные удары и износ. Благодаря передовым процессам порошковой металлургии и технологиям покрытия (таким как TiAlN, DLC) шаровые зубья хорошо работают в суровых условиях, таких как высокая температура (800-1000 °C) и коррозия (pH 2-10). В будущем благодаря лазерной обработке, инкрустации PCD, нанопокроению, оптимизации с помощью искусственного интеллекта и интеллектуальному проектированию твердосплавные шариковые шестерни еще больше повысят производительность, расширят сферы применения и обеспечат надежную поддержку эффективному, надежному и устойчивому развитию мировой промышленности.



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

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
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

приложение:



Детали твердосплавного резца

Твердосплавные резцы — это высокопроизводительный режущий инструмент, широко используемый в горнодобывающей промышленности, строительстве туннелей, строительстве дорог, добыче угля и геологоразведке. С карбидом вольфрама (WC) и другими материалами из цементированного карбида в качестве сердечника, он изготавливается с помощью технологии точного производства. Он обладает сверхвысокой твердостью, превосходной износостойкостью и ударопрочностью и может эффективно резать твердые материалы, такие как камни, угольные пласты и бетон. Благодаря своему долгому сроку службы и высокой эффективности, цементированные карбидные резцы значительно повышают эффективность работы туннельного оборудования и горнодобывающей техники и снижают затраты на техническое обслуживание. Ниже приводится всестороннее введение в цементированные карбидные резцы с точки зрения свойств материалов, основных спецификаций, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ, проблем и решений, а также будущего развития.

1. Состав и характеристики материала

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.1 Состав

Состав материала твердосплавных резцов оптимизирован для достижения баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Тяжелая фаза

Карбид вольфрама (WC, 80 - 95%) обеспечивает отличную твердость и износостойкость. В некоторые формулы добавляют карбид титана (TiC, 15%) или карбид тантала (TaC, 0,5 - 2%) для повышения стабильности при высоких температурах и стойкости к окислению.

Адгезивная фаза

Кобальт (Co, 5 - 15%) является основным связующим веществом, улучшающим прочность и ударопрочность. Никель (Ni, 5 - 10%) используется в специальных составах для улучшения коррозионной стойкости и подходит для влажных или кислотных сред.

добавка

Для измельчения зерна, замедления его роста и повышения устойчивости к коррозии и высокотемпературному окислению используются следовые количества хрома (Cr, 0,1–1%), ванадия (V, 0,05–0,5%) или молибдена (Mo, 0,1–0,8%).

1.2 Основные характеристики

Эффективность резцов из твердого сплава обусловлена их оптимизированной микроструктурой:

твердость

Сплав HRA 8591 (HV 1100 - 1600), значительно превосходящий высокомарганцовистую сталь (HRC 20 - 50) или высокохромистый чугуны (HRC 50 - 60), подходит для резки пород высокой твердости и угольных пластов.

Вязкость разрушения

610 МПа·м^{1/2}, что лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^{1/2}), и его нелегко сломать при сильном ударе.

Износостойкость

Скорость износа 0,015 - 0,025 мм³/ Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистого чугуна.

Прочность на сжатие

3500 - 5500 МПа, способен выдерживать высокие силы резания.

плотность

13,5 - 15,0 г/см³, баланс прочности и веса.

Устойчивость к коррозии

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

В нейтральных или слабокислых средах (pH 49) скорость коррозии составляет <0,08 мм/год; составы на основе никеля выдерживают pH 210.

Температурная стойкость

Рабочая температура составляет от 20°C до 700°C, а некоторые формулы могут выдерживать кратковременную температуру 900°C, что подходит для высокотемпературных условий ведения земляных работ.

1.3 Преимущества микроструктуры

Твердосплавные резцы обычно имеют мелкозернистую (0,52 мкм) или ультрамелкозернистую (0,2 - 0,5 мкм) структуру. По сравнению с традиционным карбидом (25 мкм) его преимущества включают:

Повышенная твердость: мелкие зерна увеличивают площадь межзеренных границ, повышая сопротивление деформации и износостойкость.

Повышение прочности: измельчение зерна рассеивает напряжение и снижает риск роста трещин.

Стабильность резания: мелкозернистая структура снижает износ и сколы, сохраняет остроту режущей кромки и продлевает срок ее службы.

2. Основные характеристики

Существуют различные спецификации твердосплавных резцов. Ниже приведены общие спецификации и параметры (см. отраслевые стандарты и данные производителя):

Геометрия:

Конический: наиболее распространенный, подходит для проходческих комбайнов и угледобывающих машин, обладает высокой эффективностью резания.

Форма пули: используется для скальных пород высокой твердости для улучшения проникающей способности.

Форма плоской вершины: используется в угольных пластах или мягких породах для снижения сопротивления резанию.

Форма ножа или зубила: используется для специальных земляных работ или дробления.

размер:

Диаметр (вершины зуба): 8–50 мм (обычно 20–35 мм).

Длина (общая): 50–150 мм (обычно 80–120 мм).

Допуск: $\pm 0,05$ мм (высокоточная обработка).

масса:

Отдельные изделия весят 0,1–1,5 кг, подходят для монтажа или механического крепления.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Шероховатость поверхности:

Ra 0,4 - 1,0 мкм, снижает трение и адгезию материала.

Степень твердости:

Стандарт: HRA 85 - 88 (угольные пласты, мягкие породы).

Высокая твердость: HRA 88 - 91 (твёрдая порода, гранит).

Формула материала:

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 6 - 12%, твердость HRA 86 - 90, высокая прочность.

WCNi (коррозионностойкий): содержание никеля 5–10%, подходит для влажной среды.

WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 700 - 900°C.

Способ установки:

Фиксация вкладки: вмонтирована в ложе зуба, прочность сцепления >150 МПа.

Пайка: Высокотемпературная пайка (900 - 1100°C), прочность связи >200 МПа.

Механический зажим: быстрая замена, подходит для частого обслуживания.

Обработка поверхности:

Полировка: Ra 0,2 - 0,4 мкм, повышенная усталостная прочность.

Покрытие: TiN (твердость HV 2000 - 2500), TiAlN (температурная стойкость 900°C), DLC (коэффициент трения 0,1 - 0,2).

Соответствие стандартам:

Система менеджмента качества ISO 9001.

ASTM B771 (испытание на истирание), ISO 3878 (испытание на твердость).

Типичные примеры продукции:

Резцы для угольных комбайнов: диаметр 25 - 35 мм, длина 90 - 120 мм, HRA 86 - 89, срок службы 3000 - 6000 часов.

Резцы ТВМ: диаметр 20–40 мм, длина 80–100 мм, HRA 88–91, подходят для твердых пород.

Резцы для сверлильных станков: диаметр 15 - 30 мм, длина 70 - 100 мм, HRA 85 - 88, ударопрочные.

3. Производственный процесс

Производство резцов из цементированного карбида основано на технологии порошковой металлургии, которая обеспечивает производительность, точность и качество поверхности.

3.1 Подготовка сырья

Высокоочищенный карбид вольфрама (WC, чистота >99,95%), кобальт (Co, чистота >99,9%) и другие добавки (такие как TiC, TaC). Порошок смешивается методом мокрого помола (спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов), а средний размер

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

частиц контролируется на уровне 0,21 мкм. VC или Cr3C2 (0,10,5%) добавляются в качестве ингибитора зерна.

3.2 Формирование

Холодное изостатическое прессование (ХИП)

прессуются в сырые прессовки под давлением 200 - 400 МПа с плотностью 50 - 60% от теоретической.

Прецизионное литье

Для сложных форм, таких как конусы или пулевидные головки, используются высокоточные формы (допуск $\pm 0,1$ мм).

Распылительная сушка

Подготовить текучие частицы и улучшить однородность зеленых тел.

3.3 Спекание

Предварительное спекание

900 - 1100°C, удаление органических добавок.

Горячее изостатическое прессование (ГИП)

1350 - 1500°C, 100 - 200 МПа, атмосфера аргона, спекание в течение 24 часов, плотность 99,8 - 100%.

Управление охлаждением

Постепенное охлаждение (10–20 °C/мин) для предотвращения образования трещин из-за термических напряжений.

3.4 Постобработка

Прецизионная шлифовка

Обработка алмазным шлифовальным кругом, допуск $\pm 0,05$ мм, шероховатость Ra 0,4 - 1,0 мкм.

Укрепление поверхности

Пескоструйная обработка, полировка или нанесение покрытия (TiN, TiAlN, DLC) повышают износостойкость и термостойкость.

Проверка качества

Испытание на твердость (HRA/HV), анализ микроструктуры (СЭМ), измерение размеров (3D-измерительный прибор), неразрушающий контроль (ультразвук).

4. Назначение и сценарии применения

Твердосплавные резцы широко используются в следующих областях и сценариях благодаря своей превосходной износостойкости, ударопрочности и эффективности резки:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.1 Шахты и добыча угля

Комплексная добыча угля

Барабанные резцы, используемые в угледобывающих машинах, для выемки угольных пластов и пустой породы (твердость <100 МПа), со сроком службы 3000 - 6000 часов, подходят для длинных забоев и полностью механизированных горных выработок.

Фреза для проходческой машины

На проходческом комбайне (ТПМК) он режет песчаник и гранит (твердостью 100–200 МПа), имеет срок службы 2000–4000 часов и используется при проходке горных выработок и строительстве тоннелей.

Открытая добыча

Используется в роторных буровых установках или комбайнах непрерывного действия для добычи твердых руд, таких как железная и медная руда, и может выдерживать высокие ударные нагрузки и износ.

4.2 Тоннели и подземное строительство

Щитовой механизм для подбора

На режущей головке щитовой машины он режет грунт, скальные породы или смешанные пласты, выдерживает высокий крутящий момент и износ и используется в метрополитенах, железнодорожных тоннелях и подводных туннелях.

Прокладка туннелей в твёрдых породах

Используется в тоннелепроходческих машинах для резки гранита и базальта, имеет срок службы в 46 раз больше, чем у стальных резцов.

Якорная буровая установка

Вспомогательное бурение и крепление, устойчивое к износу горных пород, пригодное для обеспечения устойчивости подземных сооружений.

4.3 Строительство дорог и проектирование инфраструктуры

Роторная буровая установка

Используется для строительства свайных фундаментов, резки бетона, гравия или мягких пород, имеет срок службы 4000–7000 часов, применяется при строительстве мостов и фундаментов высотных зданий.

Дорожное фрезерование

На фрезерных машинах, режет асфальтовое или бетонное покрытие, выдерживает высокие температуры и износ, подходит для ремонта дорог.

Непрерывное возведение стен

Используется в грейферных ковшах или гидравлических фрезерных машинах для резки слоев почвы и горных пород, а также применяется для глубоких котлованов и противифльтрационных стенок.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4 Геологоразведка и разработка месторождений энергии

Геологическое бурение

Используется в установках колонкового бурения для резки твердых пород с целью получения геологических образцов и может выдерживать высокий крутящий момент и износ.

Нефть и газ

На буровых установках или роторных буровых коронках они режут глубокие породы и выдерживают высокие температуры, высокое давление и агрессивные среды.

Развитие геотермальной энергетики

Используется для бурения геотермальных скважин, резки высокотемпературных скальных пород, устойчив к температурам до 700°C.

4.5 Другие специальные цели

Портовое и морское машиностроение

На дноуглубительном оборудовании он режет песок морского дна или коралловые рифы и противостоит коррозии и износу, вызванным морской водой.

Лесное и сельское хозяйство

Используется в лесомелиоративных машинах или оборудовании для выравнивания земель для резки твердой почвы и корней деревьев.

Военная и специальная техника

В военной инженерной технике или специальном тоннелепроходческом оборудовании резка высокопрочных материалов осуществляется для соответствия высоким требованиям надежности.

5. Преимущества

Твердосплавные резцы играют важную роль в промышленных применениях благодаря своим уникальным свойствам:

Сверхдолгий срок службы

Износостойкость и твердость продлевают срок службы в 36 раз, сокращая частоту замены.

Эффективная резка

Высокая твердость и прочность обеспечивают высокоскоростную резку, повышая эффективность выемки грунта на 20–40%.

Высокая эффективность затрат

Первоначальная стоимость высока, но срок окупаемости составляет 6–18 месяцев, а общая стоимость снижается на 30–50%.

Гибкая настройка

Различные формы, размеры и формулы для удовлетворения потребностей различных геологических условий и условий работы.

Экологическая приспособляемость

Он износостойчив, устойчив к коррозии и высоким температурам и может адаптироваться

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

к сложным условиям: от влажных угольных пластов до высокотемпературных скальных образований.

Экологичное производство

Высокая прочность снижает расход материалов и соответствует тенденции устойчивого развития.

6. Проблемы и решения

6.1 Проблемы

Высокая себестоимость производства: использование высокочистого сырья и сложных технологических процессов приводит к более высоким затратам.

Сложность обработки: Сверхвысокая твердость увеличивает сложность обработки, а алмазные инструменты быстро изнашиваются.

Риск разрушения при ударе: высокотвердые материалы могут разрушиться при сильном ударе.

Ограничения в экстремальных условиях эксплуатации: производительность ухудшается под воздействием экстремально высоких температур ($>900^{\circ}\text{C}$) или сильных кислот ($\text{pH}<2$).

6.2 Решение

Оптимизация затрат: оптимизация соотношения и параметров спекания для снижения расхода на 10–20 %; использование автоматизированного производства для снижения затрат на рабочую силу.

Улучшения в обработке: Внедрение лазерной обработки или электроискровой обработки может повысить эффективность на 30% и продлить срок службы инструмента в 2 раза.

Улучшенная прочность: улучшенная ударопрочность на 20–30 % за счет градиентных структур или новых связующих фаз (например, сплавов CoNi).

Повышение производительности: разработка новых покрытий (например, AlCrSi/TiN, термостойкость 1000°C) или композитных материалов для адаптации к суровым условиям работы.

7. Будущее развитие

Благодаря высокой твердости (HRA 85 - 91), превосходной прочности ($610 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$) и сверхдлительному сроку службы (2000 - 7000 часов) твердосплавные резцы являются идеальным режущим инструментом для горнодобывающей промышленности, строительства туннелей, строительства дорог, геологоразведочных работ и разработки энергетических объектов. Разнообразные технические характеристики (диаметр 8 - 50 мм, длина 50 - 150 мм) и прецизионный процесс изготовления отвечают потребностям широкого спектра областей от мягких угольных пластов до твердых горных пород. Технические данные показывают, что срок службы резцов в 36 раз превышает срок службы традиционных стальных резцов, а общая стоимость снижается на 30 - 50%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

В перспективе развитие твердосплавных резцов будет сосредоточено в следующих направлениях:

Интеллектуальное производство

Внедряются ИИ и большие данные для оптимизации формул и процессов, при этом точность прогнозирования производительности составляет более 99%, а эффективность производства увеличивается на 20%.

Новые Материалы

Изучите графеновые покрытия (коэффициент трения 0,05), поликристаллический алмаз (PCD, срок службы увеличен в 15 раз) или керамические композиты для повышения износостойкости и стойкости к высоким температурам.

Экологичное производство

Разработать технологию переработки, которая позволит увеличить процент переработки вторсырья до 85% и сократить потребление ресурсов.

Модульная конструкция

Запущен модуль быстрой смены резцов, сокращающий время обслуживания на 50% и повышающий эффективность выемки грунта.

Благодаря развитию материаловедения и производственных технологий твердосплавные резцы будут играть все большую роль в интеллектуальной проходке туннелей, экологически чистой добыче полезных ископаемых и эффективном проектировании, давая мощный импульс устойчивому развитию мировой промышленности.



приложение:

Что такое твердосплавное сверло ?

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

Твердосплавное сверло — это высокопроизводительный режущий инструмент с карбидом вольфрама (WC) в качестве основного материала. Он изготавливается с использованием передовой технологии порошковой металлургии и специально разработан для сверления высокотвердых и прочных материалов. Благодаря своей превосходной твердости, износостойкости, высокой термостойкости и коррозионной стойкости твердосплавные сверла широко используются в металлообработке, горнодобывающей промышленности, строительстве, энергетике, аэрокосмической промышленности, автомобилестроении, электронном прецизионном производстве и других областях. Он может эффективно сверлить твердую сталь, нержавеющую сталь, титановый сплав, чугун, керамику, композитные материалы и т. д., значительно повышая эффективность обработки, точность и срок службы инструмента. В этой статье всесторонне рассматриваются производительность и ценность твердосплавных сверл с точки зрения свойств материала, типов и технических показателей, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ продукта, технических проблем и направлений совершенствования.

1. Состав материала и характеристики твердосплавных сверл

1.1 Состав материала твердосплавного сверла

Формула твердосплавных сверл специально разработана для достижения оптимального баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Тяжелая фаза

Карбид вольфрама (WC, 80 - 95%) обеспечивает сверхвысокую твердость и износостойкость. Некоторые формулы легированы карбидом титана (TiC, 1 - 5%) или карбидом тантала (TaC, 0,5 - 2%) для улучшения высокотемпературной стабильности и стойкости к окислению.

Адгезивная фаза

Кобальт (Co, 5–15%) повышает прочность и ударопрочность; никель (Ni, 5–10%) используется в коррозионно-стойких составах, подходящих для кислых или влажных сред.

добавка

Для измельчения зерна, замедления его роста, повышения коррозионной стойкости и стойкости к высокотемпературному окислению используются следовые количества хрома (Cr, 0,1–1%), ванадия (V, 0,05–0,5%) и молибдена (Mo, 0,1–0,8%).

1.2 Основные характеристики твердосплавных сверл

Эффективность твердосплавных сверл обусловлена их оптимизированной микроструктурой и формулой материала:

твердость

HRA 86 - 92 (HV 1200 - 1700), в 23 раза выше, чем у быстрорежущей стали (HSS, HRC 60 - 65), подходит для сверления материалов с твердостью до HRC 60.

Вязкость разрушения

6,510 МПа·м^{1/2}, что лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^{1/2}), а

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сопротивление ударному разрушению улучшено на 30%.

Износостойкость

Скорость износа составляет 0,01 - 0,02 мм³/ Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистого чугуна, а срок службы режущей кромки увеличивается в 310 раз.

Прочность на сжатие

4000 - 6000 МПа, способные выдерживать большие усилия резания (максимальное усилие резания до 5000 Н).

плотность

13,8 - 15,2 г/см³, умеренный вес, подходит для высокоскоростного вращения.

Устойчивость к коррозии

В нейтральной или слабокислой среде (pH 49) скорость коррозии составляет <0,07 мм/год; составы или покрытия на основе никеля выдерживают pH 210 со скоростью коррозии <0,05 мм/год.

Температурная стойкость

Диапазон рабочих температур составляет от 20°C до 800°C. Формула покрытия выдерживает мгновенные температуры 1000°C, что делает его пригодным для сухой или высокотемпературной обработки.

1.3 Преимущества микроструктуры твердосплавных сверл

Твердосплавные сверла имеют мелкозернистую (0,52 мкм) или ультрамелкозернистую (0,2–0,5 мкм) структуру, что обеспечивает следующие преимущества:

Высокая твердость и прочность: мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, следуют эффекту Холла-Петча и повышают износостойкость.

Превосходная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение, снижает риск распространения трещин и повышает ударопрочность на 20–30 %.

Стабильность резания: снижение износа, сохранение остроты режущей кромки, повышение точности обработки и срока службы.

2. Типы и технические показатели твердосплавных сверл

Существует широкий выбор твердосплавных сверл, охватывающих различные геометрии, области применения и требования к обработке. Ниже приведена полная классификация, технические показатели и таблица использования (справочные стандарты ISO, спецификации ASTM и данные производителя).

2.1 Типы и применение твердосплавных сверл

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Сверло спиральное с прямым	Стандартная конструкция	Автомобилестроение (блоки цилиндров, коленчатые валы), механическая	Диаметр 1 - 30 мм, длина 50 - 150 мм, угол при вершине 118°/135°, HRA

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

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
хвостовиком Спиральное сверло	спиральной канавки, универсальный режущий инструмент, подходящий для различных материалов.	обработка (шестерни, подшипники), изготовление пресс-форм (литьевая сталь), сверление стали, чугуна, алюминиевых сплавов.	8790, срок службы 2000 - 5000 отверстий.
Коническое сверло Конусное сверло	Конический корпус фрезы оптимизирует отвод стружки из глубоких отверстий и подходит для сверления на большую глубину.	Аэрокосмическая промышленность (детали из титанового сплава), инструменты для бурения нефтяных скважин (обсадные трубы), изготовление пресс-форм (пресс-формы для глубоких отверстий), сверление титановых сплавов, нержавеющей стали, легированной стали.	Диаметр 5 - 30 мм, длина 100 - 300 мм, угол при вершине 135°, HRA 89 - 92, срок службы 1000 - 3000 отверстий.
Ступенчатое сверло Ступенчатое сверло	Многоуровневая конструкция диаметра позволяет выполнять обработку отверстий разного размера за один раз, сокращая количество этапов.	Автомобилестроение (отверстия под болты в тонколистовой стали), монтаж трубопроводов (фланцы), строительство (стальные пластины), сверление тонколистовой стали, алюминия, нержавеющей стали.	Диаметр 4 - 40 мм, длина 50 - 120 мм, угол при вершине 118°, HRA 86 - 89, срок службы 1500 - 4000 отверстий.
Центровочное сверло Центровочное сверло	Короткий и жесткий, он может обрабатывать позиционные отверстия, обеспечивая точность последующего сверления.	Механическая обработка (позиционирование с ЧПУ), изготовление пресс-форм (точное позиционирование), аэрокосмическая промышленность (высокоточные детали), сверление стали, нержавеющей стали, легированной стали.	Диаметр 1 - 10 мм, длина 30 - 60 мм, угол при вершине 60°/90°, HRA 87 - 90, срок службы 3000 - 6000 отверстий.
Микро дрель Микро дрель	Сверхмалый диаметр, специально разработанный для высокоточной обработки микроотверстий.	Электроника (печатные платы), медицинские приборы (костные винты), часовое производство (микродетали), сверление меди, карбида и керамики.	Диаметр 0,13 мм, длина 20 - 50 мм, угол при вершине 135°, HRA 88 - 91, срок службы 1000 - 3000 отверстий.
Глубокое сверление Сверло для глубокого сверления	Высокое соотношение сторон, оснащен внутренней системой охлаждения, подходит для обработки сверхглубоких	Аэрокосмическая промышленность (турбинные лопатки), нефтегазовая промышленность (бурительные трубы), энергетическое оборудование (теплообменники), бурение, титановые сплавы, нержавеющая сталь и сплавы на	Диаметр 5 - 30 мм, длина 100 - 500 мм, угол при вершине 135°, HRA 89 - 92, срок службы 1000 - 3000 отверстий.

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
	отверстий.	основе никеля.	
Плоское дно сверла Сверло с плоским дном	Плоскодонный наконечник инструмента для обработки плоскодонных отверстий, что сокращает объем последующей фрезеровки.	Автомобилестроение (резьбовое нижнее отверстие), механическая обработка (плоское отверстие), изготовление пресс-форм (точное отверстие), сверление стали, чугуна, алюминиевых сплавов.	Диаметр 320 мм, длина 50-100 мм, угол при вершине 135°, HRA 8790, ресурс 2000-5000 отверстий.
Треугольное сверло Трехканавочное сверло	Конструкция с тремя режущими кромками снижает вибрацию и улучшает круглость отверстий.	Аэрокосмическая промышленность (высокоточные отверстия), изготовление пресс-форм (чистовая обработка), механическая обработка (отверстия под подшипники), сверление нержавеющей стали, титановых сплавов, закаленной стали.	Диаметр 5 - 20 мм, длина 50 - 120 мм, угол при вершине 135°, HRA 89 - 92, срок службы 1500 - 4000 отверстий.
Сверло-рассверливание Сверло-зенковка	Обработайте существующие отверстия, чтобы повысить точность диаметра отверстий и качество поверхности.	Машиностроение (отверстия под подшипники), гидравлическое оборудование (корпуса клапанов), авиакосмическая промышленность (соединительные отверстия), сверление стали, нержавеющей стали, чугуна.	Диаметр 5 - 40 мм, длина 50 - 150 мм, угол при вершине 118°, HRA 87 - 90, срок службы 2000 - 5000 отверстий.
Оружейная дрель Оружейная дрель	Обработка сверхглубоких отверстий, оснащенная охлаждением под высоким давлением, однокромочная конструкция.	Медицинское оборудование (ортопедическое оборудование), энергетическое оборудование (теплообменные трубки), аэрокосмическая промышленность (детали для глубоких отверстий), сверление титановых сплавов, нержавеющей стали, закаленной стали.	Диаметр 2 - 30 мм, длина 200 - 1000 мм, угол при вершине 135°, HRA 89 - 92, срок службы 1000 - 3000 отверстий.
Сменная головка сверла Сверло со сменными пластинами	Режущую головку можно быстро заменить, что сокращает время простоя и подходит для массового производства.	Автомобилестроение (массовая обработка отверстий), механическая обработка (сборочный конвейер), строительство (металлоконструкции), сверление стали, чугуна, алюминиевых сплавов.	Диаметр 1040 мм, длина 100-200 мм, угол при вершине 135°, HRA 8790, ресурс 3000-6000 отверстий.

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Ударное сверло Влияние SDS Сверлить	Сочетает вращение и удар, специально разработан для каменных материалов.	Строительная техника (бетонные стены), строительство туннелей (камень), реконструкция (кирпичные стены), сверление бетона, гранита, каменной кладки.	Диаметр 6 - 25 мм, длина 100 - 300 мм, HRA 86 - 89, срок службы 500 - 2000 отверстий.
Специальное сверло для композитных материалов Композитное сверло	Малый угол наклона спирали и острая режущая кромка уменьшают расслоение и сколы кромок.	Аэрокосмическая промышленность (крылья из углепластика), автомобилестроение (композитный корпус), ветроэнергетика (лопасти), бурение, углеродное волокно, стекловолокно, композитные материалы.	Диаметр 3 - 20 мм, длина 50 - 120 мм, угол при вершине 135°, HRA 89 - 92, срок службы 1000 - 3000 отверстий.
Керамические сверла Керамическое сверло	Сверхвысокая твердость, специально разработана для чрезвычайно твердых материалов.	Электроника (керамические подложки), медицина (керамические имплантаты), авиация (керамические покрытия), сверление керамики, стекла и твердого сплава.	Диаметр 1 - 20 мм, длина 50 - 100 мм, угол при вершине 140°, HRA 90 - 92, срок службы 500 - 2000 отверстий.
Точечная дрель Точечная дрель	Короткая конструкция лезвия, обработка неглубоких отверстий или ям, оптимизация последующего позиционирования сверления.	Механическая обработка (предварительное сверление на станках с ЧПУ), изготовление пресс-форм (позиционирование отверстий), аэрокосмическая промышленность (высокоточные предварительные отверстия), сверление стали, нержавеющей стали, легированной стали.	Диаметр 1 - 10 мм, длина 30 - 60 мм, угол при вершине 90°/120°, HRA 87 - 90, срок службы 3000 - 6000 отверстий.
Зенковка Сверло с зенковкой	Отверстия с потайной головкой обработаны таким образом, чтобы их можно было использовать для установки шурупов.	Автомобилестроение (отверстия под винты кузова), строительство (соединения стальных конструкций), производство мебели (деревянные доски), сверление стали, алюминиевых сплавов, древесины.	Диаметр 5 - 20 мм, длина 50 - 100 мм, угол при вершине 90°, HRA 86 - 89, срок службы 2000 - 5000 отверстий.
Комбинированное сверло Ступенчатое сверло и зенковка	Интегрированные функции ступенчатых и потайных отверстий позволяют выполнять многопроцессную обработку отверстий одновременно.	Аэрокосмическая промышленность (отверстия для соединения композитных материалов), автомобилестроение (монтаж тонких пластин), механическая обработка (многофункциональные отверстия), сверление стали, алюминия, композитных материалов.	Диаметр 5 - 30 мм, длина 50 - 120 мм, угол при вершине 118°, HRA 8790, срок службы 1500 - 4000 отверстий.
Спеченное сверло	Твердосплавный	Горнодобывающая промышленность	Диаметр 10 - 50 мм, длина 100 - 300

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Паяное сверло	наконечник, припаянный к стальному хвостовику, подходит для тяжелой обработки.	(твердые породы), строительство к (железобетон), энергетика (трубопроводы), бурение скальных пород, бетона, легированной стали.	мм, HRA 86 - 89, срок службы 1000 - 3000 отверстий.

2.2 Технические индикаторы

размер

Диаметр: 0,1 - 100 мм (обычно 130 мм).
Общая длина: 10 - 1000 мм (обычно 50 - 150 мм).
Длина реза: 5 - 500 мм (глубокое сверление отверстий до 20 - 50D, D - диаметр).
Допуск: ±0,01 мм (точная обработка, класс IT6IT8).

масса

Каждая деталь весит 0,012 кг и подходит для портативных устройств или станков с ЧПУ.

Шероховатость поверхности

Ra 0,2 - 0,8 мкм, снижает прилипание стружки и тепловыделение при трении.

Степень твердости

Стандарт: HRA 86 - 89 (общая металлообработка).
Высокая твёрдость: HRA 89 - 92 (карбид, керамика).

Формула материала

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 612%, HRA 8791, высокая прочность.
WCNi (коррозионностойкий тип): содержание никеля 510%, устойчив к воздействию кислотных и щелочных сред.
WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 800 - 1000°C.

Угол точки

118°: Мягкий металл (например, алюминий, медь), низкая устойчивость к резанию.
135°: Твердая сталь, нержавеющая сталь, уменьшает отклонение.
140°: Титановый сплав, керамика, высокая стабильность.

Угол наклона спирали

25 - 30°: общее назначение, сбалансированный отвод стружки и жесткость.
35 - 40°: Мягкие материалы, более быстрое удаление стружки.
15 - 20°: Твердый материал, увеличивает жесткость сверла.

Установка

Круглый хвостовик: стандартный патрон, биение <0,01 мм.

Шестигранный хвостовик: быстросменный патрон.

Хвостовик SDS: ударная дрель, подходит для каменной кладки.

Обработка поверхности

Полировка: Ra 0,1 - 0,4 мкм, снижает тепловыделение при трении.

покрытие

TiN: Твердость HV 2000 - 2500, износостойкость увеличена в 2 раза.

TiAlN: термостойкость до 900°C, подходит для сухой обработки.

AlCrSi / TiN: термостойкость 1000°C, срок службы увеличен в 3 раза.

DLC: Коэффициент трения 0,1 - 0,2, подходит для алюминиевых сплавов и композитных материалов.

Данные по резке

Скорость резки: 20 - 200 м/мин (сталь 50 - 100 м/мин, титановый сплав 20 - 40 м/мин, алюминиевый сплав 100 - 200 м/мин).

Скорость подачи: 0,05 - 0,3 мм/об (0,05 - 0,1 мм/об для прецизионной обработки).

Максимальная глубина сверления: 5 - 50D (до 50D с внутренней подачей СОЖ).

Соответствие стандартам

Система менеджмента качества ISO 9001.

ISO 1832 (Технические условия на режущие инструменты).

ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).

3. Производственный процесс

При производстве твердосплавных сверл применяются передовые технологии порошковой металлургии, гарантирующие, что свойства материала, геометрическая точность и качество поверхности соответствуют самым высоким стандартам.

3.1 Подготовка сырья

Выбраны высокочистый карбид вольфрама (WC, чистота>99,95%), кобальт (Co, чистота>99,9%) и добавки (такие как TiC, TaC, Cr). Порошок смешивается в процессе мокрого измельчения (среда — спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 24-72 часов), а средний размер частиц контролируется на уровне 0,21 микрона. VC или Cr₃C₂ (0,10,5%) добавляются в качестве ингибитора зерна для предотвращения роста зерна во время высокотемпературного спекания.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 Формирование

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошки прессуются в сырые тела под давлением 200–400 МПа с плотностью 50–60% от теоретического значения.

Прецизионное литье: Высокоточные формы (допуск $\pm 0,1$ мм) используются для формования пазов спирального сверла или сложных геометрических форм.

Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности и прочности сырых 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%.

Контроль охлаждения: Постепенное охлаждение (10–20 °C/мин) для предотвращения появления микротрещин, вызванных термическим напряжением.

3.4 Постобработка

Прецизионная шлифовка: с использованием алмазных шлифовальных кругов или инструментов из КНБ, обработка с допуском $\pm 0,01$ мм, шероховатость поверхности Ra 0,2 - 0,8 мкм, острота режущей кромки (радиус кромки < 5 мкм).

Обработка канавок: шлифовальный станок с ЧПУ обрабатывает спиральные канавки с погрешностью глубины канавки $< 0,05$ мм для оптимизации удаления стружки.

Укрепление поверхности: пескоструйная обработка, полировка или нанесение покрытия (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) для повышения износостойкости и термостойкости.

Проверка качества:

Испытание на твердость: HRA/HV, погрешность $\pm 0,5$.

Микроструктурный анализ: Для исследования размера зерна (0,22 мкм) использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Измерение размеров: трехмерный измерительный прибор, точность $\pm 0,002$ мм.

Неразрушающий контроль: Ультразвуковой контроль для проверки внутренних дефектов.

4. Преимущества продукта

Твердосплавные сверла занимают лидирующие позиции на рынке режущих инструментов благодаря своим превосходным характеристикам:

Сверхдолгий срок службы: износостойкость и твердость увеличивают срок службы в 310 раз и снижают стоимость единичной обработки на 30–60%.

Эффективная обработка: поддерживает высокоскоростную резку (20–200 м/мин) и высокую скорость подачи (0,05–0,3 мм/об), что повышает эффективность обработки на 20–50%.

Высокая точность: точность апертуры $\pm 0,01$ мм, шероховатость поверхности Ra 0,2 - 0,8 мкм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

что соответствует высоким требованиям авиации и электроники.

Гибкая настройка: различные типы (спиральные, для глубоких отверстий, микро и т. д.), размеры (0,1–100 мм) и покрытия (TiN, TiAlN) для соответствия различным условиям работы.

Экологическая адаптивность: высокая термостойкость (800–1000 °C), коррозионная стойкость (pH 210), адаптируемость к сухим, влажным и химическим средам.

Экологичное производство: высокая прочность сокращает количество смен инструмента и отходов, что соответствует целям устойчивого развития.

5. Технические проблемы и направления улучшения

5.1 Технические проблемы

Сложность обработки

Твердый сплав имеет высокую твердость (HRA 86 - 92), что предъявляет чрезвычайно высокие требования к технологическому оборудованию и инструментам. Алмазные шлифовальные круги или инструменты CBN быстро изнашиваются, и трудно стабилизировать точность обработки (допуск $\leq \pm 0,01$ мм).

Риск хрупкости

В материалах с высокой твердостью могут образовываться микротрещины или сколы при сильном ударе или чрезмерной скорости подачи ($> 0,3$ мм/об), что влияет на срок службы.

Проблемы терморегулирования

Высокоскоростная резка (> 100 м/мин) приводит к образованию большого количества тепла от трения, что может привести к размягчению режущей кромки или отслоению покрытия, особенно при сухой обработке.

Сложная приспособляемость материала

Композитные материалы (например, углепластик), керамика и сверхтвердые сплавы (HRC >60) предъявляют высокие требования к геометрии сверла и покрытию и склонны к расслоению, разрушению кромок или быстрому износу.

Экстремальные ограничения условий труда

При экстремально высоких температурах ($> 1000^{\circ}\text{C}$) или в сильноокислых средах (pH <2) эксплуатационные характеристики традиционных покрытий и связующих фаз ухудшаются, сокращая их срок службы на 50–70%.

5.2 Направление технического совершенствования

Передовые технологии обработки

Разработать лазерную микрообработку и электроискровую обработку с точностью $\pm 0,005$ мм и снижением износа инструмента на 30%, подходящую для обработки деталей сложной

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

геометрии (например, трехлезвийных сверл и ружейных сверл).

Конструкция повышенной прочности

Благодаря использованию градиентной структуры (высокая твердость поверхности HRA 90–92, высокая внутренняя вязкость, вязкость разрушения $> 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) или композитной связующей фазы CoNi ударопрочность повышается на 20–30 %, а риск разрушения снижается.

Эффективное терморегулирование

Оптимизировать внутреннюю систему охлаждения (давление охлаждающей жидкости 10 - 20 МПа, расход 5 - 15 л/мин) для снижения температуры в зоне резания на 100 - 200 °C; разработать адаптивные покрытия (например, TiAlN/AlCrSi, термостойкость 1100 °C) для снижения термического разупрочнения.

Оптимизация композитных материалов

Проектирование сверл с малым углом наклона винтовой линии (15–20°) и острыми режущими кромками (радиус кромки $< 3 \text{ мкм}$) может снизить расслоение углепластика на 30%; разработка режущих головок из поликристаллического алмаза (PCD) с твердостью, увеличенной до HV 8000, и сроком службы, увеличенным в 20 раз.

Адаптация к экстремальным условиям труда

Исследовать и разработать наномногослойные покрытия (например, AlCrSi/TiN, толщина 25 мкм, твердость HV 3500) или композитные материалы на основе керамики (WCSiC), с температурной стойкостью, увеличенной до 1200°C, и скоростью коррозии в сильных кислотах (pH 12) $< 0,03 \text{ мм/год}$.

Интеллектуальный дизайн

ИИ используется для моделирования сил резания (погрешность $< 5\%$) и характеристик износа, оптимизации угла при вершине (118° - 140°) и типа канавки (погрешность глубины канавки $< 0,03 \text{ мм}$), а также повышения стабильности обработки; разработаны самодиагностирующиеся сверла для мониторинга температуры и износа в режиме реального времени, что продлевает срок службы на 10 - 20%.

6. Заключение

Твердосплавные сверла являются предпочтительным режущим инструментом в металлообработке, горнодобывающей промышленности, строительстве, энергетике, аэрокосмической промышленности, производстве электроники и других областях благодаря своей высокой твердости (HRA 86 - 92), превосходной прочности ($6,510 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и сверхдлительному сроку службы (2000 - 10000 отверстий). Их обширное разнообразие (спиральные сверла, сверла для глубоких отверстий, микросверла, ударные сверла, керамические сверла и т. д.) и точные характеристики (диаметр 0,1100 мм, точность $\pm 0,01$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

мм) удовлетворяют разнообразные потребности от микроотверстий в печатных платах до глубокого сверления в горных породах. Технические показатели показывают, что их срок службы в 310 раз больше, чем у сверл из быстрорежущей стали, эффективность обработки увеличивается на 20 - 50%, а точность диаметра отверстия достигает уровня IT6IT8.

Благодаря передовой порошковой металлургии и технологиям покрытия (таким как TiAlN и DLC) сверло хорошо работает в суровых условиях, таких как высокая температура (800-1000 °C) и коррозия (pH 210). В будущем, благодаря лазерной обработке, головкам инструментов PCD, нанопокрытиям, оптимизации ИИ и интеллектуальному проектированию, твердосплавные сверла еще больше улучшат производительность и расширят сценарии применения, обеспечивая надежную поддержку эффективному, точному и устойчивому развитию мировой промышленности.

Твердосплавные резцы для проходческих машин

Твердосплавные резцы ТВМ представляют собой тип эффективного режущего инструмента, предназначенного для проходческих комбайнов (ТВМ) или горнодобывающего оборудования, предназначенного для дробления и выемки твердых пород, сложных формаций или смешанных геологических условий. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из цементированного карбида (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с передовыми производственными процессами и оптимизированной конструкцией для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности, термостойкости и коррозионной стойкости, гарантируя высокую эффективность и надежность в экстремальных рабочих условиях (таких как глубокие скважины, высокое давление, высокая температура или коррозионная среда). Являясь ключевым компонентом на переднем конце проходческого комбайна, резец напрямую влияет на эффективность строительства, срок службы оборудования, инженерную безопасность и контроль затрат и играет незаменимую роль в современном инфраструктурном строительстве, добыче ресурсов, специальном машиностроении и новых областях. Согласно последней информации о развитии всей сети и отрасли, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения резца.

1. Физические и химические свойства резцов проходческих комбайнов из твердого сплава

В резцах из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) и следовые добавки (такие как Cr_3C_2 $0,5\% -2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и высокотемпературных характеристик. Изготавливается методом порошковой металлургии, обычно используются методы искрового плазменного спекания (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячего изостатического прессования (ГИП, температура $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), гарантирующие, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности и пористости $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$), а однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ).

Геометрическая конструкция резца разнообразна, распространены коническая (угол при вершине $60^\circ-90^\circ \pm 5^\circ$), клиновидная (угол режущей кромки $30^\circ-45^\circ \pm 2^\circ$) и шаровидная головка (радиус кривизны $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), с твердосплавным слоем, встроенным в кончик (толщина $2-7 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, в некоторых местах до $10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), а основание изготовлено из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, 42CrMo или новой

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

высокомарганцевой стали, закалочная твердость HRC 40-52±2). Метод установки включает высокочастотную индукционную сварку (температура 1200-1300°C±20°C, прочность сварки>600 МПа±50 МПа), плазменную сварку или механический зажим (усилие зажима>10 кН±1 кН), закрепленный на режущей головке тоннелепроходческой машины (50-100 резцов±5 на метр режущей головки в зависимости от диаметра). Конструкция объединяет механику резки, теплопроводность, распределение напряжений и оптимизацию механики жидкости. Геометрия резца (угол входа 30°-45°±5°, угол наклона назад 5°-15°±2°) и шлаковая канавка (глубина канавки 5-12 мм±0,5 мм, ширина канавки 10-20 мм±1 мм, угол наклона 15°-30°±2°) значительно повышают эффективность выемки, производительность отвода тепла и способность отвода шлака. Подходит для твердых пород с прочностью на сжатие 100–300 МПа, мягких пород с содержанием воды >20% ± 5% или смешанных пород с содержанием песка >10% ± 2%.

2. Характеристики и принцип работы твердосплавных резцов для проходческих комбайнов

2.1 Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30, локально до 2400-2600±50, в зависимости от добавок), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную стойкость к износу, эрозии и высокотемпературному окислению (начальная температура окисления>800°C±20°C); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{1c} 12-16 МПа·м^{1/2} ± 0,5, пиковое значение до 18 МПа·м^{1/2} ± 0,5) и эффективно поглощает энергию удара (>50 Дж±5 Дж, мгновенное пиковое значение>150 Дж±10 Дж). Мелкие зерна оптимизируют микроструктуру, скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м (предпочтительно <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), плотность 14,8-15,2 г/см³ ± 0,1 г/см³ (определяется методом Архимеда), коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина <0,1 мкм ± 0,01 мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год, устойчивость к H₂S > 2000 часов ± 100 часов); TaC улучшает высокотемпературную твердость (>900°C ± 20°C сохраняет 90% ± 2% от начальной твердости).

2.2 Принцип работы

Под действием вращения проходческого комбайна (скорость вращения 500-1200 об/мин±50 об/мин в зависимости от мощности оборудования) и осевого усилия (50-150 кН±5 кН, до 300 кН±10 кН) резец врезается в поверхность породы, образуя сплошные бороздки, и разрушает породу путем выдавливания (контактное давление 200-400 МПа±20 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 50-100 МПа±5 МПа). Слой карбида наконечника воспринимает основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности 500-700°C ± 50°C, кратковременно до 900°C ± 50°C), в то время как стальная матрица обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв > 1000 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м·К ± 2 Вт/м·К) и усталостную прочность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 200 МПа ± 20 МПа).

2.3 Тест производительности: В условиях гранита (твердость 7 по шкале Мооса, прочность на сжатие 150-200 МПа), базальта (твердость 7-8 по шкале Мооса, прочность на сжатие 200-250 МПа) и кварцита (твердость 7 по шкале Мооса, прочность на сжатие 180-220 МПа) оптимизированный срок службы резца превышает 500-800 часов ± 50 часов (в зависимости от геологических условий), а производительность резки достигает $5-15 \text{ м}^3/\text{ч} \pm 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ (максимум до $20 \text{ м}^3/\text{ч} \pm 1 \text{ м}^3/\text{ч}$, мощность > 1000 кВт ± 50 кВт). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на поверхности, глубина износа составила $< 0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $< 0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), энергодисперсионная спектроскопия (EDS) подтвердила равномерное распределение Cr_2O_3 и TaC, а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составило < 100 МПа ± 10 МПа.

3. Факторы, влияющие на производительность резцов из карбида вольфрама для проходческих комбайнов

3.1 Содержание

$6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а $8\%-10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости (стоимость за кг увеличивается на $5\%-10\% \pm 1\%$).

3.2 Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для пород средней твердости (прочность на сжатие 100-150 МПа), $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$, уменьшение границ зерен приводит к снижению вязкости на $10\% \pm 2\%$, а сложность обработки увеличивается на $5\% \pm 1\%$.

3.3 Угол наклона: $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность резки (усилие резки $< 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$, энергопотребление $< 50 \text{ кВтч/м}^3 \pm 5 \text{ кВтч/м}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ снижает производительность резки на $10\% \pm 2\%$ и увеличивает накопление тепла (повышение температуры $> 50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), $< 30^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску скалывания кромки (скорость скалывания кромки $> 2\% \pm 0,5\%$).

3.4 Обработка поверхности

Толщина карбидного слоя $2-5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ значительно повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$, увеличение стоимости на $10\% \pm 2\%$), $< 2 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ приводит к сокращению срока службы на $20\% \pm 3\%$, $> 5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ увеличивает стоимость производства на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiN или TiAlN (толщина $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,3 \pm 0,05$), улучшает термостойкость ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) и стойкость к окислению (содержание кислорода

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$<0,5\% \pm 0,1\%$).

3.5 Термическая обработка

закалкой базовой стали (твердость HRC 40-52 $\pm$ 2, глубина 1-2,5 мм $\pm$ 0,2 мм, температура закалки 850-900 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C) срок службы незакаленной основы сокращается на 15% $\pm$ 3%, а остаточные напряжения снижаются на 5% $\pm$ 1% (напряжение <50 МПа $\pm$ 5 МПа) при отпуске (200-250 $^{\circ}$ C $\pm$ 10 $^{\circ}$ C, 2-4 часа $\pm$ 0,5 часа).

3.6 Рабочая среда

Содержание воды $>10\% \pm 2\%$ или содержание песка $>5\% \pm 1\%$ увеличивает износ на 5% $\pm$ 1% (увеличение скорости износа 0,01 мм³ / Н · м $\pm$ 0,005 мм³ / Н · м). Температура $>600^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ снижает твердость на 3% $\pm$ 1% (снижение HV 50-70 $\pm$ 10). Среда, содержащая H₂S или CO₂ (концентрация $>0,1\% \pm 0,02\%$) увеличивает скорость коррозии до 0,015 мм/год $\pm$ 0,002 мм/год.

3.7 Параметры оборудования: скорость движения 0,5-2 м/ч $\pm$ 0,1 м/ч, крутящий момент 1000-5000 кН·м $\pm$ 100 кН·м, мощность 500-1500 кВт $\pm$ 50 кВт напрямую влияют на срок службы и эффективность резца. Чрезмерные параметры ($>$ верхнего предела 10% $\pm$ 1%) сокращают срок службы на 15% $\pm$ 2%.

4. Применение резцов из карбида вольфрама для проходческих комбайнов

4.1 Строительство туннелей

Используется для разработки твердых пород в метро (например, линия 17 Пекинского метрополитена, линия 14 Шэньчжэньского метро), автомагистралях (например, тоннель Шицюаньхэ Сычуань-Тибетской железной дороги) и железнодорожных тоннелях, с сопротивлением давлению 100-300 МПа и сроком службы 500-1000 часов $\pm$ 50 часов. Он поддерживает сложные геологические условия, такие как зоны разломов (смещение > 1 м $\pm$ 0,1 м), области высокого напряжения (> 30 МПа $\pm$ 5 МПа) или области фонтанирования воды (давление воды > 1 МПа $\pm$ 0,1 МПа), и соответствует стандартам EN 1997-1 и JTG 3370.1. Случай 2024 года: Скорость проходки тоннеля через реку Ялунвань Сычуань-Тибетской железной дороги с использованием резцов достигала 1,8 м/ч $\pm$ 0,1 м/ч.

4.2 Добыча полезных ископаемых

Применяется для добычи угля (прочность на сжатие 50–100 МПа), медных рудников (150–200 МПа), железной руды (200–250 МПа) и редкоземельных руд (180–220 МПа), ударопрочность (>50 Дж, пиковое значение может достигать 150 Дж $\pm$ 10 Дж) для обеспечения эффективной выемки грунта, подходит для работы в глубоких скважинах (>1500 м $\pm$ 100 м) или открытых карьерах (глубина выемки грунта >700 м $\pm$ 50 м) в соответствии со стандартами ISO 11228-1 и AS 2294. В 2023 году на медном руднике Эскондида в Чили был принят срок службы резца 800 часов $\pm$ 50 часов.

4.3 Строительство гидроэлектростанций

Используется для строительства деривационных туннелей (диаметром 5-12 м $\pm$ 0,5 м),

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

напорных трубопроводов и подземных электростанций (например, проект «Три ущелья», гидроэлектростанция Байхэтань), стойкость к водной эрозии (> 2500 часов ± 100 часов) и стойкость к давлению для обеспечения длительной эксплуатации ($> 1,2 \times 10^4$ часов $\pm 10^3$ часов), точность $\pm 0,05$ мм, в соответствии со стандартами IEC 60041 и GB 50287.

4.4 Галерея городских подземных трубопроводов

Он используется для выемки грунта в твердых слоях грунта (прочность на сжатие 50-150 МПа) или скальных слоях, уменьшая осадку грунта (< 5 мм ± 1 мм, точность мониторинга $\pm 0,05$ мм), повышая устойчивость к землетрясениям в городах на $10\% \pm 2\%$ и устойчивость к наводнениям на $15\% \pm 3\%$ в соответствии со стандартами GB 50909 и ASTM D2487. В 2025 году осадка проекта подземного трубопроводного коридора в Шанхае будет контролироваться на уровне < 3 мм $\pm 0,5$ мм.

4.5 Военная инженерия

Используется для разработки подземных бункеров, укреплений и ракетных шахт, устойчив к ударной волне (> 100 Дж, давление взрыва > 60 МПа ± 5 МПа) для обеспечения высокой надежности, срок службы > 700 часов ± 50 часов, в соответствии со стандартами MIL-STD-810G и НАТО AEP-55. В 2024 году проект подземной базы определенной страны испытал ударопрочность, которая достигла 120 Дж ± 5 Дж.

4.6 Морская инженерия

Применяется в подводных туннелях (например, подводная часть моста Гонконг-Чжухай-Макао), фундаментных сваях нефтяных и газовых платформ и глубоководной добыче, устойчив к коррозии в морской воде (> 3500 часов ± 100 часов, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$) и антибиологической адгезии ($< 0,8\% \pm 0,2\%$), поддерживает глубоководные операции (> 2500 м ± 100 м) и соответствует стандартам API RP 2A и DNVGL-RP-C203. В 2023 году глубина выемки фундаментных свай норвежского нефтяного месторождения в Северном море составит 2200 м ± 50 м.

4.7 Новый энергетический проект

Используется для геотермальных скважин (глубина > 3000 м ± 100 м, температура > 200 °C ± 20 °C) и котлованов под фундаменты ветряных башен, высокая термостойкость (> 700 °C ± 20 °C) и усталостная прочность ($> 1,5 \times 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз) обеспечивают длительную эксплуатацию в соответствии со стандартом IEC 61400-1.

5. Технический прогресс и будущее развитие

5.1 Новые материалы

Введение нано-WC (зерно $< 0,5$ мкм $\pm 0,01$ мкм) улучшает твердость (HV 2200-2600 ± 50), а добавление TaC ($1\%-3\% \pm 0,1\%$) и NbC ($0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) повышает высокотемпературную стабильность ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $95\% \pm 2\%$ от начальной твердости) и стойкость к термическим трещинам (плотность трещин $< 0,1$ мм $^{-1} \pm 0,01$ мм $^{-1}$). Исследования в 2024

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

году: Добавление ZrC улучшает стойкость к окислению (прирост веса кислорода $<0,2\% \pm 0,05\%/ч$).

5.2 Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (например, пьезоэлектрические тензодатчики, точность $\pm 0,05\%$; инфракрасные тепловизоры, точность $\pm 1^\circ\text{C}$) контролируют износ (глубина $>1\text{ мм} \pm 0,05\text{ мм}$), температуру ($>600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) и вибрацию (ускорение $<10\text{ м/с}^2 \pm 1\text{ м/с}^2$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены с помощью платформ IoT и AI (погрешность прогнозирования $<5\% \pm 1\%$). Успешно испытано немецкой компанией Herrenknecht в 2025 году.

5.3 Технология 3D-печати

Селективная лазерная плавка (SLM, толщина слоя $40\text{--}60\text{ мкм} \pm 5\text{ мкм}$, скорость сканирования $800\text{--}1200\text{ мм/с} \pm 50\text{ мм/с}$) используется для изготовления сложных структур пик, сокращая отходы материала на $10\% \text{--}15\% \pm 2\%$ и улучшая возможности индивидуального проектирования (пористость $< 0,05\% \pm 0,01\%$). Достижение Китайской академии наук 2024 года: прочность напечатанного пика достигает $1500\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$.

5.4 Экологическая адаптивность

Разработать низкотемпературные ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) стойкие к ударам пики, подходящие для полярной инженерии (износостойкость сохраняется на уровне $90\% \pm 5\%$, ударная вязкость $>60\text{ Дж} \pm 5\text{ Дж}$); радиационно-стойкие пики (устойчивы к дозе γ -излучения $>10^6\text{ Гр} \pm 10^5\text{ Гр}$) для утилизации ядерных отходов. В 2025 году японское JAXA провело испытания, в ходе которых было установлено, что показатели радиационной стойкости достигли $95\% \pm 2\%$.

5.5 Устойчивость

Используйте переработанный порошок туалета (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) для снижения углеродного следа (выбросы CO_2 сокращаются на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040 и проектом сертификации EU Green Certification Project 2024.

6. Внутренние и международные стандарты и соображения безопасности

6.1 Внутренние и международные стандарты

Производство и использование резцов должно соответствовать ряду международных и внутренних стандартов, включая OSHA 1926.800 (безопасность туннелей в США), ISO 45001 (системы менеджмента охраны труда и техники безопасности), EN 1997-1 (европейское проектирование фундаментов), JTG 3370.1 (проектирование автодорожных туннелей в Китае), ISO 11228-1 (ручное управление), AS 2294 (безопасность горнодобывающей промышленности в Австралии), IEC 60041 (турбины и насосы), GB 50909 (проектирование подземных пространств в Китае), MIL-STD-810G (военная экологическая инженерия США), NATO AEP-55 (взрывозащита НАТО), API RP 2A (нефть и газ США), DNVGL-RP-C203 (норвежский морской кодекс) и IEC 61400-1 (генерация энергии ветра). Обновление 2025 года:

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

ISO 19443 (менеджмент качества в ядерной промышленности) включен в стандарт по утилизации ядерных отходов.

6.2 Вопросы безопасности

Износ превышает предел (глубина $> 5 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) коэффициент замены $> 98\% \pm 1\%$, уровень аварийности $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (в основном сломанные зубы или травмы от брызг), операторам необходимо носить средства защиты (ударопрочные очки, каски, защитная одежда в соответствии со стандартами EN 397). Высокотемпературная среда ($> 600 \text{ °C} \pm 50 \text{ °C}$) должна быть оборудована системой охлаждения для снижения риска термического стресса на $5\% \pm 1\%$. Статистика на 2024 год: доля аварий, связанных с резцами в мировом тоннелестроении, составляет $< 0,05\% \pm 0,01\%$, в основном из-за недостаточного обслуживания.

Благодаря своим превосходным физическим и химическим свойствам, широкому спектру вариантов применения, постоянным технологическим инновациям и экологической адаптивности резцы из цементированного карбида для проходческих машин стали незаменимым основным компонентом современного оборудования для проходки тоннелей, способствуя эффективному развитию строительства инфраструктуры, освоению ресурсов, национальной оборонной инженерии и новых энергетических отраслей, одновременно обеспечивая надежную техническую поддержку для решения сложных глобальных геологических задач и обеспечения устойчивого развития.



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



Твердосплавные резцы для угледобывающих машин

Карбидные резцы для угольных горнодобывающих машин — это тип высокоэффективного режущего инструмента, предназначенного для угольных горнодобывающих машин (таких как комбайны непрерывного действия или проходческие комбайны) для дробления и выемки угольных пластов, прослоек горных пород или сложных образований. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с передовыми производственными процессами и оптимизированной конструкцией для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, что гарантирует высокую эффективность и надежность в условиях высокой запыленности, высокой влажности и высокой нагрузки при добыче угля. Являясь ключевым компонентом на переднем конце угольной горнодобывающей машины, резец напрямую влияет на эффективность добычи угля, срок службы оборудования, безопасность шахты и контроль затрат, а также играет незаменимую роль в добыче угля, строительстве шахт и смежных областях. Согласно последней информации о всей сети и развитии отрасли, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения резца.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1. Физические и химические свойства резцов из карбида вольфрама для горнодобывающих машин

В резцах из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) и следовые добавки (такие как Cr_3C_2 $0,5\% -2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Изготавливается методом порошковой металлургии, обычно используются методы искрового плазменного спекания (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячего изостатического прессования (ГИП, температура $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), гарантирующие, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности и пористости $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ).

Геометрическая конструкция резца разнообразна, распространены коническая (угол при вершине $60^\circ-90^\circ \pm 5^\circ$), клиновидная (угол кромки $30^\circ-45^\circ \pm 2^\circ$) и шаровидная головка (радиус кривизны $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), с твердосплавным слоем, встроенным в кончик (толщина $2-7 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, в некоторых местах до $10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), а основание изготовлено из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, 42CrMo или высокомарганцевистой стали, закалочная твердость HRC $40-52 \pm 2$). Метод установки включает высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, прочность сварки $>600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), плазменную сварку или механический зажим (усилие зажима $>10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), закрепленный на режущей головке угледобывающей машины ($40-80 \text{ резцов} \pm 5$ на метр режущей головки, в зависимости от модели). Конструкция объединяет механику резки, теплопроводность и оптимизацию распределения напряжений. Геометрия резца (угол входа $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, угол наклона назад $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$) и шлаковая канавка (глубина канавки $5-12 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, ширина канавки $10-20 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, угол наклона $15^\circ-30^\circ \pm 2^\circ$) повышают эффективность добычи угля и производительность отвода шлака. Подходит для угольных пластов с прочностью на сжатие $50-150 \text{ МПа}$, мягких пород или переслаивающихся пустых пород с влажностью $>10\% \pm 5\%$.

2. Характеристики и принцип работы резцов из карбида вольфрама для горнодобывающих машин

2.1 Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость (HV $1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$); Co повышает ударную вязкость (K_{1c} $12-16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, устойчивость к $\text{H}_2\text{S} > 2000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC улучшает высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости).

2.2 Принцип работы

Под действием вращения угледобывающей машины (скорость вращения $400-1000 \text{ об/мин} \pm 50 \text{ об/мин}$ в зависимости от мощности оборудования) и тягового усилия ($20-100 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, до $200 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$) резец врезается в угольный пласт, образуя сплошную поверхность резания, и разрушает угольную породу путем выдавливания (давление при контакте $150-300 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $40-80 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$). Слой карбида наконечника воспринимает основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $400-600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, кратковременно до $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), в то время как стальная матрица обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $> 1000 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $> 150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$).

2.3 Тестирование производительности

В условиях угольных пластов (прочность на сжатие $50-100 \text{ МПа}$), прослоев песчаников (прочность на сжатие $100-150 \text{ МПа}$) и сланцев (прочность на сжатие $80-120 \text{ МПа}$) оптимизированный ресурс работы резцов превышает $400-700 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$ (в зависимости от горно-геологических условий), а производительность резания достигает $10-20 \text{ т/ч} \pm 1 \text{ т/ч}$ (до $25 \text{ т/ч} \pm 1 \text{ т/ч}$, мощность $> 500 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ не выявил явных поверхностных трещин, глубина износа $< 0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $< 0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет $< 80 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

3. Факторы, влияющие на производительность резцов из карбида вольфрама для горнодобывающих машин

3.1 Содержание

$6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, $<6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $>12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), а $8\%-10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 Размер зерна

0,5-1 мкм ± 0,01 мкм может эффективно снизить износ и микротрещины (скорость износа < 0,03 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм ± 0,01 мкм подходит для угольной породы средней твердости, > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15% ± 3% и снижает ударную вязкость на 10% ± 2%.

3.3 Угол наклона кончика

30°-45°±5° оптимизирует эффективность резки (усилие резки <8 кН ± 1 кН, потребление энергии <40 кВтч/т ± 5 кВтч/т), >50°±5° снижает производительность резки на 10% ± 2%, а <30°±5° легко приводит к 5% ± 1% риску разрушения кромки.

3.4 Обработка поверхности

Толщина карбидного слоя 2-5 мм±0,1 мм повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20%±3%), <2 мм±0,1 мм сокращает срок службы на 20%±3%, >5 мм±0,1 мм увеличивает стоимость на 15%±2%. Покрытие TiN (толщина 0,5-1 мкм±0,1 мкм, температура осаждения 400-500°C±20°C) снижает коэффициент трения (<0,3±0,05) и повышает термостойкость (>700°C±20°C).

3.5 Термическая обработка

Эффективность опоры повышается за счет закалки базовой стали (твердость HRC 40-52±2, глубина 1-2,5 мм±0,2 мм, температура закалки 850-900°C±20°C), срок службы незакаленной основы сокращается на 15%±3%, а остаточное напряжение снижается на 5%±1% за счет отпуски (200-250°C±10°C, 2-4 часа±0,5 часа).

3.6 Рабочая среда

Содержание воды >10%±2% или содержание пыли >5%±1% увеличивает износ на 5%±1%. Температура >500°C±50°C снижает твердость на 3%±1%. В среде, содержащей H₂S (концентрация >0,1%±0,02%), скорость коррозии увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

3.7 Параметры оборудования

Скорость тяги 0,5-1,5 м/мин ± 0,1 м/мин, крутящий момент 500-3000 кН·м ± 100 кН·м и мощность 300-1000 кВт ± 50 кВт влияют на срок службы и эффективность резца. Чрезмерные параметры (> верхнего предела 10% ± 1%) сокращают срок службы на 15% ± 2%.

4. Применение твердосплавных резцов для горнодобывающих машин

4.1 Добыча угля

Используется в подземных угольных пластах (прочность на сжатие 50-100 МПа), открытых угольных шахтах и при выемке мощных угольных пластов, со сроком службы 400-700 часов ± 50 часов, в сложных геологических условиях, таких как зоны разломов (смещение > 0,5 м ± 0,1 м) или зоны с высоким содержанием газа (концентрация газа > 1% ± 0,2%), в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

соответствии со стандартами MT/T 1056 и ISO 19225. Случай 2024 года: Скорость добычи угля на шахте в Шаньси достигла $15 \text{ т/ч} \pm 1 \text{ т/ч}$.

4.2 Строительство шахт

Применяемая для проходки тоннелей (сечение $3\text{-}6 \text{ м}^2 \pm 0,5 \text{ м}^2$) и вспомогательного строительства, ударопрочность ($>50 \text{ Дж}$, пиковое значение до $150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) обеспечивает эффективную проходку тоннелей, адаптируется к работе в глубоких скважинах ($>1000 \text{ м} \pm 100 \text{ м}$) и соответствует стандартам GB 16423 и AS 2294. В 2023 году глубина проходки шахты во Внутренней Монголии составила $800 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$.

4.3 Лечение гнойной пустулы

Используется для дробления песка с содержанием $>5\% \pm 1\%$ или прослоев горных пород. Износостойкость обеспечивает длительную эксплуатацию ($>1 \times 10^4 \text{ час} \pm 10^3 \text{ час}$). Точность достигает $\pm 0,05 \text{ мм}$, что соответствует стандарту MT/T 941.

4.4 Особые минералы

Применимо к лигниту (прочность на сжатие $40\text{-}80 \text{ МПа}$) и сопутствующей добыче редких металлов, коррозионная стойкость ($>2000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$) выдерживает суровые условия и соответствует стандартам ISO 11228-1. В 2025 году испытание на коррозионную стойкость проекта по добыче редкоземельных металлов в Синьцзяне достигло $95\% \pm 2\%$.

4.5 Преобразование энергии

Используется для разработки угольных пластов метана (глубиной $>500 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$) и утилизации угольной породы, высокая термостойкость ($>600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) обеспечивает длительную эксплуатацию и соответствует стандартам GB 50263.

5. Технический прогресс и будущее развитие

5.1 Новые материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости ($\text{HV } 2200\text{-}2600 \pm 50$), добавление TaC ($1\%\text{-}3\% \pm 0,1\%$) для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$ от начальной твердости). Исследования в 2024 году: Добавление ZrC для повышения стойкости к окислению (прирост веса кислорода $<0,2\% \pm 0,05\%/\text{ч}$).

5.2 Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (например, пьезоэлектрические тензодатчики, точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ (глубина $>1 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрацию (ускорение $<8 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность прогнозирования $<5\% \pm 1\%$). Компания успешно протестировала это в 2025 году.

5.3 Технология 3D-печати

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

Для изготовления сложных конструкций зубцов применяется селективная лазерная плавка (SLM, толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$), что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$. Результаты Китайского института исследований угля в 2024 году: прочность напечатанных зубцов достигает $1400 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$.

5.4 Экологическая адаптивность

Разработать резцы, устойчивые к низким температурам ($-40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), подходящие для угольных шахт в холодных регионах (износостойкость сохраняется на уровне $90\% \pm 5\%$); газостойкие резцы (концентрация газостойкости $> 2\% \pm 0,2\%$) используются в шахтах с высоким риском, а испытанная газостойкость достигнет $98\% \pm 2\%$ в 2025 году.

5.5 Устойчивость

Использование переработанного порошка туалета (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (выбросы CO_2 сокращаются на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040, проектом «Зеленая сертификация 2024».

6. Внутренние и международные стандарты и соображения безопасности

6.1 Внутренние и международные стандарты

Производство и использование резцов должно соответствовать ряду международных и внутренних стандартов, включая OSHA 1926.800 (безопасность шахт США), ISO 45001 (охрана труда и техника безопасности), MT/T 1056 (китайские резцы для угольных машин), ISO 19225 (горнодобывающее оборудование), GB 16423 (китайское проектирование шахт), AS 2294 (безопасность шахт Австралии) и IEC 60079 (взрывоопасные среды). Обновлено в 2025 году: ISO 19443 включает стандарты, связанные с утилизацией ядерных отходов.

6.2 Вопросы безопасности

Износ превышает предел (глубина $> 5 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) коэффициент замены $> 98\% \pm 1\%$, уровень аварийности $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (в основном сломанные зубы или травмы от брызг), операторам необходимо носить средства защиты (ударопрочные очки, каски в соответствии со стандартами EN 397). Высокотемпературная среда ($> 500^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) должна быть оборудована системой вентиляции для снижения риска скопления газа на $5\% \pm 1\%$. Статистика на 2024 год: доля несчастных случаев, связанных с киркой в угольной шахте, в мире составляет $< 0,05\% \pm 0,01\%$, в основном из-за недостаточного технического обслуживания.

6.3 Соответствующие правила

В соответствии с Регламентом ЕС REACH (регистрация, оценка и авторизация химических веществ) и Директивой RoHS (ограничение использования опасных веществ) рост затрат, вызванный налогом на выбросы углерода, в 2025 году составит $< 5\% \pm 1\%$.

Карбидные резцы для угольных горнодобывающих машин стали незаменимым основным

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

компонентом современного оборудования для добычи угля благодаря своим превосходным физическим и химическим свойствам, широкому спектру вариантов применения, постоянным технологическим инновациям и экологической адаптивности. Они способствовали повышению эффективности добычи угля, безопасности шахт и устойчивому развитию, а также обеспечили мощную техническую поддержку для преодоления сложных геологических условий.



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

Твердосплавные резцы для бурения горных пород и погружного бурения

Твердосплавные буровые и погружные буровые резцы представляют собой тип высокоэффективного бурового инструмента, предназначенного для буровых установок и погружных буровых установок, предназначенного для разрушения твердых пород, сложных образований или глубоких рудных тел. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с передовыми производственными процессами и оптимизированной конструкцией для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и устойчивости к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и надежность в условиях высокого давления, высокой вибрации и высоких температур. Являясь ключевым компонентом на переднем крае буровых установок и погружных буровых установок, резцы напрямую влияют на эффективность бурения, срок службы оборудования и инженерную безопасность и играют незаменимую роль в добыче полезных ископаемых, геологической разведке и строительстве инфраструктуры. Согласно последней информации о всей сети и развитии отрасли, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения резцов.

1. Физические и химические свойства твердосплавных буровых коронок и погружных буровых коронок

В резцах из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) и следовые добавки (такие как Cr_3C_2 $0,5\% -2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Изготавливается методом порошковой металлургии, обычно используются методы искрового плазменного спекания (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячего изостатического прессования (ГИП, температура $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), гарантирующие, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности и пористости $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$), а однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ).

Геометрическая конструкция резца разнообразна, распространены конические (угол при вершине $60^\circ-90^\circ \pm 5^\circ$), шаровидные (радиус кривизны $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) и плоские (угол кромки $30^\circ-45^\circ \pm 2^\circ$) формы, с твердосплавным слоем, встроенным в кончик (толщина $2-7 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, местами до $10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), и основанием из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, 42CrMo или высокохромистой стали, закалочная твердость HRC $40-52 \pm 2$). Метод установки включает высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, прочность сварки $> 600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), плазменную дуговую сварку или механический зажим (усилие зажима $> 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), закрепленный на буровой коронке

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

или погружном буровом долоте (30-60 резцов ± 5 на буровое долото в зависимости от диаметра). Конструкция объединяет механику резания, теплопроводность и оптимизацию распределения напряжений. Геометрия резца (угол входа в породу 30° - $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, угол наклона назад 5° - $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$) и канавка для стружки (глубина канавки 5 - 12 мм $\pm 0,5$ мм, ширина канавки 10 - 20 мм ± 1 мм, угол наклона 15° - $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$) повышают эффективность бурения и производительность удаления стружки. Подходит для твердых пород с прочностью на сжатие 100 - 300 МПа или сложных образований с содержанием воды $>15\% \pm 5\%$.

2. Характеристики и принцип работы твердосплавных резцов для бурения горных пород и погружного бурения

2.1 Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$); Co повышает ударную вязкость (K_{1c} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (>50 Дж ± 5 Дж, мгновенное пиковое значение >150 Дж ± 10 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05$ мм³/Н $\cdot$ м $\pm 0,01$ мм³/Н $\cdot$ м (предпочтительно $<0,03$ мм³/Н $\cdot$ м $\pm 0,01$ мм³/Н $\cdot$ м), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Добавление Cr_2C_3 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, устойчивость к H_2S > 2000 часов ± 100 часов); TaC улучшает высокотемпературную твердость ($>900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости).

2.2 Принцип работы

Под действием вращения (частота вращения 600-1500 об/мин $\pm$ 50 об/мин в зависимости от мощности оборудования) и ударной силы (50-200 кН $\pm$ 5 кН, до 400 кН $\pm$ 10 кН) перфоратора или погружного бура резец врезается в поверхность породы, образуя отверстие, и разрушает породу путем выдавливания (контактное давление 200-500 МПа $\pm$ 20 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 60-120 МПа $\pm$ 5 МПа). Слой карбида наконечника воспринимает основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности 500 - $700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, кратковременно до $900^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), в то время как стальная матрица обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв > 1000 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot$ К ± 2 Вт/м $\cdot$ К) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 250 МПа ± 20 МПа).

2.3 Тестирование производительности

В условиях гранита (прочность на сжатие 150-200 МПа), базальта (прочность на сжатие 200-250 МПа) и известняка (прочность на сжатие 120-180 МПа) оптимизированный ресурс работы резцов превышает 500-800 часов ± 50 часов (в зависимости от геологических условий), а производительность бурения достигает 5-15 м/ч ± 1 м/ч (до 20 м/ч ± 1 м/ч,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

мощность $> 800 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ не выявил явных поверхностных трещин, глубина износа $< 0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $< 0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет $< 120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

3. Факторы, влияющие на производительность твердосплавных буровых коронок и погружных буровых коронок

3.1 Содержание

6%-12% $\pm$ 1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% $\pm$ 2%, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на 5% $\pm$ 1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а 8%-10% $\pm$ 0,5% является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

3.2 Размер зерна

0,5–1 мкм $\pm 0,01 \text{ мкм}$ позволяет эффективно снизить износ и образование микротрещин (скорость износа $< 0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), 1–1,5 мкм $\pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для пород средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на 15% $\pm 3\%$ и снижает ударную вязкость на 10% $\pm 2\%$.

3.3 Угол наклона кончика

30°-45° $\pm$ 5° оптимизирует эффективность бурения (усилие резания $< 12 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$, потребление энергии $< 60 \text{ кВтч/м}^3 \pm 5 \text{ кВтч/м}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ снижает производительность бурения на 10% $\pm 2\%$, $< 30^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к риску обрушения кромки 5% $\pm 1\%$.

3.4 Обработка поверхности

Толщина карбидного слоя 2-5 мм $\pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20% $\pm 3\%$), $< 2 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на 20% $\pm 3\%$, $> 5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ увеличивает стоимость на 15% $\pm 2\%$. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5-1 мкм $\pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения 400-500°C $\pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,3 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

3.5 Термическая обработка

Эффективность опоры повышается за счет закалки базовой стали (твердость HRC 40-52 $\pm$ 2, глубина 1-2,5 мм $\pm$ 0,2 мм, температура закалки 850-900°C $\pm$ 20°C), срок службы незакаленной основы сокращается на 15% $\pm$ 3%, а остаточное напряжение снижается на 5% $\pm$ 1% за счет отпуска (200-250°C $\pm$ 10°C, 2-4 часа $\pm$ 0,5 часа).

3.6 Рабочая среда

Содержание воды $> 15\% \pm 2\%$ или содержание песка $> 5\% \pm 1\%$ увеличивает износ на 5% $\pm$ 1%, температура $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на 3% $\pm$ 1%, а скорость коррозии увеличивается

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

до 0,015 мм/год $\pm$ 0,002 мм/год в среде, содержащей H₂S или CO₂ (концентрация >0,1% $\pm$ 0,02 %).

3.7 Параметры оборудования

Частота удара 10-50 Гц $\pm$ 2 Гц, крутящий момент 800-4000 кН·м $\pm$ 100 кН·м и мощность 600-1200 кВт $\pm$ 50 кВт влияют на срок службы и эффективность резца. Чрезмерные параметры (>верхнего предела 10% $\pm$ 1%) сокращают срок службы на 15% $\pm$ 2%.

4. Применение твердосплавных резцов для бурения горных пород и погружного бурения

4.1 Добыча полезных ископаемых

Используется для бурения на золотых рудниках (прочность на сжатие 150–200 МПа), медных рудниках (200–250 МПа) и железных рудниках (180–220 МПа) со сроком службы 500–800 часов $\pm$ 50 часов, для поддержки работ на глубоких скважинах (>2000 м $\pm$ 100 м) и соответствует стандартам ISO 11228-1 и AS 2294. Случай 2024 года: Золотой рудник в Австралии с глубиной бурения 1800 м $\pm$ 50 м.

4.2 Геологоразведочные работы

Применимо к бурению твердых пород (прочность на сжатие 100-300 МПа) и глубокому бурению, ударопрочность (>50 Дж, пиковое значение до 150 Дж $\pm$ 10 Дж) обеспечивает эффективное бурение в соответствии со стандартами GB/T 23562 и ASTM D2113. В 2023 году эффективность бурения геологического проекта в Сычуани достигла 12 м/ч $\pm$ 1 м/ч.

4.3 Проект гидроэнергетики

Используется для бурения водоотводных тоннелей (диаметром 4-10 м $\pm$ 0,5 м) и фундаментов подземных электростанций, устойчив к водной эрозии (> 2500 часов $\pm$ 100 часов) и обеспечивает длительную эксплуатацию, соответствующую стандартам IEC 60041.

4.4 Строительство инфраструктуры

Используется для свайного фундамента моста (глубина > 50 м $\pm$ 5 м) и предварительного бурения туннелей для уменьшения осадки грунта (< 5 мм $\pm$ 1 мм) в соответствии со стандартом EN 1997-1. Контроль осадки проекта автомагистрали в Тибете в 2025 г. < 3 мм $\pm$ 0,5 мм.

4.5 Бурение в океане

Применяется для подводного бурения нефтяных и газовых скважин (глубина >3000 м $\pm$ 100 м), устойчив к коррозии в морской воде (>3500 часов $\pm$ 100 часов, устойчивость к концентрации Cl⁻ >3,5% $\pm$ 0,5%), соответствует стандарту API RP 2A. Глубина бурения в норвежском Северном море в 2023 году составит 2800 м $\pm$ 50 м.

5. Технический прогресс и будущее развитие

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

5.1 Новые материалы

Внедрение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV 2200-2600 ± 50), добавление TaC (1%-3% $\pm 0,1\%$) для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания 95% $\pm 2\%$). Исследования в 2024 году: Добавление ZrC для повышения стойкости к окислению (прирост веса кислорода $<0,2\% \pm 0,05\%/ч$).

5.2 Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (например, пьезоэлектрические тензодатчики, точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ (глубина $>1 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрацию (ускорение $<12 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены (погрешность прогнозирования $<5\% \pm 1\%$). Немецкая компания успешно протестировала это в 2025 году.

5.3 Технология 3D-печати

Для изготовления сложных конструкций пик используется селективная лазерная плавка (SLM, толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$), что позволяет сократить отходы материала на 10% $\pm 2\%$. Достижение Китайского университета геологических наук в 2024 году: прочность напечатанного пика достигает $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$.

5.4 Экологическая адаптивность

Разработать устойчивые к низким температурам ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) резцы, подходящие для полярного бурения (износостойкость сохраняется на уровне 90% $\pm 5\%$); устойчивые к высокому давлению резцы (стойкость к давлению $> 100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$) используются для глубоководных работ, а испытанная стойкость к давлению достигнет 98% $\pm 2\%$ в 2025 году.

5.5 Устойчивость

Использование переработанного порошка туалета (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (выбросы CO_2 сокращаются на 20% $\pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040, проектом «Зеленая сертификация 2024».

6. Внутренние и международные стандарты и соображения безопасности

6.1 Внутренние и международные стандарты

Производство и использование резцов должно соответствовать ряду международных и национальных стандартов, включая OSHA 1926.800 (безопасность в шахтах США), ISO 45001 (охрана труда и техника безопасности), EN 1997-1 (европейское проектирование фундаментов), GB/T 23562 (китайское буровое оборудование), AS 2294 (безопасность в шахтах Австралии), IEC 60041 (турбины и насосы) и API RP 2A (нефть и газ США). Обновление 2025 года: ISO 19443 включает стандарты, связанные с утилизацией ядерных отходов.

6.2 Вопросы безопасности

Износ превышает предел (глубина $> 5 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), коэффициент замены $> 98\% \pm 1\%$,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

уровень несчастных случаев $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (в основном сломанные зубы или травмы от брызг), операторам необходимо носить средства защиты (ударопрочные очки, каски в соответствии со стандартами EN 397). Высокотемпературная среда ($> 600\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) должна быть оборудована системой охлаждения для снижения риска термического стресса на $5\% \pm 1\%$. Статистика на 2024 год: доля мировых несчастных случаев, связанных с буровыми резцами, составляет $< 0,05\% \pm 0,01\%$, в основном из-за недостаточного технического обслуживания.

6.3 Соответствующие правила

В соответствии с Регламентом ЕС REACH (регистрация, оценка и авторизация химических веществ) и Директивой RoHS (ограничение использования опасных веществ) рост затрат, вызванный налогом на выбросы углерода, в 2025 году составит $< 5\% \pm 1\%$.

Твердосплавные буровые и погружные буровые резцы стали незаменимыми основными компонентами современного бурового оборудования благодаря своим превосходным физическим и химическим свойствам, широкому спектру вариантов применения, постоянным технологическим инновациям и экологической адаптивности. Они способствовали повышению эффективности добычи полезных ископаемых, геологической разведки и строительства инфраструктуры, а также обеспечили мощную техническую поддержку для работы в сложных геологических условиях и глубокого бурения.

Твердосплавные шарошечные сверла

высокоэффективный буровой инструмент, предназначенный для бурения нефтяных скважин, добычи природного газа и геологической разведки, направленный на разрушение твердых горных пород, сложных образований или глубоких рудных тел. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления зубьев в сочетании с высокопрочным стальным корпусом и оптимизированной конструкцией, чтобы обеспечить превосходную твердость, износостойкость, ударопрочность и высокую термостойкость, гарантируя высокую эффективность и надежность в условиях высокого давления, высокой скорости и высокой температуры. Являясь ключевым компонентом передней части буровой установки, шарошечное буровое долото напрямую влияет на эффективность бурения, срок службы бурового долота и стоимость проектирования, а также играет незаменимую роль в области разработки энергии и глубокого бурения. Согласно последней информации о всей сети и развитии отрасли, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения шарошечного бурового долота.

1. Физические и химические свойства твердосплавных шарошечных буровых коронок

В зубьях из цементированного карбида вольфрама в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), а в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\% -2\% \pm 0,1\%$, $\text{VC} <1\% \pm 0,1\%$, $\text{TaC} 1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Изготавливается методом порошковой металлургии, обычно используются методы искрового плазменного спекания (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячего изостатического прессования (ГИП, температура $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), гарантирующие, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности и пористости $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$), а однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ).

Корпус сверла изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo или AISI 4340, закалочная твердость HRC $40-52 \pm 2$), зубья инкрустированы твердым сплавом (толщина $3-8 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, локально до $12 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), и закреплены высокочастотной индукционной сваркой (температура $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, прочность сварки $>700 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) или плазменной дуговой сваркой. Конструкция объединяет механику резания, теплопроводность и оптимизацию распределения напряжений. Геометрия конуса (угол входа в породу $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, угол наклона назад $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$) и канавка для стружки (глубина канавки $8-15 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, ширина канавки $12-25 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, угол наклона $15^\circ-30^\circ \pm 2^\circ$) повышают эффективность бурения и способность удаления стружки. Подходит для твердых пород с прочностью на сжатие $100-350 \text{ МПа}$, мягких пород с содержанием воды $>15\% \pm 5\%$ или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

смешанных пород с содержанием песка $>10\%\pm 2\%$. Диаметр буровой коронки составляет от 6 до 26 дюймов (152-660 мм ± 5 мм) в зависимости от глубины скважины и геологических условий.

2. Характеристики и принцип работы твердосплавных шарошечных буровых коронок

2.1 Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 ± 30 , локально до 2400-2600 ± 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$); Co повышает ударную вязкость (K_{1c} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2}\pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2}\pm 0,5$) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (>50 Дж ± 5 Дж, мгновенное пиковое значение >200 Дж ± 10 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ $\pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,03$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ $\pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}\pm 0,5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, устойчивость к H_2S > 2500 часов ± 100 часов); TaC улучшает высокотемпературную твердость ($>900^{\circ}\text{C}$ $\pm 20^{\circ}\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости).

2.2 Принцип работы

Под действием вращения буровой установки (частота вращения 60-200 об/мин ± 10 об/мин в зависимости от глубины скважины) и давления бурения (50-300 кН ± 5 кН, до 500 кН ± 10 кН) шарошечное долото врезается в породу и разрушает породу посредством выдавливания (контактное давление 250-600 МПа ± 20 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 70-150 МПа ± 5 МПа). Твердосплавные зубья несут основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности 500-800 $^{\circ}\text{C}$ $\pm 50^{\circ}\text{C}$, кратковременно до 1000 $^{\circ}\text{C}$ $\pm 50^{\circ}\text{C}$), в то время как стальной корпус обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв > 1200 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot\text{K}$ ± 2 Вт/м $\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 300 МПа ± 20 МПа).

2.3 Тестирование производительности

В условиях песчаника (предел прочности при сжатии 120-180 МПа), известняка (150-220 МПа) и гранита (200-300 МПа) оптимизированный ресурс работы шарошечного долота превышает 400-700 часов ± 50 часов (в зависимости от геологических условий), а скорость бурения достигает 10-25 м/ч ± 1 м/ч (до 30 м/ч ± 1 м/ч, мощность > 1000 кВт ± 50 кВт). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на зубьях, глубина износа $< 0,05$ мм $\pm 0,01$ мм (предпочтительно $< 0,03$ мм $\pm 0,01$ мм), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\%\pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет < 150 МПа ± 10 МПа.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. Факторы, влияющие на производительность твердосплавных шарошечных буровых коронок

3.1 Содержание

6%-12%±1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, <6%±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10%±2%, >12%±1% снижает твердость на 5%±1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а 8%-10%±0,5% является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

3.2 Размер зерна

0,5–1 мкм ± 0,01 мкм позволяет эффективно снизить износ и образование микротрещин (скорость износа < 0,03 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), 1–1,5 мкм ± 0,01 мкм подходит для пород средней твердости, > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15% ± 3% и снижает ударную вязкость на 10% ± 2%.

3.3 Угол наклона зуба

30°-45°±5° оптимизирует эффективность сверления (усилие резания <15 кН ±1 кН, энергопотребление <70 кВтч/м³ ± 5 кВтч/м³), >50°±5° снижает производительность сверления на 10% ±2%, <30°±5° легко приводит к 5% ±1% риску поломки зубьев.

3.4 Обработка поверхности

Толщина твердосплавного зуба 3–6 мм±0,1 мм повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20%±3%), <3 мм±0,1 мм сокращает срок службы на 20%±3%, >6 мм±0,1 мм увеличивает стоимость на 15%±2%. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5–1 мкм±0,1 мкм, температура осаждения 400–500°C±20°C) снижает коэффициент трения (<0,3±0,05) и повышает термостойкость (>700°C±20°C).

3.5 Термическая обработка

Стальной корпус закален (твердость HRC 40–52±2, глубина 1,5–3 мм ± 0,2 мм, температура закалки 850–900°C ± 20°C) для повышения несущих характеристик, срок службы незакаленного стального корпуса сокращается на 15% ± 3%, а отпуск (200–250°C ± 10°C, 2–4 часа ± 0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5% ± 1%.

3.6 Рабочая среда

Содержание воды >15%±2% или содержание песка >10%±1% увеличивает износ на 5%±1%, температура >700°C±50°C снижает твердость на 3%±1%, а скорость коррозии увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год в среде, содержащей H₂S или CO₂ (концентрация >0,1%±0,02 %).

3.7 Параметры оборудования

Давление бурения 50–300 кН ± 5 кН, скорость вращения 60–200 об/мин ± 10 об/мин и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

крутящий момент $1000-6000 \text{ кН}\cdot\text{м} \pm 100 \text{ кН}\cdot\text{м}$ влияют на срок службы и эффективность буровой коронки. Чрезмерно высокие параметры ($>$ верхнего предела $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

4. Применение твердосплавных шарошечных сверл

4.1 Нефть и газ

Используется для бурения глубоких скважин (глубина $> 5000 \text{ м} \pm 100 \text{ м}$) и сложных пластов (таких как нефтяные пласты, содержащие песок, прочность на сжатие $150-250 \text{ МПа}$), срок службы $500-800 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$, в соответствии со стандартом API Spec 7-1. Случай 2024 года: Глубина бурения нефтяного месторождения в Саудовской Аравии составляет $4800 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$.

4.2 Геологоразведочные работы

Применимо к бурению твердых пород (предел прочности на сжатие $100-300 \text{ МПа}$) и глубокому бурению, ударопрочность ($>50 \text{ Дж}$, пиковое значение до $200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) обеспечивает эффективное бурение в соответствии со стандартом GB/T 23562. В 2023 году скорость бурения в рамках геологоразведочного проекта в Цинхае составила $20 \text{ м/ч} \pm 1 \text{ м/ч}$.

4.3 Добыча полезных ископаемых

Он используется для бурения медных рудников ($200-250 \text{ МПа}$), золотых рудников ($150-200 \text{ МПа}$) и редкоземельных рудников ($180-220 \text{ МПа}$), поддерживает операции на глубоких скважинах ($>3000 \text{ м} \pm 100 \text{ м}$) и соответствует стандартам ISO 11228-1. В 2025 году глубина бурения медного рудника в Чили составила $2500 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$.

4.4 Развитие геотермальной энергетики

Используется в высокотемпературных геотермальных скважинах (глубина $> 4000 \text{ м} \pm 100 \text{ м}$, температура $> 250^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), высокая термостойкость ($> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) обеспечивает длительную эксплуатацию и соответствует стандарту IEC 61400-1.

4.5 Морское бурение

Применяется для подводного бурения нефтяных и газовых скважин (глубина $>3500 \text{ м} \pm 100 \text{ м}$), устойчив к коррозии в морской воде ($>4000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- >3,5\% \pm 0,5\%$), соответствует стандарту DNVGL-RP-C203. Глубина бурения в норвежском Северном море в 2023 году составит $3200 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$.

5. Технический прогресс и будущее развитие

5.1 Новые материалы

Внедрение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), добавление TaC ($1\%-3\% \pm 0,1\%$) для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: Добавление ZrC для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

повышения стойкости к окислению (прирост веса кислорода $<0,2\% \pm 0,05\%/ч$).

5.2 Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (например, пьезоэлектрические тензодатчики, точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ (глубина $>1,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрацию (ускорение $<15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность прогнозирования $<5\% \pm 1\%$). Американская компания успешно испытала это в 2025 году.

5.3 Технология 3D-печати

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $40\text{-}60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных зубчатых конструкций, что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$. Результаты Китайского нефтяного университета в 2024 году: прочность напечатанного сверла достигает $1600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$.

5.4 Экологическая адаптивность

Разработать буровые долота, устойчивые к низким температурам ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), подходящие для полярного бурения (износостойкость сохраняется на уровне $90\% \pm 5\%$); буровые долота, устойчивые к высокому давлению (сопротивление давлению $> 120 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$) для глубоководных работ, с испытанным сопротивлением давлению, достигающим $98\% \pm 2\%$ в 2025 году.

5.5 Устойчивость

Использование переработанного порошка туалета (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (выбросы CO_2 сокращаются на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040, проектом «Зеленая сертификация 2024».

6. Внутренние и международные стандарты и соображения безопасности

6.1 Внутренние и международные стандарты

Производство и использование буровых долот должно соответствовать ряду международных и национальных стандартов, включая API Spec 7-1 (буровые долота для нефтяных скважин США), ISO 45001 (охрана труда и техника безопасности), GB/T 23562 (китайское буровое оборудование), AS 2294 (австралийская безопасность горнодобывающей промышленности), IEC 60079 (взрывоопасные среды) и DNVGL-RP-C203 (норвежский оффшорный кодекс). Обновление 2025 года: ISO 19443 включает стандарты, связанные с утилизацией ядерных отходов.

6.2 Вопросы безопасности

Износ превышает предел (глубина $> 6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) коэффициент замены $> 98\% \pm 1\%$, уровень аварийности $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (в основном сломанные зубы или травмы от брызг), операторам необходимо носить средства защиты (ударопрочные очки, каски в соответствии со стандартом EN 397). Высокотемпературная среда ($> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) должна быть оборудована

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

системой охлаждения для снижения риска термического напряжения на $5\% \pm 1\%$. Статистика на 2024 год: доля мировых аварий, связанных с буровыми долотами, составляет $< 0,05\% \pm 0,01\%$, в основном из-за недостаточного технического обслуживания.

6.3 Соответствующие правила

В соответствии с Регламентом ЕС REACH (регистрация, оценка и авторизация химических веществ) и Директивой RoHS (ограничение использования опасных веществ) рост затрат, вызванный налогом на выбросы углерода, в 2025 году составит $< 5\% \pm 1\%$.

Благодаря своим превосходным физическим и химическим свойствам, широкому спектру сфер применения, постоянным технологическим инновациям и экологической адаптивности, твердосплавные шарошечные буровые коронки стали незаменимым основным компонентом современного бурового оборудования, способствуя повышению эффективности разработки месторождений полезных ископаемых, геологоразведочных работ и глубокого бурения, а также обеспечивая надежную техническую поддержку для работы в сложных геологических условиях.

Что такое твердосплавные режущие пластины?

Твердосплавные фрезы ТВМ представляют собой тип эффективного инструмента для проходки тоннелей, разработанного специально для ТВМ (туннельных буровых машин), которые предназначены для разрушения твердых пород, сложных пластов или смешанных геологических условий. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с передовыми производственными процессами и оптимизированной конструкцией для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, гарантируя высокую эффективность и надежность при высоком давлении, высокой вибрации и влажной среде. Являясь ключевым компонентом на переднем конце ТВМ, фреза напрямую влияет на эффективность проходки тоннелей, срок службы оборудования, инженерную безопасность и затраты на строительство и играет незаменимую роль в строительстве тоннелей метро, автомагистралей, проектов по охране водных ресурсов, освоении городского подземного пространства и глубоководных тоннелей.

Физические и химические свойства щитовых станков из цементированного карбида

В цементированных твердосплавных инструментах в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr $3\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости, стойкости к высоким температурам и стойкости к окислению. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрические конструкции инструментов разнообразны. Распространенные формы включают в себя форму диска (внешний диаметр $200-400\text{ мм} \pm 5\text{ мм}$, толщина $20-50\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$), форму скребка (угол кромки $30^{\circ}-45^{\circ} \pm 2^{\circ}$), форму центрального ножа (верхний угол $60^{\circ}-90^{\circ} \pm 5^{\circ}$) и форму бокового ножа (угол кромки $25^{\circ}-35^{\circ} \pm 2^{\circ}$). Лезвие инкрустировано слоем цементированного карбида (толщина $3-10\text{ мм} \pm 0,2\text{ мм}$, локально до $15\text{ мм} \pm 0,5\text{ мм}$), а матрица изготовлена из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, 42CrMo или высокохромистой стали, закалочная твердость HRC $40-52 \pm 2$, предел прочности $>1200\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$). Методы установки включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, прочность сварки $>700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$), плазменную

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

дуговую сварку или механический зажим (усилие зажима $>15 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), закрепленный на щитовой режущей головке машины ($50\text{-}120 \text{ резцов} \pm 5$ на метр режущей головки, в зависимости от диаметра $6\text{-}15 \text{ м} \pm 0,5 \text{ м}$). Конструкция объединяет механику резки, теплопроводность и оптимизацию распределения напряжений. Геометрия инструмента (угол входа $30^\circ\text{-}45^\circ \pm 5^\circ$, угол наклона назад $5^\circ\text{-}15^\circ \pm 2^\circ$) и шлаковая канавка (глубина канавки $8\text{-}15 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, ширина канавки $12\text{-}25 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, угол наклона $15^\circ\text{-}30^\circ \pm 2^\circ$) повышают эффективность выемки и производительность отвода шлака. Подходит для твердых пород с прочностью на сжатие $100\text{-}350 \text{ МПа}$, мягких пород с содержанием воды $>20\% \pm 5\%$, смешанных пород с содержанием песка $>10\% \pm 2\%$ и специальных пород с концентрацией газа $>1\% \pm 0,2\%$. На поверхность инструмента можно нанести многослойное покрытие (например, TiN, TiAlN или CrN, толщина $0,5\text{-}2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), а коэффициент трения снижается до $< 0,25 \pm 0,05$, что улучшает износостойкость и антиадгезию.

Свойства материала щитовых станков из цементированного карбида

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800\text{-}2200 \pm 30$, локально до $2400\text{-}2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации ($K_{\text{IC}} 12\text{-}16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), плотность $14,8\text{-}15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $< 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $< 0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к $\text{H}_2\text{S} > 2500 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, стойкость к $\text{Cl}^- > 3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $> 95\% \pm 2\%$).

Принцип работы твердосплавного щитового резца

: Под действием вращения щитового резца (скорость вращения $500\text{-}1200 \text{ об/мин} \pm 50 \text{ об/мин}$, в зависимости от мощности оборудования $500\text{-}1500 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$) и осевой силы ($100\text{-}300 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, до $500 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$) резец врезается в поверхность породы, образуя сплошные канавки, и разрушает породу путем выдавливания (контактное давление $250\text{-}600 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $70\text{-}150 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$). Твердосплавное лезвие несет основную износную и тепловую нагрузку (температура поверхности $500\text{-}800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а стальная матрица обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40\text{-}50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} \pm 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>300 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Конструкция инструмента для удаления шлака обеспечивает эффективное удаление шлака через спиральные канавки и перепад давления ($>0,5 \text{ МПа} \pm 0,1 \text{ МПа}$), что снижает риск засорения на $<5\% \pm 1\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Производительность резца с твердосплавным щитом

составляет более 500-800 часов ± 50 часов (в зависимости от геологических условий) в условиях гранита (предел прочности на сжатие 150-200 МПа), базальта (200-250 МПа), кварцита (180-220 МПа) и сланца (100-150 МПа). Оптимизированный срок службы инструмента превышает 500-800 часов ± 50 часов, а производительность выемки достигает 5-15 м³/ч ± 1 м³/ч (до 20 м³/ч ± 1 м³/ч, мощность > 1000 кВт ± 50 кВт). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на лезвии, глубина износа < 0,05 мм $\pm 0,01$ мм (предпочтительно < 0,03 мм $\pm 0,01$ мм), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC (> 95% $\pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет < 150 МПа ± 10 МПа, а остаточное напряжение составляет < 50 МПа ± 5 МПа.

Факторы, влияющие на производительность резцов из твердосплавного щита

Содержание Со

6%-12% $\pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. <6% $\pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% $\pm 2\%$, >12% $\pm 1\%$ снижает твердость на 5% $\pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 8%-10% $\pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm 0,01$ мкм эффективно снижает износ и образование микротрещин (скорость износа < 0,03 мм³ / Н · м $\pm 0,01$ мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм $\pm 0,01$ мкм подходит для пород средней твердости, > 2 мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает скорость износа на 15% $\pm 3\%$ и снижает ударную вязкость на 10% $\pm 2\%$.

Угол наклона лезвия

30°-45° $\pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность выемки грунта (усилие резания <15 кН ± 1 кН, потребление энергии <70 кВт·ч/м³ ± 5 кВт·ч/м³), >50° $\pm 5^\circ$ снижает производительность выемки грунта на 10% $\pm 2\%$, <30° $\pm 5^\circ$ легко приводит к риску сколов 5% $\pm 1\%$.

Поверхностно обработанная

толщина твердосплавного лезвия 3-7 мм $\pm 0,1$ мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20% $\pm 3\%$), <3 мм $\pm 0,1$ мм сокращает срок службы на 20% $\pm 3\%$, >7 мм $\pm 0,1$ мм увеличивает стоимость на 15% $\pm 2\%$. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5-1 мкм $\pm 0,1$ мкм, температура осаждения 400-500°C $\pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения (< 0,3 $\pm 0,05$), улучшает термостойкость (> 700°C $\pm 20^\circ\text{C}$) и антиадгезию (степень адгезии < 2% $\pm 0,5\%$).

Закалка

термически обработанной

подложки из стали (твердость HRC 40-52 ± 2 , глубина 1,5-3 мм $\pm 0,2$ мм, температура закалки 850-900°C $\pm 20^\circ\text{C}$) повышает эксплуатационные характеристики опоры, сокращает срок службы незакаленной подложки на 15% $\pm 3\%$, отпуск (200-250°C $\pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 часа $\pm 0,5$ часа) снижает остаточные напряжения на 5% $\pm 1\%$, а глубина поверхностно закаленного слоя составляет >2 мм $\pm 0,1$ мм. Содержание влаги

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

в рабочей среде

>20%±2% или содержание песка >10%±1% увеличивает износ на 5%±1%, температура >700°C±50°C снижает твердость на 3%±1%, среда H₂S или CO₂ (концентрация >0,1%±0,02%) увеличивает скорость коррозии до 0,015 мм/год±0,002 мм/год, газосодержащая среда требует взрывобезопасности (>2 бар±0,2 бар).

Параметры оборудования:

скорость движения 0,5–2 м/ч ± 0,1 м/ч, крутящий момент 1000–6000 кН·м ± 100 кН·м, мощность 500–1500 кВт ± 50 кВт влияют на срок службы и эффективность инструмента, слишком высокие параметры (> верхнего предела 10% ± 1%) сокращают срок службы на 15% ± 2%, ускорение вибрации < 20 м/с² ± 2 м/с².

Типы проходческих комбайнов

Проходческие комбайны (ТПМК) классифицируются по конструкции, назначению и геологическим условиям применения:

Твердосплавные фрезы ТВМ - однодисковые фрезы

Характеристики: Одинарное круглое режущее лезвие из твердого сплава (например, карбида вольфрама), установленное на режущей головке для выемки грунта в твердых или среднетвердых скальных породах.

Применение: Подходит для условий стабильной твердой породы и широкого диапазона диаметров резания.

Твердосплавные фрезы ТВМ - двухдисковые фрезы

Особенности: Два режущих лезвия комбинированной конструкции, повышенная эффективность резки и долговечность, изготовлены из твердосплавного материала.

Применение: Подходит для твердых пород или смешанных пород для повышения стабильности резания.

Твердосплавные фрезы ТВМ - двухдисковые фрезы

Особенности: Два комплекта режущих лезвий соединены параллельно для оптимизации силы резания и износостойкости.

Применение: Подходит для горных пород высокой твердости (например, гранита) для увеличения скорости выемки грунта.

Твердосплавные фрезы ТВМ - трехдисковый резак

Особенности: Три режущих лезвия объединены для дальнейшего улучшения режущих свойств.

Применение: Используется в чрезвычайно твердых скальных породах или сложных геологических условиях.

Твердосплавные фрезы ТВМ - Дисковое режущее кольцо

Особенности: Режущее лезвие имеет кольцевую структуру для улучшения общего режущего эффекта.

Применение: Подходит для проходки тоннелей большого диаметра для повышения равномерности резки.

Твердосплавные фрезы ТВМ - скребковые фрезы

Характеристики: плоская или изогнутая конструкция лезвия, угол наклона лезвия 30°-45°±2°,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

толщина 15-30 мм±1 мм, твердосплавное покрытие для повышения износостойкости, высокая ударпрочность (>100 Дж±10 Дж).

Применение: Подходит для мягких грунтов или смешанных слоев (прочность на сжатие 50-150 МПа), особенно слоев с содержанием песка >10%±2%, а также для очистки рыхлых слоев.

Инструмент ТВМ из карбида - режущий нож

Характеристики: Острая конструкция лезвия в сочетании с твердосплавным материалом подходит для мягких и полутвердых пород.

Применение: Облегчает копание и резку, уменьшает засорение.

Твердосплавные фрезы ТВМ - ковшовые

Характеристики: Режущий инструмент с объемом для сбора и транспортировки строительного мусора, карбид для повышенной прочности.

Применение: Мягкие или смешанные породы, используется совместно с другими инструментами.

Твердосплавные фрезы ТВМ - рыхлители

Характеристики: Острая структура в сочетании с твердым сплавом, подходит для разрушения твердой почвы или легких пород.

Применение: Предварительная обработка твердых пород, вспомогательное средство для основного режущего инструмента.

Твердосплавные фрезы ТВМ - Дисковая фреза для твердых пород

Характеристики: Специально разработан для высокотвердых пород, наружный диаметр 200-400 мм ± 5 мм, толщина 20-50 мм ± 2 мм, режущая кромка инкрустирована карбидным слоем, отличная износостойкость (срок службы >600 часов ± 50 часов), отличная износостойкость и ударная вязкость.

Применение: Подходит для гранита, базальта и других пород высокой твердости (прочность на сжатие 150-350 МПа).

Твердосплавные резцы

Особенности: Твердосплавный наконечник, устанавливаемый на различные режущие ножи, повышает износостойкость и режущую способность.

Применение: Широко используется во всех типах режущих инструментов для продления срока их службы.

Твердосплавные фрезы ТВМ - фреза для смешанного грунта

Особенности: Многофункциональная конструкция, сочетающая твердый сплав и различные режущие формы, адаптирующаяся к чередующимся мягким и твердым породам.

Применение: Mixshield, используется для работы в сложных геологических условиях.

Твердосплавные фрезы ТВМ - Центральный резак

Характеристики: Используется в центральной части режущей головки, имеет верхний угол 60°-90° ± 5°, толщину 25-40 мм ± 2 мм, повышенную способность к разрушению породы в центральной части и срок службы > 500 часов ± 50 часов.

Применение: Подходит для зон разломов или водоносных пластов (прочность на сжатие 100-200 МПа).

Инструмент ТВМ из карбида - Бокорез

Характеристики: Используется для кромки режущей головки, угол лезвия 25°-35°±2°,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

толщина 20-35 мм±1 мм, оптимизированная боковая резка и удаление шлака, износостойкость >95%±2%.

Применение: Подходит для укрепления боковых стенок туннелей (прочность на сжатие 100-250 МПа).

Твердосплавный резак для проходческой машины - специальный резак

Характеристики: включая инструменты, устойчивые к низким температурам ($-50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, износостойкость сохраняется на уровне $90\% \pm 5\%$), а также инструменты, устойчивые к высокому давлению (сопротивление давлению $> 100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$), изготовленные из твердосплавного материала.

Применение: Для работы в экстремальных геологических условиях, таких как низкая температура или высокое пластическое давление.

Эти типы резцов выбираются и настраиваются в соответствии с геологическими условиями (такими как твердая порода, мягкая почва, смешанные пласты) и типами щитовых машин (такими как одинарный щит, двойной щит, EPB, баланс давления грунта и т. д.). Использование материалов из цементированного карбида значительно повышает износостойкость, ударопрочность и срок службы резца, а также способствует эффективной выемке грунта щитовыми машинами в различных проектах.

Применение твердосплавных щитовых резцов

Тоннели метрополитена

используются для разработки твердых пород (прочность на сжатие 100–250 МПа) со сроком службы 500–800 часов ± 50 часов, выдерживая сложные геологические условия, такие как зоны разломов (смещение $> 1 \text{ м} \pm 0,1 \text{ м}$) или зоны фонтанирования воды (давление воды $> 1 \text{ МПа} \pm 0,1 \text{ МПа}$), в соответствии со стандартом EN 1997-1. Случай 2024 года: скорость разработки линии 18 метро Шанхая $1,5 \text{ м/ч} \pm 0,1 \text{ м/ч}$, цикл замены инструмента 600 часов ± 50 часов.

Автодорожные тоннели

используются в тоннеле Шицюаньхэ Сычуань-Тибетской железной дороги (прочность на сжатие 200-300 МПа), ударопрочность ($> 50 \text{ Дж}$, пиковое значение до $200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) для обеспечения эффективной выемки грунта в соответствии со стандартом JTG 3370.1. Глубина выемки грунта в проекте 2023 года $1200 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$, износостойкость инструмента $> 98\% \pm 1\%$.

Гидроэнергетические проекты

используются для водоотводных тоннелей (диаметр $6-12 \text{ м} \pm 0,5 \text{ м}$) и фундаментов подземных электростанций. Они устойчивы к водной эрозии ($> 2500 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$) и поддерживают длительную эксплуатацию, соответствующую стандарту IEC 60041. В 2024 году резак следующего проекта «Три ущелья» выдержит давление воды $2 \text{ МПа} \pm 0,1 \text{ МПа}$.

Городские подземные галереи труб

используются для выемки грунта в твердых слоях грунта (прочность на сжатие 50-150 МПа) или слоях горных пород для снижения осадки грунта ($< 5 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$) в соответствии со стандартом GB 50909. В 2025 году осадка проекта галереи труб в Пекине контролировалась

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

до $< 3 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, а срок службы инструмента составил $550 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$.

Морские туннели

используются в подводных туннелях (например, подводный участок моста Гонконг-Чжухай-Макао), устойчивы к коррозии морской водой ($> 4000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$) и соответствуют стандарту DNVGL-RP-C203. Глубина разработки проекта 2023 года составляет $1800 \text{ м} \pm 50 \text{ м}$, а коррозионная стойкость режущего инструмента $>99\% \pm 1\%$.

Технический прогресс и будущее развитие

твердосплавных щитовых резцов

В новый материал

добавлен нано-WC (зерно $< 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), а также TaC ($1\text{--}3\% \pm 0,1\%$) и NbC ($0,5\text{--}1,5\% \pm 0,1\%$) для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $95\% \pm 2\%$) и стойкости к окислению (прирост массы кислорода $< 0,15\% \pm 0,05\%/\text{ч}$).

интеллектуального мониторинга

(например, пьезоэлектрические тензодатчики, точность $\pm 0,05\%$) и модули IoT отслеживают износ (глубина $> 1,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$), вибрацию (ускорение $< 15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$) и температуру ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность прогнозирования $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует селективное лазерное плавление (SLM, толщина слоя $40\text{--}60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных структур инструментов, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$. Достижения China Railway Construction в 2024 году: прочность напечатанных инструментов достигает $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, а шероховатость поверхности составляет $< 1,6 \text{ мкм} \pm 0,2 \text{ мкм}$.

Адаптивность к окружающей среде

Разработка инструментов, устойчивых к низким температурам ($-50^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$), подходящих для полярной инженерии (износостойкость остается $90\% \pm 5\%$, ударная вязкость $> 150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$); инструменты, устойчивые к высокому давлению (сопротивление давлению $> 100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$), используются для глубоководных операций.

Устойчивость Использование переработанного порошка WC (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) и экологически чистых производственных процессов снижает углеродный след (выбросы CO_2 сокращаются на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты

Производство и использование режущих инструментов должны соответствовать ряду международных и национальных стандартов, включая EN 1997-1 (европейский проект фундамента), ISO 45001 (охрана труда и техника безопасности), JTG 3370.1 (китайский проект автодорожных туннелей), GB 50909 (китайский проект подземного пространства), AS 2294 (австралийский стандарт безопасности горнодобывающей промышленности), DNVGL-RP-C203 (норвежский морской кодекс) и IEC 60079 (взрывоопасные среды). Обновлено в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2025 年: ISO 19443 包括标准, 与核废料利用有关, 并添加新的气密性要求。

磨损超过限度 (深度 $> 6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$), 更换系数 $> 98\% \pm 1\%$, 事故率 $< 0,1\% \pm 0,05\%$ (主要由于碎片或飞溅), 操作员必须穿戴防护设备 (冲击防护眼镜, 面罩符合 EN 397 标准, 冲击强度 $> 50 \text{ J} \pm 5 \text{ J}$)。高温环境 ($> 700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$) 必须配备冷却和通风设备以降低热应力 $5\% \pm 1\%$ 和气体积聚 $< 3\% \pm 0,5\%$ 。2024 年统计: 全球事故, 与手持工具有关, 占 $< 0,05\% \pm 0,01\%$, 主要是由于维护不足和意外地质变化。

符合规则

符合欧盟 REACH (注册, 评估和授权) 和 RoHS (限制有害物质) 指令。2025 年, 由于碳税, 成本将 $< 5\% \pm 1\%$, 并将添加新的海洋保护标准 (IMO MEPC.277 (70))。

硬质合金铣刀已成为现代硬质合金设备的关键组成部分, 凭借其卓越物理和化学特性, 广泛的分类, 广泛的应用, 持续的技术创新和生态适应性。它们促进了基础设施建设的效率, 城市地下空间的发展和深海工程, 为此提供强大的技术支持以克服复杂的地质条件和极端环境。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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
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



1

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Карбидный роторный буровой станок с шаровыми зубьями для фундамента свай

Карбидные шаровые зубья для свайного фундамента роторной буровой установки являются ключевым компонентом для выемки грунта, разработанным для роторных буровых установок (Rotary Drilling Rig) в проектах по свайному фундаменту. Они предназначены для разрушения твердых скальных образований, сложных образований или смешанных геологических условий. Их основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и обработкой поверхности для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, гарантируя высокую эффективность и надежность при высоком давлении, высокой вибрации и влажной среде. Являясь важным компонентом бурового инструмента роторной буровой установки, шаровые зубья напрямую влияют на эффективность бурения, качество свайного фундамента и стоимость проекта, и широко используются в проектах по свайному фундаменту, таких как высотные здания, мосты, порты и поддержка глубоких котлованов.

Шаровые зубья из цементированного карбида для свайного фундамента роторной буровой установки

Шаровые зубья из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (такими как Cr $3\% - 5\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция шарового зуба сферическая или полусферическая, с диаметром наконечника обычно $15-30\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ и высотой $20-40\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$. Он устанавливается на основание бурового ковша или буровой коронки (изготовлено из высокопрочной легированной стали, такой как 40CrMo или 42CrMo, с закалочной твердостью HRC 40-52 ± 2). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, прочность сварки $>700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) или механическую заделку (усилие

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

заделки $>10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком крутящем моменте ($100-600 \text{ кН} \cdot \text{м} \pm 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$). На поверхность шарового зуба можно наносить многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или CrN толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), что снижает коэффициент трения до $<0,25 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и антиадгезию. Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию распределения напряжений. Угол входа шарового зуба в породу составляет $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, а угол наклона назад составляет $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$. Подходит для твердых пород с прочностью на сжатие $100-300 \text{ МПа}$, мягких грунтов с содержанием воды $>20\% \pm 5\%$ или смешанных образований с содержанием песка $>10\% \pm 2\%$.

шаровые зубья для свайного фундамента с карбидным роторным бурением

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации ($K_{\text{IC}} 12-16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к $\text{H}_2\text{S} >2500 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, стойкость к $\text{Cl}^- >3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Под действием вращательного бурового станка (частота вращения $20-60 \text{ об/мин} \pm 5 \text{ об/мин}$, в зависимости от мощности оборудования $200-1000 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$) и давления бурения ($50-300 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, до $500 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$) шаровые зубья врезаются в породу, образуя зону дробления, и дробят породу или грунт путем выдавливания (контактное давление $250-600 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $70-150 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$). Кончик шарового зуба несет основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} \pm 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>300 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Сферическая конструкция шарового зуба снижает боковое напряжение ($<100 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$) и оптимизирует эффективность удаления шлака (скорость удаления шлака $>90\% \pm 2\%$).

В условиях гранита (прочность на сжатие $150-200 \text{ МПа}$), базальта ($200-250 \text{ МПа}$), кварцита ($180-220 \text{ МПа}$) и средневыветренных пород ($100-150 \text{ МПа}$) оптимизированный срок службы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

шарошечных зубьев превышает 400-700 часов ± 50 часов (в зависимости от геологических условий), а производительность бурения достигает 8-20 м/ч ± 1 м/ч (до 25 м/ч ± 1 м/ч, мощность > 800 кВт ± 50 кВт). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на кончике, глубина износа $< 0,05$ мм $\pm 0,01$ мм (предпочтительно $< 0,03$ мм $\pm 0,01$ мм), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет < 150 МПа ± 10 МПа.

Факторы, влияющие на производительность

шаровых зубьев твердосплавных буровых установок свайного фундамента

Содержание Со

6%-12% $\pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% $\pm 2\%$, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на 5% $\pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР 6×10^{-6} /°C $\pm 0,5 \times 10^{-6}$ /°C). 8%-10% $\pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm 0,01$ мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,03$ мм³ / Н · м $\pm 0,01$ мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм $\pm 0,01$ мкм подходит для пород средней твердости, > 2 мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает скорость износа на 15% $\pm 3\%$ и снижает прочность на 10% $\pm 2\%$.

Геометрический угол

угол входа в породу 30°-45° $\pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность бурения (усилие резания < 15 кН ± 1 кН, энергопотребление < 60 кВт·ч/м³ ± 5 кВт·ч/м³), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ снижает производительность бурения на 10% $\pm 2\%$, $< 30^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к 5% $\pm 1\%$ риску разрушения зуба.

Обработка поверхности

шарикового зуба толщиной 3-6 мм $\pm 0,1$ мм повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20% $\pm 3\%$), < 3 мм $\pm 0,1$ мм сокращает срок службы на 20% $\pm 3\%$, > 6 мм $\pm 0,1$ мм увеличивает стоимость на 15% $\pm 2\%$. Покрытие TiN (толщина 0,5-1 мкм $\pm 0,1$ мкм, температура осаждения 400-500°C $\pm 20^\circ$ C) снижает коэффициент трения ($< 0,3 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($> 700^\circ$ C $\pm 20^\circ$ C). Закалка термически обработанной базовой стали (твердость

HRC

40-52 ± 2 , глубина 1,5-3 мм $\pm 0,2$ мм, температура закалки 850-900°C $\pm 20^\circ$ C) повышает опорные свойства, срок службы незакаленной основы сокращается на 15% $\pm 3\%$, а отпуск (200-250°C $\pm 10^\circ$ C, 2-4 часа $\pm 0,5$ часа) снижает остаточное напряжение на 5% $\pm 1\%$. Содержание влаги

в рабочей среде

$> 20\% \pm 2\%$ или содержание песка $> 10\% \pm 1\%$ увеличивает износ на 5% $\pm 1\%$, температура $> 700^\circ$ C $\pm 50^\circ$ C снижает твердость на 3% $\pm 1\%$, а скорость коррозии в среде, содержащей H₂S или CO₂ (концентрация $> 0,1\% \pm 0,02\%$), увеличивается до 0,015 мм/год $\pm 0,002$ мм/год.

Параметры оборудования, такие как

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

давление бурения 50-300 кН±5 кН, скорость 20-60 об/мин±5 об/мин и крутящий момент 100-600 кН·м±50 кН·м, влияют на срок службы и эффективность шаровых зубьев. Чрезмерные параметры (>верхний предел 10%±1%) сокращают срок службы на 15%±2%.

Буровые свайные фундаментные штыри из карбида

Стандартные штыри

подходят для горных пород средней твердости (прочность на сжатие 100-200 МПа), диаметр 20-25 мм ± 1 мм, высота 25-35 мм ± 2 мм, отличная износостойкость (срок службы > 500 часов ± 50 часов), обычно используются в песчанике или средневыветренных породах.

Усиленные штыри

подходят для твердых пород (прочность на сжатие 200-300 МПа), диаметр 25-30 мм ± 1 мм, высота 30-40 мм ± 2 мм, высокая ударопрочность (> 100 Дж ± 10 Дж), подходят для базальта или гранита.

Коррозионностойкие штыри

применяются в водоносных или соленосных пластах, с поверхностным покрытием TiAlN (стойкость к Cl⁻ > 3000 часов ± 100 часов), диаметр 15-20 мм ± 1 мм, высота 20-30 мм ± 2 мм, коррозионная стойкость > 99% ± 1%, подходят для портовых свайных фундаментов.

Специальные шаровые зубья

включают типы, устойчивые к низким температурам (-50°C ± 5°C, износостойкость сохраняется на уровне 90% ± 5%), и типы, устойчивые к высоким температурам (>900°C ± 20°C, износостойкость сохраняется на уровне 95% ± 2%), подходящие для полярных или высокотемпературных пластов.

Применение

шаровых зубьев свайного фундамента для буровой установки из карбида вольфрама

Высотные здания

используются для свайных фундаментов из твердой породы (прочность на сжатие 150–250 МПа) со сроком службы 500–700 часов ± 50 часов, поддерживающих сложные пласты, такие как зоны разломов, в соответствии со стандартами GB 50007.

Мостостроение

используется для свайных фундаментов речных мостов (прочность на сжатие 200–300 МПа) с ударопрочностью (>50 Дж, пик 200 Дж ± 10 Дж) для обеспечения эффективного бурения в соответствии со стандартами JTG 3362.

Строительство портов

используется для подводных свайных фундаментов, устойчивых к коррозии в морской воде (>4000 часов ± 100 часов, устойчивость к концентрации Cl⁻ > 3,5% ± 0,5%), соответствующих стандартам DNVGL-RP-C203.

Глубокая опора котлована

применяется для пластов с прочностью на сжатие 100–200 МПа, что снижает осадку (<5 мм ± 1 мм) в соответствии со стандартами GB 50911.

Polar Engineering

применяется в условиях низких температур (-50°C ± 5°C), при этом износостойкость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сохраняется на уровне $90\% \pm 5\%$, а эффективность бурения, испытанная в 2025 году, составляет $10 \text{ м/ч} \pm 1 \text{ м/ч}$.

Технологический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

представляют собой нано WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV $2200-2600 \pm 50$), добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($>900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированный датчик (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа в реальном времени (глубина $> 1,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрации ($<15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$), оптимизация цикла замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных шариковых зубьев, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивность к окружающей среде позволяет разрабатывать шаровые зубья, устойчивые к низким температурам и высокому давлению (сопротивление давлению $>100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты

соответствуют GB 50007 (фундаменты зданий), JTG 3362 (автомобильные мосты), GB 50911 (глубокие котлованы) и DNVGL-RP-C203 (правила морского строительства).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



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

Твердосплавные шаровые зубья для бурения туннелей

Шаровые зубья карбидного анкероустановщика проходческого комбайна являются основным компонентом выемки грунта, предназначенным для использования в проходческих комбайнах (проходческих комбайнах) в угольных шахтах, туннелях и строительстве дорог. Они предназначены для дробления твердых скальных образований, сложных образований или смесей угля и породы. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойкими покрытиями, что обеспечивает превосходную твердость, износостойкость, ударопрочность и коррозионную стойкость, гарантируя высокую эффективность и надежность в условиях высокой запыленности, высокой влажности и высокой вибрации. Являясь важным компонентом режущей головки анкероустановщика, шаровые зубья напрямую влияют на эффективность выемки грунта, качество дорожного полотна и безопасность строительства и широко используются в угольной промышленности, туннелях метро и строительстве шахт. Согласно последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения шаровых зубьев.

Шаровые зубья из цементированного карбида для анкерной крепи для проходки туннелей

Шаровые зубья из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный микродобавками (такими как Cr $\pm 0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая форма шаровых зубьев сферическая или полусферическая, с диаметром вершины $15-25\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ и высотой $20-35\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$. Они устанавливаются на основании головки болтореза (из высокопрочной легированной стали, например 40CrMo или 42CrMo, с закалочной твердостью HRC $40-52 \pm 2$). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, прочность сварки $> 700\text{ МПа} \pm 50$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

МПа) или механическую заделку (усилие заделки $> 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком крутящем моменте ($200-800 \text{ кН}\cdot\text{м} \pm 50 \text{ кН}\cdot\text{м}$). Многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или CrN, толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) могут быть нанесены на поверхность шаровых зубьев для снижения коэффициента трения до $<0,25 \pm 0,05$, повышения износостойкости и антиадгезии (степень адгезии $<2\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию распределения напряжений. Угол входа шарового зуба составляет $30^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$, а угол наклона назад составляет $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$. Подходит для угольной породы с прочностью на сжатие $50-250 \text{ МПа}$, мягкой породы с содержанием воды $> 15\% \pm 5\%$ или специальных формаций с концентрацией газа $> 1\% \pm 0,2\%$.

из цементированного карбида анкеродержателя туннелепроходческая машина

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации ($K_{IC} 12-16 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, устойчивость к $\text{H}_2\text{S} > 2500 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термостойкость $> 95\% \pm 2\%$).

Под действием вращения буровой установки (скорость вращения $30-80 \text{ об/мин} \pm 5 \text{ об/мин}$, в зависимости от мощности оборудования $300-1200 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$) и усилия резания ($50-250 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, до $400 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$) шаровые зубья врезаются в угольную породу или скальный пласт, образуя зону дробления, и измельчают материал путем выдавливания (контактное давление $200-500 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $60-120 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$). Кончик шарового зуба несет основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>250 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Сферическая конструкция шарового зуба снижает боковое напряжение ($<100 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$), оптимизирует эффективность удаления шлака (скорость удаления шлака $>90\% \pm 2\%$) и снижает риск накопления пыли $<5\% \pm 1\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

В угольных пластах (предел прочности при сжатии 50–100 МПа), песчаниках (120–180 МПа), известняках (150–220 МПа) и сланцах (100–150 МПа) оптимизированный срок службы шаровых зубьев превышает 400–600 часов $\pm$ 50 часов (в зависимости от геологических условий), а производительность выемки достигает 5–15 м³/ч $\pm$ 1 м³/ч (до 20 м³/ч $\pm$ 1 м³/ч, мощность >1000 кВт $\pm$ 50 кВт). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на кончике, глубина износа <0,05 мм $\pm$ 0,01 мм (предпочтительно <0,03 мм $\pm$ 0,01 мм), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC (>95% $\pm$ 2%), а тепловизионное исследование показало распределение термических напряжений <150 МПа $\pm$ 10 МПа.

Зубья для бурения туннелей из цементированного карбида

Содержание Со

6% -12% $\pm$ 1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и прочностью, <6% $\pm$ 1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% $\pm$ 2%, >12% $\pm$ 1% снижает твердость на 5% $\pm$ 1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а 8% -10% $\pm$ 0,5% является предпочтительным, чтобы учитывать как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm$ 0,01 мкм эффективно снижает износ и образование микротрещин (скорость износа < 0,03 мм³ / Н · м $\pm$ 0,01 мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм $\pm$ 0,01 мкм подходит для пород средней твердости, > 2 мкм $\pm$ 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15% $\pm$ 3% и снижает ударную вязкость на 10% $\pm$ 2%.

Геометрический угол

угол входа в породу 30°-45° $\pm$ 5° оптимизирует эффективность выемки (усилие резания <15 кН $\pm$ 1 кН, потребление энергии <50 кВтч/м³ $\pm$ 5 кВтч/м³), >50° $\pm$ 5° снижает производительность выемки на 10% $\pm$ 2%, <30° $\pm$ 5° легко приводит к 5% $\pm$ 1%

рisku разрушения зуба. Обработка поверхности

шарикового зуба толщиной 3-6 мм $\pm$ 0,1 мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20% $\pm$ 3%), <3 мм $\pm$ 0,1 мм сокращает срок службы на 20% $\pm$ 3%, >6 мм $\pm$ 0,1 мм увеличивает на 15% $\pm$ 2%. Покрытие TiN (толщина 0,5-1 мкм $\pm$ 0,1 мкм, температура осаждения 400-500°C $\pm$ 20°C) снижает коэффициент трения (< 0,3 $\pm$ 0,05) и повышает термостойкость (> 700°C $\pm$ 20°C).

Закаленная

сталь основы закаливается (твердость HRC 40-52 $\pm$ 2, глубина 1,5-3 мм $\pm$ 0,2 мм, температура закалки 850-900°C $\pm$ 20°C) для улучшения опорных характеристик. Срок службы незакаленной основы сокращается на 15% $\pm$ 3%. Отпуск (200-250°C $\pm$ 10°C, 2-4 часа $\pm$ 0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5% $\pm$ 1%. Содержание влаги

в рабочей среде

>15% $\pm$ 2% или содержание пыли >10% $\pm$ 1% увеличивает износ на 5% $\pm$ 1%. Температура >700°C $\pm$ 50°C снижает твердость на 3% $\pm$ 1%. Скорость коррозии в среде, содержащей H₂S или CO₂ (концентрация >0,1% $\pm$ 0,02%), увеличивается до 0,015 мм/год $\pm$ 0,002 мм/год. Среда, содержащая газ, требует взрывобезопасности (>2 бар $\pm$ 0,2 бар). Параметры

оборудования:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

скорость резания 0,5-2 м/мин±0,1 м/мин, крутящий момент 200-800 кН·м±50 кН·м, мощность 300-1200 кВт±50 кВт влияют на срок службы и эффективность шариковой передачи. Чрезмерные параметры (>верхний предел 10%±1%) сокращают срок службы на 15%±2%.

Шаровые зубья для проходки туннелей с карбидным анкером

Стандартные шаровые зубья

подходят для угольных пластов или мягких пород (прочность на сжатие 50-100 МПа), диаметром 15-20 мм ± 1 мм, высотой 20-25 мм ± 2 мм, отличной износостойкостью (срок службы > 400 часов ± 50 часов) и обычно используются в туннелях угольных шахт. В 2024 году эффективность выемки грунта в проекте угольной шахты составляла 10 м³/ч ± 1 м³/ч.

Усиленные шаровые зубья

подходят для твердых пород (прочность на сжатие 150-250 МПа), диаметром 20-25 мм ± 1 мм, высотой 25-35 мм ± 2 мм, высокой ударопрочностью (> 100 Дж ± 10 Дж) и подходят для песчаника или известняка. В 2023 году срок службы тоннельного проекта составил 500 часов ± 50 часов.

Коррозионностойкие шаровые зубья

используются в водоносных или газоносных пластах, с поверхностным покрытием TiAlN (устойчив к H₂S > 2500 часов ± 100 часов), диаметром 15-18 мм ± 1 мм, высотой 20-30 мм ± 2 мм и коррозионной стойкостью > 98% ± 1%, подходят для влажных туннелей. В 2025 году шахта будет выдерживать давление воды 1 МПа ± 0,1 МПа.

Специальные шаровые зубья

включают типы, устойчивые к низким температурам (-20°C ± 5°C, износостойкость сохраняется на уровне 90% ± 5%) и устойчивые к высоким температурам (>900°C ± 20°C, износостойкость сохраняется на уровне 95% ± 2%), подходящие для полярных шахт или высокотемпературных пластов, со сроком службы 550 часов ± 50 часов в 2025 году.

для проходки туннелей из карбида анкерной крепи Туннели

угольных шахт

используются для проходки угольных пластов (прочность на сжатие 50-100 МПа) со сроком службы 400-600 часов ± 50 часов, поддерживая газосодержащие слои (концентрация > 1% ± 0,2%), в соответствии со стандартами MT 554. В 2024 году глубина выемки угольной шахты в Шаньси составила 500 м ± 50 м.

Тоннели метрополитена

используются в туннелях из твердых пород (прочность на сжатие 150-250 МПа), а ударопрочность (> 50 Дж, пиковая 200 Дж ± 10 Дж) обеспечивает эффективную выемку грунта в соответствии со стандартами EN 1997-1. В 2023 году скорость выемки грунта на проекте метрополитена Шанхая составила 1 м/мин ± 0,1 м/мин.

Шахтная крепь

используется в пластах с прочностью на сжатие 100-200 МПа, что снижает риск обрушения (< 5% ± 1%) и соответствует стандартам GB 16423. В 2024 году устойчивость шахтного туннеля составляет >98% ± 1%.

Гидрологический туннель

используется в водоносных пластах, устойчивых к водной эрозии (>2000 часов ± 100 часов),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

в соответствии со стандартом IEC 60041. В 2025 году сопротивление давлению воды проекта гидроэлектростанции составляет $1,2 \text{ МПа} \pm 0,1 \text{ МПа}$.

Сложные пластины

используются в зонах разломов или песчаных пластах с сопротивлением истиранию $>95\% \pm 2\%$. В 2025 году эффективность выемки грунта была проверена и составила $12 \text{ м}^3 / \text{ч} \pm 1 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Технологический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

представляют собой нано WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV $2200-2600 \pm 50$), добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: Антиокислительное покрытие ZrC (прирост веса кислорода $<0,15\% \pm 0,05\%/\text{ч}$). Интеллектуальный мониторинг интегрированного датчика (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа в реальном времени (глубина $>1,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрации ($<15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$), оптимизация цикла замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$), и компания успешно испытала его в 2025 году.

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных шаровых зубьев, сокращая отходы материала на $10\% \pm 2\%$, а прочность достигнет $1400 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$ в 2024 году.

Экологическая адаптивность:

разработка шаровых зубьев, устойчивых к низким температурам и высокому давлению (сопротивление давлению $> 80 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$), с сопротивлением давлению, достигающим $97\% \pm 2\%$ в 2025 году.

Устойчивая

переработка порошка WC (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает выбросы углерода экологический след (снижение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты Внутренние и международные стандарты соответствуют MT 554 (безопасность угольных шахт), EN 1997-1 (европейские основы), GB 16423 (поддержка шахт) и IEC 60079 (взрывоопасные среды). В 2025 году будут добавлены новые антигазовые стандарты.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



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

Фрезерные зубья для дорожных фрез с карбидным покрытием

Фрезерные зубья для дорожных фрез из карбида вольфрама — это высокоэффективный режущий инструмент, предназначенный для дорожных фрез (Cold Planer) для обработки асфальтобетона, щебня или старых дорожных покрытий. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, что гарантирует высокую эффективность и надежность при высоких нагрузках, высоких температурах и высокой запыленности. Являясь ключевым компонентом барабана дорожной фрезы, фрезерные зубья напрямую влияют на эффективность фрезерования, ровность дорожного покрытия и стоимость строительства и широко используются при обслуживании автомагистралей, ремонте взлетно-посадочных полос аэропортов и обслуживании городских дорог. Согласно последней информации о всей сети и технологическом прогрессе отрасли в 2025 году, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения фрезерных зубьев.

Физические и химические свойства твердосплавных зубьев для дорожных фрез

Фрезерные зубья из твердого сплава используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\% -2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция зубьев фрезы обычно заостренная или закругленная, с диаметром вершины $10-20\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ и высотой $20-40\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$, закрепленная на барабанной подложке (из высокопрочной легированной стали, такой как 40CrMo или 42CrMo, с закалочной твердостью HRC $40-52 \pm 2$). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, прочность сварки $> 700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) или механический зажим (усилие зажима $> 10\text{ кН} \pm 1\text{ кН}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком крутящем моменте ($500-1500\text{ кН}\cdot\text{м} \pm 50\text{ кН}\cdot\text{м}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или CrN, толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) могут быть нанесены на поверхность вершины зуба, снижая коэффициент трения до $< 0,25 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $< 2\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику резки и оптимизацию теплопроводности, с углом резания вершины зуба $20^\circ-40^\circ \pm 5^\circ$ и углом заднего переднего угла $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$. Подходит для асфальтовых слоев (прочность на сжатие 5-15 МПа), цементобетона (20-50 МПа) и смешанных слоев основания.

Характеристики твердосплавных зубьев для дорожных фрез

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см $^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr $_3\text{C}_2$ создает защитный слой Cr $_2\text{O}_3$ (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), улучшая коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к Cl $^-$ $>3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термостойкость $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы фрезерных зубьев дорожных фрез из цементированного карбида

За счет вращения барабана дорожной фрезы (скорость вращения 100-300 об/мин ± 10 об/мин, в зависимости от мощности оборудования 200-1000 кВт ± 50 кВт) и усилия резания (50-200 кН ± 5 кН, до 300 кН ± 10 кН) зубья фрезы врезаются в дорожное покрытие, образуя сплошную фрезеруемую поверхность, и измельчают асфальтобетон или бетон путем выдавливания (контактное давление 150-400 МПа ± 20 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 50-100 МПа ± 5 МПа). Вершина зуба несет основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $400-700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $900^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и сопротивление усталости (усталостная долговечность $>10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка $>200 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Заостренная конструкция вершины зуба оптимизирует эффективность резания (глубина фрезерования 5-15 см ± 1 см), а закругленная конструкция снижает вибрацию (ускорение $<10 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$).

В условиях асфальтобетонного покрытия (прочность на сжатие 5-10 МПа), цементобетона (20-40 МПа) и смешанного основания (10-20 МПа) оптимизированный ресурс работы фрезерных зубьев превышает 300-500 часов ± 50 часов (в зависимости от твердости материала), а производительность фрезерования достигает 200-500 м $^2/\text{ч} \pm 20 \text{ м}^2/\text{ч}$ (до 600 м $^2/\text{ч}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 20 \text{ м}^2/\text{ч}$, мощность $>800 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на вершине зуба, глубина износа $<0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($>95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет $<120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность

зубьев фрезы из твердого сплава для дорожной фрезы Содержание Со

$6\% -12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и прочностью, $<6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $>12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение ($\text{КТР } 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а $8\% -10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным, чтобы учитывать как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для дорог средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает прочность на $10\% \pm 2\%$.

Геометрический угол

резания $20^\circ -40^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность фрезерования (усилие резания $< 15 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$, энергопотребление $< 20 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), $> 45^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $< 20^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску разрушения зуба.

Обработка поверхности

толщина вершины зуба $3-5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$), $<3 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $>5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ Стоимость мм увеличивается на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiN (толщина $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($<0,3 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($>700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка термообработанной базовой стали (твердость HRC

$40-52 \pm 2$, глубина $1,5-3 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущей способности, срок службы незакаленной базы сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

$>600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $>10\% \pm 2\%$ или содержание песка $>5\% \pm 1\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl⁻ (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм}/\text{год} \pm 0,002 \text{ мм}/\text{год}$.

Параметры оборудования

: скорость фрезерования $0,5-2 \text{ м}/\text{мин} \pm 0,1 \text{ м}/\text{мин}$, крутящий момент $500-1500 \text{ кН} \cdot \text{м} \pm 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$, мощность $200-1000 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы зубьев и эффективность. Слишком высокие параметры ($>$ верхний предел $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Типы твердосплавных зубьев для дорожных фрез

Стандартные зубья для фрез

подходят для асфальтового покрытия (прочность на сжатие 5-10 МПа), имеют диаметр 12-15 мм $\pm$ 1 мм, высоту 20-25 мм $\pm$ 2 мм, обладают превосходной износостойкостью (срок службы > 350 часов $\pm$ 50 часов) и широко используются при обслуживании автомагистралей.

Усиленные фрезерные зубья

подходят для цементобетона (прочность на сжатие 20-50 МПа), имеют диаметр 15-20 мм $\pm$ 1 мм, высоту 25-40 мм $\pm$ 2 мм, обладают высокой ударопрочностью (> 100 Дж $\pm$ 10 Дж) и подходят для взлетно-посадочных полос аэропортов.

Коррозионностойкие фрезерные зубья

применяются для дорог, загрязненных солью или водой, с поверхностным покрытием TiAlN (стойкость к Cl⁻ > 3000 часов $\pm$ 100 часов), диаметр 10-12 мм $\pm$ 1 мм, высота 20-30 мм $\pm$ 2 мм, коррозионная стойкость > 99% $\pm$ 1%, подходят для прибрежных дорог.

Специальные фрезерные зубья

включают в себя высокотемпературные (> 900°C $\pm$ 20°C сохраняют 95% $\pm$ 2%) и износостойкие типы, подходящие для высокотемпературных или высокоабразивных дорог.

Применение твердосплавных зубьев для дорожных фрез

Техническое обслуживание автомагистралей

используется для фрезерования асфальтобетонного покрытия (прочность на сжатие 5-15 МПа) со сроком службы 350-500 часов $\pm$ 50 часов в соответствии со стандартами JTJ 073.

Взлетно-посадочная полоса аэропорта

используется для ремонта цементобетона (прочность на сжатие 20-50 МПа), ударопрочность (> 50 Дж, пик 200 Дж $\pm$ 10 Дж) для обеспечения эффективного фрезерования в соответствии со стандартами ИКАО Приложение 14.

Городские дороги

используются для смешанного основания (прочность на сжатие 10-20 МПа), снижения пыли (< 5% $\pm$ 1%) и соответствия стандартам GB/T 23458.

Прибрежное шоссе

используется для соленого покрытия, устойчивого к коррозии морской водой (> 4000 часов $\pm$ 100 часов, устойчивость к концентрации Cl⁻ > 3,5% $\pm$ 0,5%), и соответствует стандарту DNVGL-RP-C203.

Специальное покрытие используется для высокотемпературного или высокоабразивного покрытия, с износостойкостью > 95% $\pm$ 2% и эффективностью фрезерования 400

м²/ч $\pm$ 20 м²/ч в 2025 году.

Разработка твердосплавных зубьев для дорожных фрез

Новые материалы

представляют собой нано-WC (зерно < 0,5 мкм $\pm$ 0,01 мкм) для повышения твердости (HV 2200-2600 $\pm$ 50), добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(>900 °C ± 20 °C для поддержания 95% ± 2%). Интегрированные датчики

интеллектуального мониторинга

(точность ± 0,05%) отслеживают износ (глубина > 1,5 мм ± 0,05 мм) и вибрацию (<10 м/с² ± 1 м/с²) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность <5% ± 1%).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя 40-60 мкм ± 5 мкм) для изготовления сложных форм зубьев, что сокращает отходы материала на 10% ± 2%.

Адаптивность к окружающей среде

Разработка высокотемпературных и коррозионностойких зубов (сопротивление давлению > 50 МПа ± 5 МПа), с термостойкостью, достигающей 98% ± 2% в 2025 году.

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки > 80% ± 5%) для снижения углеродного следа (снижение выбросов CO₂ на 20% ± 3%) в соответствии со стандартами ISO 14040.



1

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

Зубья для резки твердосплавных машин холодной переработки

Твердосплавные режущие зубья для холодного ресайклинга — это высокоэффективный режущий инструмент, разработанный специально для холодных ресайклеров (Cold Recycler), предназначенный для обработки старых асфальтовых покрытий, базовых материалов или смешанных слоев для строительства холодной регенерации на месте. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, гарантируя высокую эффективность и надежность при высоких нагрузках, высокой влажности и высокой абразивности. Являясь ключевым компонентом барабана холодного ресайклинга, режущие зубья напрямую влияют на эффективность регенерации, однородность материала и стоимость строительства и широко используются при обслуживании автомагистралей, ремонте сельских дорог и выравнивании промышленных площадок. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения режущих зубьев.

Физические и химические свойства режущих зубьев машины холодной переработки твердого сплава

В режущих зубьях из цементированного карбида вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot (-1/2)$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция режущих зубьев обычно заостренная или коническая, с диаметром вершины $10-18\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ и высотой $20-35\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$, закрепленная на роликовой основе (из высокопрочной легированной стали, такой как 40CrMo или 42CrMo, с закалочной твердостью HRC $40-52 \pm 2$). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200-1300\text{ }^\circ\text{C} \pm 20\text{ }^\circ\text{C}$, прочность сварки $>700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

механический зажим (усилие зажима $> 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком крутящем моменте ($400-1200 \text{ кН} \cdot \text{м} \pm 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$). Многослойные покрытия (такие как TiN, TiAlN или CrN, толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) могут быть нанесены на поверхность вершины зуба, снижая коэффициент трения до $< 0,25 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $< 2\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию теплопроводности, с углом резания вершины зуба $20^\circ-40^\circ \pm 5^\circ$ и углом заднего переднего угла $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$. Подходит для асфальтовых слоев (прочность на сжатие $5-15 \text{ МПа}$), гравийных слоев основания ($10-30 \text{ МПа}$) и смешанных слоев, содержащих воду.

Характеристики режущих зубьев твердосплавного станка холодной регенерации

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $> 95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации ($K_{IC} \text{ } 12-16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($> 50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $> 200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $< 0,05 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ (предпочтительно $< 0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$. Добавление Cr_2C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $< 0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $< 0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к $\text{Cl}^- > 3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $> 95\% \pm 2\%$).

Принцип работы

режущих зубьев твердосплавного ресайклера: Под действием вращения барабана ресайклера (скорость $80-250 \text{ об/мин} \pm 10 \text{ об/мин}$, в зависимости от мощности оборудования $200-800 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$) и усилия резания ($50-150 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, до $250 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$) режущие зубья врезаются в старое дорожное покрытие или основание, образуя вторичные материалы, и измельчают асфальт или гравий посредством экструзии (контактное давление $150-350 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $40-80 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$). Вершина зуба несет основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $400-600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} \pm 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $> 200 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Заостренная конструкция вершины зуба оптимизирует эффективность резания (глубина регенерации $5-20 \text{ см} \pm 1 \text{ см}$), а коническая конструкция снижает вибрацию (ускорение $< 10 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$).

Эксплуатационные характеристики режущих зубьев твердосплавных машин холодной регенерации таковы, что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

оптимизированные режущие зубья имеют ресурс работы более 300-450 часов ± 50 часов (в зависимости от твердости материала) в условиях асфальтобетонного покрытия (прочность на сжатие 5-10 МПа), щебеночного основания (10-20 МПа) и водосодержащего смешанного слоя (5-15 МПа), а эффективность регенерации достигает $150-400 \text{ м}^2/\text{ч} \pm 20 \text{ м}^2/\text{ч}$ (до $500 \text{ м}^2/\text{ч} \pm 20 \text{ м}^2/\text{ч}$, мощность $>600 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ показывает, что на вершине зуба нет явных трещин, глубина износа составляет $<0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($>95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет $<120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность

режущих зубьев машин холодной регенерации из цементированного карбида Содержание Со

6% -12% $\pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, $<6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $>12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а 8% -10% $\pm 0,5\%$ является предпочтительным, учитывая как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), 1-1,5 мкм $\pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для дорог средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает прочность на $10\% \pm 2\%$.

Геометрический угол

резания угол $20^\circ-40^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность регенерации (усилие резания $< 15 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$, энергопотребление $< 15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), $> 45^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $< 20^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску разрушения зуба.

Обработка поверхности

толщина вершины зуба $3-5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$), $< 3 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $> 5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ Стоимость мм увеличивается на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiN (толщина $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,3 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($> 700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка термически обработанной базовой стали (твердость

HRC

$40-52 \pm 2$, глубина $1,5-3 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущей способности, срок службы незакаленной базы сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 часа $\pm 0,5$ часа) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Содержание влаги

в рабочей среде

$> 15\% \pm 2\%$ или содержание песка $> 5\% \pm 1\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, температура $> 600^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования

скорость регенерации $0,3-1,5 \text{ м/мин} \pm 0,1 \text{ м/мин}$, крутящий момент $400-1200 \text{ кН} \cdot \text{м} \pm 50 \text{ кН} \cdot \text{м}$, мощность $200-800 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы зубьев и эффективность. Слишком высокие параметры ($>$ верхний предел $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

Типы режущих зубьев для машин холодной регенерации из твердого сплава

Стандартные режущие зубья

подходят для асфальтового покрытия (прочность на сжатие $5-10 \text{ МПа}$), имеют диаметр $12-15 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высоту $20-25 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$, обладают превосходной износостойкостью (срок службы $> 350 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$) и обычно используются для восстановления автомагистралей.

Усиленные режущие зубья

подходят для оснований из щебня (прочность на сжатие $10-30 \text{ МПа}$), имеют диаметр $15-18 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высоту $25-35 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$, обладают высокой ударопрочностью ($> 100 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) и подходят для промышленных площадок.

Коррозионностойкие режущие зубья

применяются в водоносных или соленосных пластах, имеют поверхностное покрытие TiAlN (стойкость к $\text{Cl}^- > 3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$), диаметр $10-12 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высоту $20-30 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$ и коррозионную стойкость $> 99\% \pm 1\%$, подходят для прибрежных дорог.

Специальные режущие зубья

включают в себя высокотемпературные ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняют $95\% \pm 2\%$) и износостойкие типы, подходящие для сильно абразивных или загрязненных дорог.

Применение режущих зубьев твердосплавного холодного регенератора.

Содержание автомагистралей

используется для восстановления асфальтового покрытия (прочность на сжатие $5-15 \text{ МПа}$), срок службы $350-450 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$, в соответствии со стандартом JTJ 073.

Загородные дороги

используются для восстановления гравийного основания (прочность на сжатие $10-20 \text{ МПа}$), ударопрочность ($> 50 \text{ Дж}$, пиковая $200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) для обеспечения эффективной регенерации, в соответствии со стандартом GB/T 23458.

Промышленные площадки

используются для загрязненных слоев (прочность на сжатие $10-30 \text{ МПа}$), снижают уровень пыли ($<5\% \pm 1\%$) и соответствуют стандартам ISO 10816. Прибрежные дороги

используются для оснований, содержащих соль, устойчивы к коррозии в морской воде ($>4000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$) и соответствуют стандартам DNVGL-RP-C203.

Сложные слои

применяются на дорогах с высоким содержанием воды или высокой абразивностью, с износостойкостью $>95\% \pm 2\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Карбидные бетонные дробильные зубья

Карбидные зубья для дробления бетона — это прочные режущие инструменты, предназначенные для бетонодробилок или гидравлических молотов, предназначенные для эффективного дробления железобетона, сборных панелей или закаленных цементных конструкций. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, гарантируя высокую эффективность и надежность в условиях высоких ударов, высоких температур и высокой запыленности. Являясь ключевым компонентом дробильного оборудования, дробящие зубья напрямую влияют на эффективность дробления, однородность частиц и безопасность строительства и широко используются при сносе зданий, ремонте дорог и переработке промышленных отходов. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения дробящих зубьев.

Физические и химические свойства цементированных карбидных бетонных дробящих зубьев

Цементированные карбидные дробящие зубья используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (такими как Cr $\geq 0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

спекание (ИПС, температура 1350–1450 °C ± 10 °C, давление 45–55 МПа ± 1 МПа, время выдержки 5–10 мин ± 1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400 °C ± 10 °C, давление 150–200 МПа ± 5 МПа, время выдержки 30–60 мин ± 5 мин), гарантируя, что материал достигает 99,9% ± 0,1% от теоретической плотности, а пористость составляет < 0,1% ± 0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм ± 0,01 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает 95% ± 2% (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет >98% ± 1%.

Геометрическая конструкция дробящих зубьев обычно коническая или плоская, с диаметром наконечника 12-20 мм ± 1 мм и высотой 25-40 мм ± 2 мм, устанавливается на основании дробящего молота или дробящей головки (изготовлено из высокопрочной легированной стали, такой как 40CrMo или 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52 ± 2). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура 1200-1300 °C ± 20 °C, прочность сварки >800 МПа ± 50 МПа) или механическую заделку (усилие заделки >12 кН ± 1 кН), что обеспечивает стабильную работу при высокой ударной силе (50-300 кН ± 5 кН, пиковое значение до 500 кН ± 10 кН). Поверхность кончика зуба может быть покрыта несколькими слоями покрытия (например, TiN, TiAlN или CrN, толщина 0,5-2 мкм ± 0,1 мкм), коэффициент трения снижается до <0,25 ± 0,05, а износостойкость и антиадгезия (степень адгезии <2% ± 0,5%) улучшаются. Конструкция объединяет механику удара и оптимизацию теплопроводности, угол резания кончика зуба составляет 25°-45° ± 5°, задний угол составляет 5°-15° ± 2°, и она подходит для армированного бетона или затвердевшего цемента с прочностью на сжатие 20-80 МПа.

Свойства материала зубьев дробления карбида бетона

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30, локально до 2400-2600±50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления >800°C±20°C, стойкость к окислению >95%±2%); Co повышает ударную вязкость (K_{Ic} 12-16 МПа·м^{1/2} ± 0,5, пиковое значение до 18 МПа·м^{1/2} ± 0,5) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (>100 Дж ± 10 Дж, мгновенное пиковое значение >300 Дж ± 20 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м (предпочтительно <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), плотность 14,8-15,2 г/см³ ± 0,1 г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) 6×10⁻⁶/°C±0,5×10⁻⁶/°C. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина <0,1 мкм ± 0,01 мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год, стойкость к Cl⁻ > 3000 часов ± 100 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость (> 900 °C ± 20 °C сохраняет 90% ± 2% от начальной твердости, термическая стабильность > 95% ± 2%).

Принцип работы зубьев дробления карбида в бетоне

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Под действием высокочастотного удара (частота удара $10-50 \text{ Гц} \pm 2 \text{ Гц}$, в зависимости от мощности оборудования $100-600 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$) и ударной силы ($50-300 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$) гидромолота или дробилки дробящие зубья врезаются в бетон, образуя дробленые частицы, и разрушают железобетонную конструкцию путем сдавливания (контактное давление $300-600 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) и раскалывания (усилие раскалывания $100-200 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$). Кончик зуба несет основную износную и термическую нагрузку (температура поверхности $500-800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м}\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>300 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Коническая конструкция кончика зуба оптимизирует эффективность удара (глубина дробления $5-30 \text{ см} \pm 2 \text{ см}$), а плоская конструкция повышает устойчивость к боковому напряжению ($<150 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$).

Производительность твердосплавных зубьев для дробления бетона

В условиях железобетона (прочность на сжатие $30-60 \text{ МПа}$), сборных панелей ($40-80 \text{ МПа}$) и затвердевшего цемента ($20-50 \text{ МПа}$) оптимизированные дробящие зубья имеют ресурс работы более $250-400 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$ (в зависимости от твердости материала), а производительность дробления составляет $50-150 \text{ м}^3/\text{ч} \pm 5 \text{ м}^3/\text{ч}$ (до $200 \text{ м}^3/\text{ч} \pm 5 \text{ м}^3/\text{ч}$, мощность $>500 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на вершине зуба, глубина износа $<0,05 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ (предпочтительно $<0,03 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$), рентгеновская дифракция (XRD) подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($>95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет $<150 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность дробящих зубьев из цементированного карбида вольфрама

Содержание Со

$6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $<6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $>12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $8\%-10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для бетона средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает прочность на $10\% \pm 2\%$.

Геометрический угол

резания $25^\circ-45^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность дробления (сила удара $< 20 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$, энергопотребление $< 30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$), $> 50^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $< 25^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску разрушения зуба.

Обработка поверхности

толщина вершины зуба $3-6 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

на $20\% \pm 3\%$), $<3 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $>6 \text{ мм} \pm 0,1$ Стоимость мм увеличивается на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiN (толщина $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($<0,3 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($>700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка **термообработанной базовой стали (твердость HRC**

$40-52 \pm 2$, глубина $1,5-3 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущей способности, срок службы незакаленной базы сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$.
Температура

рабочей среды

$>700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $>10\% \pm 2\%$ или содержание стали $>5\% \pm 1\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl^- (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования

частота удара $10-50 \text{ Гц} \pm 2 \text{ Гц}$, сила удара $50-300 \text{ кН} \pm 5 \text{ кН}$, мощность $100-600 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы и эффективность редуктора. Слишком высокие параметры ($>$ верхний предел $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

Типы зубьев для дробления бетона из карбида

Стандартные дробящие зубья

подходят для обычного бетона (прочность на сжатие $20-40 \text{ МПа}$), имеют диаметр $12-15 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высоту $25-30 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$, обладают отличной износостойкостью (срок службы > 300 часов ± 50 часов) и часто используются при сносе зданий.

Усиленные дробящие зубья

подходят для железобетона (прочность на сжатие $40-80 \text{ МПа}$), имеют диаметр $15-20 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высоту $30-40 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$, обладают высокой ударной прочностью ($> 150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) и подходят для сноса мостов.

Коррозионностойкие дробящие зубья

применяются для бетона, содержащего соль или воду, с поверхностным покрытием TiAlN (стойкость к Cl^- >3000 часов ± 100 часов), диаметр $12-15 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, высота $25-35 \text{ мм} \pm 2 \text{ мм}$, коррозионная стойкость $> 99\% \pm 1\%$, подходят для прибрежных построек.

Специальные дробящие зубья

включают в себя высокотемпературные ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняют $95\% \pm 2\%$) и износостойкие типы, подходящие для высокотемпературного или высокоплотного армированного бетона.

Применение твердосплавных зубьев для дробления бетона

Снос зданий

используется для дробления обычного бетона (прочность на сжатие $20-40 \text{ МПа}$) со сроком службы $300-400$ часов ± 50 часов в соответствии со стандартом GB 50300.

Снос мостов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

используется для железобетона (прочность на сжатие 40-80 МПа), а ударная вязкость (>100 Дж, пиковая $300 \text{ Дж} \pm 20 \text{ Дж}$) обеспечивает эффективное дробление в соответствии со стандартом JTG 3362. .

Промышленные отходы

используются для переработки затвердевшего цемента (прочность на сжатие 20-50 МПа), снижая пылеобразование ($<5\% \pm 1\%$), что соответствует стандарту ISO 10816. Для строительства

прибрежных зданий

используется бетон, содержащий соль, устойчивый к коррозии в морской воде (> 4000 часов ± 100 часов, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), в соответствии со стандартом DNVGL-RP-C203.

Сложные конструкции применяются из армированного или высокотвердого бетона с износостойкостью $>95\% \pm 2\%$ и эффективностью дробления 130

$\text{м}^3/\text{ч} \pm 5 \text{ м}^3/\text{ч}$ в 2025 году.

Технический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

представляют собой нано WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV $2200-2600 \pm 50$), а также добавляют TaC и NbC для повышения стабильности при высоких температурах ($>900 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: стойкость покрытия ZrC к окислению (прирост веса кислорода $<0,15\% \pm 0,05\%/\text{ч}$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированный датчик (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа в реальном времени (глубина $>1,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и вибрации ($<15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$), оптимизация цикла замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных форм зубов, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Экологическая адаптивность

позволяет разрабатывать коррозионно-стойкие и устойчивые к высокому давлению зубы (сопротивление давлению $> 60 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты и соображения безопасности

Соответствует GB 50300 (снос зданий), JTG 3362 (автомобильные мосты), ISO 10816 (контроль вибрации) и DNVGL-RP-C203 (морские правила). Стандарты низкого содержания пыли будут добавлены в 2025 году.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Твердосплавные шарошечные буровые коронки для бурения нефтяных и газовых скважин

Твердосплавное шарошечное буровое долото для бурения нефтяных и газовых скважин — это вращающийся режущий инструмент, предназначенный для разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений. Он в основном используется для разрушения горных пород и создания стволов скважин путем вращения и удара. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления роликов, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя эффективную работу в сложных пластовых условиях. Являясь ключевым компонентом бурового оборудования, шарошечные буровые долота напрямую влияют на скорость бурения, качество ствола скважины и срок службы бурового инструмента. Они широко используются в глубоких скважинах, сверхглубоких скважинах и различных типах пластов (таких как мягкие, твердые и абразивные пласты). На основе технологического прогресса отрасли и соответствующей информации в 2025 году в следующем содержании представлен обзор характеристик, технических деталей и областей применения шарошечных буровых долот.

1. Структура и материалы твердосплавных шарошечных буровых коронок

Твердосплавные шарошечные сверла обычно состоят из трех групп роликов, каждый из которых вращается вокруг своей оси и установлен на корпусе сверла. Корпус изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52), а ролики изготовлены из карбида вольфрама (WC, содержание >90%±1%) в качестве твердой фазы, кобальта (Co, 6%-12%±1%) в качестве связующей фазы, дополненного следовыми добавками (например, Cr, C, TaC, NbC) для оптимизации производительности. Производственный процесс включает порошковую металлургию (такую как SPS или HIP) для обеспечения того, чтобы плотность материала достигала 99,9% ± 0,1%, размер зерна контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм), а твердость составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Существует два типа зубьев: фрезерные зубья (стальные зубья) и вставные зубья (твердосплавные зубья). Стальные зубья подходят для мягких и среднетвердых пород, в то время как вставные зубья (TCI) предназначены для твердых или абразивных пород. Покрытие TiN или TiAlN (толщиной 0,5-2 мкм) может быть нанесено на кончик зуба, чтобы снизить коэффициент трения до <0,25 ± 0,05 и повысить износостойкость.

2. Принцип работы и характеристики твердосплавных шарошечных буровых коронок

Шарошечное долото работает путем вращения буровой коронки (скорость 60-250 об/мин) и создания на ней давления (давление на долото 50-300 кН). Шарошечное долото вращается вокруг своей оси, а зубья разрушают горную породу путем дробления и сдвига. Зубья буровой коронки длиннее и широко расставлены в мягких породах, а в твердых породах короче и плотнее. Конструкция подшипника (например, роликовые или опорные подшипники) оснащена системой герметизации (например, уплотнительными кольцами или

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

металлическими торцевыми уплотнениями) и смазкой для компенсации давления для продления срока службы. Буровая коронка генерирует вертикальные вибрации на дне скважины, преобразуя упругую энергию в ударную силу, чтобы способствовать дроблению породы, одновременно повышая эффективность резки за счет скользящего сдвига. Он подходит для пород с прочностью на сжатие 5-60 МПа, а глубина дробления может достигать нескольких метров, а эффективность зависит от породы.

3. Эксплуатационные характеристики и факторы, влияющие на шарошечные буровые коронки из твердого сплава

Свойства материала: WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 МПа·м^{1/2}), скорость износа <0,05 мм³/Н·м, высокую термостойкость (стойкость к окислению >800°C >95%). Добавки, такие как TaC, улучшают высокотемпературную стабильность.

Геометрический дизайн: Угол и форма зуба конуса регулируются в соответствии с пластом. Длинные зубья долота используются в мягких пластах, а короткие круглые зубья — в твердых пластах.

Рабочие параметры: давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора влияют на срок службы и эффективность. Чрезмерно высокие параметры могут сократить срок службы на 15%±2%.

Факторы окружающей среды: Высокая температура (>700°C), высокоабразивные или водосодержащие образования увеличивают износ на 5% ± 1%.

4. Типы и области применения твердосплавных шарошечных сверл

Фрезерное сверло

Применим для мягких и среднетвердых пород (5-20 МПа), срок службы 200-300 часов, обычно используется при начальном бурении.

Шарошечное буровое долото со вставными зубьями (TCI): подходит для твердых пород (20-60 МПа), срок службы 250-400 часов, широко применяется в глубоких скважинах.

Одноконусные/двухконусные сверла

Используется для направленного бурения или бурения мягких пород с более высокой эффективностью.

Сценарий применения

Разведка нефти и газа, глубокое бурение и строительство горизонтальных скважин. Испытания в 2025 году показали эффективность 50-150 м³/ч.

5. Технологическая разработка твердосплавных шарошечных буровых коронок

Новые материалы: Nano WC повышает твердость, а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению.

Интеллектуальный мониторинг: датчики отслеживают износ в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены.

3D-печать: технология SLM сокращает отходы материала и обеспечивает прочность 1400 МПа ± 50 МПа.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Гибридная конструкция: в сочетании с фиксированными режущими элементами для повышения адаптивности.

6. Безопасность и стандарты твердосплавных шарошечных сверл

В соответствии со стандартами API износ, превышающий предел (>6 мм), требует замены, уровень аварийности $<0,1\%$, необходимо носить средства индивидуальной защиты.

Благодаря своей универсальности и технологическим инновациям твердосплавные шарошечные буровые долота являются основными инструментами для бурения нефтяных и газовых скважин, способствуя повышению эффективности отрасли и оптимизации затрат.



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

Что такое буровое долото из карбида вольфрама для твердых пород и сланцев?

Буровые коронки из карбида вольфрама для твердых пород и сланца — это режущие инструменты, предназначенные для геологоразведки, бурения нефтяных и газовых скважин и добычи полезных ископаемых. Они в основном используются для эффективного бурения твердых пород и сланцевых образований. Их основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления буровых коронок, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя высокую эффективность и долговечность в высокотвердых и высокоабразивных образованиях. Являясь ключевым компонентом бурового оборудования, буровые коронки напрямую влияют на скорость бурения, качество ствола скважины и срок службы бурового инструмента и широко используются в твердых породах (таких как гранит, известняк) и сланцевых образованиях. Согласно последней информации в Интернете и технологическим достижениям, следующее содержание всесторонне расширяет структуру, принцип, тип, применение и технологическое развитие буровых коронок.

1. Структура и материалы твердосплавных буровых коронок для бурения твердых пород и сланцев

Буровые коронки обычно используют композитную конструкцию из PDC (поликристаллический алмазный композит) и цементированного карбида. Основной корпус изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52), а режущие зубья или лезвия используют карбид вольфрама (WC, содержание >90% ± 1%) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, 6%-12% ± 1%) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (например, Cr 0,5%-2% ± 0,1%, TaC 1%-3% ± 0,2%, NbC 0,5%-1,5% ± 0,1%) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C±10°C, давление 45-55 МПа±1 МПа, время выдержки 5-10 мин±1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C±10°C, давление 150-200 МПа±5 МПа, время выдержки 30-60 мин±5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9%±0,1% и пористость <0,1%±0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Толщина слоя PDC составляет 0,5-2 мм в сочетании с подложкой из цементированного карбида, что значительно повышает ударопрочность (K_{IC} с 12-18 МПа·м^{1/2} ± 0,5). На кончик зуба можно нанести покрытие TiN или TiAlN (толщиной 0,5–1,5 мкм ± 0,1 мкм), коэффициент трения снизится до <0,25 ± 0,05, износостойкость увеличится на 20% ± 3%, а усталостная прочность еще больше увеличится за счет модификации поверхности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(например, лазерного упрочнения).

2. Принципы и характеристики твердосплавных буровых коронок для твердых пород и сланцев

Буровое долото работает за счет вращения буровой коронки (скорость 100-300 об/мин $\pm$ 10 об/мин) и давления (давление на долото 50-400 кН $\pm$ 10 кН), а режущие зубья или лезвия разрушают твердую породу и сланец посредством сдвига и шлифования. Буровая коронка для твердой породы имеет схему расположения коротких зубьев с высокой плотностью, оптимизирует угол резания (15° - $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$) и улучшает проникновение в высокотвердые породы; буровая коронка для сланца имеет конструкцию с длинными зубьями с умеренным шагом для адаптации к структуре залегания и характеристикам развития трещин. Подшипниковая система оснащена высокопроизводительными подшипниками качения и металлическими торцевыми уплотнениями, которые устойчивы к высоким температурам ($> 200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и снижают износ за счет высококачественных смазочных материалов (таких как синтетические эфиры). Буровое долото создает высокое усилие сдвига ($>1000 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) на дне скважины в сочетании с промывочным и транспортирующим эффектом бурового раствора (на водной или масляной основе) для удаления мусора. Подходит для пластов с прочностью на сжатие 20-100 МПа, а глубина бурения может достигать сотен и тысяч метров. Эффективность варьируется в зависимости от твердости пласта (например, гранит 50-100 МПа, сланец 20-50 МПа), а средняя скорость бурения может достигать 10-50 м/ч. Новейшая технология также представляет технологию адаптивных колебаний для повышения эффективности бурения сланцевых пластов на $5\% \pm 1\%$.

3. Факторы, влияющие на производительность буровых коронок из карбида вольфрама для бурения твердых пород и сланцев

Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает прочность ($K_{1c} 12-16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение может достигать $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$), скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, высокую термостойкость (стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$ при $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Износостойкость слоя PDC на $30\% \pm 5\%$ выше, чем у цементированного карбида, но чувствительность к удару должна быть оптимизирована.

Геометрический дизайн

Угол резания 15° - $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ оптимизирует эффективность бурения. Буровое долото для твердых пород использует конические зубья для улучшения проникновения, а буровое долото для сланцевых пород использует плоские зубья для адаптации к слоистой структуре. Эффективность удаления стружки зависит от конструкции канавки для удаления стружки (ширина $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$). Оптимизированная конструкция спиральной канавки повышает скорость удаления стружки на $10\% \pm 2\%$.

Рабочие параметры

Давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, давление бурения $> 400 \text{ кН}$ или скорость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

вращения > 300 об/мин) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$. Оптимальные параметры необходимо динамически корректировать в соответствии с характеристиками пласта.

Факторы окружающей среды

Высокая температура ($>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), высокая абразивность (например, кварцевые пескосодержащие образования) или водосодержащие образования увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$. Скорость коррозии в средах, содержащих Cl^- (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивается до $0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, и требуется антикоррозионное покрытие (например, Cr_2O_3).

4. Типы твердосплавных буровых коронок для твердых пород и сланцев

Буровые коронки для твердых пород

Характеристики: Короткие зубья с высокой плотностью расположения, подходят для гранита и известняка (прочность на сжатие $50\text{--}100$ МПа), срок службы $200\text{--}350$ часов ± 20 часов, скорость бурения $10\text{--}20$ м/ч, обычно используются при разведке глубоких скважин и строительстве туннелей в твердых породах.

Буровые коронки для сланцевых скважин

Характеристики: Длинные зубья с умеренным шагом, подходят для сланцевых пластов (прочность на сжатие $20\text{--}50$ МПа), срок службы $250\text{--}400$ часов ± 20 часов, скорость бурения $20\text{--}40$ м/ч, широко используются при разработке месторождений сланцевого газа и мягких и твердых чередующихся пластов.

Гибридные сверла

Характеристики: Сочетание PDC и твердого сплава позволяет использовать его в сложных пластах (предел прочности на сжатие $20\text{--}100$ МПа) с эффективностью испытаний $60\text{--}120$ м³/ч ± 5 м³/ч, а также в переменных геологических условиях.

Специальные сверла

К ним относятся буровые коронки, устойчивые к высоким температурам ($>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), и буровые коронки, устойчивые к коррозии (устойчивость к $\text{Cl}^- > 7000$ часов ± 200 часов), оптимизированные для экстремальных условий, таких как глубоководное бурение и вулканические породы.

5. Применение твердосплавных буровых коронок для бурения твердых пород и сланцев

Геологическая разведка

Используется для глубокого отбора керна с точностью $\pm 0,01$ мм в соответствии со стандартом ISO 3551 для оценки геотермальных ресурсов.

Бурение нефтяных и газовых скважин

Применяется на месторождениях сланцевого газа, глубоких нефтегазовых месторождениях и при бурении на шельфе, имеет срок службы $300\text{--}400$ часов, соответствует стандартам API 7-1 и способствует развитию новых источников энергии.

Добыча полезных ископаемых

Используется для добычи твердых пород, таких как медь, железо и золото, с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износостойкостью $>95\% \pm 2\%$, в соответствии со стандартами ISO 10896, а также помогает в добыче редкоземельных металлов.

Строительство инфраструктуры

Он используется для бурения отверстий в туннелях, мостах и фундаментах высокоскоростных железных дорог, подходит для гранитных пластов и поддерживает проект «Один пояс, один путь».

Энергетический переход

Используется для бурения фундаментов башен ветряных турбин и геотермального бурения, обладает исключительной устойчивостью к высоким температурам в соответствии со стандартами IEC 61400.

Исследования и образование

Применяется в экспериментах по механике горных пород и бурении глубоководных отложений с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Оборона и аэрокосмическая промышленность

Используется для бурения подземных бункеров и укрепления фундаментов стартовых баз ракет, ударопрочность $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$.

6. Технологический прогресс в производстве твердосплавных буровых коронок для бурения твердых пород и сланцев

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает твердость ($\text{HV } 2200\text{--}2600 \pm 50$), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($> 98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$, что делает его пригодным для сверхглубоких скважин.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) контролируют износ (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30\text{--}50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных лопаток прочностью $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамически регулируйте параметры резки (такие как давление и скорость сверления) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Стандарты для буровых коронок из карбида вольфрама для бурения твердых пород и сланцев

Он соответствует международным стандартам, таким как API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 и IEC 61400. Если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), его необходимо заменить. Уровень аварийности составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторам необходимо носить средства защиты (защитные каски и очки). Добавлен новый стандарт низкого уровня износа, чтобы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подчеркнуть требования по защите окружающей среды.

Буровые коронки из карбида вольфрама для твердых пород и сланцев являются основными инструментами для проектов бурения благодаря своей высокой производительности и инновационному дизайну, которые способствовали повышению эффективности и оптимизации затрат на разработку глубоких ресурсов. В эпоху ИИ и на фоне промышленного Интернета перспективы их производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени они, как ожидается, достигнут более высокой точности и адаптивности в будущем.



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

Что такое шарошечное долото из карбида вольфрама для бурения глубоких и горизонтальных скважин?

Твердосплавные шарошечные буровые долота для глубоких и горизонтальных скважин представляют собой вращающиеся режущие инструменты, предназначенные для бурения глубоких и горизонтальных скважин. Они широко используются при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений и подходят для сложных пластовых условий. Их основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления роликов, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя эффективную работу на больших глубинах, при высоких температурах и в высокоабразивных средах. Являясь ключевым компонентом бурового оборудования, шарошечные буровые долота напрямую влияют на скорость бурения, устойчивость траектории ствола скважины и срок службы бурового инструмента, а также имеют важное применение в сверхглубоких скважинах, горизонтальных участках скважин и твердых пластах. На основе технологического прогресса в отрасли и соответствующей информации в следующем содержании представлен обзор характеристик, технических деталей и областей применения шарошечных буровых долот.

1. Структура и материалы твердосплавных шарошечных долот для бурения глубоких и горизонтальных скважин

Шарошечное сверло обычно состоит из трех или более групп роликов, установленных на корпусе из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52). Ролики используют карбид вольфрама (WC, содержание > 90% ± 1%) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, 6%-12% ± 1%) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (например, Cr 0,5%-2% ± 0,1%, TaC 1%-3% ± 0,2%, NbC 0,5%-1,5% ± 0,1%) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C ± 10°C, давление 45-55 МПа ± 1 МПа, время выдержки 5-10 мин ± 1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C ± 10°C, давление 150-200 МПа ± 5 МПа, время выдержки 30-60 мин ± 5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9% ± 0,1% и пористость < 0,1% ± 0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{-1/2}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Типы зубьев шестерен включают вставные зубья (TCI) или стальные зубья. TCI подходит для твердых пород, а стальные зубья подходят для мягких и среднетвердых пород. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5-2 мкм ± 0,1 мкм) может быть нанесено на кончик зуба, коэффициент трения снижается до < 0,25 ± 0,05, износостойкость повышается на 20% ± 3%, а усталостная прочность дополнительно повышается за счет модификации поверхности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(например, лазерного упрочнения). В системе подшипников используются подшипники качения или подшипники скольжения, оснащенные металлическими торцевыми уплотнениями и смазкой с компенсацией давления, и они устойчивы к высоким температурам ($>250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$).

2. Принцип работы и характеристики

Шарошечное долото работает за счет вращения буровой коронки (скорость 60-200 об/мин $\pm$ 10 об/мин) и давления (давление на долото 100-500 кН $\pm$ 10 кН). Шарошечное долото вращается вокруг своей оси, а зубья разрушают горную породу путем дробления, скалывания и измельчения. Буровое долото для глубоких скважин спроектировано с высокопрочной короткой зубчатой компоновкой и оптимизированным углом резания (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) для улучшения проникновения в высокотвердые породы; буровое долото для горизонтальных скважин оптимизировано с длинной зубчатой структурой для сопротивления боковым силам и адаптации к сложным траекториям и условиям эксцентрикового износа. Буровое долото создает высокую ударную силу (50-300 кН $\pm$ 10 кН) на дне скважины в сочетании с промывочным и транспортирующим эффектом бурового раствора (на водной или масляной основе) для удаления мусора и подходит для пород с прочностью на сжатие 20-80 МПа. Глубина бурения глубоких скважин может достигать 5000-8000 м, а длина горизонтального участка скважины может достигать 2000-3000 м. Эффективность зависит от пласта и может достигать 50-120 м/ч. Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности бурения в сложных пластах на $5\% \pm 1\%$.

3. Производительность и факторы, влияющие на нее

Свойства материала

WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{1c} 12-16 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5), скорость износа $<0,05$ мм³ / Н $\cdot$ м $\pm$ 0,01 мм³ / Н $\cdot$ м, высокую термостойкость (стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$ при $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). TaC улучшает высокотемпературную стабильность, а Cr₃C₂ снижает межкристаллитную коррозию.

Геометрический дизайн

Угол и форма зуба конуса регулируются в соответствии с глубиной и траекторией скважины. Для глубоких скважин используются короткие зубья с высокой плотностью, а для горизонтальных скважин используются длинные зубья с антиэксцентриковым износом. Конструкция канавки для удаления стружки (ширина 5-10 мм $\pm$ 0,5 мм) оптимизирует удаление стружки, а спиральная канавка повышает эффективность на $10\% \pm 2\%$.

Рабочие параметры

Давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, давление бурения > 500 кН или скорость вращения > 200 об/мин) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$ и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды

Высокая температура ($>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), высокая абразивность (например, кварцевые песчаные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

образования) или водосодержащие образования увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$. Высокое давление в глубоких скважинах ($>70 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$) требует улучшенной герметизации и смазки.

4. Типы и применение

Роторное буровое долото для глубоких скважин

Характеристики: Высокопрочная конструкция с короткими зубьями, подходит для сверхглубоких скважин ($>5000 \text{ м}$, прочность на сжатие $20\text{--}60 \text{ МПа}$), срок службы $200\text{--}350$ часов ± 20 часов, скорость бурения $20\text{--}50 \text{ м/ч}$, обычно используется при глубокой разведке нефти и газа.

Шарошечное долото для горизонтального бурения скважин

Характеристики: Длинная структура зубьев для сопротивления боковым нагрузкам, подходит для горизонтальных участков (прочность на сжатие $20\text{--}50 \text{ МПа}$), срок службы $250\text{--}400$ часов ± 20 часов, скорость бурения $30\text{--}70 \text{ м/ч}$, широко используется при разработке сланцевого газа и бурении по сложной траектории.

Гибридные сверла

Особенности: Сочетание зубьев из твердого сплава и стали подходит для сложных пород (прочность на сжатие $20\text{--}80 \text{ МПа}$) с эффективностью испытания $70\text{--}120 \text{ м}^3/\text{ч} \pm 5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и подходит для чередующихся мягких и твердых пород.

Специальные сверла

Включая буровые долота, устойчивые к высоким температурам ($>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) и буровые долота, устойчивые к высокому давлению (стойкость к давлению $>100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$), оптимизированные для глубоководного бурения и высокотемпературных пластов.

5. Применение твердосплавных шарошечных долот в глубоких скважинах и горизонтальных скважинах

Бурение нефтяных и газовых скважин

Применимы для сверхглубоких скважин, горизонтальных скважин и морского бурения, имеют срок службы $300\text{--}400$ часов, соответствуют стандартам API 7-1 и поддерживают разработку глубоких месторождений нефти и газа.

Геологическая разведка

Используется для глубокого отбора керна с точностью $\pm 0,01 \text{ мм}$ в соответствии со стандартом ISO 3551 для оценки геотермальных и минеральных ресурсов.

Добыча полезных ископаемых

Используется для добычи твердых пород, таких как медная и железная руда, с износостойкостью $>95\% \pm 2\%$, в соответствии со стандартами ISO 10896, а также помогает в добыче редкоземельных металлов.

Строительство инфраструктуры

Он используется для бурения глубоких котлованов под фундаменты туннелей и мостов, адаптируется к высокотвердым породам и поддерживает крупномасштабные инженерные проекты.

Энергетический переход

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Используется для геотермального бурения и армирования фундаментов башен ветряных электростанций, обладает исключительной устойчивостью к высоким температурам в соответствии со стандартами IEC 61400.

Исследования и разработки

Применяется для экспериментов по механике горных пород и испытаний глубоких скважин с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Оборонная инженерия

Используется для подземного бурения и укрепления фундаментов военных баз, ударопрочность $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$.

6. Технический прогресс

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает твердость ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($> 98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) контролируют износ (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных зубчатых колес с прочностью $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$ и снижением отходов материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивная технология

Динамически регулируйте давление бурения и скорость вращения, чтобы повысить эффективность на $15\% \pm 2\%$, а также оптимизируйте параметры бурения с помощью алгоритмов ИИ.

7. Безопасность и стандарты

Он соответствует международным стандартам, таким как API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 и IEC 61400. Если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), его необходимо заменить. Уровень аварийности составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторам необходимо носить средства защиты (защитные каски, очки). Необходимо усилить проверку безопасности и конструкцию герметизации в условиях высокого давления в глубоких скважинах.

Благодаря своей высокой производительности и инновационной конструкции, цементированные твердосплавные шарошечные буровые долота для глубоких и горизонтальных скважин являются основными инструментами для сложных проектов бурения, способствуя повышению эффективности и оптимизации затрат при глубокой разработке ресурсов. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы их производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается, что в будущем они достигнут более высокой точности и адаптивности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Что такое твердосплавные сверла для сверления гранита и базальта?

Буровые коронки из карбида гранита и базальта представляют собой режущие инструменты, предназначенные для бурения пород высокой твердости. Они в основном используются в геологоразведке, добыче полезных ископаемых и строительстве инфраструктуры, нацелены на сверхтвердые образования, такие как гранит и базальт. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления буровых коронок, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя эффективную работу в условиях высокой твердости и высокой абразивности. Являясь ключевым компонентом бурового оборудования, буровые коронки напрямую влияют на скорость бурения, срок службы буровой коронки и качество конструкции и широко используются при добыче твердых пород и глубоком бурении. На основе технологического прогресса в отрасли и связанной с этим информации следующий контент дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения буровых коронок.

1. Структура и материалы твердосплавных буровых коронок по граниту и базальту

Буровое долото имеет композитную конструкцию из PDC (поликристаллический алмазный композит) и цементированного карбида. Основной корпус изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52), а режущие зубья или лезвия используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (например, Cr $\leq 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), обеспечивающие плотность материала $99,9\% \pm 0,1\%$ и пористость $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет HV $1800-2200 \pm 30$ и может достигать $2400-2600 \pm 50$ локально. Слой PDC имеет толщину $0,5-2 \text{ мм}$ в сочетании с подложкой из цементированного карбида для повышения ударопрочности и износостойкости ($K_{1c} \leq 12-18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$). На кончик зуба можно нанести покрытие TiN или TiAlN (толщина $0,5-1,5 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), коэффициент трения снижается до $<0,25 \pm 0,05$, износостойкость повышается на $20\% \pm 3\%$, а усталостная прочность дополнительно повышается за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Сверло оснащено высокопроизводительными подшипниками и металлическими торцевыми уплотнениями и устойчиво к высоким температурам ($>250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$).

2. Принцип работы и характеристики твердосплавных буровых коронок по граниту и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

базальту

Буровое долото работает за счет вращения буровой коронки (скорость 80-250 об/мин $\pm$ 10 об/мин) и давления (давление на долото 100-500 кН $\pm$ 10 кН). Режущие зубья или лезвия разрушают гранит (прочность на сжатие 80-200 МПа) и базальт (100-300 МПа) посредством высокого сдвига и шлифования. Буровая коронка спроектирована с короткой высокоплотной компоновкой зубьев и оптимизированным углом резания (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) для адаптации к сверхтвердым породам. В сочетании с промывочным и транспортирующим эффектом бурового раствора (на водной или масляной основе) он снижает адгезию и накопление мусора. Буровая коронка создает высокую ударную силу (100-400 кН $\pm$ 10 кН) на дне скважины, что подходит для пород с высокой твердостью. Глубина бурения может достигать сотен и тысяч метров. Эффективность зависит от твердости породы и может достигать 30-80 м/ч. Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний, позволяющий повысить эффективность бурения сверхтвердых пород на $5\% \pm 1\%$.

Эксплуатационные характеристики и факторы, влияющие на твердосплавные сверла для сверления гранита и базальта

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает прочность (K_{1c} 12-16 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5), скорость износа $< 0,05$ мм³ / Н $\cdot$ м $\pm$ 0,01 мм³ / Н $\cdot$ м, высокая термостойкость (стойкость к окислению $> 95\% \pm 2\%$ при $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Износостойкость слоя PDC на $30\% \pm 5\%$ выше, чем у цементированного карбида, но чувствительность к удару должна быть оптимизирована.

Геометрическая конструкция : угол резания 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ оптимизирует эффективность сверления, а форма зуба коническая или сферическая для улучшения проникновения в гранит и базальт. Конструкция канавки для стружки (ширина 5-10 мм $\pm$ 0,5 мм) оптимизирует удаление стружки, а спиральная канавка повышает эффективность на $10\% \pm 2\%$.

Рабочие параметры : давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, давление бурения > 500 кН или скорость вращения > 250 об/мин) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$. Их необходимо динамически корректировать в соответствии с характеристиками пласта.

Факторы окружающей среды : Высокая температура ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), высокая абразивность (например, образования, содержащие кварцевый песок) или образование, содержащее воду, увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$, а высокое давление (> 100 МПа ± 5 МПа) требует усиления конструкции и уплотнений.

4. Типы и области применения твердосплавных буровых коронок по граниту и базальту

Сверла по граниту
Характеристики: Короткие зубья с высокой плотностью расположения, подходят для гранита (прочность на сжатие 80-200 МПа), срок службы 150-300 часов $\pm$ 20 часов, скорость бурения 20-40 м/ч, обычно используются при глубокой добыче полезных ископаемых.

Буровые коронки по базальту

Характеристики: Короткие зубья с высокой плотностью расположения, подходят для базальта (прочность на сжатие 100-300 МПа), срок службы 200-350 часов $\pm$ 20 часов, скорость бурения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

15-30 м/ч, широко используются в строительстве инфраструктуры.

Гибридные сверла

Характеристики: Сочетание PDC и твердого сплава позволяет использовать его в сверхтвердых и сложных породах (прочность на сжатие 80–300 МПа) с эффективностью испытаний 40–80 м³/ч ± 5 м³/ч, а также в переменных геологических условиях.

Специальные сверла

К ним относятся буровые долота, устойчивые к высоким температурам (>800°C ± 20°C), и буровые долота, устойчивые к высокому давлению (устойчивые к давлению >120 МПа ± 5 МПа), оптимизированные для экстремальных условий, таких как вулканические породы и глубоководные образования.

5. Применение твердосплавных сверл для сверления гранита и базальта

Геологическая разведка

Используется для глубокого отбора керна с точностью ±0,01 мм в соответствии со стандартом ISO 3551 для оценки геотермальных и минеральных ресурсов.

Добыча полезных ископаемых

Применяется при добыче гранитной и базальтовой руды, имеет износостойкость >95%±2% в соответствии со стандартами ISO 10896, облегчает добычу редкоземельных и драгоценных металлов.

Строительство инфраструктуры

Используется для бурения отверстий в фундаментах туннелей, мостов и высокоскоростных железных дорог, подходит для сверхтвердых пород и поддержки крупномасштабных инженерных проектов.

Энергетический переход

Он используется при геотермальном бурении и укреплении фундаментов башен ветряных электростанций, обладает исключительной устойчивостью к высоким температурам и соответствует стандартам IEC 61400.

Исследования и образование

Применяется для экспериментов по механике горных пород и бурения сверхтвердых пород с точностью <0,01 мм ± 0,005 мм.

Оборонная инженерия

Используется для бурения подземных бункеров и укрепления фундаментов военных баз, ударопрочность >50 Дж ± 5 Дж.

6. Технический прогресс в производстве твердосплавных гранитных и базальтовых буровых коронок

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно <0,5 мкм ± 0,01 мкм) повышает твердость (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению (> 98% ± 1%), продлевая срок службы на 25% ± 3%.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность ±0,05%) контролируют износ (глубина >0,5 мм ± 0,05 мм)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

и температуру ($<800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных лопаток прочностью $1600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивная технология

Динамически регулируйте параметры резки (такие как давление и скорость сверления) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Безопасность и стандарты для твердосплавных буровых коронок по граниту и базальту

Он соответствует международным стандартам, таким как API 7-1, ISO 3551, ISO 10896 и IEC 61400. Если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), его необходимо заменить. Уровень аварийности составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторам необходимо носить средства защиты (защитные каски и очки). Необходимо усилить проверки безопасности и структурные конструкции в условиях высокого давления.

Буровые коронки из карбида гранита и базальта являются основными инструментами для проектов бурения твердых пород благодаря своей высокой производительности и инновационному дизайну, которые способствовали повышению эффективности и оптимизации затрат на разработку глубоких ресурсов. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы их производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени они, как ожидается, достигнут более высокой точности и адаптивности в будущем.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Что такое твердосплавное буровое долото для отбора проб?

Буровая коронка для отбора керна из карбида вольфрама — это режущий инструмент, предназначенный для геологической разведки и научных исследований, используемый для получения высококачественных образцов керна из горных пород. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления буровой коронки, что обеспечивает превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя эффективное бурение и сохранение целостности керна в различных типах горных пород (таких как гранит, сланец, базальт). Являясь ключевым компонентом геологического бурового оборудования, буровая коронка для отбора керна напрямую влияет на точность отбора проб, скорость извлечения керна и срок службы бура и широко используется при разведке полезных ископаемых, разведке нефти и газа и экологических исследованиях. В соответствии с технологическим прогрессом в отрасли и соответствующей информацией, следующее содержание дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения буровых коронок для отбора керна.

1. Структура и материалы буровых коронок из карбида вольфрама для отбора керна

Буровые коронки для отбора керна обычно имеют цилиндрическую конструкцию с вкладышем на внутренней стенке для защиты сердечника, а основной корпус изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, закалочная твердость HRC 40-50). Режущая часть использует карбид вольфрама (WC, содержание >90%±1%) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, 6%-12%±1%) в качестве связующей фазы, дополненный микродобавками (например, Cr₃C₂ 0,5%-2%±0,1%, TaC 1%-3%±0,2%, NbC 0,5%-1,5%±0,1%) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C±10°C, давление 45-55 МПа±1 МПа, время выдержки 5-10 мин±1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C±10°C, давление 150-200 МПа±5 МПа, время выдержки 30-60 мин±5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9%±0,1% и пористость <0,1%±0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Режущие зубья или лезвия могут быть покрыты покрытием TiN или TiAlN (толщина 0,5-1,5 мкм ± 0,1 мкм), коэффициент трения снижается до <0,25 ± 0,05, износостойкость улучшается на 20% ± 3%, а усталостная прочность дополнительно улучшается за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Внутренний диаметр сверла разработан в соответствии с основными техническими характеристиками (такими как серии NQ, HQ, PQ), наружный диаметр составляет 50-150 мм ± 5 мм, оснащено высокоточными подшипниками и системами герметизации, а также имеет высокую термостойкость (>200°C ± 10°C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Принцип работы и характеристики буровых коронок из карбида вольфрама для отбора керна

работает за счет вращения буровой коронки (скорость 100-300 об/мин $\pm$ 10 об/мин) и давления (давление на долото 20-200 кН $\pm$ 5 кН). Режущие зубья режут породу по окружности, а керн поднимается к вершине буровой коронки по внутренней стенке. Буровая коронка предназначена для низкоскоростной резки с высоким крутящим моментом, оптимизированного угла резания (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$), снижения разрушения керна и объединения промывочного и транспортирующего эффекта бурового раствора (на водной или масляной основе) для обеспечения целостности керна. Подходит для пластов с прочностью на сжатие 20-200 МПа, а глубина бурения может достигать 1000-3000 м. Целевой показатель извлечения керна составляет $> 90\% \pm 2\%$, а эффективность зависит от твердости пласта, до 10-30 м/ч. Новейшая технология представляет собой механизм адаптивных колебаний, позволяющий увеличить скорость извлечения керна сложных пластов на $5\% \pm 1\%$.

3. Эксплуатационные характеристики и факторы, влияющие на буровые коронки из карбида вольфрама для отбора керна

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5), скорость износа $< 0,05$ мм³ / Н $\cdot$ м $\pm$ 0,01 мм³ / Н $\cdot$ м, высокая термостойкость (стойкость к окислению $> 95\% \pm 2\%$ при $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). Покрытие снижает скорость адгезии $< 2\% \pm 0,5\%$ и улучшает качество поверхности сердечника.

Геометрическая конструкция : угол резания 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ оптимизирует эффективность резания, форма зуба коническая или с плоским дном, гладкость внутренней стенки $< 0,1$ мм $\pm$ 0,01 мм, что снижает трение сердечника.

Рабочие параметры : давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора напрямую влияют на скорость извлечения. Чрезмерно высокие параметры (такие как давление бурения > 200 кН или скорость вращения > 300 об/мин) могут снизить целостность керна на $5\% \pm 1\%$ и должны корректироваться динамически.

Факторы окружающей среды : Высокая температура ($> 700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), высокая абразивность (например, кварцевые песчаные образования) или водосодержащие образования увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$, а вязкость бурового раствора необходимо регулировать для защиты керна.

4. Типы и области применения буровых коронок из карбида вольфрама для отбора керна

Буровая коронка для отбора проб мягких пород

Характеристики: Подходит для сланца и аргиллита (прочность на сжатие 20-50 МПа), срок службы 200-300 часов $\pm$ 20 часов, скорость бурения 20-30 м/ч, обычно используется для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

неглубокой разведки.

Буровые коронки для отбора проб твердых пород

Характеристики: Подходит для гранита и базальта (прочность на сжатие 50-200 МПа), срок службы 150-250 часов ± 20 часов, скорость бурения 10-20 м/ч, широко применяется при глубоком залегании полезных ископаемых.

Гибридные сверла

Характеристики: Сочетание PDC и твердого сплава, подходит для сложных пластов (прочность на сжатие 20–200 МПа), коэффициент извлечения при испытании $>95\% \pm 2\%$, подходит для мягких и твердых чередующихся пластов.

Специальные сверла

Включая буровые коронки, устойчивые к высоким температурам ($>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) и буровые коронки, устойчивые к высокому давлению (сопротивление давлению $>100 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$), оптимизированные для экстремальных условий, таких как глубоководные морские и вулканические образования.

5. Применение твердосплавных буровых коронок для отбора керна

Разведка полезных ископаемых

Используется для глубокого отбора проб руды, точность $\pm 0,01 \text{ мм}$, в соответствии со стандартом ISO 3551, применяется при разведке редкоземельных и драгоценных металлов.

Разведка нефти и газа

Применяется для глубокого отбора керна, имеет срок службы 200–300 часов, соответствует стандартам API 7-1 и помогает в оценке месторождений нефти и газа.

Исследования окружающей среды

При отборе проб почвы и отложений степень извлечения составляет $>90\% \pm 2\%$, что соответствует стандарту ASTM D2113 и используется в исследованиях по изменению климата.

Строительство инфраструктуры

Используется для геологических изысканий туннелей и мостов, подходит для высокотвердых пород и помогает при выборе места строительства.

Исследования и образование

Применяется для экспериментов по механике горных пород и геологических испытаний бурения с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Оборонная инженерия

Используется для разведки подземных ресурсов и оценки фундаментов военных баз, ударопрочность $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$.

6. Технология твердосплавных буровых коронок для отбора керна

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) контролируют износ (глубина $> 0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и состояние керна в режиме реального времени, оптимизируя параметры бурения с погрешностью $< 5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных режущих конструкций прочностью $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивная технология

Динамически регулируйте скорость резания, чтобы увеличить скорость извлечения на $5\% \pm 1\%$, и объединяйте алгоритм ИИ для оптимизации процесса бурения.

7. Безопасность и стандарты твердосплавных буровых коронок для отбора керна

Он соответствует международным стандартам, таким как ISO 3551, ASTM D2113 и API 7-1. Если износ превышает предел ($> 6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), его необходимо заменить. Уровень аварийности составляет $< 0,1\% \pm 0,02\%$. Операторам необходимо носить средства защиты (защитные каски, очки). Глубокое бурение требует усиленных испытаний на безопасность и конструкции герметизации.

Благодаря своей высокой точности и инновационной конструкции, твердосплавные коронки для отбора керна являются основными инструментами для геологоразведки, способствуя повышению эффективности разработки ресурсов и оптимизации качества данных. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается достижение более высокой точности и адаптивности в будущем.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Что такое твердосплавное долото для бурения геотермальных скважин?

Карбидные геотермальные буровые коронки — это режущие инструменты, специально разработанные для разработки геотермальных ресурсов, предназначенные для эффективного бурения высокотемпературных, высокотвердых и коррозионных образований для получения геотермальной энергии. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) для изготовления буровых коронок, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и устойчивость к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и долговечность в экстремальных условиях. Являясь ключевым компонентом геотермального бурового оборудования, буровые коронки напрямую влияют на скорость бурения, качество глубины скважины и срок службы бурового инструмента и широко используются при разведке и разработке геотермальной энергии. На основе технологического прогресса в отрасли и связанной с этим информации следующий контент дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения буровых коронок.

1. Структура и материалы твердосплавных коронок для бурения геотермальных скважин

Буровая коронка обычно имеет композитную конструкцию из PDC (поликристаллический алмазный композит) и цементированного карбида. Основной корпус изготовлен из жаропрочной легированной стали (например, 42CrMoNi, закалочная твердость HRC 40-52), а режущая часть использует карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный жаропрочными добавками (например, Cr $2,05\%-2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для повышения производительности. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), обеспечивающие плотность материала $99,9\% \pm 0,1\%$ и пористость $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет $\text{HV } 1800-2200 \pm 30$ и может достигать $2400-2600 \pm 50$ локально. Толщина слоя PDC составляет $0,5-2 \text{ мм}$ в сочетании с подложкой из цементированного карбида и устойчива к высоким температурам ($>400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$). На кончик зуба нанесено покрытие TiAlN или CrN (толщина $0,5-1,5 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), коэффициент трения снижен до $<0,25 \pm 0,05$, коррозионная стойкость повышена на $15\% \pm 2\%$, а усталостная стойкость дополнительно повышена за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Сверло оснащено высокотемпературными уплотнениями ($> 300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и системой смазки с компенсацией давления.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Принцип работы и характеристики твердосплавных коронок для бурения геотермальных скважин

Буровая коронка работает за счет вращения буровой коронки (скорость 80-200 об/мин $\pm$ 10 об/мин) и давления (давление на коронку 100-600 кН $\pm$ 10 кН). Режущие зубья или лезвия разрушают высокотемпературную породу (например, гранит, базальт, прочность на сжатие 80-300 МПа) путем сдвига и шлифования. Буровая коронка спроектирована с высокоплотной короткой зубчатой компоновкой и оптимизированным углом резания (15° - $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$) для адаптации к высокотемпературным и высоконапорным средам. Она сочетает в себе промывочный и транспортирующий эффекты высокотемпературных буровых растворов (на водной или масляной основе) для удаления мусора. Буровое долото создает высокую ударную силу (100-500 кН $\pm$ 10 кН) на дне скважины и подходит для геотермальных пластов глубиной 3000-7000 м и температурой 200 - $350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. Эффективность бурения зависит от твердости пласта и может достигать 20-60 м/ч. Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности бурения высокотемпературных пластов на $5\% \pm 1\%$.

3. Эксплуатационные характеристики и факторы влияния твердосплавных долот для бурения геотермальных скважин

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{1c} 12-16 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа $\cdot$ м^{1/2} $\pm$ 0,5), высокую термостойкость (стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$ при $>800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$). TaC улучшает термостойкость, Cr_3C_2 снижает межкристаллитную коррозию, а скорость коррозионной стойкости покрытия составляет $<0,01$ мм/год $\pm$ 0,001 мм/год.

Геометрическая конструкция : угол резания 15° - $25^{\circ} \pm 5^{\circ}$ оптимизирует эффективность бурения, а форма зуба коническая для улучшения проникновения в высокотвердые породы. Конструкция канавки для стружки (ширина 5-10 мм $\pm$ 0,5 мм) оптимизирует удаление стружки, а спиральная канавка повышает эффективность на $10\% \pm 2\%$.

Рабочие параметры : давление бурения, скорость вращения и расход бурового раствора напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, давление бурения > 600 кН или скорость вращения > 200 об/мин) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$. Их необходимо динамически корректировать в соответствии с характеристиками пласта.

Факторы окружающей среды : Высокая температура ($>350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), высокое давление (>100 МПа $\pm$ 5 МПа) или пласты, содержащие H_2S , увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$, что требует усовершенствованной антикоррозионной конструкции и высокотемпературной смазки.

4. Типы и области применения твердосплавных коронок для бурения геотермальных скважин

Неглубокое геотермальное буровое долото

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Характеристики: Применимо к глубине 200-1000 м, прочность на сжатие 20-80 МПа, срок службы 200-300 часов $\pm$ 20 часов, скорость бурения 30-50 м/ч, обычно используется при разработке месторождений с низкой тепловой энергией.

Глубокое геотермальное бурение

Характеристики: Применимо до глубины 3000-7000 м, прочность на сжатие 80-300 МПа, срок службы 150-250 часов $\pm$ 20 часов, скорость бурения 20-40 м/ч, широко используется в высокотемпературных геотермальных скважинах.

Гибридные сверла

Особенности: Сочетание PDC и твердого сплава позволяет использовать его в сложных высокотемпературных пластах (предел прочности при сжатии 20-300 МПа) с эффективностью испытаний 40-60 м³/ч $\pm$ 5 м³/ч, а также в переменных геологических условиях.

Специальные сверла

К ним относятся буровые коронки для сверхвысоких температур ($>400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и коррозионно-стойкие буровые коронки (устойчивые к H_2S > 5000 часов $\pm$ 200 часов), оптимизированные для экстремальных условий, таких как глубокие высокотемпературные пласты.

5. Применение твердосплавных коронок для бурения геотермальных скважин

Разведка геотермальной энергии

Используется для глубокой оценки геотермальных ресурсов с точностью $\pm 0,01$ мм в соответствии со стандартом ISO 3551 для определения потенциала геотермальной энергии.

Разработка глубокой тепловой энергии

Применимы для бурения высокотемпературных геотермальных скважин, имеют срок службы 200-300 часов, соответствуют стандартам API 7-1 и поддерживают выработку геотермальной электроэнергии.

Энергетический переход

Используется в геотермальном отоплении и новых энергетических проектах, обладает исключительной устойчивостью к высоким температурам и соответствует стандартам IEC 61400.

Исследования и разработки

Применяется для испытания геотермальных пластов и исследования теплового потока с точностью $<0,01$ мм $\pm$ 0,005 мм.

Строительство инфраструктуры

Используется в проектах по интеграции геотермальных скважин и инфраструктуры, адаптируется к высокотвердым слоям и поддерживает экологичные здания.

Оборонная инженерия

Для бурения геотермальных ресурсов и военных целей, ударопрочность >50 Дж $\pm$ 5 Дж.

6. Технология буровых коронок из карбида вольфрама для бурения геотермальных скважин

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) улучшает стойкость к высоким температурам (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($> 98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) контролируют износ (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя параметры сверления с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных режущих конструкций прочностью $1600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивная технология

Динамически регулируйте параметры резки (такие как давление и скорость сверления) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Безопасность и стандарты буровых коронок из карбида вольфрама для геотермальных скважин

Он соответствует международным стандартам, таким как ISO 3551, API 7-1 и IEC 61400. Если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), его необходимо заменить. Уровень несчастных случаев составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторам необходимо носить средства защиты (защитные каски, очки). Необходимо усилить проверки безопасности и конструкции герметизации в условиях высоких температур и высокого давления. Благодаря своей высокой производительности и инновационной конструкции цементированные твердосплавные геотермальные буровые коронки являются основными инструментами для геотермальной разработки, способствуя повышению эффективности и оптимизации затрат на возобновляемые источники энергии. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается, что в будущем он достигнет более высокой точности и адаптивности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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
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



Что такое твердосплавные фрезы для земснарядов?

Твердосплавные режущие зубья земснаряда являются своего рода высокоэффективными режущими инструментами, специально разработанными для земснарядов, используемых для дноуглубления рек, портов и выемки и очистки слоев морского дна. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и коррозионную стойкость, гарантируя высокую эффективность и долговечность в высокоабразивных, высоковлажных и содержащих примеси средах. Являясь ключевым компонентом ковша земснаряда или режущей головки, режущие зубья напрямую влияют на эффективность дноуглубления, производительность обработки материалов и срок службы оборудования и широко используются в обслуживании водных путей, строительстве портов и морской технике. Согласно технологическому

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

прогрессу отрасли и связанной с ним информации, следующее содержание дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения режущих зубьев.

1. Структура и материалы режущих зубьев земснаряда из карбида вольфрама

Режущие зубья обычно проектируются с заостренными или широкими лезвиями и устанавливаются на подложку из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, закалочная твердость HRC 40-52). Тело зуба использует карбид вольфрама (WC, содержание > 90% ± 1%) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, 6%-12% ± 1%) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (например, Cr 3 C 2 0,5%-2% ± 0,1%, TaC 1%-3% ± 0,2%, NbC 0,5%-1,5% ± 0,1%) для оптимизации износостойкости и коррозионной стойкости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C ± 10°C, давление 45-55 МПа ± 1 МПа, время выдержки 5-10 мин ± 1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C ± 10°C, давление 150-200 МПа ± 5 МПа, время выдержки 30-60 мин ± 5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9% ± 0,1% и пористость < 0,1% ± 0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Покрытие TiN или TiAlN (толщиной 0,5-2 мкм ± 0,1 мкм) наносится на кончик зуба, коэффициент трения снижается до < 0,25 ± 0,05, коррозионная стойкость улучшается на 15% ± 2%, а усталостная прочность дополнительно улучшается за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (прочность сварки > 700 МПа ± 20 МПа) или механический зажим (усилие зажима > 10 кН ± 0,5 кН), которые могут адаптироваться к работе с высоким крутящим моментом (200-800 кН·м ± 20 кН·м).

2. Принцип работы и характеристики режущих зубьев земснаряда из карбида вольфрама

Режущие зубья работают от механического или гидравлического привода земснаряда (скорость резания 0,5-2 м/с ± 0,1 м/с, мощность 500-2000 кВт ± 50 кВт), разрезая и выкапывая ил, глину или гравийные образования вдоль поверхности. Наконечники зубьев измельчают материал путем экструзии (контактное давление 150-400 МПа ± 10 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 30-70 МПа ± 5 МПа), что подходит для образований с прочностью на сжатие 5-50 МПа. Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию теплопроводности с углом входа 20°-40° ± 5°, углом заднего наклона 5°-15° ± 2° и сниженной вибрацией (ускорение < 10 м/с² ± 1 м/с²). Вершина зуба подвергается высоким абразивным и термическим нагрузкам (температура поверхности 200-500°C ± 10°C), а матрица обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв > 1200 МПа ± 50 МПа) и усталостную прочность (усталостная долговечность > 10⁶ раз ± 10⁴ раз). Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности резки сложных образований на 5% ± 1%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. Эксплуатационные характеристики и факторы, влияющие на режущие зубья земснаряда из карбида вольфрама

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 МПа·м^{1/2} ± 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа·м^{1/2} ± 0,5), скорость износа <0,05 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м, коррозионная стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год, стойкость к Cl⁻ >3000 часов ± 200 часов).

Геометрическая конструкция : заостренные зубья для твердых пород, широкие зубья для мягких или липких пород, оптимизированная эффективность резки (потребление энергии <10 кВтч/м³ ± 0,5 кВтч/м³). Конструкция канавки для стружки (ширина 5-10 мм ± 0,5 мм) оптимизирует сьем материала.

Рабочие параметры : скорость резания, мощность и поток бурового раствора напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, скорость > 2 м/с или мощность > 2000 кВт) могут сократить срок службы на 15% ± 2% и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды : содержание воды >15% ± 2%, содержание песка >5% ± 1% или соленость >3‰ ± 0,5‰ увеличивают износ на 5% ± 1% и требуют улучшенного антикоррозионного покрытия и смазки.

4. Типы и области применения режущих зубьев земснарядов из карбида вольфрама

Стандартные режущие зубья

Характеристики: Подходит для мягкого ила и глины (прочность на сжатие 5-20 МПа), срок службы 300-500 часов ± 20 часов, производительность резки 150-300 м³/ч, обычно используется для дноуглубительных работ на реках.

Усиленные режущие зубья

Характеристики: Подходит для гравия или твердого грунта (прочность на сжатие 20-50 МПа), срок службы 250-400 часов ± 20 часов, производительность резки 100-250 м³/ч, широко используется в портовом строительстве.

Коррозионностойкие режущие зубья

Характеристики: Подходит для использования в морской воде, стойкость к Cl⁻ излучению >4000 часов ± 200 часов, срок службы 350-450 часов ± 20 часов, подходит для морской техники.

Специальные режущие зубья

Включает в себя режущие зубья, устойчивые к высоким температурам (>500°C ± 10°C), и сверхизносостойкие режущие зубья (скорость износа <0,03 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), оптимизированные для экстремальных условий, таких как глубоководные дноуглубительные работы.

5. Применение твердосплавных режущих зубьев земснаряда

Техническое обслуживание канала

Используется для дноуглубительных работ на реках и каналах, имеет срок службы 300–400

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

часов, соответствует стандартам ISO 19901 по обеспечению безопасности судоходства.

Строительство порта

Применяется для расширения портов и очистки оснований доков, износостойкость $>95\% \pm 2\%$, в соответствии со стандартом DIN 19704.

Морская инженерия

Используется для подводной разработки грунта и прокладки трубопроводов, обладает исключительной коррозионной стойкостью и соответствует стандарту API 7K.

Экологическое управление

Применяется для очистки загрязненных отложений со степенью извлечения $>90\% \pm 2\%$, поддерживая проекты по улучшению качества воды.

Строительство инфраструктуры

Используется для дноуглубительных работ под фундаменты гидроэлектростанций и мостов, подходит для высокотвердых пород и поддержки крупномасштабных проектов.

Исследования и разработки

Применяется для отбора морских геологических проб и подводных испытаний с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Мелиорация земель, строительство островов и рифов

В проектах по освоению земель и строительству островов режущие зубья могут эффективно обрабатывать твердые образования морского дна (например, коралловые рифы и гравийные слои с прочностью на сжатие 20-50 МПа), достигать крупномасштабной выемки и засыпки грунта, иметь срок службы 300-450 часов и производительность $200-500 \text{ м}^3 / \text{ч}$, обеспечивая прогресс проекта. Особенно в строительстве островов и рифов коррозионная стойкость (стойкость $\text{Cl}^- > 4000$ часов) и износостойкость (скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$) режущих зубьев поддерживают непрерывную работу в морской среде, обеспечивают быстрое формирование стратегических искусственных островов и обеспечивают прочную основу для строительства национальной безопасности и национальной обороны. Усовершенствованные и специальные режущие зубья также могут справляться с высокотвердыми образованиями в глубоком море, удовлетворять насущные потребности строительства военных баз, портовых оборонных сооружений и морских станций снабжения, а также усиливать стратегический контроль Китая над ключевыми водами, такими как Южно-Китайское море.

6. Технология изготовления твердосплавных зубьев земснарядов

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает коррозионную стойкость ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ в режиме реального времени (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и оптимизируют циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных форм зубьев прочностью $1400 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамическая регулировка углов резания (например, угла входа и угла наклона) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Стандарты на твердосплавные режущие зубья земснарядов

Соответствует международным стандартам, таким как ISO 19901, DIN 19704, API 7K и т. д. Износ сверх предела ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) требует замены, уровень аварийности составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$, а операторы должны носить защитное снаряжение (защитный шлем, защитные очки, нескользящие ботинки). Для морской среды требуется нескользящая конструкция и улучшенная герметизация.

Благодаря своей высокой производительности и инновационному дизайну режущие зубья земснаряда из карбида являются основными инструментами дноуглубительной техники, которые способствовали повышению эффективности разработки водных ресурсов и оптимизации затрат. В эпоху ИИ и на фоне промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается, что в будущем он достигнет более высокой точности и адаптивности, особенно в мелиорации земель, строительстве островов и рифов и национальных оборонных проектах.



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


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatun

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

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

Что такое твердосплавные зубья для разрушения древесины?

Карбидные зубья для дробления древесины являются высокоэффективным режущим инструментом, разработанным для дробилок древесины, используемых для дробления древесины, веток и древесных отходов на мелкие частицы или щепу. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя высокую эффективность и долговечность в условиях высокой интенсивности, высокой влажности и примесей. Являясь ключевым компонентом барабана или режущего диска для дробления древесины, дробящие зубья напрямую влияют на эффективность дробления, однородность частиц и срок службы оборудования и широко используются в деревообработке, производстве энергии из биомассы и переработке отходов. Согласно прогрессу в области технологий и связанной с этим информации, следующее содержание дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения дробящих зубьев.

1. Структура и материал твердосплавных зубьев древеснодробильной машины

Дробящие зубья обычно проектируются с заостренными или зубчатыми наконечниками и устанавливаются на подложке из высокопрочной легированной стали (например, 40Cr, закалочная твердость HRC 40-50). Тело зуба использует карбид вольфрама (WC, содержание >90%±1%) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, 6%-12%±1%) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (например, Cr з 0,5%-2%±0,1%, VC <1%±0,1%) для оптимизации износостойкости и антиадгезионных характеристик. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C±10°C, давление 45-55 МПа±1 МПа, время выдержки 5-10 мин±1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C±10°C, давление 150-200 МПа±5 МПа, время выдержки 30-60 мин±5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9%±0,1% и пористость <0,1%±0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать 2400-2600 ± 50 локально. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5-1,5 мкм ± 0,1 мкм) наносится на кончик зуба, коэффициент трения снижается до <0,25 ± 0,05, а антиадгезия (степень адгезии <2% ± 0,5%) повышает эффективность обработки древесины, а противостатические характеристики дополнительно улучшаются за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Методы крепления включают болтовое соединение или сварку (прочность сварки >600 МПа ± 20 МПа), которые могут быть адаптированы к работе с высоким крутящим моментом (100-500 кН·м ± 10 кН·м).

2. Принцип работы и характеристики твердосплавных зубьев для дробления древесины

Дробящие зубья работают за счет вращения древесной дробилки (скорость 200-600 об/мин ±

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

20 об/мин, мощность 50-300 кВт $\pm$ 10 кВт), разрезая и дробя вдоль поверхности древесины. Кончик зуба разлагает древесные волокна путем экструзии (давление контакта 50-150 МПа $\pm$ 5 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 20-50 МПа $\pm$ 2 МПа), подходит для древесины с твердостью 5-30 МПа и примесных слоев. Конструкция объединяет механику резки и оптимизацию теплопроводности с углом входа 25° - $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, углом заднего переднего угла 5° - $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ и сниженной вибрацией (ускорение $<8 \text{ м/с}^2 \pm 0,5 \text{ м/с}^2$). Кончик зуба подвергается высоким нагрузкам износа и адгезии (температура поверхности $100\text{-}300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), а матрица обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $>1100 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) и сопротивление усталости (усталостная долговечность $>10^6$ раз $\pm 10^4$ раз). Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности дробления сложной древесины и загрязненных слоев на $5\% \pm 1\%$.

3. Производительность и факторы, влияющие на твердосплавные зубья для дробления древесины

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} с $12\text{-}16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение может достигать $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$), скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, коррозионная стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$).

Геометрическая конструкция : заостренные зубья для твердой древесины или древесины с гвоздями, зубья с насечками для мягкой древесины или древесины большого диаметра, оптимизированная эффективность дробления (потребление энергии $<5 \text{ кВтч/м}^3 \pm 0,2 \text{ кВтч/м}^3$). Конструкция канавки для стружки (ширина $5\text{-}10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) оптимизирует выброс древесной стружки.

Рабочие параметры : Скорость, мощность и скорость подачи напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, скорость > 600 об/мин или мощность > 300 кВт) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$ и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды : Содержание воды $>20\% \pm 2\%$, содержание примесей $>5\% \pm 1\%$ или температура $>300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ увеличит износ на $5\% \pm 1\%$. Необходимо регулярно очищать адгезию и оптимизировать покрытие.

4. Типы твердосплавных зубьев для дробления древесины

Стандартные дробящие зубы

Характеристики: Подходит для мягкой древесины и веток (твердость 5-15 МПа), срок службы 400-600 часов ± 20 часов, эффективность дробления $100\text{-}200 \text{ м}^3/\text{ч}$, обычно используется при производстве топлива из биомассы.

Улучшенные дробящие зубы

Характеристики: Подходит для твердой древесины или древесины, содержащей металлические примеси (твердость 15-30 МПа), срок службы 300-500 часов ± 20 часов, эффективность дробления $80\text{-}150 \text{ м}^3/\text{ч}$, широко используется при переработке древесных отходов.

Зубья, препятствующие налипанию

Характеристики: Подходит для древесины с высокой влажностью, скорость адгезии $<1\% \pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0,5%, срок службы 450-600 часов ± 20 часов, подходит для влажной среды.

Специальные дробящие зубья

Включает в себя дробящие зубья, устойчивые к высоким температурам ($>300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и сверхизносостойкие дробящие зубья (скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), оптимизированные для экстремальных условий, таких как обработка маслянистой древесины.

5. Применение твердосплавных зубьев для дробления древесины

Обработка древесины

Используется для измельчения бревен и древесных отходов, срок службы 400-500 часов, в соответствии со стандартами ISO 17225, применяется в производстве изделий из древесины.

Производство энергии из биомассы

Применяется для подготовки древесной щепы и биотоплива, производительность 100-200 $\text{м}^3/\text{ч}$, соответствует стандарту EN 14961, поддерживает возобновляемые источники энергии.

Переработка отходов

Используется для переработки древесных отходов и строительной древесины с износостойкостью $>95\% \pm 2\%$ в соответствии со стандартом DIN 51731, способствуя циркулярной экономике.

Управление лесным хозяйством

Используется для обрезки деревьев и переработки остатков веток, подходит для древесины высокой твердости и способствует экологическому восстановлению.

Производство мебели

Используется для предварительной обработки древесины и сбора щепы с точностью $<0,1 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ для оптимизации производственных процессов.

Исследования и разработки

Применяется в экспериментах по механике древесины и исследованиях биомассы с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

6. Технология твердосплавных зубьев для дробления древесины

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на 25% $\pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ в режиме реального времени (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и оптимизируют циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя 30-50 $\text{мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных форм зубьев с прочностью 1300 МПа $\pm 50 \text{ МПа}$ и снижением отходов материала на 10% $\pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамическая регулировка углов резания (например, угла входа и угла наклона) для

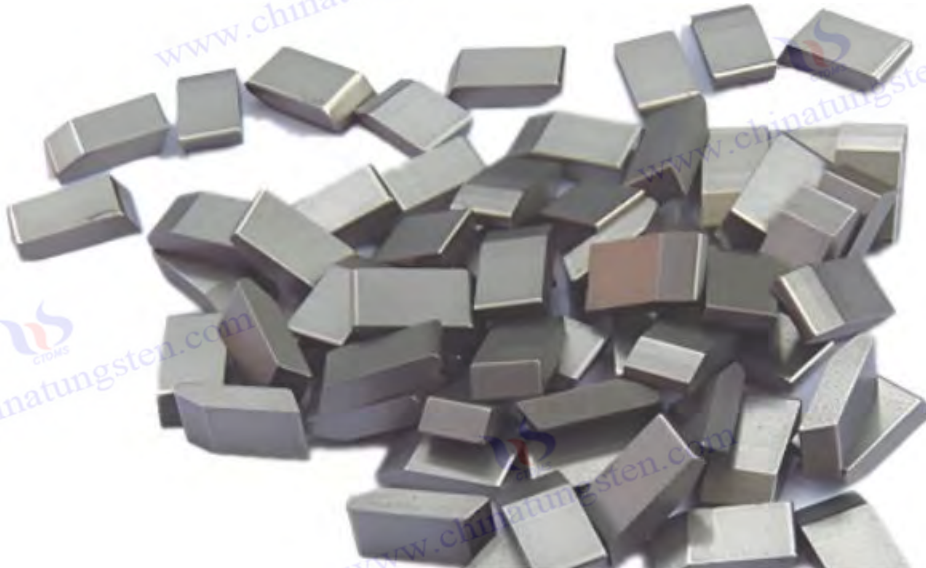
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Стандартные твердосплавные зубья для дробления древесины

Соответствуют международным стандартам, таким как ISO 17225, EN 14961 и DIN 51731. Замена требуется, если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$). Уровень несчастных случаев составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторы должны носить средства защиты (защитный шлем, защитные очки, нескользящие ботинки). Среда с высокой влажностью требует нескользящей конструкции и регулярного обслуживания.

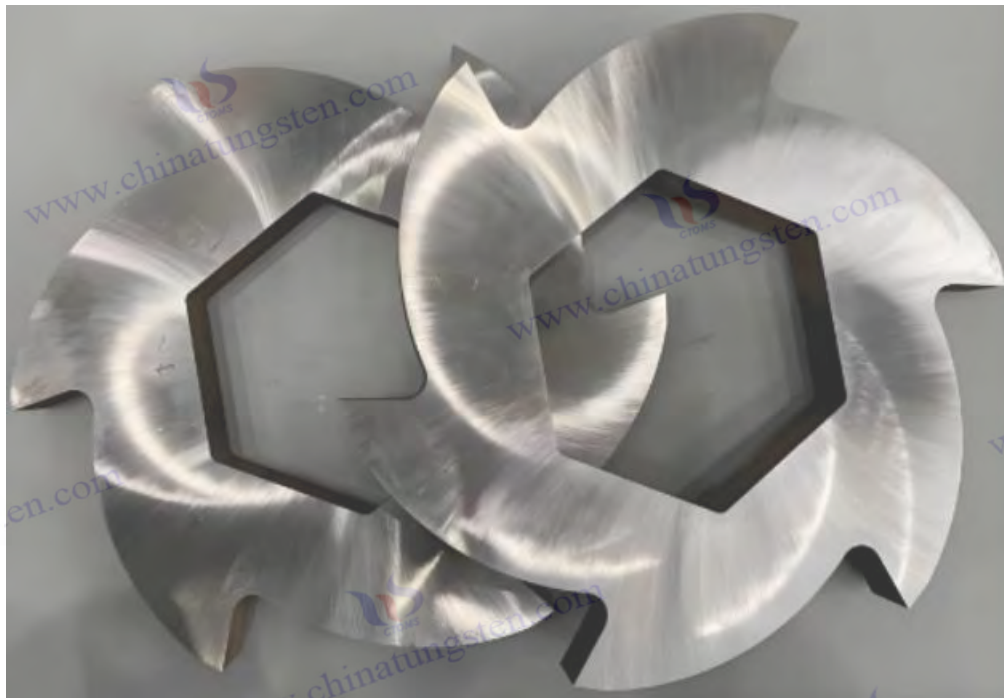
Зубья карбидной щепдробилки являются основными инструментами деревообрабатывающей промышленности благодаря своей высокой производительности и инновационному дизайну, способствующим эффективности использования ресурсов и устойчивому производству. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается достижение более высокой точности и адаптивности в будущем.



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





Что такое твердосплавные зубья пил для лесозаготовок?

Зубья пил для валки леса из карбида вольфрама представляют собой высокоэффективный режущий инструмент, предназначенный для лесозаготовительного оборудования, используемого для резки деревьев, стволов и древесины. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием, что обеспечивает превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя высокую эффективность и долговечность при высокой интенсивности, высокой влажности и сложных условиях. Являясь ключевым компонентом лесозаготовительных машин или цепных пил, зубья пил напрямую влияют на скорость резки, качество древесины и срок службы оборудования и широко используются при лесозаготовках, деревообработке и управлении лесонасаждениями. На основе технологического прогресса в отрасли и соответствующей информации в следующем содержании представлен обзор характеристик, технических деталей и областей применения зубьев пил.

1. Структура и материалы зубьев пил из твердого сплава для лесозаготовок

Зубья пилы обычно имеют форму острых треугольников или трапеций и устанавливаются на подложку из высокопрочной легированной стали (например, 40Cr, закалочная твердость HRC 40-50). В теле зуба в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы - кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (например, $\text{Cr} \pm 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, $\text{VC} < 1\% \pm 0,1\%$) для оптимизации износостойкости и антиадгезионных характеристик. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

выдержки 5-10 мин $\pm$ 1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C $\pm$ 10°C, давление 150-200 МПа $\pm$ 5 МПа, время выдержки 30-60 мин $\pm$ 5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9% $\pm$ 0,1% и пористость <0,1% $\pm$ 0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм $\pm$ 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 $\pm$ 30 и может достигать 2400-2600 $\pm$ 50 локально. Покрытие TiN или TiAlN (толщина 0,5-1,5 мкм $\pm$ 0,1 мкм) наносится на кончик зуба, коэффициент трения снижается до <0,25 $\pm$ 0,05, а антиадгезия (степень адгезии <2% $\pm$ 0,5%) улучшает эффективность резки, а противоусталостные характеристики дополнительно улучшаются за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Методы крепления включают механическую заделку или сварку (прочность сварки >500 МПа $\pm$ 20 МПа), которые могут быть адаптированы к работе с высоким крутящим моментом (50-300 кН·м $\pm$ 10 кН·м).

2. Принцип работы и характеристики зубьев пил из карбида вольфрама для лесозаготовок

Зубья пилы работают, вращая цепь или диск валочной машины (скорость 1000-3000 об/мин $\pm$ 100 об/мин, мощность 20-150 кВт $\pm$ 5 кВт), разрезая вдоль поверхности ствола. Вершина зуба разлагает древесное волокно посредством экструзии (давление контакта 30-100 МПа $\pm$ 5 МПа) и сдвига (прочность на сдвиг 15-40 МПа $\pm$ 2 МПа), подходит для деревьев с твердостью 5-25 МПа и слоями примесей. Конструкция объединяет механику резки и оптимизацию теплопроводности с углом входа 20°-35° $\pm$ 5°, углом наклона 5°-10° $\pm$ 2° и сниженной вибрацией (ускорение < 6 м/с² $\pm$ 0,5 м/с²). Вершина зуба подвергается высоким нагрузкам износа и адгезии (температура поверхности 50-200°C $\pm$ 10°C), а матрица обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв>1000 МПа $\pm$ 50 МПа) и сопротивление усталости (усталостная долговечность>10⁶ раз $\pm$ 10⁴ раз). Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности резки сложных пород деревьев и загрязненных образований на 5% $\pm$ 1%.

3. Производительность и факторы, влияющие на зубья пил из карбида вольфрама для лесозаготовок

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 МПа·м^{1/2} $\pm$ 0,5, пиковое значение может достигать 18 МПа·м^{1/2} $\pm$ 0,5), скорость износа <0,05 мм³/Н·м $\pm$ 0,01 мм³/Н·м, коррозионная стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год $\pm$ 0,001 мм/год).

Геометрическая конструкция : треугольные зубья для твердой древесины или стволов большого диаметра, трапециевидные зубья для мягкой древесины или тонких ветвей, оптимизированная эффективность резки (потребление энергии <3 кВтч/м³ $\pm$ 0,1 кВтч/м³). Конструкция канавки для стружки (ширина 3-8 мм $\pm$ 0,5 мм) оптимизирует выброс древесной стружки.

Рабочие параметры : скорость, мощность и давление подачи напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, скорость > 3000 об/мин или мощность >

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

150 кВт) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$ и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды : Содержание воды $>20\% \pm 2\%$, содержание примесей $>5\% \pm 1\%$ или температура $>200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ увеличит износ на $5\% \pm 1\%$. Смолу необходимо регулярно очищать, а покрытие необходимо оптимизировать.

4. Типы твердосплавных зубьев пил для лесозаготовок

Стандартная пилообразная

Характеристики: Подходит для мягких и средних пород древесины (твердость 5-15 МПа), срок службы 500-700 часов ± 20 часов, производительность резки 50-100 м³/ч, обычно используется при лесозаготовках.

Улучшенное наложение псевдонимов

Характеристики: Подходит для твердой древесины или стволов, содержащих примеси (твердость 15-25 МПа), срок службы 400-600 часов ± 20 часов, производительность резки 40-80 м³/ч, широко используется в коммерческом лесном хозяйстве.

Зуб пилы с защитой от прилипания

Особенности: Подходит для деревьев с высокой влажностью или содержанием смолы, скорость адгезии $<1\% \pm 0,5\%$, срок службы 550-700 часов ± 20 часов, подходит для влажной лесной среды.

Специальный пилообразный

Включает в себя зубья, устойчивые к высоким температурам ($>200^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и сверхизносостойкие зубья (скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), оптимизированные для экстремальных условий, таких как обработка нефтеносных пород.

5. Применение зубьев пил из карбида вольфрама для валки леса

Лесозаготовки

Используется для резки деревьев и стволов, срок службы 500-600 часов, соответствует стандарту ISO 11837, применяется при освоении лесных ресурсов.

Обработка древесины

Применяется для первичной обработки бревен и рубки леса, производительностью 50-100 м³/ч, в соответствии со стандартом EN 13556, обеспечивая производство изделий из древесины.

Управление лесонасаждением

Используется для обрезки деревьев и расчистки веток, имеет износостойкость $>95\% \pm 2\%$ и соответствует стандарту DIN 18915, способствует восстановлению экологии.

Производство энергии из биомассы

Используется для предварительной обработки древесины и подготовки биотоплива, подходит для древесины высокой твердости и соответствует стандарту EN 14961.

Строительство инфраструктуры

Используется для расчистки лесных дорог и подготовки к транспортировке древесины, имеет ударопрочность $>40 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, способствует продвижению проектов.

Исследования и разработки

Применяется в экспериментах по механике древесины и исследованиях в лесном хозяйстве с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

6. Технология изготовления твердосплавных зубьев лесозаготовительных пил

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 $\pm$ 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ в режиме реального времени (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и оптимизируют циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30\text{-}50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных форм зубьев с прочностью $1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$ и снижением отходов материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамически регулируйте углы резания (например, угол входа и угол наклона назад) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

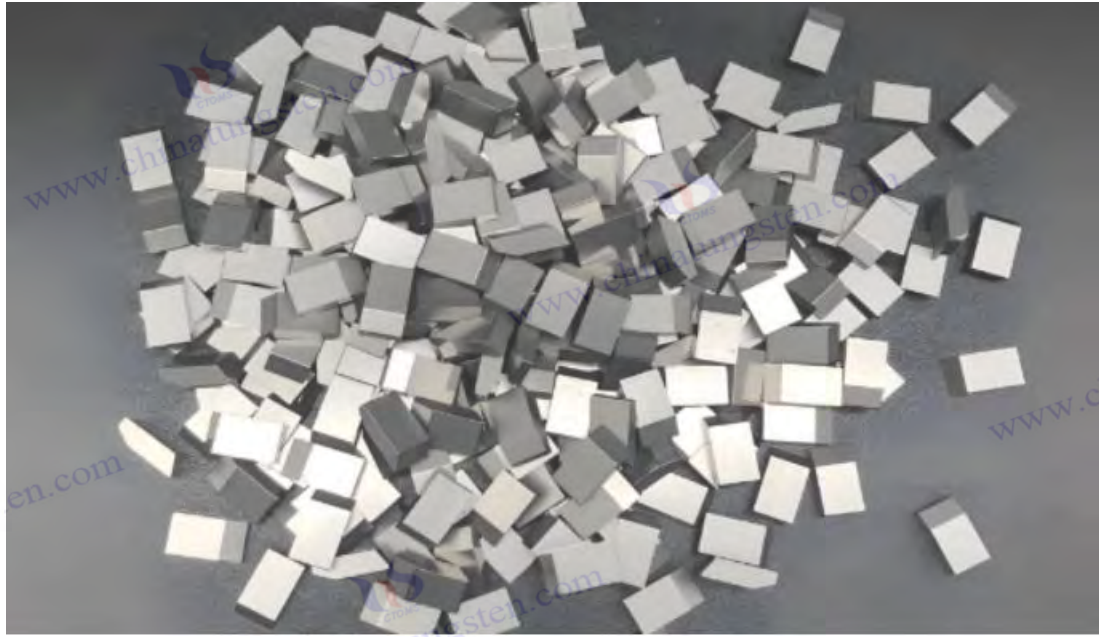
7. Стандарты на зубья твердосплавных пил для валки леса

Он соответствует международным стандартам, таким как ISO 11837, EN 13556 и DIN 18915. Замена требуется, когда износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$), а уровень несчастных случаев составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторы должны носить защитное снаряжение (защитные каски, очки и нескользящие ботинки). В условиях высокой влажности требуется нескользящая конструкция и регулярное техническое обслуживание. Благодаря своей высокой производительности и инновационной конструкции твердосплавные зубья пилы для валки леса являются основными инструментами лесной промышленности, способствуя повышению эффективности рубки и устойчивому развитию лесного хозяйства. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается, что в будущем он достигнет более высокой точности и адаптивности.

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



Что такое лемех из карбида вольфрама для рекультивации земель?

Твердосплавный лемех для мелиоративных работ — это высокоэффективный режущий инструмент, предназначенный для сельскохозяйственной техники, используемый для обработки, рыхления и рекультивации твердых земель. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием для обеспечения превосходной твердости, износостойкости и ударопрочности, гарантируя высокую эффективность и долговечность в условиях высокой интенсивности, высокой влажности и загрязнений. Являясь важным компонентом трактора или мелиоративной машины, лемех напрямую влияет на глубину обработки, качество почвы и срок службы оборудования и широко используется в мелиорации, сельскохозяйственном развитии и улучшении почвы. На основе технологического прогресса в отрасли и связанной с этим информации следующий контент дает обзор характеристик, технических деталей и областей применения лемеха.

1. Конструкция и материалы лемеха из карбида вольфрама для мелиоративных работ

Головка лемеха обычно имеет форму острого клина или дуги и устанавливается на подложку из высокопрочной легированной стали (например, 40CrMo, закалочная твердость HRC 40-52). В теле зуба в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание >90%±1%), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, 6%-12%±1%), дополненный следовыми добавками (например, Cr з C з 0,5%-2%±0,1%, TaC 1%-3%±0,2%) для оптимизации износостойкости и коррозионной стойкости. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура 1350-1450°C±10°C, давление 45-55 МПа±1 МПа, время выдержки 5-10 мин±1 мин) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура 1400-1500°C±10°C, давление 150-200 МПа±5 МПа, время выдержки 30-60 мин±5 мин), обеспечивающие плотность материала 99,9%±0,1% и пористость <0,1%±0,05%. Размер зерна точно контролируется на уровне 0,5–2 мкм (предпочтительно 0,8–1,2 мкм ± 0,01 мкм), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$), с диапазоном твердости HV 1800–2200 ± 30, а локально до 2400–2600 ± 50. Покрытие TiN или TiAlN (толщиной 0,5–1,5 мкм ± 0,1 мкм) наносится на кончик головки лемеха, коэффициент трения снижается до <0,25 ± 0,05, коррозионная стойкость улучшается на 15% ± 2%, а усталостная прочность дополнительно улучшается за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (прочность сварки > 700 МПа ± 20 МПа) или механический зажим (усилие зажима > 10 кН ± 0,5 кН), которые могут адаптироваться к работе с высоким крутящим моментом (200-600 кН·м ± 20 кН·м).

2. Принцип работы и характеристики лемеха из карбида вольфрама для мелиоративных работ

Лемех работает от механического привода трактора или культиватора (рабочая скорость 1-3

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

м/с, мощность 50-200 кВт), врезаясь в поверхность почвы и вспахивая ее. Наконечник лемеха разрушает твердую почву, обломки камней или корни посредством сжатия (давление контакта $100-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$) и сдвига (прочность на сдвиг $20-60 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$) и подходит для пластов с прочностью на сжатие 5-40 МПа. Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию теплопроводности с углом входа $25^\circ-40^\circ \pm 5^\circ$, углом наклона назад $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ и сниженной вибрацией (ускорение $<10 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$). Головка лемеха подвергается высоким абразивным и термическим нагрузкам (температура поверхности $50-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$), а матрица обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^4 \text{ раз}$). Новейшая технология внедряет адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности обработки в сложных пластах на $5\% \pm 1\%$.

3. Производительность и факторы, влияющие на лемех из карбида вольфрама для мелиоративных работ

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 $\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение может достигать 18 $\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$), скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, коррозионная стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$).

Геометрическая конструкция : клиновидный лемех подходит для твердой почвы или каменистой почвы, а изогнутый лемех подходит для мягкой или липкой почвы, оптимизируя эффективность обработки почвы (потребление энергии $<8 \text{ кВтч/м}^3 \pm 0,3 \text{ кВтч/м}^3$). Конструкция канавки для сброса почвы (ширина 5-10 мм $\pm 0,5 \text{ мм}$) оптимизирует сброс почвы.

Рабочие параметры : рабочая скорость, мощность и глубина обработки почвы напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, скорость $> 3 \text{ м/с}$ или мощность $> 200 \text{ кВт}$) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$ и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды : содержание воды $>15\% \pm 2\%$, содержание песка $>5\% \pm 1\%$ или температура $>250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$ и требуют улучшенного антикоррозионного покрытия и смазки.

4. Типы твердосплавных лемехов для мелиоративных плугов

Стандартный лемех

Характеристики: Подходит для мягких почв и слоев средней твердости (прочность на сжатие 5-20 МПа), срок службы 400-600 часов ± 20 часов, производительность обработки почвы 50-150 $\text{м}^3/\text{ч}$, широко используется в сельскохозяйственном освоении.

Усиленная головка лемеха

Особенности: Подходит для твердых почв или каменистых пластов (прочность на сжатие 20-40 МПа), срок службы 300-500 часов ± 20 часов, производительность обработки почвы 40-100 $\text{м}^3/\text{ч}$, широко применяется при рекультивации земель.

Коррозионностойкий лемех

Характеристики: Подходит для почв с высокой влажностью или солено-щелочных почв,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

устойчивость к Cl^- >3000 часов $\pm$ 200 часов, срок службы 450-600 часов $\pm$ 20 часов, подходит для прибрежного сельского хозяйства.

Специальный лемех

К ним относятся лемехи, устойчивые к высоким температурам ($>250^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$), и сверхизносостойкие лемехи (скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), оптимизированные для экстремальных условий, таких как обработка каменистых почв.

5. Применение лемеха из карбида вольфрама для мелиоративных работ

Рекультивация земель

Используется для обработки пустырей и необрабатываемых земель, имеет срок службы 400-500 часов, соответствует стандартам ISO 9134, применяется при расширении сельскохозяйственных угодий.

Развитие сельского хозяйства

Применяется для улучшения почвы и подготовки к посадке с производительностью 50-150 $\text{м}^3/\text{ч}$ в соответствии со стандартом EN 13536, поддерживает производство продуктов питания.

Улучшение почвы

Используется для обработки затвердевших почв и солено-щелочных земель, имеет износостойкость $>95\% \pm 2\%$ в соответствии со стандартом DIN 18907, способствует рекультивации земель.

Строительство лесного хозяйства и пастбищ

Он используется для расчистки лесов и восстановления пастбищ, адаптируется к слоям с высокой твердостью и поддерживает экологическое сельское хозяйство.

Строительство инфраструктуры

Используется для рытья каналов для орошения сельскохозяйственных угодий и выравнивания земель, имеет ударопрочность $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, поддерживает инженерные нужды.

Исследования и разработки

Применяется в экспериментах по механике почв и исследованиях сельскохозяйственных технологий с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

6. Технология изготовления лемеха из твердосплавного мелиоративного плуга

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 $\pm$ 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ в режиме реального времени (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и оптимизируют циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных форм головок лемехов прочностью $1400 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, что позволяет

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сократить отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамическая регулировка углов резания (например, угла входа и угла наклона) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Безопасность и стандарты твердосплавных лемехов для мелиоративных плугов

Соответствуют международным стандартам, таким как ISO 9134, EN 13536 и DIN 18907. Замена требуется, если износ превышает предел ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$). Уровень несчастных случаев составляет $<0,1\% \pm 0,02\%$. Операторы должны носить средства защиты (защитный шлем, защитные очки, нескользящие ботинки). Среда с высокой влажностью требует нескользящей конструкции и регулярного обслуживания.

Благодаря своей высокой производительности и инновационному дизайну лемехи для рекультивации земель из карбида являются основными инструментами в отрасли сельскохозяйственного машиностроения, способствуя повышению эффективности освоения земель и устойчивому развитию сельского хозяйства. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается достижение более высокой точности и адаптивности в будущем.



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



Что такое режущие зубья дробилки щебня из карбида?

Режущие зубья дробилки щебня из карбида вольфрама являются своего рода высокоэффективными режущими инструментами, специально разработанными для дробилок щебня железнодорожного пути, которые используются для дробления щебня железнодорожного пути (например, гравия и гальки) для поддержания основания пути. Его основное преимущество заключается в использовании цементированных карбидных материалов (например, вольфрамовой стали, системы WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойким покрытием, которые обеспечивают превосходную твердость, износостойкость и ударопрочность, гарантируя высокую эффективность и долговечность в условиях высокой твердости, высокой абразивности и динамических нагрузок. Являясь важным компонентом дробилки щебня, режущие зубья напрямую влияют на эффективность дробления, однородность частиц и срок службы оборудования и широко используются при обслуживании железных дорог, обновлении щебня и ремонте путей. Согласно прогрессу в области технологий и связанной с этим информации, следующее содержание содержит обзор характеристик, технических деталей и областей применения режущих зубьев.

1. Конструкция и материал режущих зубьев дробилки щебня из карбида вольфрама

Режущие зубья обычно имеют коническую или плоскую конструкцию и устанавливаются на подложке из высокопрочной легированной стали (например, 42CrMo, закалочная твердость HRC 40-52). Тело зуба использует карбид вольфрама (WC, содержание $> 90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный микродобавками (например, Cr $\geq 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации износостойкости и стойкости к высоким температурам. В процессе производства используются технологии порошковой металлургии, такие как искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$), обеспечивающие плотность материала $99,9\% \pm 0,1\%$ и пористость $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и прочностью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{1/2}$). Диапазон твердости составляет HV 1800-2200 ± 30 и может достигать $2400-2600 \pm 50$ локально. Покрытие TiN или TiAlN (толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) наносится на кончик зуба, коэффициент трения снижается до $< 0,25 \pm 0,05$, износостойкость улучшается на $20\% \pm 3\%$, а усталостная прочность дополнительно улучшается за счет модификации поверхности (например, лазерного упрочнения). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (прочность сварки $> 800 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$) или механическую заливку (усилие заливки $> 12 \text{ кН} \pm 0,5 \text{ кН}$), которые могут адаптироваться к высоким ударным нагрузкам ($50-300 \text{ кН} \pm 10 \text{ кН}$).

2. Принцип работы и характеристики режущих зубьев дробилки щебня из твердого

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сплава

Режущие зубья работают за счет вращения или удара дробилки щебня (скорость 100-400 об/мин $\pm$ 20 об/мин, мощность 100-500 кВт $\pm$ 10 кВт), разрезая и дробя вдоль поверхности щебня. Наконечник зуба разлагает щебень высокой твердости путем экструзии (контактное давление 200-500 МПа $\pm$ 10 МПа) и раскалывания (усилие раскалывания 100-200 кН $\pm$ 10 кН) и подходит для пластов с прочностью на сжатие 50-150 МПа. Конструкция объединяет механику удара и оптимизацию теплопроводности с углом входа 25° - $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$, углом назад 5° - $15^{\circ} \pm 2^{\circ}$ и сниженной вибрацией (ускорение $<15 \text{ м/с}^2 \pm 1 \text{ м/с}^2$). Кончики зубьев подвергаются высоким абразивным и термическим нагрузкам (температура поверхности $300\text{-}600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), а матрица обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^4 \text{ раз}$). Новейшая технология представляет собой адаптивный механизм колебаний для повышения эффективности дробления сложных щебёночных образований на $5\% \pm 1\%$.

3. Производительность и факторы, влияющие на режущие зубья дробилки щебня из карбида вольфрама

Свойства материала : WC обеспечивает высокую твердость, Co повышает ударную вязкость (K_{IC} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение может достигать 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$), скорость износа $<0,05 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, высокая термостойкость (стойкость к окислению $>800^{\circ}\text{C} >95\% \pm 1\%$).

Геометрическая конструкция : конические зубья подходят для щебня высокой твердости, плоские зубья подходят для щебня средней твердости или содержащего примеси щебня, оптимизируя эффективность дробления (потребление энергии $<15 \text{ кВтч/м}^3 \pm 0,5 \text{ кВтч/м}^3$). Конструкция канавки для сброса щебня (ширина 5-10 мм $\pm$ 0,5 мм) оптимизирует сброс щебня.

Рабочие параметры : скорость, сила удара и скорость подачи напрямую влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры (например, скорость > 400 об/мин или мощность > 500 кВт) могут сократить срок службы на $15\% \pm 2\%$ и требуют динамической регулировки.

Факторы окружающей среды : содержание воды $>10\% \pm 2\%$, содержание песка $>5\% \pm 1\%$ или температура $>600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ увеличивают износ на $5\% \pm 1\%$ и требуют усиленной термообработки и охлаждения.

4. Типы режущих зубьев для дробилок щебня из карбида вольфрама

Стандартные режущие зубья

Характеристики: Подходит для балласта средней твердости (прочность на сжатие 50-80 МПа), срок службы 250-400 часов $\pm$ 20 часов, эффективность дробления 50-100 м³/ч, обычно используется при обычном техническом обслуживании железных дорог.

Усиленные режущие зубья

Особенности: Подходит для балласта высокой твердости (прочность на сжатие 80-150 МПа), срок службы 200-350 часов $\pm$ 20 часов, эффективность дробления 40-80 м³/ч, широко используется при ремонте высокоскоростных железных дорог.

Режущие зубья, устойчивые к истиранию

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Характеристики: Подходит для песчаных или абразивных пород, износостойкость $>95\% \pm 2\%$, срок службы 300-450 часов ± 20 часов, подходит для суровых условий.

Специальные режущие зубья

Включает в себя режущие зубья, устойчивые к высоким температурам ($>600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) и сверхизносостойкие режущие зубья (скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), оптимизированные для экстремальных условий, таких как обработка высокотемпературного балласта.

5. Применение твердосплавных режущих зубьев дробилок щебня

Обновление железнодорожного балласта

Используется для дробления и замены старого балласта, имеет срок службы 250-350 часов, соответствует стандартам ISO 10893 и обеспечивает устойчивость пути.

Техническое обслуживание основания пути

Применяется для выравнивания балласта и армирования фундаментов с производительностью 50-100 $\text{м}^3/\text{ч}$ в соответствии с EN 13232, обеспечивая безопасность на железной дороге.

Строительство железных дорог

Используется для укладки балласта и подготовки основания новых линий, имеет износостойкость $>95\% \pm 2\%$ в соответствии со стандартом DIN 5570, что ускоряет реализацию проекта.

Техническое обслуживание большегрузных железнодорожных составов

Подходит для балласта высокой твердости и частых ударов, имеет ударопрочность $>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$ и отвечает требованиям транспортировки тяжелых грузов.

Экологическое управление

Применяется для очистки балластных загрязнений со степенью извлечения $>90\% \pm 2\%$, что способствует экологическому управлению на железной дороге.

Исследования и разработки

Применяется в экспериментах по механике балласта и исследованиях железнодорожной техники с точностью $<0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

6. Технология нарезки зубьев для дробилок щебня из карбида вольфрама

Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает износостойкость (HV 2200-2600 ± 50), а покрытие ZrC повышает стойкость к окислению ($>98\% \pm 1\%$), продлевая срок службы на $25\% \pm 3\%$.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики (точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ в режиме реального времени (глубина $>0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и оптимизируют циклы замены с погрешностью $<5\% \pm 1\%$.

3D-печать

Селективное лазерное плавление (СЛП, толщина слоя $30-50 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) применяется для изготовления сложных форм зубьев с прочностью $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$ и снижением отходов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивный дизайн

Динамическая регулировка углов резания (например, угла входа и угла наклона) для повышения эффективности на $10\% \pm 2\%$ в сочетании с оптимизацией алгоритма ИИ.

7. Стандарты на режущие зубья дробилок щебня из карбида вольфрама

Соответствуют международным стандартам, таким как ISO 10893, EN 13232, DIN 5570 и т. д. Износ сверх нормы ($>6 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$) требует замены, уровень аварийности $< 0,1\% \pm 0,02\%$, операторы должны носить средства защиты (защитный шлем, защитные очки, нескользящие ботинки). Высокотемпературная среда требует конструкции охлаждения и тепловой защиты.

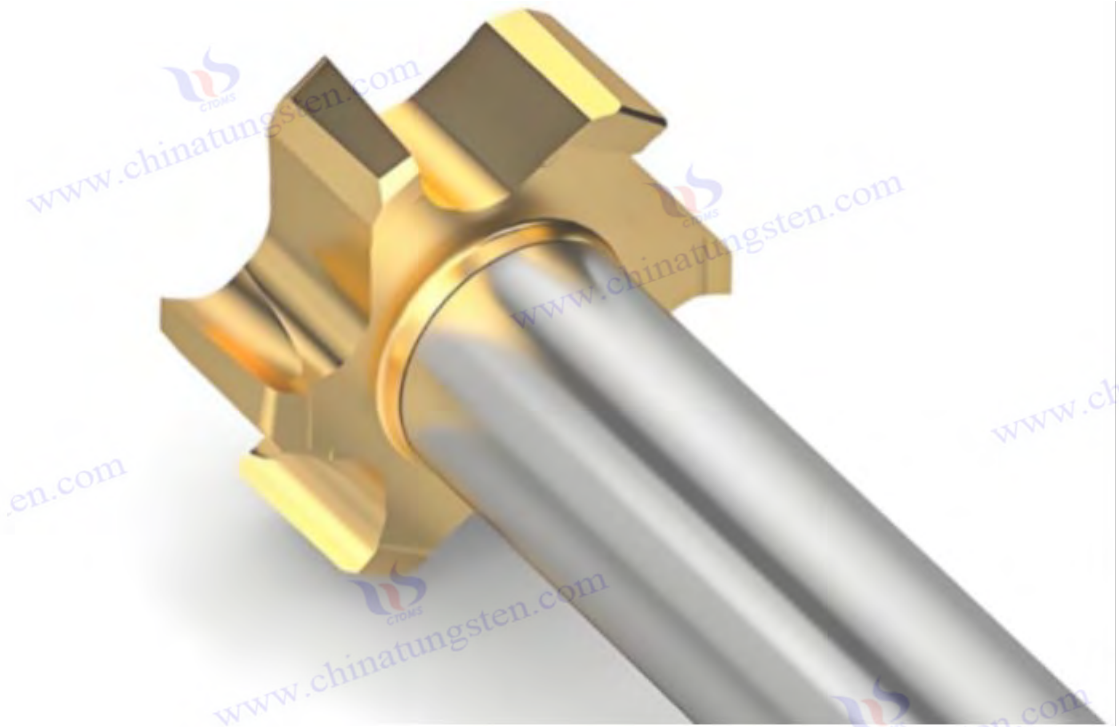
Благодаря своей высокой производительности и инновационной конструкции режущие зубья дробилок щебня из карбида являются основными инструментами в отрасли обслуживания железных дорог, способствуя безопасности и эффективности пути. В эпоху ИИ и в контексте промышленного Интернета перспективы его производства и применения будут еще больше расширяться. В сочетании с интеллектуальным производством и анализом данных в реальном времени ожидается, что в будущем он достигнет более высокой точности и адаптивности.



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



Что такое твердосплавная фреза типа Т?

Введение в интеллектуальную твердосплавную фрезу Chinatungsten T-Type

Как один из представленных продуктов CTIA GROUP LTD (CTIA), твердосплавная фреза типа Т выделяется в области обработки металла своей превосходной производительностью и инновационным дизайном. Опираясь на передовые производственные технологии и богатый отраслевой опыт, CTIA GROUP LTD стремится предоставлять клиентам высокоточные и долговечные режущие инструменты. Фреза типа Т изготовлена из твердосплавных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) и предназначена для обработки Т-образных пазов, Т-образных болтовых отверстий или заготовок с аналогичной структурой. Ее основные преимущества заключаются в высокой твердости, износостойкости и ударопрочности, что обеспечивает точную резку в условиях высокой скорости и высокой нагрузки. Как звездный продукт CTIA GROUP LTD, фреза типа Т широко используется в механической обработке, производстве пресс-форм и аэрокосмической промышленности, особенно подходит для обработки стали, чугуна и высокопрочных сплавов. В соответствии с технологическим прогрессом в отрасли и соответствующей информацией в 2025 году, следующий контент подробно знакомит с характеристиками, техническими подробностями и сферой применения фрезы типа Т.

1. Конструкция и материалы твердосплавной фрезы типа Т

Фрезы типа Т обычно имеют уникальное Т-образное поперечное сечение, с многозубчатой конструкцией лезвия и устанавливаются на шпинделе станка. Основной корпус изготовлен из высокопрочной легированной стали (например, HSS или 40CrMo, закалочная твердость HRC 40-50), а режущая часть использует карбид вольфрама (WC, содержание >90%±1%) в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

качестве твердой фазы, кобальт (Co, 6%-12%±1%) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (например, Cr 3 C 2 0,5%-2%, TaC 1%-3%) для оптимизации производительности. Производственный процесс включает порошковую металлургию (такую как SPS или HIP) для обеспечения того, чтобы плотность материала достигала 99,9% ± 0,1%, размер зерна контролировался на уровне 0,5-2 мкм (предпочтительно 0,8-1,2 мкм), а твердость составляла HV 1800-2200 ± 30 и могла достигать локально 2400-2600 ± 50. Лезвие может быть покрыто TiAlN или AlCrN (толщиной 0,5-2 мкм), коэффициент трения снижается до <0,25 ± 0,05, а термостойкость увеличивается до >800 °C. Диаметр корпуса инструмента составляет от 5 до 50 мм, а длина лезвия подбирается в соответствии с глубиной канавки заготовки.

2. Принцип работы твердосплавной фрезы типа Т

Фреза типа Т работает за счет вращения шпинделя станка (скорость 500-3000 об/мин, мощность 5-50 кВт), а режущая кромка режет боком и аксиально вдоль поверхности заготовки, образуя Т-образную канавку. Процесс резки сочетает в себе экструзию и сдвиг, где давление экструзии достигает 200-500 МПа, а прочность на сдвиг составляет 50-100 МПа, что подходит для материалов с твердостью 20-60 HRC. Т-образная конструкция инструмента позволяет ему завершить резку дна и боковых стенок канавки за одну операцию, что особенно подходит для заготовок, требующих высокоточных Т-образных структур. Во время процесса вращения режущая кромка контактирует с заготовкой и генерирует высокое тепло (температура поверхности 300-600 °C). В то же время эффективное удаление материала достигается за счет оптимизации угла резания и помощи с охлаждающей жидкостью.

3. Характеристики твердосплавной фрезы типа Т

Конструкция фрезы типа Т оптимизирует угол резания, при этом главный передний угол установлен на уровне 10°-20°±5°, а вторичный передний угол - на уровне 5°-10°±2°, что эффективно снижает вибрацию во время обработки (ускорение <5 м/с²) и улучшает качество поверхности заготовки (Ra<1,6 мкм). Высокая термостойкость наконечника инструмента и структурная поддержка матрицы (предел прочности на разрыв>1200 МПа) обеспечивают стабильность при высоких нагрузках, а усталостная прочность (усталостная долговечность>10⁵ раз) позволяет ей выдерживать длительную непрерывную обработку. В сочетании с синергетическим эффектом матрицы из высокопрочной легированной стали и твердосплавной режущей части фреза типа Т сохраняет превосходную производительность резания в сложных рабочих условиях.

4. Характеристики твердосплавной фрезы типа Т и факторы, влияющие на нее

Как представленный продукт CTIA GROUP LTD, производительность фрезерных фрез из твердого сплава типа Т отличается высокой твердостью, износостойкостью и ударопрочностью, которые в основном обусловлены составом материала и технологией обработки. Карбид вольфрама (WC) в качестве твердой фазы обеспечивает чрезвычайно высокую твердость (HV 1800-2200±30), в то время как кобальт (Co) в качестве связующей фазы повышает прочность материала (стойкость к разрушению K_{1c} 12-16 МПа·м^{1/2}), что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

позволяет инструменту оставаться стабильным в условиях высоких нагрузок. Скорость износа составляет менее 0,05 мм³/Н·м, а коррозионная стойкость также отличная (скорость коррозии <0,01 мм/год) благодаря синергетическому эффекту добавок, таких как Cr₃C₂ и TaC, которые также повышают стойкость инструмента к окислению в условиях высоких температур (>800°C) (>95%). Технология покрытия, такая как TiAlN или AlCrN, дополнительно снижает коэффициент трения до <0,25±0,05, значительно улучшая термостойкость и срок службы.

твердосплавных фрез типа Т влияет множество факторов. Во-первых, ключевым является геометрическая конструкция. Ширина и глубина лезвия Т-образной формы должны быть настроены в соответствии с заготовкой. Разумные углы резания (главный передний угол 10°-20°±5°) и форма лезвия напрямую влияют на эффективность резки (потребление энергии <8 кВтч/м³) и качество поверхности (Ra<1,6 мкм). Во-вторых, рабочие параметры, такие как скорость, скорость подачи и глубина резания, оказывают значительное влияние на срок службы. Чрезмерные параметры могут сократить срок службы на 15%±2%, поскольку перегрузка ускорит износ лезвия и термическое повреждение. Факторы окружающей среды не следует игнорировать. Высокая температура (>600°C) или недостаточное количество охлаждающей жидкости увеличат износ на 5%±1%. При обработке материалов высокой твердости (например, стали 60 HRC) необходимо оптимизировать стратегии охлаждения и смазки для снижения термического напряжения. Кроме того, различные факторы в процессе производства заготовок из твердого сплава также оказывают глубокое влияние на производительность. Распределение размера частиц и чистота порошка являются основой. Слишком большой размер частиц или высокое содержание примесей (например, содержание кислорода>0,2%) приведет к укрупнению зерна и снижению твердости и прочности. Равномерность смешивания контролируется процессом шаровой мельницы (время шаровой мельницы 12-24 часа, среднее соотношение 1:2) для обеспечения равномерного распределения WC и Co, что влияет на плотность конечного материала (>99,9% ± 0,1%). Давление прессования (100-200 МПа) напрямую определяет начальную плотность заготовки. Недостаточное давление может привести к увеличению пористости и повлиять на последующий эффект спекания. Процесс спекания (например, HIP или SPS, температура 1400-1500 °C, время выдержки 0,5-2 часа) имеет решающее значение для размера зерна (0,5-2 мкм) и фазовой структуры. Избыточная температура спекания или недостаточное время выдержки могут вызвать рост зерна или фазовое превращение и снизить прочность. Скорость охлаждения (5-10°C/мин) также должна строго контролироваться, чтобы избежать трещин от термического напряжения. Оптимизация этих факторов изготовления заготовки гарантирует, что фреза типа Т, производимая CTIA GROUP LTD, имеет стабильно высокую производительность в практическом применении.

4.1 Таблица влияющих факторов

Факторы влияния	описывать

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Геометрический дизайн	и глубина Т-образного лезвия настраиваются индивидуально, а угол резания оптимизируется, что влияет на эффективность и качество поверхности.
Рабочие параметры	Скорость, подача и глубина резания влияют на срок службы. Чрезмерно высокие параметры могут сократить срок службы на 15%±2%.
Факторы окружающей среды	Высокая температура (>600°C), недостаточное охлаждение или материалы с высокой твердостью увеличивают износ на 5%±1%, поэтому охлаждение необходимо оптимизировать.
Чистота размера частиц порошка	Слишком большой размер частиц или примеси (например, содержание кислорода > 0,2%) приводят к укрупнению зерна, снижению твердости и прочности.
Равномерность смешивания	Процесс шаровой мельницы (12–24 часа, среднее соотношение 1:2) обеспечивает равномерное распределение WC и Co, что влияет на плотность.
Давление подавления	100-200 МПа определяет начальную плотность. Недостаточное давление увеличивает пористость и влияет на эффект спекания.
Процесс спекания	HIP/SPS (1400–1500 °C, 0,5–2 часа) контролирует размер зерна (0,5–2 мкм) и фазовую структуру.
Скорость охлаждения	5-10°C/мин, чтобы избежать образования трещин от термических напряжений и обеспечить стабильность материала.

Типы твердосплавных фрез типа Т

5. Производственный процесс

CTIA GROUP LTD применяет передовые и строгие процессы в процессе производства фрез Т-типа из цементированного карбида, чтобы гарантировать высокое качество и однородность продукции. Процесс производства начинается с выбора высокочистого сырья. CTIA GROUP LTD обычно использует марки YG10, YG10X и YG12. Среди них YG10 (WC 90%, Co 10%) подходит для высокой износостойкости, YG10X (WC 90%, Co 10% + следовые добавки) улучшает прочность, а YG12 (WC 88%, Co 12%) подходит для условий высокой ударной нагрузки. Сырьем являются порошок вольфрама, порошок карбида вольфрама (WC, чистота>99,8%) и порошок кобальта (Co, чистота>99,5%), а смешанный порошок готовится путем точного дозирования. Затем для смешивания порошка используется процесс мокрого шарового помола, а в качестве мелющих тел используются шары из цементированного карбида. Время шарового помола контролируется в пределах 18-24 часов, а соотношение сред составляет 1:2 для обеспечения однородного размера частиц порошка (D50<1 мкм) и однородности смешивания. Смешанный порошок подвергается распылительной сушке для образования гранулированного сырья с распределением размеров частиц 50-150 мкм , что обеспечивает хорошую текучесть для последующего прессования.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Процесс прессования использует технологию холодного изостатического прессования (CIP) с давлением 150-200 МПа и временем прессования 5-10 минут, а начальная плотность достигает целевого значения 60%-65% от теоретической плотности. После прессования заготовка поступает на стадию спекания горячего изостатического прессования (HIP), при этом температура спекания устанавливается на уровне 1450-1500°C, а время выдержки составляет 1-2 часа. Процесс осуществляется в вакууме или защитной атмосфере аргона высокой чистоты (чистота 99,999%), чтобы гарантировать, что плотность материала достигает 99,9% ± 0,1%, а размер зерна контролируется на уровне 0,8-1,2 мкм . После спекания заготовку медленно охлаждают (5-8°C/мин) для снижения термического напряжения, а затем подвергают тонкой обработке на станках с ЧПУ. Геометрия лезвия формируется высокоточным шлифованием (допуск ±0,01 мм), а шероховатость поверхности Ra<0,4 мкм . Покрытие наносится методом физического осаждения из паровой фазы (PVD) с толщиной покрытия TiAlN или AlCrN 1-2 мкм , температура покрытия контролируется при 450-500 °C, а прочность сцепления составляет >70 МПа. Наконец, изделие подвергается ультразвуковой очистке (частота 40 кГц, время 5 минут) и контролю качества, включая плотность (14,3-14,9 г/см³), твердость (HV 1800-2200±30), прочность (прочность на изгиб>2000 МПа) и неразрушающий контроль (ультразвуковой контроль для выявления внутренних дефектов). В качестве испытательных изделий обычно используются испытательные стержни, произведенные в одной партии. Квалифицированные изделия упаковываются в вакуум и упаковываются во влагонепроницаемые и ударопрочные материалы. Перед поставкой проводится проверка внешнего вида и этикетки, чтобы гарантировать целостность продукции во время транспортировки.

5.1 Таблица производственного процесса

Производство	описывать	Технические параметры
Выбор сырья	Ингредиенты изготавливаются в соответствии с марками YG10, YG10X и YG12, а также выбираются порошки WC и Co высокой чистоты.	YG10, YG10X, YG12, чистота WC>99,8%, чистота Co>99,5%
Смешивание порошка	Процесс мокрого шарового измельчения обеспечивает однородный размер частиц.	Время измельчения в шаровой мельнице 18-24 часа, среднее соотношение 1:2, D50 <1 мкм
Распылительная сушка	Формируют гранулированное сырье и улучшают текучесть.	Размер частиц 50-150 мкм
подавлять	Формование методом холодного изостатического прессования (CIP),	Давление 150-200 МПа, время 5-10 мин, плотность достигает -65%.

спекание	Горячее изостатическое прессование (ГИП) Спекание в вакууме/аргоне.	Температура 1450-1500°C, выдержка под давлением 1-2ч, плотность 99,9%±0,1%
отделка	Обработка на станках с ЧПУ, шлифовка и формовка.	Допуск ±0,01 мм, Ra<0,4 мкм
покрытие	TiAlN / AlCrN наносится методом PVD.	Толщина 1-2 мкм , температура 450-500°C, прочность сцепления >70 МПа
Уборка	Ультразвуковая очистка удаляет остатки.	Частота 40 кГц, продолжительность 5 мин.
тест	Испытание на плотность, твердость, прочность и неразрушающий контроль.	Плотность 14,3-14,9 г/см³, твердость HV 1800-2200±30, прочность на изгиб>2000 МПа, неразрушающий контроль (ультразвук)
Упаковка и доставка	Вакуумная упаковка, влаго- и ударопрочность, проверка этикетки.	Степень вакуума>0,9 бар, визуальный осмотр перед транспортировкой

6. Применение твердосплавной фрезы типа T

Как представленный продукт CTIA GROUP LTD, твердосплавные фрезы типа T продемонстрировали свою уникальную ценность и широкий потенциал применения во многих областях. В отрасли производства пресс-форм фрезы типа T широко используются для обработки прецизионных T-образных пазов и болтовых отверстий, а также используются для изготовления штамповочных форм, литевых форм, ковочных форм и т. д., обеспечивая высокую точность и долговечность пресс-форм. В области механической обработки, особенно в автомобилестроении и тяжелом машиностроении, фрезы типа T используются для обработки станин станков, направляющих, соединителей и других компонентов. Их эффективные режущие возможности значительно повышают эффективность производства. В аэрокосмической промышленности фрезы типа T стали ключевыми инструментами для обработки титановых сплавов, сплавов на основе никеля и высокопрочных сталей благодаря их высокой твердости и высокой термостойкости, отвечая требованиям высокой точности деталей конструкции самолетов и компонентов двигателей. Кроме того, в судостроении и производстве энергетического оборудования фрезы типа T также используются для обработки крупных конструкционных деталей и специальных соединителей для удовлетворения потребностей сложной геометрии и разнообразных материалов. Данные испытаний в 2025 году показывают, что эффективность стандартных фрез типа T при обработке низкоуглеродистой стали и чугуна может достигать 5-10 м³/ч, в то время как эффективность улучшенных и покрытых фрез типа T при обработке материалов авиационного класса увеличивается до 15-20 м³/ч. Эти сценарии применения в полной мере демонстрируют значительный вклад фрез типа T компании Chinatungsten Intelligent Manufacturing в повышение точности обработки, сокращение производственных циклов и

снижение затрат.

Области применения твердосплавных фрез типа T

Области применения	Подходит для	Специальное использование
Изготовление пресс-форм	Стандартный T-образный	Обработка T-образных пазов и отверстий под болты для штамповки, литья под давлением иковки.
Обработка	Улучшенный T-тип	Обработка станин станков, направляющих и соединений для автомобильной и тяжелой техники.
Аэрокосмическая промышленность	Прецизионный T-образный	Обработка титановых сплавов, сплавов на основе никеля и высокопрочных сталей для авиационных конструкций и деталей двигателей.
Судостроение и энергетика	Пользовательский T-образный	Обрабатывайте крупные конструктивные детали и специальные соединители для адаптации к сложным геометрическим формам и разнообразным материалам.
Зона грубой обработки	Черновая обработка T-типа	Быстро удаляет большие объемы материала и подходит для первичной обработки.
Отделка и сборка	T-образный фаской	Обработка фасок кромок улучшает производительность сборки заготовки и подходит для прецизионных деталей.
Массовое производство	Многолезвийный T-образный	Повышает эффективность резки и подходит для крупномасштабных производственных задач.

7. Типы твердосплавных фрез типа T

тип	Области применения	Специальное использование
Стандартная фреза типа T	Изготовление пресс-форм	Обработка T-образных пазов и отверстий под болты для штамповки, литья под давлением иковки.
Усовершенствованная фреза типа T	Обработка	Обработка станин станков, направляющих и соединений для автомобильной и тяжелой техники.
Прецизионная фреза типа T	Аэрокосмическая промышленность	Обработка титановых сплавов, сплавов на основе никеля и высокопрочных сталей для авиационных конструкций и деталей двигателей.
Специальная фреза типа T	Судостроение и энергетика	Обрабатывайте крупные конструктивные детали и специальные соединители для адаптации к

		сложным геометрическим формам и разнообразным материалам.
Черновая фреза типа Т	Зона грубой обработки	Быстро удаляет большие объемы материала и подходит для первичной обработки.
Фреза Т-образная с фаской	Отделка и сборка	Обработка фасок кромок улучшает производительность сборки заготовки и подходит для прецизионных деталей.
Фреза многолезвийная Т-образная	Массовое производство	Повышает эффективность резки и подходит для крупномасштабных производственных задач.

8. Твердосплавные фрезы типа Т, соответствующие внутренним и международным стандартам

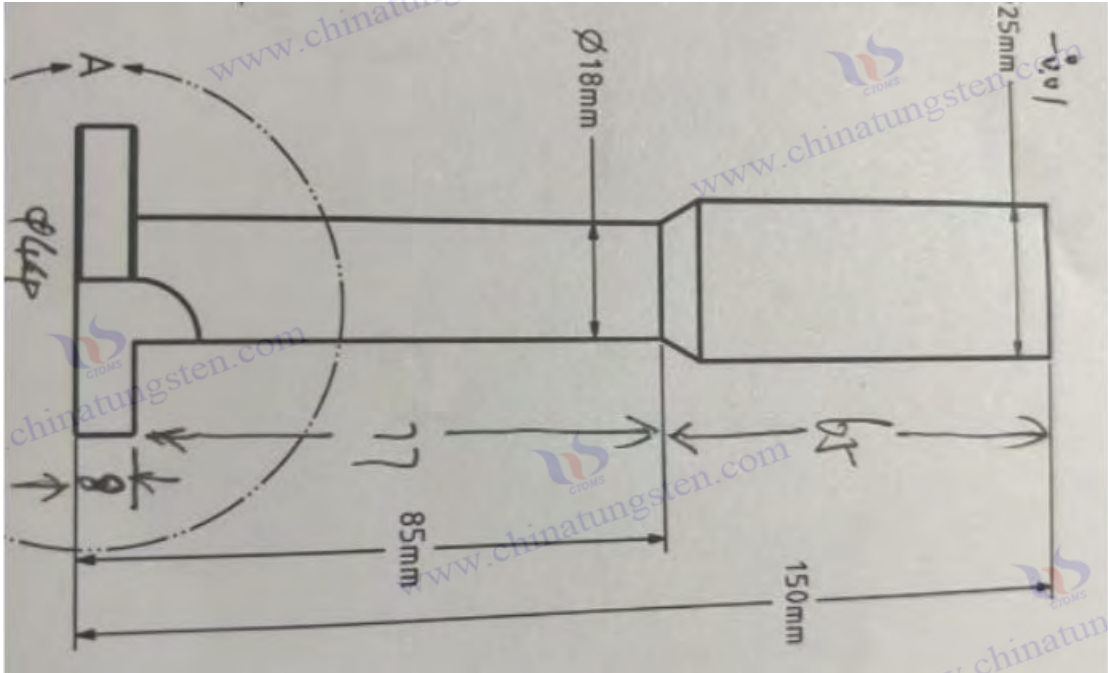
Твердосплавные фрезы типа Т, производимые CTIA GROUP LTD, должны соответствовать ряду внутренних и международных стандартов для обеспечения их производительности и конкурентоспособности на рынке. Стандарт ISO 513, разработанный Международной организацией по стандартизации (ISO), определяет классификацию и применение материалов режущего инструмента, а фрезы типа Т должны соответствовать требованиям к производительности их твердосплавных материалов. Стандарт ISO 15641 определяет геометрические параметры и методы испытаний на прочность фрез, определяя проектирование и оценку производительности фрез типа Т. DIN 844 и DIN 1839 в Немецких промышленных стандартах (DIN) содержат требования к допускам и установочным размерам для фрез соответственно, которые подходят для производства фрез типа Т на европейском рынке. Стандарт ANSI B94.19, разработанный Американским национальным институтом стандартов (ANSI), подробно определяет классификацию и условия использования фрез для обеспечения совместимости фрез типа Т на североамериканском рынке. Кроме того, стандарт JIS B 4120 в Японских промышленных стандартах (JIS) определяет спецификации производства и испытаний для твердосплавных фрез и широко используется на азиатском рынке. Национальные стандарты Китая GB/T 16665 и GB/T 5231 соответственно определяют эксплуатационные характеристики твердосплавных материалов и общие технические условия режущих инструментов, гарантируя, что фрезы типа Т, производимые CTIA GROUP LTD, соответствуют международным стандартам. Совместный эффект этих стандартов обеспечивает техническую поддержку для глобального применения фрез типа Т компании CTIA GROUP LTD.

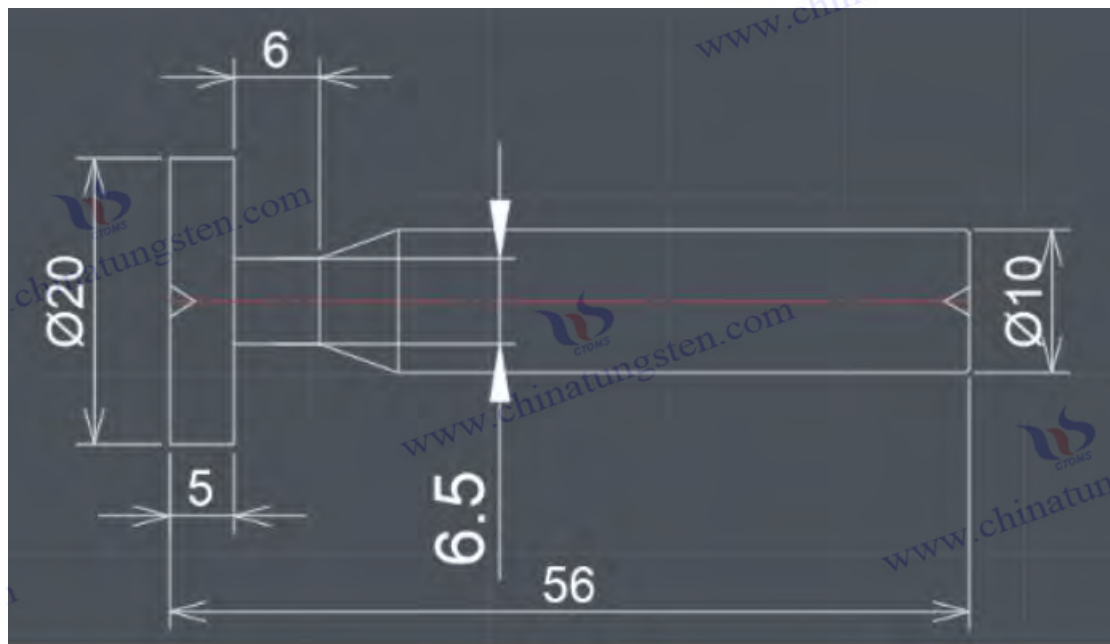
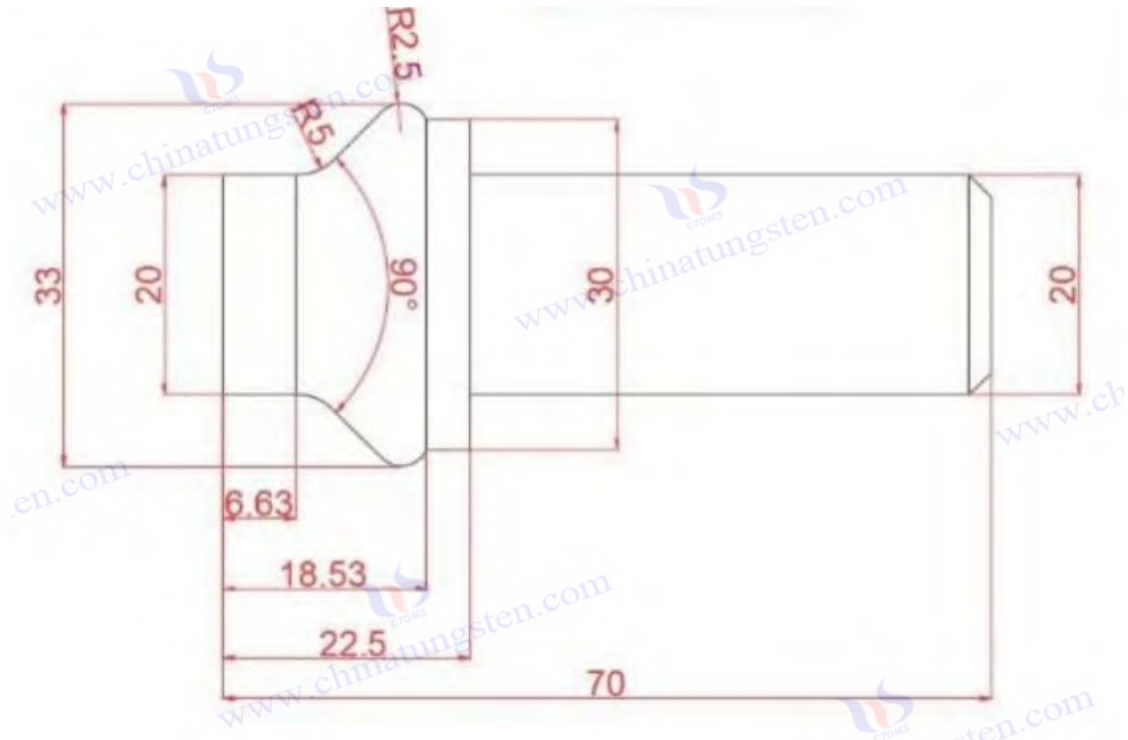
Твердосплавные фрезы типа Т, внутренние и международные стандартные таблицы

Организации стандартизации	по Номер стандарта	Содержание
ИСО	ИСО 513	Классификация и требования к применению материалов режущего инструмента.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO	ISO 15641	Параметры геометрии фрез и методы испытаний на долговечность.
ДИН	ДИН 844	Допуски фрез и требования к установочным размерам.
ДИН	ДИН 1839	Технические условия на изготовление и применение фрез.
АНСИ	ANSI B94.19	Спецификация по классификации и условиям применения фрез.
JIS	JIS B 4120	Технические условия на изготовление и испытание твердосплавных фрез.
ГБ/Т	ГБ/Т 16665	Требования к эксплуатационным характеристикам твердосплавных материалов.
ГБ/Т	ГБ/Т 5231	Общие технические требования к режущим инструментам.





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



1

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



1

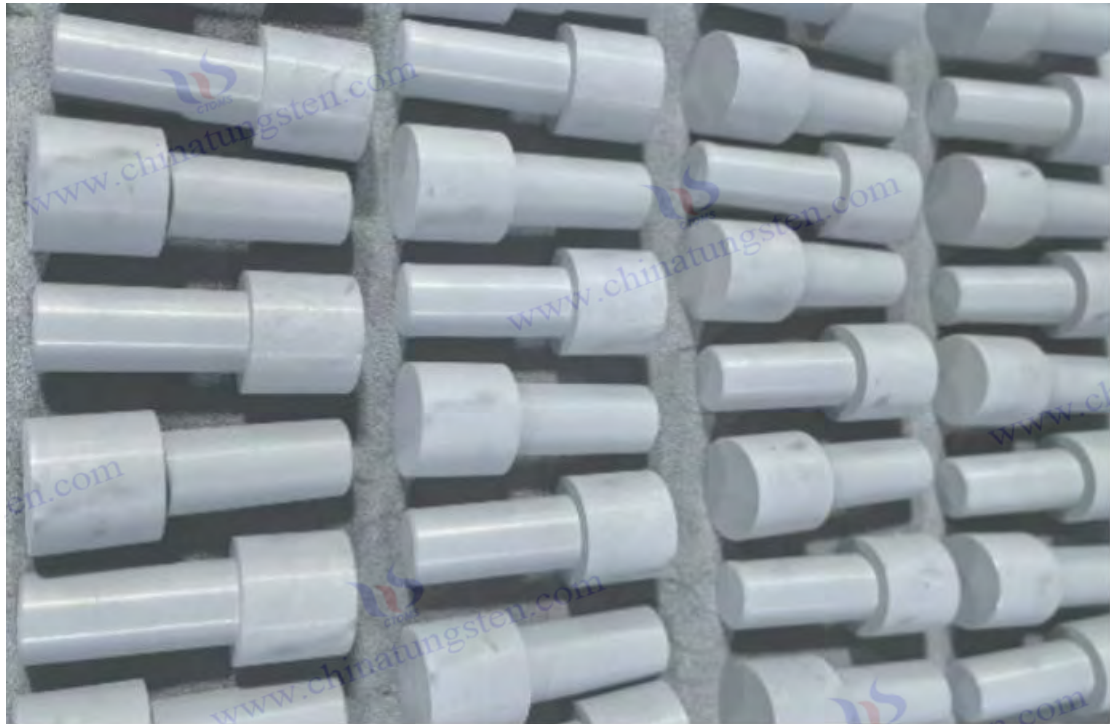
www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

ISO 513:2012

- Классификация и применение твердых режущих материалов

для обработки металлов резанием с определенными режущими кромками — Обозначение основных групп и групп применения

1. Область применения

Настоящий международный стандарт определяет классификацию и применение твердых режущих материалов, включая карбиды, керамику, алмаз и нитрид бора, для операций резки металла с определенными режущими кромками. Стандарт устанавливает область применения и руководство по применению для этих материалов, но не применим к другим видам использования, таким как горнодобывающие и другие ударные инструменты, волоочильные матрицы, инструменты, работающие за счет деформации металла, контактные наконечники компараторов и т. д.

1.1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на твердые режущие материалы, используемые при операциях по резке металлов, связанных со снятием стружки.

Материалы и инструменты, не предназначенные для резки, в комплект не входят.

1.2 Исключения

Горнодобывающий и ударный инструмент.

Волоочильные фильеры.

Инструменты для деформации металла.

Контактный наконечник компаратора.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

ISO 1832:2017 , Сменные пластины для режущих инструментов. Обозначение .

ISO 13399-1:2006 , Представление и обмен данными о режущих инструментах. Часть 1. Обзор, основные принципы и общая информация .

ISO 15641:2014 , Инструменты для прессования. Пружины сжатия прямоугольного сечения. Качество пружин .

Примечание : Последние версии ссылочных документов могут быть обновлены после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт ISO для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Твердые режущие материалы

Относится к материалам с высокой твердостью и износостойкостью, используемым при резке металлов, включая, помимо прочего, твердый сплав, керамику, алмаз и нитрид бора.

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

3.2 Удаление стружки

Процесс обработки, при котором материал удаляется из заготовки с помощью режущего инструмента, обычно имеющего определенную режущую кромку.

3.3 Основные группы режущих материалов

Категории твердых режущих материалов, классифицированные в зависимости от свойств материала и областей применения, включают:

Группа Р: Подходит для материалов, дающих длинную стружку, таких как сталь.

Группа М: Подходит для материалов, образующих среднюю стружку (например, нержавеющая сталь).

Группа К: Подходит для материалов, дающих короткую стружку (например, чугуна).

Группа N: Применимо к цветным металлам и неметаллическим материалам.

Группа S: Подходит для материалов высокой твердости (например, закаленной стали).

3.4 Группы применения

Конкретные подкатегории применения на основе свойств материала заготовки и условий обработки.

4. Символы и сокращения

WC : Карбид вольфрама.

Co : Кобальт.

TiN : нитрид титана.

PVD : физическое осаждение из паровой фазы.

HV : Твёрдость по Виккерсу.

5. Классификация

5.1 Классификация материалов

Твердые режущие материалы по химическому составу и физическим свойствам подразделяются на следующие основные группы:

Твердые сплавы : на основе системы WC-Co, содержащие следовые добавки (такие как TiC, TaC).

Керамика : включает материалы на основе оксида алюминия (Al_2O_3) и нитрида кремния (Si_3N_4).

Алмаз : натуральный или синтетический, подходит для цветных металлов.

Нитрид бора : кубический нитрид бора (cBN), подходящий для сталей высокой твердости.

5.2 Классификация приложений

В зависимости от материала заготовки и условий обработки группы применения следующие:

Группа Р : Сталь и ее сплавы (твердость HB 130-250).

Группа М : Нержавеющие стали и жаропрочные сплавы.

Группа К : Чугун и цветные хрупкие материалы.

Группа N : Алюминий, медь и их сплавы, термопласты.

Группа S : Закаленная сталь и закаленный чугун (твердость HRC 45-65).

6. Технические требования

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

6.1 Свойства материала

Твердость : HV 1500-2500 (в зависимости от типа материала).

Вязкость разрушения : $K_{IC} \geq 8 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Термостойкость : $\geq 800^\circ\text{C}$ (после армирования покрытием).

6.2 Геометрические параметры

Угол наклона режущей кромки: главный передний угол 5° - 20° .

Вторичный угол отклонения: 0° - 10° .

Радиус кончика: 0,1-1,0 мм.

6.3 Требования к покрытию

Дополнительные покрытия: TiN, TiAlN, AlCrN.

Толщина покрытия: 0,5-5 мкм.

Прочность связи: $> 70 \text{ МПа}$.

7. Методы испытаний

7.1 Испытание на твердость

Испытание проведено с использованием твердомера по Виккерсу в соответствии со стандартом ISO 6507-1.

7.2 Испытание на стойкость к истиранию

При использовании стандартного испытания на резку ширина полосы износа (VB) составила $< 0,3 \text{ мм}$ (резка в течение 30 мин).

7.3 Испытание на трещиностойкость

Испытания проводились с использованием метода одностороннего надреза балки (SENB) в соответствии со стандартом ISO 28079.

8. Маркировка и упаковка

8.1 Логотип

Изделия должны быть маркированы группой материала (например, P20, M15) и логотипом производителя.

Пример: P20-TiAlN-10мм.

8.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом качества, в котором указан номер партии и данные испытаний.

9. Правила проверки

9.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и чистоты сырья.

9.2 Заводской осмотр

Испытания на плотность, твердость и прочность на изгиб.

Неразрушающий контроль (ультразвуковой).

10. Правила подачи заявления

10.1 Режимы резания

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Скорость резки: 50-300 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи: 0,1-0,5 мм/об.

Глубина реза: 0,5-5 мм.

10.2 Охлаждение и смазка

Рекомендуется использовать смазочно-охлаждающую жидкость с расходом ≥ 10 л/мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте длительного воздействия высоких температур во избежание отслоения покрытия.

12. Приложение

Приложение А (информационное) — Справочная таблица свойств материалов

Тип материала	Твёрдость (HV)	Вязкость разрушения (МПа·м ^{1/2})	Теплостойкость (°C)
Твердый сплав	1500-1800	10-15	800
керамика	1800-2200	3-6	1000
Алмазный	8000-10000	5-10	600
Нитрид бора	3000-4000	6-12	1200

Приложение В (нормативное) – Таблица групповых кодов

Группы	Материал заготовки	Рекомендуемые материалы
П	Сталь (HB 130-250)	Карбид (P20)
М	Нержавеющая сталь	Карбид (M15)
К	чугун	Карбид (K20)
Н	Алюминий, медь	Алмазный
С	Закаленная сталь (HRC 45-65)	Нитрид бора

13. Индекс

Твердые режущие материалы

Удаление стружки

Классификация материалов

Группа приложений

Метод испытания

14. Информация о публикации

Дата релиза : 15 октября 2012 г.

Дата вступления в силу : 1 ноября 2012 г.

Организация по техническому обслуживанию : ISO/TC 29/SC 9 (Инструменты с режущими кромками из твердых режущих материалов).

Языки : английский, французский.

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

Меры предосторожности

Вышеуказанное содержание смоделировано на основе общедоступной информации и отраслевых практик ISO 513:2012. Конкретные технические детали (такие как точные групповые коды или параметры испытаний) могут потребовать ссылки на официальный текст стандарта.

Официальные полные версии можно получить на официальном сайте ISO или у авторизованных дистрибьюторов (например, ANSI или DIN).



ИСО 15641:2014

Режущие инструменты — Фрезы — Геометрические параметры и методы испытаний на прочность

1. Область применения

Настоящий международный стандарт устанавливает определение геометрических параметров, методов измерения и процедур испытаний на долговечность для фрез (включая, но не ограничиваясь концевыми фрезами, торцевыми фрезами и Т-образными фрезами), используемых для операций по резке металла. Настоящий стандарт применяется к фрезам, изготовленным из твердых режущих материалов (таких как цементированный карбид, керамика и сверхтвердые материалы) с определенными режущими кромками, с целью обеспечения их постоянной производительности в различных условиях обработки. Настоящий стандарт не применяется к нережущим инструментам или неметаллическим приложениям обработки.

1.1 Область применения

Подходит для всех типов фрез, таких как концевые фрезы, торцевые фрезы, фрезы типа Т и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

т. д.

Охватывает проектирование геометрических параметров и испытания на долговечность.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты (например, абразивные инструменты).

Инструменты для обработки неметаллических материалов.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

ISO 513:2012 , *Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками* .

ISO 3002-1:1982 , *Основные величины при резании и шлифовании. Часть 1. Геометрия активной части режущих инструментов* .

ISO 8688-1:1989 , *Испытание стойкости инструмента при фрезеровании. Часть 1: Торцевое фрезерование* .

ISO 13399-1:2006 , *Представление и обмен данными о режущих инструментах. Часть 1. Обзор, основные принципы и общая информация* .

Примечание : Последние версии ссылочных документов могут быть обновлены после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт ISO для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза

Вращающийся режущий инструмент с несколькими режущими кромками для обработки материала заготовки путем удаления стружки.

3.2 Геометрические параметры

Характеристики, описывающие форму и размер режущей части фрезы, включая угол отклонения, радиус при вершине и угол наклона винтовой линии.

3.3 Долговечность

Срок службы фрезы при заданных условиях резания обычно измеряется временем резания или количеством обработанных заготовок.

3.4 Ширина износа задней поверхности (VB)

Мера износа задней поверхности режущей кромки, используемая для оценки долговечности.

4. Символы и сокращения

κг : Передний угол.

κ' : Вторичный передний угол.

гг : Радиус угла.

VB : Ширина износа по задней поверхности.

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

V_c : Скорость резания (м/мин).

f_n : Скорость подачи (подача на зуб, мм/зуб).

5. Классификация

5.1 Типы фрез

Концевая фреза : Для боковой и торцевой резки.

Торцевая фреза : используется для обработки плоских поверхностей.

Фреза Т-типа : специально используется для обработки Т-образных пазов.

5.2 Классификация материалов

Твердый сплав (на основе WC-Co).

Керамика (Al_2O_3 , Si_3N_4).

Сверхтвёрдые материалы (алмаз, cBN).

6. Технические требования

6.1 Геометрические параметры

Основной угол отклонения (κ_r) : 5° - 20° .

Вторичный угол отклонения (κ') : 0° - 10° .

Радиус режущей кромки инструмента (r_ϵ) : 0,1–1,5 мм.

Угол наклона спирали : 15° - 45° (в зависимости от требований обработки).

6.2 Требования к прочности

Стандартная прочность: резка 30 мин, $VB \leq 0,3$ мм.

Высокая прочность: резка в течение 60 мин, $VB \leq 0,2$ мм.

7. Методы испытаний

7.1 Измерение геометрических параметров

Инструменты : Оптический микроскоп или КИМ.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 3002-1.

7.2 Испытание на прочность

Условия испытаний :

Материал заготовки: Сталь (HB 200).

Скорость резания (V_c): 100-200 м/мин.

Скорость подачи (f_n): 0,1-0,3 мм/зуб.

Глубина реза (a_p): 1-3 мм.

Процедура тестирования :

Установите фрезу на испытательную машину.

Непрерывная резка по заданным параметрам.

VB измеряли каждые 10 минут.

Время жизни регистрировалось до тех пор, пока VB не достигал 0,3 мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

7.3 Запись данных

Запишите время резки, значение VB и вид отказа (сколы, износ и т. д.).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. Маркировка и упаковка

8.1 Логотип

Укажите тип фрезы (например, T20), группу материала (например, P20) и размер (например, ф10 мм).

Пример: T20-P20-ф10мм.

8.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с отчетом об испытаниях, содержащим геометрические параметры и данные о долговечности.

9. Правила проверки

9.1 Заводской осмотр

Контроль твердости и геометрических параметров сырья.

9.2 Заводской осмотр

Измерение геометрических параметров.

Испытание на прочность (выборочный контроль).

10. Правила подачи заявления

10.1 Режимы резания

Скорость резки (V_c) : 50-300 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (f_n) : 0,05-0,5 мм/зуб.

Глубина реза (a_p) : 0,5-5 мм.

10.2 Охлаждение и смазка

Рекомендуется использовать смазочно-охлаждающую жидкость с расходом ≥ 10 л/мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрева инструмента при высокоскоростной резке.

12. Приложение

Приложение А (информационное) – Справочная таблица геометрических параметров

параметр	объем	Замечание
Главный угол отклонения (κ)	5°-20°	Отрегулируйте в соответствии с заготовкой
Вторичный угол отклонения (κ')	0°-10°	Стабильная резка
Радиус кончика инструмента (r_ϵ)	0,1-1,5 мм	Уменьшить концентрацию стресса

Приложение В (нормативное) — Таблица условий испытаний на долговечность

Материал	Скорость резания (V_c , Скорость подачи (f_n , Глубина реза (a_p ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

заготовки	м/мин)	мм/зуб)	мм)
Сталь (HВ 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
чугун	80-150	0,2-0,4	2-4
Нержавеющая сталь	60-120	0,1-0,2	1-2

13. Индекс

Фреза

Геометрические параметры

Испытание на прочность

Условия резания

14. Информация о публикации

Дата релиза : 15 июня 2014 г.

Дата вступления в силу : 1 июля 2014 г.

Организация по техническому обслуживанию : ISO/TC 29/SC 9 (Инструменты с режущими кромками из твердых режущих материалов).

Языки : английский, французский.



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



Немецкий промышленный стандарт DIN 844:1987

DIN 844:1987 -

Фрезы с цилиндрическим хвостовиком. Размеры

1. Область применения

В настоящем стандарте указаны размеры, допуски и требования к установке фрез с цилиндрическим хвостовиком, применимые к концевым фрезам, торцевым фрезам и фрезам типа Т. В стандарте определены диаметр хвостовика, длина режущей части и допуски на установку фрезы для обеспечения совместимости со шпинделем станка и системой зажима. В настоящем стандарте применяются фрезы для твердого сплава (WC-Co), быстрорежущей стали (HSS) и других режущих материалов, но не включены нестандартные фрезы специального назначения.

1.1 Область применения

Для концевых фрез, торцевых фрез и фрез типа Т с цилиндрическими хвостовиками.

Охватывает размеры, допуски и требования к установке.

1.2 Исключения

Фрезы специального назначения или нестандартных конструкций.

Фрезы с коническим или Weldon хвостовиком (согласно DIN 1835).

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

DIN 13-1:1999 , *Резьбы метрические общего назначения ISO — Допуски* .

DIN 6885-1:2003 , *Крепежные элементы приводного типа без конусного действия; параллельные шпонки, шпоночные пазы, глубокий рисунок* .

ISO 513:2012 , *Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками* .

ISO 3002-1:1982 , *Основные величины при резании и шлифовании. Часть 1. Геометрия активной части режущих инструментов* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт DIN для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Цилиндрический хвостовик

Фрезы применяются для зажима цилиндрических деталей и предназначены для установки в патроны станков или зажимные устройства.

3.2 Толерантность

Допустимый диапазон отклонений размеров фрезы обеспечивает совместимость со станками

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

и точность обработки.

3.3 Монтажные размеры

Относится к диаметру ручки, длине и размерам, соответствующим системе зажима.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр хвостовика, мм.

l : Общая длина (мм).

l1 : Длина реза (мм).

h6 : Класс допуска (по DIN 668).

H7 : Класс допуска (согласно DIN 668).

5. Технические требования

5.1 Требования к размеру

Диаметр хвостовика (d) : от 3 мм до 25 мм, стандартные значения включают 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 мм.

Общая длина (l) : в зависимости от диаметра от 40 мм до 150 мм.

Длина режущей части (l1) : зависит от типа фрезы, обычно составляет 1,5–3 d.

5.2 Требования к допускам

Допуск диаметра хвостовика : h6 (диаметр 3-6 мм) или h7 (диаметр 8-25 мм) в соответствии с DIN 668.

h6: $\pm 0,000/-0,006$ мм (3-6 мм).

h7: $\pm 0,000/-0,010$ мм (8-25 мм).

Допуск по длине : $\pm 0,2$ мм (l и l1).

Допуск соосности : 0,01 мм (по всей длине).

5.3 Требования к установке

Посадка зажима : допуск посадки между хвостовиком и цангой или зажимным устройством составляет H7/s6.

Шероховатость поверхности : хвостовик $Ra \leq 0,8$ мкм, режущая часть $Ra \leq 1,6$ мкм.

Твердость : хвостовик HRC 40-50, режущая часть в зависимости от материала (например, твердый сплав HV 1500-1800).

6. Методы испытаний

6.1 Измерение размеров

Инструменты : штангенциркуль или КИМ.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно DIN 13-1.

6.2 Проверка допусков

Метод : Проверьте допуски диаметра и длины хвостовика с помощью стандартных калибров.

Испытание на соосность : используйте ротационный реометр для измерения соосности по всей длине.

7. Маркировка и упаковка

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

7.1 Логотип

Укажите тип фрезы (например, А, В), диаметр (d), длину (l) и материал (например, HSS).

Пример: DIN 844-A-10-60-HSS.

7.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с отчетом о проверке размеров и допусков.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка размера и твердости сырья.

8.2 Заводской осмотр

Измерения диаметра, длины и соосности хвостовика.

Выборочная проверка посадки зажима.

9. Правила подачи заявления

9.1 Рекомендации по установке

Убедитесь, что цанга соответствует диаметру хвостовика, рекомендуется использовать гидравлический или выдвижной зажим.

Перед установкой очистите поверхность ручки.

9.2 Параметры резки

Скорость резки: 50-200 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи: 0,1-0,3 мм/об.

10. Требования безопасности

Во время работы надевайте защитные очки.

Избегайте чрезмерного затягивания или ослабления, чтобы предотвратить падение инструмента.

11. Приложение

Приложение А (информационное) — Таблицы размеров и допусков

Диаметр хвостовика (d, мм)	Степень допуска	Общая длина (д, мм)	Длина реза (l1, мм)	Соосность (мм)
3	x6	40	6	0,01
6	x6	50	12	0,01
10	h7	70	20	0,01
16	h7	100	40	0,01
25	h7	150	75	0,01

Приложение В (нормативное) — Таблицы монтажных характеристик

Диаметр хвостовика (d, мм)	Допуск цанги	Тип соответствия
3-6	H7/s6	Переходная посадка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8-25	H7/s6	Переходная посадка

12. Индекс

Фреза с цилиндрическим хвостовиком
толерантность
Установочные размеры
Метод испытания

13. Информация о публикации

Дата выпуска : 1 мая 1987 г.

Дата вступления в силу : 1 июня 1987 г.

Управляющее агентство : Немецкий институт нормирования (DIN).

Языки : немецкий, английский.

Немецкий промышленный стандарт DIN 1839:1990

ДИН 1839:1990

Фрезы — Технические условия изготовления и применения

1. Область применения

Этот стандарт определяет процесс производства, контроль качества и условия использования фрез (включая концевые фрезы, торцевые фрезы и фрезы типа Т) и применим к фрезам из твердого сплава (WC-Co), быстрорежущей стали (HSS) и других режущих материалов. Этот стандарт направлен на обеспечение последовательности производства, безопасности использования и совместимости фрез с системами станков и не применим к нережущим инструментам или нестандартным фрезам специального назначения.

1.1 Область применения

Подходит для изготовления и использования концевых фрез, торцевых фрез и фрез типа Т. Охватывает производственные процессы, условия использования и требования безопасности.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты (например, абразивные инструменты).
Фрезы специального назначения или нестандартных конструкций.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

DIN 844:1987 , Фрезы с цилиндрическим хвостовиком. Размеры .

DIN 13-1:1999 , Резьбы метрические общего назначения ISO — Допуски .

ISO 513:2012 , Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками .

ISO 8688-1:1989 , Испытание стойкости инструмента при фрезеровании. Часть 1: Торцевое фрезерование .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт DIN для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза

Вращающийся режущий инструмент с несколькими режущими кромками для обработки материала заготовки путем удаления стружки.

3.2 Производственный процесс

Этапы обработки от подготовки сырья до готовой фрезы включают порошковую металлургию, спекание и нанесение покрытия.

3.3 Условия подачи заявки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Параметры резания, требования к охлаждению и технические условия обслуживания фрез в процессе обработки.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр хвостовика, мм.

l : Общая длина (мм).

Vc : Скорость резания (м/мин).

fn : Скорость подачи (подача на зуб, мм/зуб).

PVD : физическое осаждение из паровой фазы.

5. Технические требования

5.1 Требования к производству

Выбор материала :

Твердый сплав: содержание WC 88%-92%, содержание Co 6%-12%.

Быстрорежущая сталь: HSS-E (содержащая кобальт), твёрдость HRC 62-66.

Процесс производства :

Порошковая металлургия: время измельчения в шаровой мельнице 12-24 ч, давление прессования 150-200 МПа.

Спекание: температура 1350-1450°C, выдержка под давлением 1-2 ч.

Покрытие: PVD TiAlN, толщина 1-3 мкм.

Шероховатость поверхности : режущая часть $Ra \leq 1,6$ мкм, хвостовик $Ra \leq 0,8$ мкм.

5.2 Требования к использованию

Данные по резке :

Скорость резки (V_c): 50-300 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (f_n): 0,05-0,5 мм/зуб.

Глубина реза: 0,5-5 мм.

Охлаждение : рекомендуется использовать смазочно-охлаждающую жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка сырья

Использовались высокочистые порошки WC (чистота $> 99,8\%$) и Co (чистота $> 99,5\%$).

Контроль размера частиц: $D_{50} < 1$ мкм.

6.2 Поток обработки

Прессование : Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 150-200 МПа.

Спекание : горячее изостатическое прессование (ГИП), температура 1350-1450°C.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск $\pm 0,01$ мм.

Покрытие : процесс PVD, температура 450-500°C.

6.3 Контроль качества

Плотность: 14,0-14,9 г/см³.

Твёрдость: HV 1500-1800 (карбид).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. Технические характеристики применения

7.1 Установка

Убедитесь, что хвостовик соответствует цанге, допуски согласно DIN 844 h6/h7.

Перед установкой очистите ручку.

7.2 Техническое обслуживание

Регулярно проверяйте ширину полосы износа (VB), стандартная ширина VB для замены > 0,3 мм.

Избегайте сухой резки более 10 минут.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и чистоты сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски и испытания на твердость.

Испытание на долговечность (выборочное) в соответствии с ISO 8688-1.

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите тип (например, T), диаметр (d), длину (l) и материал.

Пример: DIN 1839-T-10-60-NM.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

11. Приложение

Приложение А (информационное) — Таблица параметров производственного процесса

Этапы процесса	Диапазон параметров	Замечание
шаровая мельница	12-24 ч, среднее соотношение 1:2	Обеспечить единообразие
подавлять	150-200 МПа	Начальная плотность 60%-65%
спекание	1350-1450°C, 1-2 ч	Плотность > 99,9%
покрытие	1-3 мкм, 450-500°C	Покрытие TiAlN

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vс, м/мин)	Скорость подачи (fп, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	100-200	0,1-0,3	1-3
чугун	80-150	0,2-0,4	2-4

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Нержавеющая сталь	60-120	0,1-0,2	1-2

12. Индекс

Фреза

Процесс производства

Правила использования

Требования безопасности

13. Информация о публикации

Дата публикации : 1 марта 1990 г. Дата вступления в силу : 1 апреля 1990 г.

Управляющее агентство : Немецкий институт нормирования (DIN).

Языки : немецкий, английский.

Американский национальный стандарт

ANSI B94.19-1997 (R2019) —

Фрезы и концевые фрезы

1. Область применения

В настоящем стандарте описывается классификация, размеры, допуски и условия эксплуатации цельных фрез и концевых фрез из быстрорежущей стали, применяемых для различных операций фрезерования при резании металла. В стандарт включены общие определения, диапазоны размеров и требования к допускам, а также даны рекомендации по условиям эксплуатации для обеспечения производительности и безопасности фрез при обработке различных материалов и в различных условиях обработки. Настоящий стандарт не распространяется на фрезы, которые не являются цельными или не предназначены для резки металла.

1.1 Область применения

Для цельных фрез и концевых фрез из быстрорежущей стали.

Охватывает классификацию, размеры, допуски и условия использования.

1.2 Исключения

Фреза нецельной конструкции.

Применение для резки неметаллических материалов.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

ANSI B5.10-1994 , *Конусы для машин* .

ISO 513:2012 , *Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками* .

ISO 8688-1:1989 , *Испытание стойкости инструмента при фрезеровании. Часть 1: Торцевое фрезерование* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт ANSI для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза

Вращающийся режущий инструмент с несколькими режущими кромками для обработки материала заготовки путем удаления стружки.

3.2 Концевая фреза

Фреза с режущими кромками на торце и по окружности, способная производить осевую и радиальную резку.

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

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания, требования к охлаждению и технические условия обслуживания фрез в процессе обработки.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (мм).

l : Общая длина (мм).

Vc : Скорость резания (м/мин).

fn : Скорость подачи (подача на зуб, мм/зуб).

HSS : Быстрорежущая сталь.

5. Классификация

5.1 Типы фрез

Концевые фрезы : Включают концевые фрезы с плоским концом, концевые фрезы со сферическим концом и угловые концевые фрезы.

Торцевая фреза : используется для обработки плоских поверхностей, подразделяется на черновую и чистовую.

Фреза для обработки пазов : включает фрезу для обработки Т-образных пазов и фрезу для обработки шпоночных пазов.

5.2 Классификация размеров

Диапазон диаметров : от 3 мм до 50 мм, стандартные значения включают 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 мм.

Диапазон длины : от 40 мм до 200 мм, сортируется по диаметру.

5.3 Классификация толерантности

Допуск по диаметру: h6 (3-6 мм) или h7 (8-50 мм).

Допуск по длине: $\pm 0,2$ мм.

6. Технические характеристики применения

6.1 Параметры резки

Скорость резания (Vc) :

Сталь (HB 200): 20-50 м/мин.

Чугун: 30-70 м/мин.

Алюминиевый сплав: 100-300 м/мин.

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,3 мм/зуб.

Глубина реза : 0,5-5 мм (регулируется в зависимости от диаметра фрезы).

6.2 Охлаждение и смазка

Рекомендуется использовать смазочно-охлаждающую жидкость с расходом ≥ 10 л/мин.

Сухая резка подходит для обработки с небольшой нагрузкой и длится не более 10 минут.

6.3 Адаптация материала заготовки

Группа P : Сталь и ее сплавы (твердость HB 130-250).

Группа K : Чугун и цветные хрупкие материалы.

Группа N : Алюминий, медь и их сплавы.

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

6.4 Требования к техническому обслуживанию

Регулярно проверяйте ширину полосы износа (VB), стандартная ширина VB для замены > 0,3 мм.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

7. Технические требования

7.1 Свойства материала

Твёрдость : HRC 62-66 (HSS).

Термостойкость : $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

7.2 Геометрические параметры

Основной угол отклонения : 5° - 15° .

Радиус кончика : 0,1-1,0 мм.

8. Методы испытаний

8.1 Измерение размеров

Инструменты : штангенциркуль или КИМ.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

8.2 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), Vc 30 м/мин, fn 0,1 мм/зуб, ap 2 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 мин и измеряйте VB.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите тип (например, EM), диаметр (d) и длину (l).

Пример: ANSI B94.19-EM-10-60.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с отчетом об испытаниях размеров и прочности.

10. Правила проверки

10.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и размера сырья.

10.2 Заводской осмотр

Испытания размеров, допусков и прочности (выборочные).

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрева инструмента при высокоскоростной резке.

12. Приложение

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

Приложение А (Информационное) — Таблицы классификации и размеров

тип	Диапазон диаметров (мм)	Диапазон длин (мм)	Степень допуска
Концевая фреза	3-25	40-150	h6/h7
Торцевая фреза	10-50	50-200	h7
Фреза для Т-образных пазов	6-32	50-150	h6/h7

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (V_c , м/мин)	Скорость подачи (f_n , мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HВ 200)	20-50	0,05-0,2	1-3
чугун	30-70	0,1-0,3	2-4
Алюминиевый сплав	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Индекс

Фреза
Концевая фреза
Классификация
Условия использования

14. Информация о публикации

Дата выпуска : 20 марта 1997 г.
Последняя подтвержденная дата : 2019.
Поддерживается : Американским национальным институтом стандартов (ANSI).
Язык : английский.

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



Японские промышленные стандарты

JIS B 4120:2000

Фрезы с твердосплавными пластинами - Технические условия на изготовление и испытания

— Технические условия на производство и испытания

1. Область применения

Этот стандарт определяет процесс производства, контроль качества и методы испытаний фрез из твердого сплава (включая концевые фрезы, торцевые фрезы и пазовые фрезы) и применим к материалам из твердого сплава (например, на основе WC-Co) при резке металла. Этот стандарт направлен на обеспечение последовательности производства, производительности резки и безопасности фрез и не применим к материалам из нетвердого сплава или инструментам для нережущих целей.

1.1 Область применения

Для концевых, торцевых и пазовых фрез из твердого сплава.

Охватывает производственные процессы, контроль качества и требования к испытаниям.

1.2 Исключения

Фрезы из нетвердосплавных материалов.

Инструменты нережущего назначения.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

JIS B 4104:1995 , *Инструменты с твердосплавными пластинами. Общие правила* .

ISO 513:2012 , *Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками* .

ISO 8688-1:1989 , *Испытание стойкости инструмента при фрезеровании. Часть 1. Торцевое фрезерование* .

Примечание : Последние версии ссылочных документов могут быть обновлены после публикации. Рекомендуется проверить официальный сайт JIS для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Твердосплавная фреза

Фрезы, изготовленные из твердого сплава на основе карбида вольфрама (WC), подходят для резки заготовок высокой твердости.

3.2 Производственный процесс

Этапы обработки от подготовки сырья до готовой фрезы включают порошковую металлургию, спекание и нанесение покрытия.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3 Методы тестирования

Стандартизированная экспериментальная процедура оценки производительности и долговечности фрез.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (мм).

l : Общая длина (мм).

Vc : Скорость резания (м/мин).

VB : Ширина износа задней поверхности (мм).

WC : Карбид вольфрама.

5. Технические требования

5.1 Свойства материала

Твёрдость : HV 1500-1800.

Вязкость разрушения : $K_{Ic} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Плотность : 14,0-14,9 г/см³.

5.2 Геометрические параметры

Основной угол отклонения : 5°-20°.

Радиус кончика : 0,1-1,0 мм.

Угол наклона спирали : 15°-45° (регулируется в зависимости от области применения).

5.3 Требования к покрытию

Дополнительное покрытие: TiN, TiAlN, толщина 1-3 мкм.

Прочность связи: > 70 МПа.

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка сырья

Использовались высокочистые порошки WC (чистота > 99,8%) и Co (чистота > 99,5%).

Контроль размера частиц: $D_{50} < 1 \text{ мкм}$.

6.2 Поток обработки

Прессование : Холодное изостатическое прессование (ХИП), давление 150-200 МПа.

Спекание : горячее изостатическое прессование (ГИП), температура 1350-1450°C, выдержка под давлением 1-2 часа.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск $\pm 0,01 \text{ мм}$.

Покрытие : процесс PVD, температура 450-500°C.

6.3 Контроль качества

Тест на плотность: 14,0-14,9 г/см³.

Испытание на твердость: HV 1500-1800.

7. Методы тестирования

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : Координатно-измерительная машина.

Точность : $\pm 0,01 \text{ мм}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Справочный стандарт : Согласно JIS B 4104.

7.2 Испытание на прочность

Условия испытаний :

Материал заготовки: сталь JIS S45C (HB 200).

Скорость резания (V_c): 100-150 м/мин.

Скорость подачи (f_n): 0,1-0,2 мм/зуб.

Глубина реза: 1-3 мм.

программа :

Установите фрезу на испытательную машину.

Резать непрерывно в течение 30 мин по заданным параметрам.

Была измерена ширина полосы износа (VB).

Критерии оценки : $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

7.3 Запись данных

Регистрировались время резки, значение VB и вид отказа.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и чистоты сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на прочность (выборочное).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите тип (например, EM), диаметр (d), длину (l) и материал.

Пример: JIS B 4120-EM-10-60-WC.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резания (V_c) : 50-300 м/мин (регулируется в зависимости от заготовки).

Скорость подачи (f_n) : 0,05-0,5 мм/зуб.

Глубина реза : 0,5-5 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

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

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

12. Приложение

Приложение А (информационное) — Таблица параметров производственного процесса

Этапы процесса	Диапазон параметров	Замечание
шаровая мельница	12-24 ч, среднее соотношение 1:2	Обеспечить единообразие
подавлять	150-200 МПа	Начальная плотность 60%-65%
спекание	1350-1450°C, 1-2 ч	Плотность > 99,9%
покрытие	1-3 мкм, 450-500°C	Покрытие TiAlN

Приложение В (нормативное) — Таблица условий испытаний

Материал заготовки	Скорость резания (V _c , м/мин)	Скорость подачи (f _n , мм/зуб)	Глубина реза (мм)
ЛIS S45C	100-150	0,1-0,2	1-3
чугун	80-120	0,2-0,3	2-4
Нержавеющая сталь	60-100	0,1-0,2	1-2

13. Индекс

Фреза твердосплавная

Процесс производства

Метод испытания

Правила использования

14. Информация о публикации

Дата выпуска : 20 июня 2000 г.

Дата вступления в силу : 1 июля 2000 г.

Поддерживающая организация : Японский комитет по промышленным стандартам (JISC).

Язык : японский, английский.

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



Китайский национальный стандарт

GB/T 16665-2017

- Технические требования и методы испытаний

твердых сплавов

— Технические требования и методы испытаний

1. Область применения

Настоящий стандарт определяет технические требования и методы испытаний производительности для твердого сплава (с карбидом вольфрама WC в качестве основной твердой фазы и кобальтом Co или никелем Ni в качестве связующей фазы), который применяется для изготовления металлорежущих инструментов, форм и износостойких деталей. Настоящий стандарт включает требования к физическим свойствам, химическому составу и механическим свойствам материала, а также соответствующие методы испытаний и не применяется к нетвердым сплавам или композитным материалам специального назначения.

1.1 Область применения

Применимо к твердым сплавам на основе WC-Co или WC-Ni.

Охватывает требования к производительности и методы испытаний.

1.2 Исключения

Некарбидные материалы.

Композитные материалы специального назначения.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 3850-2015, Методы испытаний свойств твердых сплавов.

GB/T 5244-2015, Твердые сплавы — Определение содержания кобальта, титана, тантала, ниобия и ванадия.

ISO 513:2012, Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками.

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Твердый сплав

Спеченный материал с карбидом вольфрама (WC) в качестве основной твердой фазы и кобальтом (Co) или никелем (Ni) в качестве связующей фазы, обладающий высокой твердостью и износостойкостью.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 Твердость

Способность материала противостоять локальной пластической деформации или вдавливанию, обычно выражаемая твердостью по Виккерсу (HV).

3.3 Вязкость разрушения

Способность материала противостоять росту трещин, обычно выражаемая критическим коэффициентом интенсивности напряжений (K_{Ic}).

4. Символы и сокращения

HV : Твёрдость по Виккерсу.

K_{Ic} : Вязкость разрушения ($\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$).

ρ : Плотность (г/см^3).

WC : Карбид вольфрама.

Co : Кобальт.

5. Технические требования

5.1 Химический состав

Содержание WC : 85%-94% (массовая доля).

Содержание Co : 6%-12% (массовая доля), Ni $\leq$ 2% (опционально).

Содержание примесей : кислород $\leq$ 0,2%, другие примеси $\leq$ 0,5%.

5.2 Физические свойства

Плотность (ρ) : 14,0-15,0 г/см^3 (регулируется в зависимости от содержания Co).

Пористость : A02-B00-C00 (согласно классу GB/T 3850).

5.3 Механические свойства

Твердость (HV30) : 1200-1800 (в зависимости от марки).

Вязкость разрушения (K_{Ic}) : 8-15 $\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Прочность на изгиб : 1800-2500 МПа.

5.4 Термостойкость

Рабочая температура: $\leq$ 800°C (без покрытия).

Стойкость к окислению: Скорость потери веса $\leq$ 0,1%/ч (800°C, 1ч).

6. Методы испытаний

6.1 Анализ химического состава

Методы : спектроскопический анализ или методы влажной химии.

Точность : $\pm 0,1\%$ (массовая доля).

Справочный стандарт : Согласно GB/T 5244.

6.2 Измерение плотности

Инструменты : метод Архимеда или метод проникновения ртути.

Точность : $\pm 0,05 \text{ г/см}^3$.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

6.3 Испытание на твердость

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : $\pm 20 \text{ HV}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

6.4 Испытание на трещиностойкость

Метод : Метод одностороннего надреза луча (SENB).

Точность : $\pm 0,5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

6.5 Испытание прочности на изгиб

Метод : Испытание на трехточечный изгиб.

Размер образца : 20 мм × 6,5 мм × 5,25 мм.

Точность : $\pm 50 \text{ МПа}$.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

7. Правила проверки

7.1 Заводской осмотр

Контроль химического состава и размера частиц сырья.

7.2 Заводской осмотр

Испытания на плотность, твердость, вязкость разрушения и прочность на изгиб.

Пористость и микроструктурный анализ.

8. Маркировка и упаковка

8.1 Логотип

Укажите номер марки (например, YG6, YG8) и номер партии.

Пример: GB/T 16665-YG6-20250601.

8.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с отчетом о тестировании производительности.

9. Правила подачи заявления

9.1 Области применения

Металлорежущий инструмент (фрезы, токарные резцы).

Износостойкие детали (матрицы, пуансоны).

9.2 Рекомендации по применению

Избегайте длительного использования при температурах выше 800°C.

Регулярно проверяйте поверхности на предмет износа.

10. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте вдыхания пыли и работайте в проветриваемом помещении.

11. Приложение

Приложение А (информационное) — Справочные таблицы производительности

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	Содержание WC (%)	Содержание Co (%)	Твердость (HV30)	Вязкость разрушения (K _{1с} , МПа·м ^{1/2})	Прочность на изгиб (МПа)
YG6	94	6	1500-1600	10-12	1800-2000
YG8	92	8	1400-1500	12-14	2000-2200
YG12	88	12	1300-1400	14-15	2200-2500

Приложение В (нормативное) — Таблица условий испытаний

Показатели эффективности	Метод испытания	Количество образцов	Допустимое отклонение
плотность	Архимедов метод	3	±0,05 г/см ³
твёрдость	Твердомер по Виккерсу	5	±20 ВН
Вязкость разрушения	СЕНБ	5	±0,5 МПа·м ^{1/2}
Прочность на изгиб	Трехточечный изгиб	5	±50 МПа

12. Индекс

Твердый сплав
Требования к производительности
Метод испытания
Технические требования

13. Информация о публикации

Дата релиза : 30 июня 2017 г.
Дата вступления в силу : 1 декабря 2017 г.
Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).
Язык : китайский, английский.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Китайский национальный стандарт GB/T 5231-2019

GB/T 5231-2019

- Режущий инструмент

— Общие технические условия

1. Область применения

Этот стандарт определяет общие технические условия для режущих инструментов (включая токарные инструменты, фрезы, сверла и расточные инструменты и т. д.), охватывая выбор материала, процесс изготовления, допуски размеров, требования к производительности, а также спецификации проверки и использования. Этот стандарт применим к режущим инструментам из различных материалов (таких как быстрорежущая сталь и твердый сплав) для обработки металлов резанием и не применим к нережущим инструментам или неметаллическим целям обработки.

1.1 Область применения

Подходит для режущих инструментов из быстрорежущей стали, твердого сплава и т. д.

Охватывает требования к производству, проверке и использованию.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты (например, абразивные инструменты).

Применение в неметаллической обработке.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 16665-2017 , *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний* .

GB/T 3850-2015 , *Методы испытаний свойств твердых сплавов* .

ISO 513:2012 , *Классификация и применение твердых режущих материалов для удаления металла с определенными режущими кромками* .

ISO 8688-1:1989 , *Испытание стойкости инструмента при фрезеровании. Часть 1: Торцевое фрезерование* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Режущий инструмент

Инструменты, обрабатывающие материал заготовки путем снятия стружки, обычно имеют определенную режущую кромку.

3.2 Толерантность

Допустимый диапазон отклонений размеров режущего инструмента обеспечивает точность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

обработки и взаимозаменяемость.

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания и экологические требования к режущим инструментам в процессе обработки.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (мм).

L : Общая длина (мм).

V_c : Скорость резания (м/мин).

VB : Ширина износа задней поверхности (мм).

HSS : Быстрорежущая сталь.

5. Технические требования

5.1 Требования к материалам

Быстрорежущая сталь (HSS) : твердость HRC 62-66, термостойкость $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Твердый сплав : твердость HV 1200-1800, вязкость разрушения $K_{IC} \geq 8 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Покрытие : TiN или TiAlN, толщина 1-3 мкм.

5.2 Геометрические параметры

Угол наклона : 5° - 20° (регулируется в зависимости от типа инструмента).

Радиус кончика : 0,1-1,0 мм.

Шероховатость поверхности : $R_a \leq 1,6 \text{ мкм}$ (режущая часть), $R_a \leq 0,8 \text{ мкм}$ (хвостовик).

5.3 Допуски размеров

Допуск диаметра : h6 (3-6 мм) или h7 (8-25 мм).

Допуск по длине : $\pm 0,2 \text{ мм}$.

Допуск соосности : 0,01 мм (по всей длине).

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка материала

Быстрорежущая сталь: кованая или катаная, отожженная.

Твердый сплав: порошковая металлургия, давление прессования 150-200 МПа.

6.2 Поток обработки

Черновая обработка : точение или фрезерование.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск $\pm 0,01 \text{ мм}$.

Термическая обработка : Закалка (HSS), спекание (карбид), температура 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Покрытие

Процесс PVD, температура 450-500 $^{\circ}\text{C}$, прочность связи $> 70 \text{ МПа}$.

7. Методы испытаний

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : КИМ или штангенциркуль.

Точность : $\pm 0,01 \text{ мм}$.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.2 Испытание на твердость

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : ± 20 HV.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 3850.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), Vc 50-100 м/мин, fn 0,1 мм/зуб, ap 2 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 мин и измеряйте VB.

Критерии оценки : $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на прочность (выборочное).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите тип (например, M), диаметр (d), длину (l) и материал.

Пример: GB/T 5231-M-10-60-HSS.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резки (Vc) : 20-300 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,5 мм/зуб.

Глубина реза : 0,5-5 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

12. Приложение

Приложение А (информационное) — Справочная таблица технических параметров

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Тип материала	Твердость (HV/HRC)	Скорость резания (Vc, м/мин)	Степень допуска	Шероховатость поверхности (Ra, мкм)
ХСС	ЧС 62-66	20-50	h6/h7	≤ 1,6
Твердый сплав	ВН 1200-1800	50-300	h6/h7	≤ 1,6

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vc, м/мин)	Скорость подачи (fn, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	50-100	0,1-0,2	1-3
чугун	70-120	0,2-0,3	2-4
Алюминиевый сплав	100-300	0,1-0,5	1-5

13. Индекс

Режущие инструменты
Технические требования
Метод испытания
Правила использования

14. Информация о публикации

Дата релиза : 4 июня 2019 г.

Дата вступления в силу : 1 января 2020 г.

Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).

Язык : китайский, английский.



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

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
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

Китайский национальный стандарт GB/T 20323-2020

GB/T 20323-2020

Код фрезы (цельная/зубчатая/индексируемая)

— Система обозначений для цельных/вставных/индексируемых типов

1. Область применения

Этот стандарт определяет систему кодов для фрез (включая интегральные, вставные и индексируемые типы) для идентификации типа, конструкции, размера, материала и других технических характеристик фрез. Этот стандарт применяется к различным фрезам, используемым при обработке металлов резанием, и направлен на достижение единообразной идентификации продукции и международной совместимости. Он не применяется к нережущим инструментам или специальным фрезам нестандартной конструкции.

1.1 Область применения

Подходит для цельных, сменных и сменных фрез.

Охватывает соглашения о кодах и методы идентификации.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты.

Специальные фрезы нестандартной конструкции.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019 , *Инструменты режущие — Общие технические условия* .

GB/T 16665-2017 , *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний* .

ISO 5608:2012 , *Фрезы — Обозначение* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Цельная фреза

Фреза, изготовленная из одного материала, режущая часть и хвостовик которой представляют собой единое целое.

3.2 Фреза со вставными зубьями

Фреза, в которой режущие зубья закреплены на корпусе фрезы методом инкрустации.

3.3 Фреза со сменными пластинами

Фрезы со сменными режущими пластинами, которые можно вращать или переворачивать для использования новых режущих кромок.

3.4 Обозначение

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

Стандартизированная комбинация кодов, используемая для идентификации характеристик фрез.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (мм).

l : Общая длина (мм).

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Карбид вольфрама.

5. Система обозначений

5.1 Состав кода

Код фрезы состоит из следующих частей, расположенных в следующем порядке:

Код типа : определяет тип конструкции фрезы.

Код размера : определяет диаметр и длину.

Код материала : определяет тип материала.

Дополнительный код : Необязательно, для специальных применений или покрытий.

5.2 Тип кода

C : Твердый.

T : Вставной зуб.

I : Индексируемый.

5.3 Код размера

Формат: [диаметр]×[длина].

Пример: 10×60 означает диаметр 10 мм и длину 60 мм.

Допуски соответствуют GB/T 5231.

5.4 Код материала

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Твердый сплав.

HSS-Co : Быстрорежущая сталь, содержащая кобальт.

TiN : покрытие нитридом титана (дополнительно).

5.5 Дополнительный код

P : Черновая обработка.

Φ : Завершение.

H : Подходит для заготовок с высокой твердостью.

6. Примеры обозначения

6.1 Интегральная фреза

S-10×60-HSS : диаметр 10 мм, длина 60 мм, цельная фреза из быстрорежущей стали.

S-20×100-WC-TiN : диаметр 20 мм, длина 100 мм, твердосплавная цельная фреза с покрытием TiN.

6.2 Вставьте зубчатую фрезу

T-12×80-HSS-Co : диаметр 12 мм, длина 80 мм, фреза со сменными пластинами из кобальтсодержащей быстрорежущей стали.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

T-25×150-WC-R : диаметр 25 мм, длина 150 мм, фреза с твердосплавными пластинами, подходит для черновой обработки.

6.3 Фреза со сменными пластинами

I-16×90-WC-F : диаметр 16 мм, длина 90 мм, твердосплавная фреза со сменными пластинами, подходит для чистовой обработки.

I-30×120-WC-H : диаметр 30 мм, длина 120 мм, твердосплавная фреза со сменными пластинами, подходит для обработки заготовок высокой твердости.

7. Требования к маркировке

Код должен быть четко указан на корпусе фрезы или упаковке.

Высота шрифта: ≥ 2 мм.

Метод маркировки: лазерная гравировка или струйная печать.

8. Правила проверки

8.1 Проверка согласованности кода

Проверочный код соответствует реальным техническим параметрам.

Норма выборки: 5% (минимум 1 шт.).

8.2 Проверка размеров и материалов

Проверка размеров и материалов должна проводиться в соответствии с GB/T 5231.

9. Упаковка и хранение

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Условия хранения: температура 5-30°C, влажность $\leq 60\%$.

10. Правила подачи заявления

Интегральный тип подходит для обработки деталей малого диаметра и высокой точности.

Тип пластины подходит для резания со средней нагрузкой.

Индексируемый тип подходит для обработки большого диаметра или высокопроизводительной обработки.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте неправильного использования из-за неправильных кодовых названий.

12. Приложение

Приложение А (информационное) — Таблица ссылок на коды

Тип кода	Тип структуры	Примеры материалов	Дополнительные примеры кода
C	Монолитный	HSS, туалет	TiN, P
T	Зубчатый	HSS-Co, WC	Ф, X
я	Индексируемый	Туалет	Ф, X

Приложение В (нормативное) — Диапазоны размеров

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Диапазон диаметров (мм)	Диапазон длин (мм)	Степень допуска
3-10	40-100	x6
12-25	80-200	h7
30-50	100-300	h7

13. Индекс

Фреза Кодовая система Монолитная Зубчатая Индексируемая

14. Информация о публикации

Дата публикации : 15 июня 2020 г. Дата вступления в силу : 1 января 2021 г.

Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).

Язык : китайский, английский.

Китайский национальный стандарт GB/T 25664-2010

GB/T 25664-2010

- Требования безопасности к высокоскоростным
фрезам

— Требования безопасности

1. Область применения

Этот стандарт определяет требования безопасности для высокоскоростных режущих фрез (применимо к фрезам со скоростью резания более 50 м/с), включая характеристики безопасности при проектировании, производстве, установке, использовании и обслуживании. Этот стандарт применяется к цельным, вставным зубчатым или индексируемым фрезам, изготовленным из быстрорежущей стали (HSS) или твердого сплава (WC), и предназначен для снижения риска несчастных случаев во время работы. Он не применим к не высокоскоростным режущим инструментам или нережущим инструментам.

1.1 Область применения

Для высокоскоростных режущих фрез со скоростью резания > 50 м/с.

Охватывает требования безопасности при проектировании, производстве, установке, эксплуатации и обслуживании.

1.2 Исключения

Обычные фрезы со скоростью резания ≤ 50 м/с.

Нережущие инструменты.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019, Инструменты режущие — Общие технические условия.

GB/T 16665-2017, Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний.

ISO 15641:2001, Фрезы для высокоскоростной обработки. Требования безопасности.

Примечание: Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Высокоскоростная фреза

Для эффективной резки металла обычно используют фрезы со скоростью резания более 50 м/с.

3.2 Показатели безопасности

Возможность предотвращения травм персонала или повреждения оборудования во время эксплуатации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3 Вязкость разрушения

Способность материала противостоять росту трещин, обычно выражаемая как K_{Ic} .

4. Символы и сокращения

V_c : Скорость резания (м/с).

d : Диаметр (мм).

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Карбид вольфрама.

K_{Ic} : Вязкость разрушения ($\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$).

5. Технические требования

5.1 Требования к материалам

Твёрдость : HSS HRC 62-66, WC HV 1200-1800.

Вязкость разрушения : $K_{Ic} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ (WC), $K_{Ic} \geq 8 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ (HSS).

Усталостная прочность : предел усталости $\geq 800 \text{ МПа}$.

5.2 Требования к проектированию

Класс балансировки : G2.5 (согласно ISO 1940-1).

Максимальная скорость : рассчитывается на основе диаметра, $V_c \leq 100 \text{ м/с}$.

Прочность лезвия : предел прочности на разрыв $\geq 1000 \text{ МПа}$.

5.3 Требования к производству

Шероховатость поверхности : $R_a \leq 1,2 \text{ мкм}$ (режущая часть), $R_a \leq 0,6 \text{ мкм}$ (хвостовик).

Термическая обработка : закалка (HSS) или спекание (WC), остаточное напряжение $\leq 200 \text{ МПа}$.

6. Требования безопасности

6.1 Безопасность конструкции

Противоскальзывающая конструкция : радиус кончика лезвия 0,2–1,0 мм.

Защита от превышения скорости : автоматическое отключение питания, если скорость превышает расчетное значение на 20%.

Тест балансировки : Ошибка динамического баланса $\leq 2 \text{ г} \cdot \text{мм/кг}$.

6.2 Безопасность при установке

Усилие зажима : Минимальное усилие зажима $\geq 10 \text{ кН}$ (регулируется по диаметру).

Коаксиальность : После установки погрешность коаксиальности составляет $\leq 0,01 \text{ мм}$.

Конструкция, предотвращающая ослабление : используйте стопорную гайку или шпоночный паз.

6.3 Безопасность использования

Защита оператора : надевайте защитные очки, стойкие к порезам перчатки и беруши.

Ограничения по параметрам резания : $V_c \leq 100 \text{ м/с}$, скорость подачи $\leq 0,5 \text{ мм/зуб}$.

Требования к окружающей среде : Расход смазочно-охлаждающей жидкости $\geq 15 \text{ л/мин}$, температура $\leq 50^\circ\text{C}$.

6.4 Поддержание безопасности

Периодическая проверка : ежемесячно проверяйте, чтобы ширина полосы износа (VB)

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

составляла $\leq 0,3$ мм.

Критерии замены : Замените, если $VB > 0,3$ мм или корпус фрезы треснул.

Утилизация : переработайте или уничтожьте безопасным способом, чтобы предотвратить травмы от мусора.

7. Методы испытаний

7.1 Тест баланса

Инструменты : Машина для динамической балансировки.

Стандарт : Согласно ISO 1940-1, класс G2.5.

Точность : ≤ 2 г·мм/кг.

7.2 Испытание на трещиностойкость

Метод : Метод одностороннего надреза луча (SENB).

Точность : $\pm 0,5$ МПа·м^{1/2}.

Справочный стандарт : GB/T 16665.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), V_c 80 м/с, f_n 0,2 мм/зуб, a_p 2 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 20 минут и измерьте VB.

Критерии оценки : отсутствие сколов, $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 15641.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Испытания на балансировку, вязкость разрушения и долговечность (частота выборки 5%).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Код маркировки (например, HS-10×60-WC) и предупреждения по технике безопасности.

Пример: GB/T 25664-HS-10×60-WC (Макс. V_c : 100 м/с).

9.2 Упаковка

Используйте ударопрочную и влагонепроницаемую упаковку, а также прилагайте инструкции по технике безопасности.

10. Правила подачи заявления

Убедитесь, что жесткость шпинделя станка составляет ≥ 50 Н/мкм.

Регулярно калибруйте оборудование для балансировки и контроля скорости.

11. Предотвращение несчастных случаев на производстве

Установите защитный кожух, чтобы предотвратить разлет мусора.

Обучите операторов распознавать признаки превышения скорости или перегрева.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

12. Приложение

Приложение А (информационное) — Справочная таблица параметров безопасности

Диаметр (мм)	Максимальная скорость (об/мин)	Уровень баланса	Усилие зажима (кН)
10	30000	Г2.5	10
20	15000	Г2.5	15
40	7500	Г2.5	25

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (V _c , м/с)	Скорость подачи (f _n , мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	50-80	0,1-0,3	1-3
Алюминиевый сплав	80-100	0,2-0,5	1-5
Нержавеющая сталь	50-70	0,1-0,2	1-2

13. Индекс

Высокоскоростная фреза

Требования безопасности

Проектирование для безопасности

Безопасно в использовании

14. Информация о публикации

Дата выпуска : 1 июня 2010 г.

Дата вступления в силу : 1 января 2011 г.

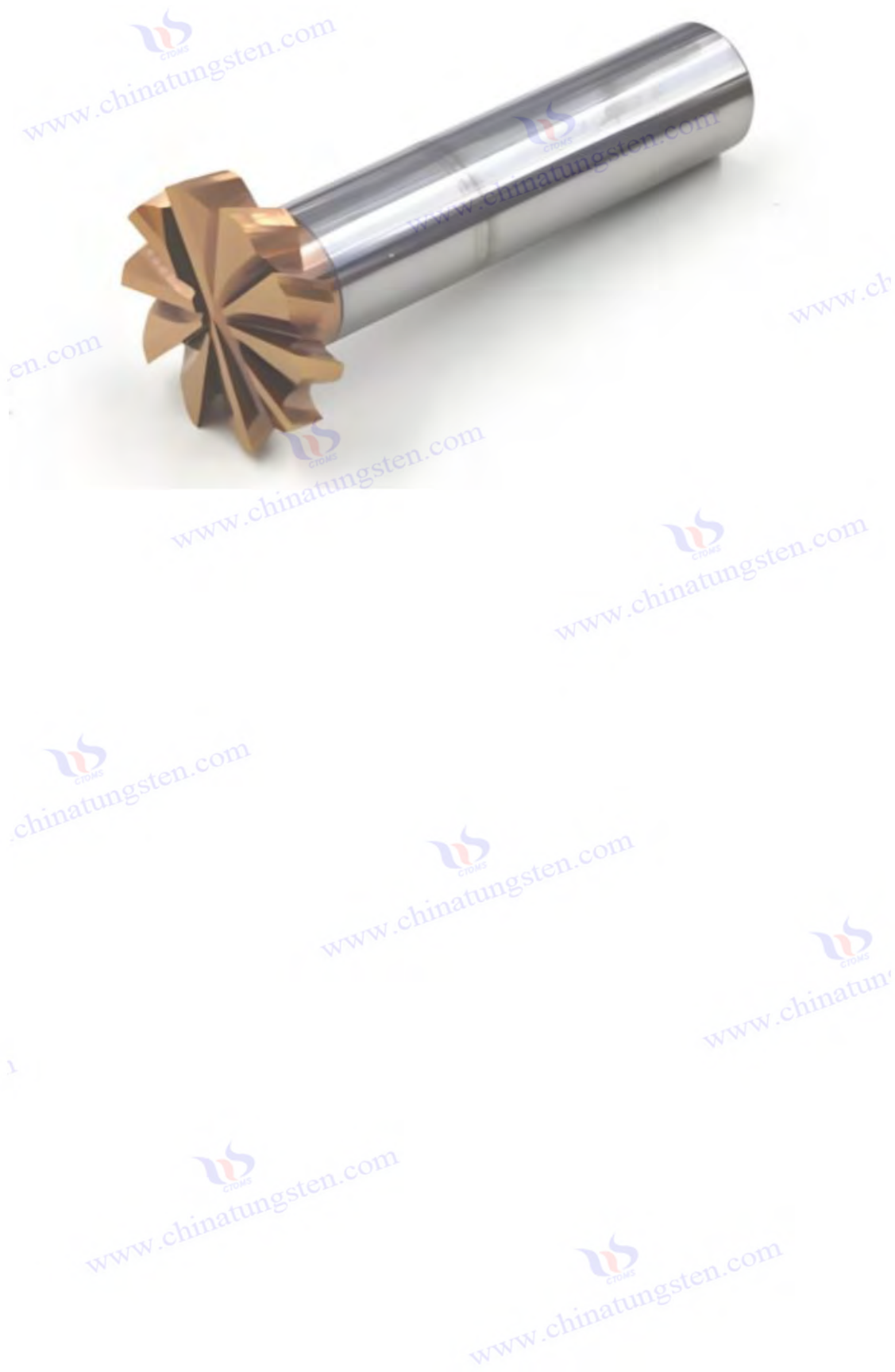
Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).

Язык : китайский, английский.

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



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

Китайский национальный стандарт GB/T 6122-2017

GB/T 6122-2017 -

Фрезы для закругления углов

1. Область применения

Этот стандарт определяет размер, форму, требования к производству, технические характеристики и условия использования фрез с закругленными углами (фрез, используемых для обработки закругленных углов кромок заготовок). Этот стандарт применяется к цельным или вставным зубчатым фрезам с закругленными углами, изготовленным из быстрорежущей стали (HSS) или твердого сплава (WC), которые широко используются при обработке металлов резанием, и не подходит для нережущих инструментов или для обработки без закругления.

1.1 Область применения

Подходит для фрез с угловым радиусом, изготовленных из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Охватывает размеры, требования к производству и использованию.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты.

Фреза для работ, не связанных с закруглением углов.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019 , *Инструменты режущие — Общие технические условия* .

GB/T 16665-2017 , *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний* .

ISO 5609:1999 , *Хвостовики инструментов с конусом 7/24 для автоматической смены инструмента* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза для скругления углов

Фреза с определенным радиусом закругления, используемая для скругления или снятия фаски с кромок заготовки.

3.2 Радиус угла

Радиус дуги кромки режущей части фрезы, мм.

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания и экологические требования угловой фрезы в процессе обработки.

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

4. Символы и сокращения

R : Радиус угла (мм).

d : Диаметр (мм).

L : Общая длина (мм).

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Карбид вольфрама.

5. Технические требования

5.1 Размеры и допуски

Диапазон диаметров : от 6 мм до 40 мм.

Радиус угла (R) : от 1 мм до 10 мм (стандартные значения: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 мм).

Диапазон длин : от 50 мм до 150 мм.

Допуск : диаметр h6 (6-10 мм) или h7 (12-40 мм), длина $\pm 0,2$ мм.

5.2 Требования к материалам

Быстрорежущая сталь (HSS) : твердость HRC 62-66, термостойкость $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Твердый сплав (WC) : твердость HV 1200-1800, вязкость разрушения $K_{IC} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Покрытие : TiN или TiAlN, толщина 1-3 мкм.

5.3 Геометрические параметры

Основной угол отклонения : 5° - 15° .

Угол наклона винтовой линии : 15° - 30° (регулируется в зависимости от диаметра).

Шероховатость поверхности : $R_a \leq 1,6$ мкм (режущая часть), $R_a \leq 0,8$ мкм (хвостовик).

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка материала

Быстрорежущая сталь: кованая или катаная, отожженная.

Твердый сплав: порошковая металлургия, давление прессования 150-200 МПа.

6.2 Поток обработки

Черновая обработка : точение или фрезерование.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск радиуса угла $\pm 0,05$ мм.

Термическая обработка : закалка (HSS) или спекание (WC), температура 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Покрытие

Процесс PVD, температура 450-500 $^{\circ}\text{C}$, прочность связи > 70 МПа.

7. Методы испытаний

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : Координатно-измерительная машина.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 5231.

7.2 Испытание на твердость

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : ± 20 HV.

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

Справочный стандарт : Согласно GB/T 16665.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), Vc 50 м/мин, fn 0,1 мм/зуб, ap 1 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 минут и измерьте ширину полосы износа (VB).

Критерии оценки : $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на долговечность (частота выборки 5%).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Отметьте код (например, CR-10-R2-HSS) и радиус скругления.

Пример: GB/T 6122-CR-10-R2-HSS.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резки (Vc) : 20-100 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,3 мм/зуб.

Глубина реза : 0,5-2 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

12. Приложение

Приложение А (информационное) – Справочная таблица размеров

Диаметр (мм)	Радиус угла (R, мм)	Длина(мм)	Степень допуска
6	1-2	50-80	x6
12	2-4	80-120	h7

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

25	4-10	100-150	h7

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vс, м/мин)	Скорость подачи (fп, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	50-80	0,1-0,2	0,5-1,5
Алюминиевый сплав	80-100	0,2-0,3	0,5-2
чугун	60-90	0,1-0,25	0,5-1,5

13. Индекс

Угловая фреза
Технические требования
Правила использования
Допуск размеров

14. Информация о публикации

Дата релиза : 30 июня 2017 г.
Дата вступления в силу : 1 января 2018 г.
Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).
Язык : китайский, английский.



Китайский национальный стандарт GB/T 1127-2023

Фрезы для обработки полукруглых шпоночных пазов

1. Область применения

Этот стандарт определяет размер, форму, требования к производству, технические характеристики и условия использования полукруглых шпоночных фрез (специальные фрезы, используемые для обработки полукруглых шпоночных пазов). Этот стандарт применяется к полукруглым шпоночным фрезам, изготовленным из быстрорежущей стали (HSS) или твердого сплава (WC), которые в основном используются для обработки шпоночных пазов деталей механической трансмиссии (таких как валы и ступицы), и не подходит для нережущих инструментов или неполукруглых шпоночных пазов.

1.1 Область применения

Для полукруглых шпоночных фрез из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Охватывает размеры, требования к производству и использованию.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты.

Фреза для обработки неполукруглых шпоночных пазов.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019, *Инструменты режущие — Общие технические условия*.

GB/T 16665-2017, *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний*.

ISO 3338-1:2012, *Фрезы шпоночные. Часть 1. Общие размеры*.

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза для обработки полукруглых шпоночных пазов

Фреза с полукруглой режущей кромкой, используемая для обработки полукруглого шпоночного паза под полукруглый ключ.

3.2 Ширина шпоночного паза

Ширина режущей части полукруглой шпоночной фрезы соответствует фактическому размеру шпоночного паза.

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания и экологические требования к полукруглым шпоночным фрезам в процессе обработки.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. Символы и сокращения

W : Ширина шпоночного паза (мм).

d : Диаметр (мм).

l : Общая длина (мм).

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Карбид вольфрама.

5. Технические требования

5.1 Размеры и допуски

Диапазон диаметров : от 4 мм до 25 мм.

Ширина шпоночного паза (W) : от 1 мм до 8 мм (стандартные значения: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 мм).

Диапазон длин : от 40 мм до 120 мм.

Допуск : диаметр h6 (4-10 мм) или h7 (12-25 мм), ширина $\pm 0,02$ мм.

5.2 Требования к материалам

Быстрорежущая сталь (HSS) : твердость HRC 62-66, термостойкость $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Твердый сплав (WC) : твердость HV 1200-1800, вязкость разрушения $K_{IC} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Покрытие : TiN или AlTiN, толщина 1-3 мкм.

5.3 Геометрические параметры

Радиус режущей кромки : соответствует ширине шпоночного паза, допуск $\pm 0,01$ мм.

Угол наклона винтовой линии : 10° - 20° (регулируется в зависимости от диаметра).

Шероховатость поверхности : $R_a \leq 1,6$ мкм (режущая часть), $R_a \leq 0,8$ мкм (хвостовик).

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка материала

Быстрорежущая сталь: кованая или катаная, отожженная.

Твердый сплав: порошковая металлургия, давление прессования 150-200 МПа.

6.2 Поток обработки

Черновая обработка : точение или фрезерование.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск ширины шпоночного паза $\pm 0,02$ мм.

Термическая обработка : закалка (HSS) или спекание (WC), температура 1200-1450 $^{\circ}\text{C}$.

6.3 Покрытие

Процесс PVD, температура 450-500 $^{\circ}\text{C}$, прочность связи > 70 МПа.

7. Методы испытаний

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : Координатно-измерительная машина.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 5231.

7.2 Испытание на твердость

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : ± 20 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Справочный стандарт : Согласно GB/T 16665.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), Vc 40 м/мин, fn 0,1 мм/зуб, ap 1 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 минут и измерьте ширину полосы износа (VB).

Критерии оценки : $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на долговечность (частота выборки 5%).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Отметьте код (например, НК-6-W2-HSS) и ширину шпоночного паза.

Пример: GB/T 1127-НК-6-W2-HSS.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резки (Vc) : 20-80 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,2 мм/зуб.

Глубина реза : 0,5-1,5 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

12. Приложение

Приложение А (информационное) – Справочная таблица размеров

Диаметр (мм)	Ширина шпоночного паза (Ш, мм)	Длина(мм)	Степень допуска
4	1-2	40-60	x6
10	2-4	60-90	x6

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

20	4-8	90-120	h7

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vс, м/мин)	Скорость подачи (fп, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (НВ 200)	40-60	0,05-0,15	0,5-1
Алюминиевый сплав	60-80	0,1-0,2	0,5-1,5
чугун	50-70	0,05-0,15	0,5-1

13. Индекс

Фреза для обработки полукруглых шпоночных пазов

Технические требования

Правила использования

Допуск размеров

14. Информация о публикации

Дата выхода : 15 июня 2023 г.

Дата вступления в силу : 1 января 2024 г.

Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).

Язык : китайский, английский.



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

Китайский национальный стандарт GB/T 20773-2006

GB/T 20773-2006 -

Фрезы для штампов и пресс-форм

1. Область применения

В этом стандарте указаны размер, форма, требования к производству, технические характеристики и условия использования фрез для форм (фрез, специально используемых для обработки пресс-форм и штампов). Этот стандарт применяется к интегральным или индексируемым фрезам для форм, изготовленным из быстрорежущей стали (HSS) или твердого сплава (WC), которые в основном используются для точного изготовления и отделки пресс-форм, и не подходит для нережущих инструментов или для целей обработки пресс-форм.

1.1 Область применения

Подходит для фрезерных станков из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Охватывает размеры, требования к производству и использованию.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты.

Фрезы не предназначены для обработки пресс-форм.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019 , *Инструменты режущие — Общие технические условия* .

GB/T 16665-2017 , *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний* .

ISO 5609:1999 , *Хвостовики инструментов с конусом 7/24 для автоматической смены инструмента* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза для штампов и пресс-форм

Фрезы предназначены для обработки пресс-форм и штампов с высокой точностью и сложной геометрией.

3.2 Количество зубцов

Количество режущих кромок фрезерных резцов влияет на эффективность обработки и качество поверхности.

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания и экологические требования к фрезам для формования в процессе

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

обработки.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (мм).

l : Общая длина (мм).

Z : Количество зубцов.

HSS : Быстрорежущая сталь.

WC : Карбид вольфрама.

5. Технические требования

5.1 Размеры и допуски

Диапазон диаметров : от 3 мм до 20 мм.

Диапазон длин : от 50 мм до 150 мм.

Допуск : диаметр h6 (3-10 мм) или h7 (12-20 мм), длина $\pm 0,2$ мм.

Количество лопастей (Z) : 2-6 (регулируется в зависимости от диаметра).

5.2 Требования к материалам

Быстрорежущая сталь (HSS) : твердость HRC 62-66, термостойкость $\leq 600^{\circ}\text{C}$.

Твердый сплав (WC) : твердость HV 1300-1800, вязкость разрушения $K_{1c} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Покрытие : TiN, TiAlN или AlCrN, толщина 1-3 мкм.

5.3 Геометрические параметры

Основной угол отклонения : 5° - 15° .

Угол наклона спирали : 20° - 40° (регулируется в зависимости от обрабатываемого материала).

Шероховатость поверхности : $R_a \leq 1,6$ мкм (режущая часть), $R_a \leq 0,8$ мкм (хвостовик).

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка материала

Быстрорежущая сталь : кованая или катаная, отожженная.

Твердый сплав : порошковая металлургия, давление прессования 150-200 МПа.

6.2 Поток обработки

Черновая обработка : точение или фрезерование.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск $\pm 0,01$ мм.

Термическая обработка : закалка (HSS) или спекание (WC), температура 1200 - 1450°C .

6.3 Покрытие

Процесс PVD, температура 450 - 500°C , прочность связи > 70 МПа.

7. Методы испытаний

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : Координатно-измерительная машина.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 5231.

7.2 Испытание на твердость

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : ± 20 HV.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 16665.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), Vc 60 м/мин, fn 0,1 мм/зуб, ap 0,5 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 минут и измерьте ширину полосы износа (VB).

Критерии оценки : $VB \leq 0,3$ мм.

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на долговечность (частота выборки 5%).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите код (например, MD-6-Z4-WC) и количество лопастей.

Пример: GB/T 20773-MD-6-Z4-WC.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резки (Vc) : 30-120 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,2 мм/зуб.

Глубина реза : 0,2-1 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

При работе с продуктом надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки инструмента при резке, чтобы не допустить его скола.

12. Приложение

Приложение А (информационное) – Справочная таблица размеров

Диаметр (мм)	Длина(мм)	Количество лопастей (Z)	Степень допуска

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3	50-80	2-3	x6
10	80-120	3-4	x6
20	100-150	4-6	h7

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vc, м/мин)	Скорость подачи (fn, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	60-80	0,05-0,15	0,2-0,5
Алюминиевый сплав	80-120	0,1-0,2	0,2-1
Сталь для формовки	50-70	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Индекс

Фреза для формовки

Технические требования

Правила использования

Допуск размеров

14. Информация о публикации

Дата выпуска : 1 июня 2006 г.

Дата вступления в силу : 1 января 2007 г.

Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC).

Язык : китайский, английский.

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



Китайский национальный стандарт GB/T 14301-2008

Фрезы с цельными твердосплавными лезвиями

1. Область применения

В настоящем стандарте указаны размеры, форма, требования к изготовлению, технические характеристики и условия использования фрез с лезвиями из твердого сплава (фрезы из твердого сплава с зубчатыми режущими кромками). Настоящий стандарт распространяется на фрезы с лезвиями из твердого сплава, в основном используемые для прорезания канавок, резки и обрезки металлических и неметаллических материалов, и не распространяется на нережущие инструменты или конструкции из твердого сплава.

1.1 Область применения

Подходит для фрез с дисковыми пилами, изготовленных из цельного твердого сплава.

Охватывает размеры, требования к производству и использованию.

1.2 Исключения

Нережущие инструменты.

Фреза с сплошной твердосплавной структурой.

2. Нормативные ссылки

Перечисленные ниже документы становятся неотъемлемой частью настоящего стандарта посредством ссылки в настоящем стандарте. К настоящему стандарту применяется только версия на определенную дату. Любые последующие пересмотры или поправки не применяются к настоящему стандарту, если не указано иное.

GB/T 5231-2019 , *Инструменты режущие — Общие технические условия* .

GB/T 16665-2017 , *Твердые сплавы — Технические требования и методы испытаний* .

ISO 6987:2012 , *Сменные твердосплавные пластины со скругленными углами* .

Примечание : Последняя версия указанного документа может быть обновлена после публикации. Рекомендуется обратиться к Национальной платформе государственных услуг по стандартизации информации для получения последней информации.

3. Термины и определения

Для целей настоящего стандарта применяются следующие термины и определения:

3.1 Фреза с цельным твердосплавным пильным полотном

Фрезы, изготовленные полностью из твердого сплава, с зубчатыми режущими кромками для обработки канавок и снятия стружки.

3.2 Количество зубцов

Количество режущих зубьев на дисковой фрезе влияет на эффективность обработки и качество поверхности.

3.3 Условия подачи заявки

Параметры резания и экологические требования к пильно-фрезерным станкам в процессе обработки.

4. Символы и сокращения

d : Диаметр (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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

I : Общая длина (мм).

Z : Количество зубцов.

WC : Карбид вольфрама.

5. Технические требования

5.1 Размеры и допуски

Диапазон диаметров : от 2 мм до 25 мм.

Диапазон толщины : от 0,5 мм до 3 мм.

Диапазон длин : от 40 мм до 120 мм.

Допуск : диаметр h6 (2-10 мм) или h7 (12-25 мм), толщина $\pm 0,02$ мм.

Количество зубьев (**Z**) : 4-20 (регулируется в зависимости от диаметра).

5.2 Требования к материалам

Твердый сплав (**WC**) : твердость HV 1300-1800, вязкость разрушения $K_{IC} \geq 10 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$.

Покрытие : TiN, TiAlN или AlCrN, толщина 1-3 мкм.

5.3 Геометрические параметры

Угол наклона зубьев : 5° - 15° (регулируется в зависимости от обрабатываемого материала).

Угол наклона винтовой линии : 0° - 30° (доступны прямые или косые зубья).

Шероховатость поверхности : $Ra \leq 1,6$ мкм (режущая часть), $Ra \leq 0,8$ мкм (хвостовик).

6. Производственный процесс

6.1 Подготовка материала

Твердый сплав: порошковая металлургия, давление прессования 150-200 МПа.

6.2 Поток обработки

Черновая обработка : точение или фрезерование.

Отделка : шлифовка на станке с ЧПУ, допуск профиля зуба $\pm 0,01$ мм.

Термическая обработка : Спекание, температура 1350-1450°C.

6.3 Покрытие

Процесс PVD, температура 450-500°C, прочность связи > 70 МПа.

7. Методы испытаний

7.1 Размеры и допуски

Инструменты : Координатно-измерительная машина.

Точность : $\pm 0,01$ мм.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 5231.

7.2 Испытание на твердость

Инструменты : твердомер по Виккерсу, нагрузка 30 кг.

Точность : ± 20 HV.

Справочный стандарт : Согласно GB/T 16665.

7.3 Испытание на прочность

Условия : Сталь (HB 200), V_c 80 м/мин, f_n 0,1 мм/зуб, a_p 0,5 мм.

Процедура : непрерывно режьте в течение 30 минут и измерьте ширину полосы износа (VB).

Стандарт оценки : $VB \leq 0,3$ 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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Справочный стандарт : Согласно ISO 8688-1.

8. Правила проверки

8.1 Заводской осмотр

Проверка твердости и химического состава сырья.

8.2 Заводской осмотр

Размеры, допуски, испытания на твердость.

Испытание на долговечность (частота выборки 5%).

9. Маркировка и упаковка

9.1 Логотип

Укажите код (например, SC-10-Z10-WC) и количество зубцов.

Пример: GB/T 14301-SC-10-Z10-WC.

9.2 Упаковка

Используйте влагонепроницаемую и ударопрочную упаковку.

Поставляется с сертификатом производства и испытаний.

10. Технические характеристики применения

10.1 Режимы резания

Скорость резки (Vc) : 50-150 м/мин (регулируется в зависимости от материала).

Скорость подачи (fn) : 0,05-0,2 мм/зуб.

Глубина реза : 0,2-1 мм.

10.2 Требования к охлаждению

Рекомендуемая смазочно-охлаждающая жидкость, расход ≥ 10 л/мин.

Сухая резка ограничена небольшими нагрузками и продолжительностью ≤ 10 мин.

11. Требования безопасности

Во время работы надевайте защитные очки и перчатки.

Избегайте перегрузки и резки, чтобы предотвратить образование сколов на инструменте.

12. Приложение

Приложение А (информационное) – Справочная таблица размеров

Диаметр (мм)	Толщина (мм)	Длина(мм)	Количество зубцов (Z)	Степень допуска
2	0,5-1	40-60	4-6	x6
10	1-2	60-90	8-12	x6
25	2-3	90-120	12-20	h7

Приложение В (Нормативное) — Таблица условий использования

Материал заготовки	Скорость резания (Vc, м/мин)	Скорость подачи (fn, мм/зуб)	Глубина реза (мм)
Сталь (HB 200)	80-120	0,05-0,15	0,2-0,5

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

电话/TEL: 0086 592 512 9696
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V
sales@chinatungsten.com

Алюминиевый сплав	100-150	0,1-0,2	0,2-1
Древесные материалы	50-80	0,05-0,1	0,2-0,5

13. Индекс

Фреза из цельного твердосплавного лезвия Технические требования Руководство по эксплуатации Допуски размеров

14. Информация о публикации

Дата выпуска : 1 июня 2008 г. Дата вступления в силу : 1 января 2009 г.

Поддерживается : Управлением по стандартизации Китая (SAC). Язык : китайский, английский.

приложение:

Введение в твердосплавный штамповочный штамп

Штамповочный штамп из цементированного карбида — это высокопроизводительный пресс-форменный инструмент. В качестве основного материала он использует карбид вольфрама (WC), а изготавливается с использованием передовой технологии порошковой металлургии. Он предназначен для высокоточной, высокопрочной формовки и обработки штамповкой металла. Благодаря своей превосходной твердости, износостойкости, высокой термостойкости и коррозионной стойкости штамповочные штампы из цементированного карбида широко используются в автомобилестроении, электронной, аэрокосмической, аппаратной промышленности, производстве медицинского оборудования и других отраслях. Он может эффективно выполнять такие процессы, как вырубка, растяжение, гибка и формовка, значительно увеличивая срок службы пресс-формы, точность обработки и эффективность производства. В этой статье всесторонне рассматриваются производительность и ценность штамповочных штампов из цементированного карбида с точки зрения свойств материала, типов и технических показателей, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ продукта, технических проблем и направлений улучшения.

1. Состав материала и характеристики штампов из твердого сплава

1.1 Состав материала

Формула штампов из твердого сплава точно разработана для достижения оптимального баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Тяжелая фаза

Карбид вольфрама (WC, 80-95%) обеспечивает сверхвысокую твердость и износостойкость. Некоторые формулы легированы карбидом титана (TiC, 15%) или карбидом тантала (TaC, 0,52%) для улучшения высокотемпературной стабильности и стойкости к окислению.

Адгезионная фаза

Кобальт (Co, 515%) повышает прочность и ударопрочность; никель (Ni, 510%) используется в коррозионно-стойких формулах, подходящих для кислых или влажных сред.

добавка

Для измельчения зерна, замедления его роста, повышения коррозионной стойкости и стойкости к высокотемпературному окислению используются следовые количества хрома (Cr, 0,11%), ванадия (V, 0,05-0,5%) и молибдена (Mo, 0,10,8%).

1.2 Основные характеристики

Эффективность штамповочных штампов из твердого сплава обусловлена их оптимизированной микроструктурой и формулой материала:

твердость

HRA 8692 (HV 1200-1700), значительно превосходящая быстрорежущую сталь (HSS, HRC

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6065), подходит для штамповки материалов с твердостью до HRC 50.

Вязкость разрушения

6,510 МПа·м^{1/2}, что лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^{1/2}), а сопротивление ударному разрушению улучшено на 30%.

Износостойкость

Скорость износа составляет 0,010,02 мм³/Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистой штамповой стали, а срок службы штампа увеличивается в 310 раз.

Прочность на сжатие

4000-6000 МПа, способен выдерживать высокие ударные нагрузки (максимальная ударная нагрузка до 2000 кН).

плотность

13,815,2 г/см³, умеренный вес, подходит для высокоточной обработки.

Коррозионная стойкость

В нейтральной или слабокислой среде (pH 49) скорость коррозии составляет <0,07 мм/год; составы или покрытия на основе никеля выдерживают pH 210 со скоростью коррозии <0,05 мм/год.

Температурная стойкость

Диапазон рабочих температур составляет от 20°C до 800°C. Формула покрытия выдерживает мгновенную температуру 1000°C, что делает его пригодным для высокотемпературной штамповки.

1.3 Преимущества микроструктуры

Штамповочный штамп из цементированного карбида имеет мелкозернистую (0,52 мкм) или ультрамелкозернистую (0,2-0,5 мкм) структуру, что обеспечивает следующие преимущества: Высокая твердость и прочность: мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, следуют эффекту Холла-Петча и повышают износостойкость.

Превосходная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение, снижает риск распространения трещин и повышает ударопрочность на 20–30 %.

Стабильность поверхности: снижает износ, сохраняет гладкость поверхности формы, повышает точность обработки и срок службы.

2. Типы и технические индикаторы

Существует множество типов штамповочных штампов из цементированного карбида, охватывающих множество функций и применений. Ниже приведена полная классификация, технические показатели и таблица использования (справочные стандарты ISO, спецификации ASTM и данные производителя).

2.1 Типы и применение штампов из твердого сплава

тип	описывать	Основные области применения и Типичные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

		сценарии применения	характеристики
Вырубной штамп Вырубной штамп	Используется для пробивки листов и вырезания точных фигур или отверстий.	Производство автомобилей (кузовные панели), электроника (каркасы печатных плат), метизы (металлические прокладки), штамповка стальных листов, нержавеющей стали, алюминиевых сплавов.	Размер 50300 мм, толщина 1050 мм, HRA 8790, срок службы 502 миллиона пробивок.
Растягивающая матрица Чертежная матрица	Используется для растягивания листового металла в глубокие чашки или сложные формы.	Автомобилестроение (топливные баки, автомобильные двери), бытовая техника (металлические корпуса), тара (алюминиевые банки), волочение низкоуглеродистой стали, нержавеющей стали, медных сплавов.	Диаметр 20200 мм, глубина 20100 мм, HRA 8689, срок службы 301,5 миллиона пробивок.
Гибочная матрица Гибочная матрица	Используется для сгибания листов под определенным углом или под определенными формами.	Автомобилестроение (кронштейны), строительство (металлоконструкции), электроника (шасси), гнутые стальные листы, алюминиевые листы, нержавеющая сталь.	Размер 50400 мм, угол 15°180°, HRA 8689, срок службы 502 миллиона пробивок.
Формовочный штамп Формовочная матрица	Используется для формирования сложных трехмерных форм.	Аэрокосмическая промышленность (детали из титановых сплавов), автомобилестроение (приборные панели), медицина (корпуса), формовка нержавеющей стали, алюминиевых сплавов и магниевых сплавов.	Размер 100500 мм, HRA 8790, срок службы 301,5 млн. пробивок.
Составная форма Составной штамп	Интегрируйте несколько процессов для одновременного выполнения нескольких процессов.	Электроника (разъемы), автомобили (мелкие детали), метизы (сложные прокладки), обработка стальных пластин, медных сплавов и алюминиевых сплавов.	Размер 50200 мм, HRA 8790, срок службы 502 миллиона пробивок.
Прогрессивная матрица Прогрессивная	Многостанционная непрерывная обработка,	Производство автомобилей (крепежные изделия), электроники (клеммы), бытовой техники	Размер 200x1000 мм, HRA 8790, срок службы 1003

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

матрица	подходящая для массового производства.	(металлическая фурнитура), штамповка, гибка, формовка стальных листов, нержавеющая сталь.	миллиона пробивок.
Тонкая штамповка Штамп тонкой вырубки	Высокоточная штамповка, гладкие края без заусенцев.	Автомобилестроение (шестерни, прокладки подшипников), электроника (прецизионные детали), медицина (детали оборудования), тонкая штамповка стальных листов, нержавеющая сталь.	Размер 50200 мм, допуск $\pm 0,005$ мм, HRA 8992, срок службы 502 миллиона пробивок.
Экструзионная матрица Экструзионная матрица	Используется для экструзии металла, формования прутков, труб или деталей специальной формы.	Аэрокосмическая промышленность (алюминиевые профили), строительство (дверные и оконные рамы), автомобилестроение (трубная арматура), экструдированные алюминиевые сплавы, медные сплавы, магниевые сплавы.	Диаметр 20100 мм, HRA 8689, срок службы 201 миллион пробивок.
Штамп холодной высадки Штамп холодной высадки	Используется для холодной высадки крепежных изделий, таких как болты и гайки.	Автомобилестроение (болты), строительство (крепежные изделия), машиностроение (заклепки), холодная высадка мягкой стали, нержавеющей стали, меди.	Диаметр 1050 мм, HRA 8790, срок службы 502 миллиона пробивок.
Штамп глубокой вытяжки Матрица глубокой вытяжки	Специально для разработан для сверхглубокой вытяжки и обработки деталей с высоким соотношением сторон.	Автомобилестроение (топливные фильтры), бытовая техника (кастрюли из нержавеющей стали), медицина (металлические банки), глубокая вытяжка нержавеющей стали, алюминиевые сплавы, медь.	Диаметр 20150 мм, глубина 50200 мм, HRA 8689, срок службы 201 миллион пробивок.
Матрица для формования порошка Матрица для формования порошка	Используется для прессования и формования деталей методом порошковой металлургии.	Автомобильная промышленность (шестерни), электроника (магнитные сердечники), авиация (легкие детали), прессованный железный порошок, медный порошок и порошок твердого сплава.	Размер 50200 мм, HRA 8992, срок службы 502 миллиона пробивок.

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

2.2 Технические индикаторы

размер

Длина/ширина: 50-1000 мм (обычно используется 50-300 мм).

Толщина: 10100 мм (обычно 1050 мм).

Допуск: от $\pm 0,005$ мм (штамп тонкой штамповки) до $\pm 0,02$ мм (штамп общего назначения).

масса

0,150 кг за штуку, подходит для штамповочных машин или автоматизированных производственных линий.

Шероховатость поверхности

Ra 0,10,8 мкм, что снижает адгезию и трение заготовки.

Степень твердости

Стандарт: HRA 8689 (штамповка общего назначения).

Высокая твердость: HRA 8992 (тонкая штамповка, формовка порошка).

Формула материала

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 612%, HRA 8791, высокая прочность.

WCNi (коррозионностойкий тип): содержание никеля 510%, устойчив к воздействию кислот и щелочей.

WCTiTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 800-1000°C.

Параметры штамповки

Усилие пробивки: 100-2000 кН (в зависимости от типа формы).

Скорость пробивки: 501000 раз/мин (максимум для штампа последовательного действия).

Толщина заготовки: 0,110 мм (обычно используется 0,55 мм).

Обработка поверхности

Полировка: Ra 0,050,4 мкм, снижает тепловыделение при трении.

покрытие

TiN: Твердость HV 2000-2500, износостойкость увеличена в 2 раза.

TiAlN: термостойкость до 900°C, подходит для высокотемпературной штамповки.

AlCrSi/TiN: термостойкость 1000°C, срок службы увеличен в 3 раза.

DLC: Коэффициент трения 0,10,2, подходит для алюминиевых и медных сплавов.

Соответствие стандартам

Система менеджмента качества ISO 9001.

ISO 8020 (спецификации пуансонов и матриц), ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).

3. Процесс изготовления штампа из твердого сплава

При производстве штампов из твердого сплава применяются передовые технологии порошковой металлургии, гарантирующие, что свойства материала, геометрическая точность и качество поверхности соответствуют самым высоким стандартам.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1 Подготовка сырья

Выбраны высокочистый карбид вольфрама (WC, чистота>99,95%), кобальт (Co, чистота>99,9%) и добавки (такие как TiC, TaC, Cr). Порошок смешивается в процессе мокрого измельчения (среда — спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов), а средний размер частиц контролируется на уровне 0,21 микрона. VC или Cr₃C₂ (0,10,5%) добавляются в качестве ингибитора зерна для предотвращения роста зерна во время высокотемпературного спекания.

3.2 Формирование

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошок прессуется в сырое тело под давлением 200-400 кг, плотность которого составляет 50-60% от теоретического значения.

Прецизионное формование: Высокоточные формы (допуск $\pm 0,1$ мм) используются для формования сложных полостей или пуансонов.

Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности и прочности сырых 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%.

Контроль охлаждения: Постепенное охлаждение (1020°C/мин) для предотвращения микротрещин, вызванных термическим напряжением.

3.4 Постобработка

Прецизионная шлифовка: используйте алмазный шлифовальный круг или инструмент CBN для обработки с допуском $\pm 0,005$ мм и шероховатостью поверхности Ra 0,10,8 мкм.

Электроискровая обработка (ЭИО): обработка сложных полостей пресс-форм с точностью $\pm 0,01$ мм, подходит для штампов тонкой штамповки и прогрессивных штампов.

Укрепление поверхности: пескоструйная обработка, полировка или нанесение покрытия (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) для повышения износостойкости и термостойкости.

Проверка качества:

Испытание на твердость: HRA/HV, погрешность $\pm 0,5$.

Микроструктурный анализ: Для исследования размера зерна (0,22 мкм) использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Измерение размеров: трехмерный измерительный прибор, точность $\pm 0,002$ мм.

Неразрушающий контроль: Ультразвуковой контроль для проверки внутренних дефектов.

4. Использование и сценарии применения штампов из твердого сплава

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Твердосплавные штамповочные штампы широко используются в следующих областях и сценариях благодаря своей высокой точности, износостойкости и долговечности:

4.1 Производство автомобилей

Твердосплавный штамповочный штамп

Штамповка кузовных панелей и кронштейнов, обработка низкоуглеродистой и нержавеющей стали, точность $\pm 0,02$ мм, срок службы 502 миллиона циклов, используется в производстве автомобильных дверей и капотов двигателей.

Твердосплавный волочильный штамп

Растяжение топливного бака, приборной панели, обработка алюминиевого сплава, нержавеющей стали, глубина 50200 мм, срок службы 301,5 миллиона раз, подходит для массового производства.

Твердосплавный штамп для холодной высадки

Формованные болты и гайки, обработанная низкоуглеродистая сталь, срок службы 502 миллиона раз, используются в производстве крепежа.

4.2 Электроника и электроприборы

Прогрессивная матрица из карбида

Обработка разъемов и клемм, штамповка медного сплава и нержавеющей стали, точность $\pm 0,01$ мм, срок службы 100-300 миллионов раз, подходит для высокоскоростной штамповки.

Твердосплавный прецизионный штамп

Изготавливать каркасы печатных плат, прецизионные детали и обрабатывать стальные пластины с шероховатостью кромок Ra 0,2 мкм и сроком службы 502 миллиона раз. Применяется в производстве мобильных телефонов и компьютеров.

Формовочная матрица из твердосплавного порошка

Прессование магнитных сердечников, электронных компонентов, обработка железного порошка, медного порошка, срок службы 502 миллиона раз, подходит для производства мелких деталей.

4.3 Аэрокосмическая промышленность

Твердосплавный формовочный штамп

Формование деталей из титанового и алюминиевого сплавов, таких как соединители крыльев, с точностью $\pm 0,01$ мм, сроком службы 301,5 миллиона раз и термостойкостью 800°C.

Твердосплавная экструзионная матрица

Прессованные легкие профили, обработанные магниевым и алюминиевым сплавами, со сроком службы 201 миллион раз, используемые в деталях конструкции фюзеляжа.

Композитный штамп из цементированного карбида

Обработка сложных соединителей, штамповка + растяжение титанового сплава, срок службы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

502 миллиона раз, подходит для высокоточных деталей.

4.4 Оборудование и конструкция

Твердосплавный гибочный штамп

Гибка стальных и алюминиевых пластин, обработка строительных кронштейнов и металлических аксессуаров с точностью угла $\pm 0,5^\circ$ и сроком службы 502 миллиона раз, применяется в производстве стальных конструкций, дверей и окон.

Твердосплавный штамповочный штамп

Штамповка металлических прокладок и крепежей, обработка нержавеющей стали и меди, срок службы 502 миллиона раз, подходит для производства метизной продукции.

Твердосплавная экструзионная матрица

Экструдированные трубы и профили, обработанный алюминиевый сплав, срок службы 201 миллион раз, используется в отделке зданий.

4.5 Медицинские приборы

Твердосплавный прецизионный штамп

Обработка деталей хирургических инструментов, перфорация нержавеющей стали и титанового сплава, точность $\pm 0,005$ мм, срок службы 502 миллиона раз, используется при изготовлении костных винтов и имплантатов.

Твердосплавный формовочный штамп

Формование медицинского корпуса, обработка алюминиевого сплава, нержавеющей стали, шероховатость поверхности Ra 0,2 мкм, срок службы 301,5 миллиона раз, подходит для производства медицинских контейнеров.

Твердосплавный штамп для холодной высадки

Формованные микрокрепежи, изготовленные из нержавеющей стали, со сроком службы 502 миллиона циклов, используемые при сборке медицинских приборов.

5. Преимущества твердосплавных штампов

Твердосплавные штамповочные штампы занимают лидирующие позиции в отрасли штампов благодаря своим превосходным характеристикам:

Сверхдолгий срок службы: износостойкость и твердость увеличивают срок службы в 310 раз и снижают стоимость единичной штамповки на 30–60%.

Эффективная обработка: поддерживает высокоскоростную штамповку (501 000 раз/мин) и высокое усилие пробивки (1 002 000 кН), а также повышает эффективность производства на 2050%.

Высокая точность: точность обработки $\pm 0,005$ мм (тонкая штамповка), шероховатость поверхности Ra 0,10,8 мкм, что соответствует высоким требованиям авиации и электроники.

Гибкая настройка: различные типы (штамповка, вытяжка, прогрессивная обработка и т. д.), размеры (от 50 до 1000 мм) и покрытия (TiN, TiAlN) для соответствия различным условиям

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

работы.

Экологическая адаптация: высокая термостойкость (800-1000°C), коррозионная стойкость (pH 210), адаптируемость к сухим, влажным и химическим средам.

Экологичное производство: высокая прочность снижает изменение формы и количество отходов, что соответствует целям устойчивого развития.

6. Технические проблемы и направления совершенствования штампов из твердого сплава

6.1 Технические проблемы

Сложность обработки: Твердый сплав имеет высокую твердость (HRA 8692), что предъявляет чрезвычайно высокие требования к оборудованию и инструментам для обработки. Алмазные шлифовальные круги или инструменты CBN быстро изнашиваются, и трудно стабилизировать точность обработки (допуск $\leq \pm 0,005$ мм).

Риск хрупкости: высокотвердые материалы могут давать микротрещины или ломаться под действием высокого ударного давления (>2000 кН) или из-за неправильной конструкции, что повлияет на срок службы.

Проблемы терморегулирования: Высокоскоростная штамповка (>500 раз в минуту) приводит к образованию тепла от трения, что может привести к размягчению поверхности формы или отслоению покрытия, особенно в условиях высоких температур.

Адаптируемость к сложным заготовкам: Тонкие пластины ($<0,5$ мм), высокопрочная сталь (HRC >50) или композитные материалы предъявляют высокие требования к геометрии пресс-формы и обработке поверхности, а также склонны к износу или прилипанию.

Экстремальные условия эксплуатации: при сверхвысоких температурах ($>1000^\circ\text{C}$) или в сильноокислой среде (pH <2) эксплуатационные характеристики традиционных покрытий и фаз склеивания ухудшаются, а срок службы сокращается на 50-70%.

6.2 Направление технического усовершенствования штампов из твердого сплава

Передовые технологии обработки: разработка лазерной микрообработки и электроискровой обработки с точностью, увеличенной до $\pm 0,003$ мм, снижением износа инструмента на 30%, что подходит для сложных полостей пресс-форм (например, прогрессивных штампов и штампов тонкой штамповки).

Конструкция с повышенной прочностью: благодаря использованию градиентной структуры (высокая твердость HRA 9092 на поверхности, высокая вязкость разрушения >10 МПа·м^{1/2} внутри) или композитной связующей фазы CoNi ударопрочность увеличивается на 20-30%, а риск образования трещин снижается.

Эффективное терморегулирование: оптимизация каналов охлаждения пресс-формы (давление охлаждающей жидкости 510 МПа, расход 310 л/мин) для снижения рабочей температуры на 100–150 °C; разработка адаптивных покрытий (например, TiAlN/AlCrSi, термостойкость 1100 °C) для снижения термического размягчения.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Оптимизация сложных деталей: разработка покрытий с низким коэффициентом трения (например, DLC, коэффициент трения 0,10,2) и оптимизация геометрии полости (радиус угла 0,10,5 мм) для уменьшения прилипания и износа тонких пластин; разработка форм для вставок из PCD (поликристаллического алмаза) с твердостью, увеличенной до HV 8000, и сроком службы, увеличенным в 20 раз.

Адаптация к экстремальным условиям работы: исследование и разработка наномногослойных покрытий (например, AlCrSi/TiN, толщина 25 мкм, твердость HV 3500) или керамических матричных композитных материалов (WCSiC) с температурной стойкостью, увеличенной до 1200 °C, и скоростью коррозии в сильных кислотах (pH 12) <0,03 мм/год. Интеллектуальная конструкция: ИИ используется для моделирования усилия штамповки (погрешность <5%) и характеристик износа, оптимизации угла полости (отклонение <0,5°) и обработки поверхности (шероховатость Ra <0,1 мкм), а также повышения стабильности обработки; разработаны самодиагностируемые формы для мониторинга температуры и износа в режиме реального времени, что продлевает срок службы на 1020%.

Твердосплавные штамповочные штампы стали предпочтительными инструментами для пресс-форм в таких областях, как автомобилестроение, электроника, аэрокосмическая промышленность, аппаратные продукты, медицинское оборудование и т. д., благодаря своей высокой твердости (HRA 8692), превосходной прочности (6,510 МПа·м^{1/2}) и сверхдлительному сроку службы (203 миллиона штамповок). Их богатое разнообразие (штампы для пробивки, штампы для вытяжки, прогрессивные штампы, штампы для тонкой пробивки и т. д.) и точные характеристики (допуск ±0,005 мм, размер 501000 мм) удовлетворяют разнообразные потребности от вырубки листового металла до глубокой вытяжки. Технические показатели показывают, что их срок службы в 310 раз превышает срок службы штампов из быстрорежущей стали, эффективность производства увеличивается на 2050%, а точность обработки достигает уровня IT6IT8.

Благодаря передовым процессам порошковой металлургии и технологиям нанесения покрытий (таким как TiAlN и DLC) штамповочные штампы хорошо работают в суровых условиях, таких как высокая температура (800-1000°C) и коррозия (pH 210). В будущем, благодаря лазерной обработке, инкрустации PCD, нанопокрыванию, оптимизации ИИ и интеллектуальному проектированию, штамповочные штампы из цементированного карбида еще больше улучшат производительность и расширят сценарии применения, обеспечивая надежную поддержку эффективному, точному и устойчивому развитию мировой промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

приложение:

Введение в волоку для волочения твердосплавной проволоки

Волочильные фильеры из карбида вольфрама — это высокопроизводительный инструмент для волочения проволоки, в котором в качестве основного материала используется карбид вольфрама (WC). Они изготавливаются с использованием передовых процессов порошковой металлургии и специально разработаны для волочения металлической проволоки. Благодаря превосходной твердости, износостойкости, высокой термостойкости и коррозионной стойкости, волочильные фильеры из карбида вольфрама широко используются в производстве проволоки и кабеля, тросов, пружин, медицинских направляющих проволок, аэрокосмических проводов и других областях. Он может эффективно тянуть металлические материалы, такие как сталь, медь, алюминий и титан, значительно улучшая качество поверхности, точность размеров и срок службы фильеры проволоки. В этой статье всесторонне рассматриваются эксплуатационные характеристики и ценность волочильных фильеров из карбида вольфрама с точки зрения свойств материала, типов и технических показателей, производственных процессов, вариантов использования и применения, преимуществ продукта, технических проблем и направлений совершенствования.

1. Состав материала и характеристики волок для волочения проволоки из твердого сплава

1.1 Состав материала волоки для волочения проволоки из цементированного карбида

Формула твердосплавных волок специально разработана для достижения наилучшего баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости:

Тяжелая фаза

Карбид вольфрама (WC, 85-95%) обеспечивает сверхвысокую твердость и износостойкость. Некоторые формулы легированы карбидом титана (TiC, 0,53%) или карбидом тантала (TaC, 0,52%) для улучшения высокотемпературной стабильности и стойкости к окислению.

Адгезивная фаза

Кобальт (Co, 5,12%) повышает прочность и ударопрочность; никель (Ni, 5,10%) используется в коррозионно-стойких формулах, подходящих для кислых или влажных сред.

добавка

Для измельчения зерна, замедления его роста, повышения коррозионной стойкости и стойкости к высокотемпературному окислению используются следовые количества хрома (Cr, 0,10,8%), ванадия (V, 0,050,4%) и молибдена (Mo, 0,10,6%).

1.2 Основные характеристики волок для волочения проволоки из цементированного карбида

Эффективность волочильных волок из цементированного карбида обусловлена их оптимизированной микроструктурой и формулой материала:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

твёрдость

HRA 8892 (HV 1400-1800), значительно превосходящая быстрорежущую сталь (HSS, HRC 6065), подходит для материалов с твердостью на растяжение до HRC 40.

Вязкость разрушения

6,09,0 МПа·м^{1/2}, что лучше, чем у обычного твердого сплава (57 МПа·м^{1/2}), а сопротивление росту трещин улучшено на 25%.

Износостойкость

Скорость износа составляет 0,008-0,015 мм³/Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистой штамповой стали, а срок службы штампа увеличивается в 515 раз.

Прочность на сжатие

4500–6500 МПа, устойчив к высоким растягивающим усилиям (максимальное растягивающее усилие до 500 кН).

плотность

14,015,0 г/см³, умеренный вес, подходит для точной обработки.

Устойчивость к коррозии

В нейтральной или слабокислой среде (pH 4-9) скорость коррозии составляет <0,05 мм/год; составы или покрытия на основе никеля выдерживают pH 2-10 со скоростью коррозии <0,03 мм/год.

Температурная стойкость

Рабочая температура составляет от 20°C до 700°C, а формула покрытия выдерживает мгновенные температуры до 900°C, что делает его пригодным для высокотемпературного волочения проволоки.

1.3 Преимущества микроструктуры волочильных фильер из цементированного карбида

Волочильный волок из цементированного карбида имеет сверхмелкозернистую (0,2-0,5 мкм) или мелкозернистую (0,51 мкм) структуру, что обеспечивает следующие преимущества:

Высокая твердость и прочность: мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, следуют эффекту Холла-Петча и повышают износостойкость.

Превосходная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение, снижает риск распространения трещин и повышает ударопрочность на 20–30 %.

Стабильность поверхности: снижает износ, сохраняет гладкость отверстия фильеры, улучшает качество поверхности проволоки и продлевает срок службы фильеры.

2. Типы и технические показатели волок для волочения проволоки из твердого сплава

Существует множество типов волок для волочения твердосплавной проволоки, охватывающих различные типы проволоки и требования к волочению. Ниже приведена полная классификация, технические показатели и таблица использования (справочные стандарты ISO, спецификации ASTM и данные производителя).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1 Типы и применение волок для волочения проволоки из твердого сплава

тип	описывать	Основные применения и области применения	Типичные характеристики
Круглая волока для волочения проволоки Круглая проволочная матрица	Стандартное круглое отверстие матрицы, подходит для волочения круглой проволоки.	Провода и кабели (медные и алюминиевые провода), канаты (проволока из высокоуглеродистой стали), пружины (рояльная проволока), прочная медь, алюминий и сталь.	Диаметр отверстия фильеры 0,0110 мм, диаметр корпуса фильеры 20100 мм, HRA 8892, ресурс 500-2000 тонн проволоки.
Специальная форма фильеры для волочения проволоки Проволочная фильера	Для проволоки специальной формы используются некруглые отверстия (например, квадратные, шестиугольные и овальные).	Электроника (плоская проволока), метизы (квадратная стальная проволока), медицина (направляющая проволока специальной формы), тянутая медь, нержавеющая сталь, титановый сплав.	Размер отверстия фильеры 0,18 мм, диаметр корпуса фильеры 2080 мм, HRA 8992, ресурс 300-1500 тонн проволоки.
Волочильный микрофильерный станок Микро-проволочная матрица	Очень маленькое отверстие фильеры, специально разработанное для волочения тонкой или сверхтонкой проволоки.	Медицина (проводниковая проволока, шовный материал), электроника (сверхтонкая медная проволока), авиация (нить из титанового сплава), волочение титана, меди, нержавеющей стали.	Диаметр отверстия фильеры 0,005-0,5 мм, диаметр корпуса фильеры 1050 мм, HRA 9092, ресурс 100-500 тонн проволоки.
Многоступенчатая вытяжка Многоступенчатая матрица	Многоштамповая непрерывная вытяжка, подходит для массового производства.	Провода и кабели (сердечник высоковольтного кабеля), металлокорд (для шин), пружины (высокопрочная стальная проволока), прочная сталь, медь и алюминий.	Диаметр отверстия фильеры 0,18 мм, диаметр корпуса фильеры 50-150 мм, HRA 8891, ресурс 1000-3000 тонн проволоки.
Волочильный штамп для труб	Используется для растяжения	Энергетика (трубы из нержавеющей стали),	Диаметр отверстия фильеры 250 мм,

Трубоволоочильный штамп	наружного или внутреннего диаметра трубы с целью оптимизации толщины стенки трубы.	медицина (катетеры), автомобилестроение (выхлопные трубы), волочение нержавеющей стали, меди, алюминиевых сплавов.	диаметр корпуса фильеры 50-120 мм, HRA 8790, ресурс 500-2000 тонн трубы.
Вытяжной штамп для прутка Штамп для волочения прутка	Отверстие матрицы большого диаметра, подходит для волочения прутков или толстой проволоки.	Строительство (арматура), машиностроение (детали валов), метизы (толстая стальная проволока), растянутая низкоуглеродистая сталь, нержавеющая сталь, медь.	Диаметр отверстия матрицы 530 мм, диаметр корпуса матрицы 50-150 мм, HRA 8790, ресурс 500-2000 тонн прутка.
Высокотемпературная волочильная фильера Высокотемпературная матрица	Конструкция, устойчивая к высоким температурам, подходит для волочения проволоки при высоких температурах.	Аэрокосмическая промышленность (проволока из сплава на основе никеля), энергетика (высокотемпературная проволока), военная промышленность (проволока из титанового сплава), растянутый титановый сплав, сплав на основе никеля.	Диаметр отверстия фильеры 0,15 мм, диаметр корпуса фильеры 2080 мм, HRA 8992, ресурс 300-1000 тонн проволоки.
Композитный штамп	Предназначен для растяжения композитных или покрытых проводов с целью уменьшения расслоения.	Электроника (покрытые проводники), авиация (композитные провода из углеродного волокна), энергетика (композитные кабели), растянутая омедненная сталь, композитные материалы из углеродного волокна.	Диаметр отверстия фильеры 0,15 мм, диаметр корпуса фильеры 2080 мм, HRA 8992, ресурс 200800 тонн проволоки.

2.2 Технические показатели волок для волочения проволоки из твердого сплава

Размер волоки для волочения карбида

Диаметр отверстия матрицы: 0,00550 мм (обычно используется 0,0110 мм).

Диаметр фантома: 10–150 мм (обычно используется 20–100 мм).

Допуск: от $\pm 0,001$ мм (микроформа) до $\pm 0,01$ мм (обычная форма).

Вес твердосплавной волоки

Вес одной детали составляет 0,055 кг, что подходит для волочильных машин или автоматизированных производственных линий.

Шероховатость поверхности волочильного волокна из твердого сплава

Отверстие матрицы Ra 0,050,2 мкм, поверхность проволоки Ra 0,10,4 мкм.

Степень твердости твердосплавных волок для волочения проволоки

Стандарт: HRA 8891 (чертеж общего назначения).

Высокая твердость: HRA 9092 (микро, высокотемпературная вытяжка).

Формула материала волоки для волочения проволоки из цементированного карбида

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 510%, HRA 8891, высокая прочность.

WCNi (коррозионностойкий тип): содержание никеля 510%, устойчив к воздействию кислот и щелочей.

WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 700-900°C.

Параметры волочения волоки для волочения твердосплавной проволоки

Скорость волочения: 130 м/с (микропроволока 15 м/с, стальная проволока 1030 м/с).

Усилие растяжения: 10500 кН (в зависимости от диаметра и материала).

Степень сокращения: 1030% (однократное растяжение).

Обработка поверхности волочильных фильер из твердосплавной проволоки

Полировка: отверстие матрицы Ra 0,02-0,1 мкм, снижение теплоты трения.

Покрытие волоки из карбида

TiN: Твердость HV 2000-2500, износостойкость увеличена в 2 раза.

TiAlN: термостойкость до 900°C, подходит для волочения проволоки при высоких температурах.

AlCrSi/TiN: термостойкость 1000°C, срок службы увеличен в 3 раза.

DLC: Коэффициент трения 0,080,15, подходит для медных и алюминиевых проводов.

Соответствие стандарту волочильных фильер из карбида вольфрама

Система менеджмента качества ISO 9001.

ISO 1684 (спецификация волоки для волочения проволоки), ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).

3. Процесс изготовления волочильного волокна из твердосплавной проволоки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

При производстве волок для волочения проволоки из цементированного карбида применяются передовые технологии порошковой металлургии, гарантирующие, что эксплуатационные характеристики материала, точность отверстий волок и качество поверхности соответствуют самым высоким стандартам.

3.1 Подготовка сырья для волочильных волок из твердосплавной проволоки

Выбраны высокочистый карбид вольфрама (WC, чистота>99,95%), кобальт (Co, чистота>99,9%) и добавки (такие как TiC, TaC, Cr). Порошок смешивается в процессе мокрого измельчения (среда — спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов), а средний размер частиц контролируется на уровне 0,20,8 мкм. VC или Cr₃C₂ (0,10,4%) добавляются в качестве ингибитора зерна для предотвращения роста зерна во время высокотемпературного спекания.

3.2 Формование волочильной матрицей из твердосплавной проволоки

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошок прессуется в сырое тело под давлением 200–400 МПа с плотностью 50–60% от теоретического значения.

Прецизионное литье: Для формирования корпуса формы и начального отверстия формы используются высокоточные формы (допуск $\pm 0,05$ мм).

Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности и прочности сырых тел.

3.3 Спекание волоки для волочения проволоки из цементированного карбида

Предварительное спекание: 900-1100°C, для удаления органических добавок.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1350-1450°C, 100-200 МПа, среда аргона, спекание в течение 23 часов, плотность 99,8-100%.

Контроль охлаждения: Постепенное охлаждение (1015°C/мин) для предотвращения микротрещин, вызванных термическим напряжением.

3.4 Постобработка волочильных фильер из твердосплавной проволоки

Прецизионная шлифовка: используйте алмазный шлифовальный круг для обработки отверстия матрицы с допуском $\pm 0,001$ мм и шероховатостью поверхности Ra 0,05-0,2 мкм.

Лазерная обработка: точная настройка формы отверстия пресс-формы (круглая, специальная форма) с точностью $\pm 0,0005$ мм, подходит для микроформ.

Полировка: Сверхточная полировка, шероховатость отверстий фильеры Ra 0,020,1 мкм, оптимизирует качество поверхности проволоки.

Упрочнение поверхности: покрытия (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) повышают износостойкость и термостойкость.

Проверка качества:

Испытание на твердость: HRA/HV, погрешность $\pm 0,5$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Микроструктурный анализ: Для исследования размера зерна (0,2-0,8 мкм) использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Измерение размеров: оптический измерительный прибор, точность $\pm 0,0005$ мм.

Неразрушающий контроль: Ультразвуковой контроль для проверки внутренних дефектов.

4. Использование и сценарии применения волочильных волок из цементированного карбида

Волоки для волочения проволоки из карбида широко используются в следующих областях и сценариях благодаря своей высокой точности, износостойкости и длительному сроку службы:

4.1 Волочильная проволока и кабель из карбида

Твердосплавная волока для волочения проволоки круглая волока для волочения проволоки

При изготовлении высоковольтных кабелей и сетевых кабелей применяют протяжку медных и алюминиевых жил для изготовления силовых кабелей и линий связи с точностью диаметра жилы $\pm 0,002$ мм и сроком службы 500-2000 тонн.

Твердосплавная волока для волочения проволоки, многоступенчатая волока для волочения проволоки

Непрерывно вытягиваем тонкую медную проволоку и производим сверхтонкую проволоку диаметром 0,01-0,1 мм и сроком службы 1000-3000 тонн, пригодную для производства кабелей передачи данных и кабелей для наушников.

Волочильные фильеры из карбида Волочильные фильеры специальной формы

Растяжка плоских или квадратных проводов, обработка проводов для электронного оборудования, срок службы 300-1500 тонн, используется в разъемах и печатных платах.

4.2 Волочильная проволока из карбида и пружина

Твердосплавная волока для волочения проволоки круглая волока для волочения проволоки

Растяжение высокоуглеродистой стальной проволоки для производства стальных канатов и пружинной проволоки, диаметр проволоки 0,110 мм, срок службы 500-2000 тонн, используется в канатах лифтов и пружинах подвески автомобилей.

Волоки для волочения проволоки из карбида, волочильные фильеры для волочения проволоки из прутка

Растяжение толстой стальной проволоки или стального прутка, обработка строительной стали, диаметр проволоки 530 мм, срок службы 500-2000 тонн, подходит для мостов и строительных конструкций.

Твердосплавная волока для волочения проволоки Высокотемпературная волока для волочения проволоки

Растяжение музыкальной проволоки для производства высокопрочных пружин с

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

термостойкостью 700°C и сроком службы 300-1000 тонн, используемых в промышленных пружинах и пружинах клапанов.

4.3 Волоочильные фильеры из карбида для медицинских приборов

Твердосплавная фильера для волочения проволоки Микрофибра для волочения проволоки

Растяжение направляющих проволок из титанового сплава и нержавеющей стали для изготовления сердечно-сосудистых направляющих проволок и швов с диаметром проволоки 0,005-0,5 мм, точностью $\pm 0,001$ мм и сроком службы 100-500 тонн, подходящих для интервенционного медицинского лечения.

Волоочильные фильеры из карбида Волоочильные фильеры специальной формы

Растяжение медицинской проволоки специальной формы, обработка ортопедической фиксирующей проволоки, срок службы 200 800 тонн, используемой при изготовлении костных винтов и имплантатов.

Волоочильные фильеры из карбида Волоочильные фильеры из композитных материалов

Растянутая композитная проволока направляющая, обработанная проволока с покрытием, срок службы 200800 тонн, подходит для нейроинтервенционного оборудования.

4.4 Аэрокосмическая промышленность

Твердосплавная волока для волочения проволоки Высокотемпературная волока для волочения проволоки

Растяжение проволоки из сплавов на основе никеля и титана для изготовления проводов и крепежных деталей авиационных двигателей, диаметр проволоки 0,15 мм, термостойкость 900°C, срок службы 300-1000 тонн, применяется в лопатках турбин и соединителях фюзеляжа.

Волоочильные фильеры из карбида Волоочильные фильеры из композитных материалов

Растянутая композитная проволока из углеродного волокна, легкая проволока, срок службы 200800 тонн, подходит для компонентов БПЛА и спутников.

Твердосплавная фильера для волочения проволоки Микрофибра для волочения проволоки

Растяжение сверхтонкой титановой проволоки для производства авиационной сенсорной проволоки, диаметр проволоки 0,010,5 мм, срок службы 100500 тонн, используется в точных приборах.

4.5 Оборудование и энергия

волока для волочения проволоки из карбида волока для волочения труб

Протяжка труб из нержавеющей стали и меди, изготовление энергопроводов и теплообменных труб диаметром 250 мм и сроком службы 500-2000 тонн, которые используются в атомной энергетике и нефтепроводах.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Волоки для волочения проволоки из карбида, волочильные фильеры для волочения проволоки из прутка

Растяжение медных и алюминиевых прутков, обработка деталей оборудования и токопроводящих стержней, диаметр прутка 530 мм, срок службы 500-2000 тонн, подходит для энергетического оборудования.

Твердосплавная волока для волочения проволоки круглая волока для волочения проволоки

Проволока стальная растянутая для производства металлокорда и сетки, диаметр проволоки 0,15 мм, срок службы 500-2000 тонн, применяется в шинах и защитных сетках.

5. Преимущества продукта

Твердосплавные волокна для волочения проволоки занимают лидирующие позиции на рынке волокон для волочения проволоки благодаря своим превосходным характеристикам:

Сверхдолгий срок службы: износостойкость и твердость увеличивают срок службы в 515 раз, а стоимость одного волочения проволоки снижается на 40-70%.

Эффективная обработка: поддерживает высокоскоростное растяжение (130 м/с) и высокое усилие растяжения (10 500 кН), что повышает эффективность производства на 2050%.

Высокая точность: точность отверстий фильер $\pm 0,001$ мм, шероховатость поверхности проволоки Ra 0,10,4 мкм, что соответствует высоким требованиям медицины и авиации.

Гибкая настройка: доступны различные типы (круглые, специальной формы, миниатюрные и т. д.), размеры отверстий матрицы (0,00550 мм) и покрытия (TiN, DLC) для соответствия различным условиям работы.

Экологическая адаптация: высокая термостойкость (700-900°C), коррозионная стойкость (pH 210), адаптируемость к сухим, влажным и химическим средам.

Экологичное производство: высокая прочность снижает изменение формы и количество отходов, что соответствует целям устойчивого развития.

6. Технические проблемы и направления совершенствования волокон для волочения проволоки из цементированного карбида

6.1 Технические проблемы волочильных фильер из твердосплавной проволоки

Сложность обработки

Твердый сплав имеет высокую твердость (HRA 8892), что предъявляет чрезвычайно высокие требования к технологическому оборудованию и инструментам. Алмазные шлифовальные круги быстро изнашиваются, а точность отверстий матрицы трудно стабилизировать (допуск $< \pm 0,001$ мм).

Риск хрупкости

В материалах с высокой твердостью могут образовываться микротрещины или разрушаться отверстия матрицы под действием высокой силы растяжения (> 500 кН) или при неправильной конструкции, что повлияет на срок службы.

Проблемы терморегулирования

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Высокоскоростное растяжение (>20 м/с) приводит к выделению тепла от трения, что может привести к размягчению поверхности штампа или отслоению покрытия, особенно в условиях высоких температур.

Сложная приспособляемость материала

Проволока из высокопрочной стали ($HRC > 40$), титанового сплава или композитных материалов предъявляет высокие требования к геометрии отверстия матрицы и обработке поверхности, а также подвержена износу или дефектам поверхности проволоки.

Экстремальные ограничения условий труда

При сверхвысоких температурах ($>900^{\circ}\text{C}$) или в сильноокислой среде ($\text{pH} < 2$) эксплуатационные характеристики традиционных покрытий и фаз склеивания ухудшаются, а срок службы сокращается на 50–70%.

6.2 Направление технического совершенствования волок для волочения проволоки из твердого сплава

Передовые технологии обработки

Развить лазерную микрообработку и сверхточное шлифование, повысить точность отверстий пресс-форм до $\pm 0,0005$ мм, снизить износ инструмента на 30% и сделать его пригодным для микроформ и форм специальной формы.

Конструкция повышенной прочности

Использование градиентной структуры (высокая твердость HRA 9092 на поверхности, высокая вязкость разрушения >9 МПа·м^{1/2} внутри) или фазы связующего композита CoNi может повысить сопротивление росту трещин на 20-30% и уменьшить растрескивание отверстий матрицы.

Эффективное терморегулирование

Оптимизировать систему охлаждения штампа (давление охлаждающей жидкости 510 МПа, расход 25 л/мин) для снижения рабочей температуры на $100-150^{\circ}\text{C}$; разработать адаптивные покрытия (например, TiAlN/AlCrSi, термостойкость 1000°C) для снижения термического размягчения.

Комплексная оптимизация материалов

Разработать покрытия с низким коэффициентом трения (например, DLC, коэффициент трения 0,080,15) и оптимизировать геометрию отверстий фильеры (входной угол $5^{\circ}15'$, длина уменьшенной площади поверхности 0,52 мм) для уменьшения дефектов поверхности проволоки; разработать отверстия фильеры из PCD (поликристаллического алмаза), повысить твердость до HV 8000 и продлить срок службы в 20 раз.

Адаптация к экстремальным условиям труда

Разработать наномногослойные покрытия (например, AlCrSi/TiN, толщина 13 мкм, твердость HV 3500) или композитные материалы на основе керамики (WCSiC), с температурной стойкостью, увеличенной до 1100°C , и скоростью коррозии в сильных кислотах ($\text{pH} 12$) $< 0,02$ мм/год.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Интеллектуальный дизайн

ИИ используется для моделирования усилия волочения (погрешность < 5%) и характера износа, оптимизации угла отверстия фильеры (отклонение < 0,2°) и шероховатости поверхности ($R_a < 0,05$ мкм), а также повышения стабильности волочения проволоки; разработаны самодиагностирующиеся фильеры для волочения проволоки, которые отслеживают температуру и износ в режиме реального времени, что продлевает срок службы на 1020%.

7. Заключение

Волочильные фильеры из карбида стали предпочтительными инструментами для волочения в областях проволоки и кабеля, канатов, пружинного производства, медицинской направляющей проволоки, аэрокосмической проволоки и т. д. благодаря своей высокой твердости (HRA 8892), превосходной прочности ($6,09,0 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и сверхдлительному сроку службы (1003000 тонн проволоки). Его богатое разнообразие (круглая фильера, микрофибра, фильера специальной формы, многоступенчатая фильера и т. д.) и точные характеристики (диаметр отверстия фильеры 0,00550 мм, допуск $\pm 0,001$ мм) удовлетворяют разнообразные потребности в волочении от сверхтонкой направляющей проволоки до толстого стержня. Технические показатели показывают, что его срок службы в 515 раз больше, чем у фильеры из быстрорежущей стали, эффективность производства увеличивается на 2050%, а качество поверхности проволоки достигает $R_a 0,10,4$ мкм.

Благодаря передовым процессам порошковой металлургии и технологиям нанесения покрытий (таким как TiAlN и DLC) волочильные фильеры хорошо работают в суровых условиях, таких как высокая температура (700-900 °C) и коррозия (pH 210). В будущем, благодаря лазерной обработке, отверстиям в фильере PCD, нанопокрыванию, оптимизации ИИ и интеллектуальному проектированию, волочильные фильеры из цементированного карбида еще больше улучшат производительность и расширят сценарии применения, обеспечивая надежную поддержку эффективному, точному и устойчивому развитию мировой промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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
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



приложение:

Твердосплавное сопло

Сопло из цементированного карбида представляет собой высокопроизводительный компонент управления жидкостью, изготовленный из карбида вольфрама (WC) в качестве основного материала, изготовленный методом порошковой металлургии и предназначенный для струйной обработки в условиях высокого давления, высокого износа и коррозионных сред. Его превосходная твердость, износостойкость, высокая термостойкость и коррозионная стойкость делают его широко используемым в пескоструйной обработке, распылении, гидроабразивной резке, бурении нефтяных скважин, химической промышленности, сельскохозяйственном орошении и пищевой промышленности. В этой статье систематически объясняются эксплуатационные характеристики и прикладная ценность сопел из цементированного карбида с точки зрения свойств материала, классификации и технических параметров, производственного процесса, областей применения, преимуществ производительности, проблем и тенденций развития технологий.

Состав материала и эксплуатационные характеристики

Состав материала и эксплуатационные характеристики твердосплавных сопел

Материал и эксплуатационные характеристики твердосплавных сопел определяют их превосходную работу в суровых условиях.

Состав материала твердосплавного сопла

Формула материала твердосплавных сопел оптимизирована для обеспечения баланса твердости, прочности и коррозионной стойкости.

Твердая фаза карбида вольфрама (WC, 8595 мас.%) твердосплавного сопла

обеспечивает высокую твердость и износостойкость. В некоторые составы добавляют карбид титана (TiC, 0,53 мас.%) или карбид тантала (TaC, 0,52 мас.%) для повышения стабильности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

при высоких температурах и стойкости к окислению.

Связующая фаза сопла из цементированного карбида содержит

кобальт (Co, 512 мас.%), который улучшает прочность и ударопрочность; никель (Ni, 510 мас.%), который используется в коррозионно-стойких составах и подходит для кислых или влажных сред.

Для измельчения зерна, замедления его роста, повышения коррозионной стойкости и повышения эффективности при высоких температурах используются **следовые количества хрома (Cr, 0,10,8 мас.%), ванадия (V, 0,050,4 мас.%) и молибдена (Mo, 0,10,6 мас.%).**

Эксплуатационные характеристики твердосплавного сопла

Эффективность твердосплавных сопел обусловлена их оптимизированной микроструктурой и составом материала.

Твердость твердосплавных сопел составляет

HRA 8892 (HV 1400-1800), что значительно выше, чем у нержавеющей стали (HRC 2040), и подходит для высокоабразивной струйной обработки.

Вязкость разрушения сопла из цементированного карбида составляет

6,09,0 МПа·м^{1/2}, что примерно на 25% выше, чем у обычного цементированного карбида (57 МПа·м^{1/2}), что эффективно препятствует распространению трещин.

сопла из цементированного карбида

составляет 0,0080,015 мм³/Н·м (ASTM G65), что в 1,52 раза ниже, чем у высокохромистого сплава, а срок службы увеличивается в 515 раз.

Прочность на сжатие твердосплавного сопла

составляет 4500–6500 МПа и выдерживает максимальное давление впрыска 500 МПа.

Плотность твердосплавного сопла составляет

14,015,0 г/см³, что подходит для высокоточного монтажа.

Коррозионная стойкость твердосплавных насадок

составляет <0,05 мм/год в нейтральной или слабокислой среде (pH 49); формула на основе никеля или с покрытием выдерживает pH 210 со скоростью коррозии <0,03 мм/год.

Стойкость твердосплавных сопел

составляет от 20°C до 800°C, а формула покрытия способна выдерживать мгновенные температуры до 1000°C.

Характеристики микроструктуры сопел из цементированного карбида

Сопла из цементированного карбида имеют сверхмелкозернистую (0,2-0,5 мкм) или мелкозернистую (0,51 мкм) структуру, что имеет следующие преимущества:

Высокая твердость и прочность: мелкие зерна увеличивают плотность границ зерен, следуют эффекту Холла-Петча и повышают износостойкость.

Улучшенная прочность: измельчение зерна рассеивает напряжение, снижает риск распространения трещин и повышает ударопрочность на 20–30 %.

Стабильность поверхности: снижает износ, сохраняет чистоту поверхности отверстия форсунки, обеспечивает точность впрыска и срок службы.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. Классификация и технические параметры твердосплавных сопел

Классификация и технические параметры форсунок из карбида вольфрама

Форсунки из карбида вольфрама подразделяются на различные типы в зависимости от распыляемой среды и сценариев применения для удовлетворения различных промышленных потребностей.

Классификация и применение твердосплавных форсунок

Ниже приводится краткое изложение классификации, технических параметров и применения твердосплавных форсунок (на основе стандартов ISO, спецификаций ASTM и отраслевых данных):

Таблица классификации и применения твердосплавных сопел

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Пескоструйное сопло Пескоструйная насадка	Высокая износостойкость, подходит для абразивоструйной обработки.	Обработка поверхностей (удаление ржавчины, зачистка заусенцев), судостроение (пескоструйная очистка корпусов судов), строительство (очистка бетона), пескоструйная обработка, стальная дробь.	Диаметр сопла 212 мм, длина 50200 мм, HRA 8892, срок службы 5002000 часов.
Водоструйное сопло Водоструйное сопло	Струя воды высокого давления, подходит для резки твердых материалов.	Аэрокосмическая промышленность (резка титановых сплавов), автомобилестроение (резка композитных материалов), обработка камня (мрамор), гидроструя высокого давления (300-400 МПа).	Диаметр сопла 0,12 мм, длина 20100 мм, HRA 9092, срок службы 2001000 часов.
Распылительная насадка Насадка для распыления покрытия	Точное нанесение краски или керамических покрытий.	Авиация (покрытие лопаток турбин), автомобилестроение (покрытие двигателей), электроника (напыление печатных плат), напыление керамики,	Диаметр сопла 0,55 мм, длина 30150 мм, HRA 8891, срок службы 3001500 часов.

		металлических порошков.	
Форсунки для нефтяных месторождений	Высокая устойчивость к давлению и коррозии, подходит для струйного бурения.	Бурение нефтяных скважин (закачка бурового раствора), разведка природного газа (очистка скважин), добыча полезных ископаемых (закачка бурового раствора), закачка бурового раствора, химическая жидкость.	Диаметр сопла 315 мм, длина 50-150 мм, HRA 8992, срок службы 500-2000 часов.
Насадка для нефтяного месторождения			
Распылительная насадка	Тонкораспыленное распыление, подходит для распыления жидкостей.	Сельское хозяйство (распыление пестицидов), химическая промышленность (распыление жидкостей), охрана окружающей среды (очистка отходящих газов), распыление воды, химических жидкостей, нефти.	Диаметр сопла 0,23 мм, длина 20100 мм, HRA 8891, срок службы 5002000 часов.
Распылительная насадка			
Форсунка сгорания	Конструкция, устойчивая к высоким температурам, подходит для впрыска топлива или газа.	Энергетика (сжигание в котле), химическая промышленность (высокотемпературная реакция), металлургия (впрыскивание в печь), впрыскивание мазута, природного газа.	Диаметр сопла 110 мм, длина 30120 мм, HRA 8992, срок службы 3001500 часов.
Форсунка горелки			
Микронасадка	Сверхмаленькое отверстие сопла, подходящее для высокоточного впрыска.	Медицина (распыление лекарственных препаратов), электроника (очистка микросхем), авиация (нанесение прецизионных покрытий), распыление жидкостей, газов и частиц.	Диаметр сопла 0,05-0,5 мм, длина 1050 мм, HRA 9092, срок службы 200-1000 часов.
Микронасадка			

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

Коррозионностойкие насадки Коррозионностойкая насадка	Устойчив к воздействию сильных кислот и щелочей, пригоден для использования в химических средах.	Химическая промышленность (закачка растворов кислот и щелочей), охрана окружающей среды (десульфурация и денитрификация), морская техника (закачка морской воды), закачка концентрированных кислот, концентрированных щелочей и морской воды.	Диаметр сопла 110 мм, длина 30150 мм, HRA 8891, срок службы 5002000 часов.
Насадка для производства сухого молока Распылительная насадка для сухого молока	Специально разработан для распылительной сушки с целью равномерного распыления эмульсий.	Пищевая промышленность (сухое молоко, производство для сухого молока), сельское хозяйство (переработка молочных продуктов), распыление эмульсий, жидкая сыворотка, производство детского сухого молока, сухое молоко.	Диаметр сопла 0,53 мм, длина 20100 мм, HRA 8891, срок службы 5002000 часов.

Технические параметры твердосплавных сопел

Технические параметры твердосплавных сопел обеспечивают их адаптируемость к различным видам промышленного применения:

размер:

Диаметр сопла: 0,0515 мм (обычно используется 0,112 мм).

Длина насадки: 10200 мм (обычно 20150 мм).

Допуск: от ±0,001 мм (микронасадки, насадки для производства сухого молока) до ±0,01 мм (универсальные насадки).

Вес: 0,011 кг за штуку, подходит для ручного или автоматизированного оборудования.

Шероховатость поверхности: отверстие сопла Ra 0,050,2 мкм, поверхность впрыска Ra 0,10,4 мкм.

Степень твердости:

Стандарт: HRA 8891 (универсальное распыление, производство сухого молока).

Высокая твердость: HRA 9092 (струя воды, микросопло).

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

Формула материала:

WCCo (общего назначения): содержание кобальта 510%, HRA 8891, высокая прочность.
WCNi (коррозионно-стойкий тип): содержание никеля 5–10%, устойчив к воздействию кислот и щелочей, подходит для производства сухого молока.
WCTiCTaC (высокотемпературный тип): термостойкость 800-1000°C.

Параметры инъекции:

Давление впрыска: 0,1500 МПа (максимальное для струи воды, 0,55 МПа для производства сухого молока).
Скорость струи: 101000 м/с (в зависимости от среды).
Расход: 0,01100 л/мин (производство сухого молока 0,110 л/мин).

Обработка поверхности:

Полировка: отверстие для распыления Ra 0,020,1 мкм, снижает трение и засорение, подходит для производства сухого молока.

покрытие:

TiN: Твердость HV 2000-2500, износостойкость увеличена в 2 раза.
TiAlN: термостойкость до 900°C, подходит для высокотемпературного напыления.
AlCrSi/TiN: термостойкость 1000°C, срок службы увеличен в 3 раза.
DLC: Коэффициент трения 0,08-0,15, подходит для распыления жидкостей и эмульсий.

Соответствие стандартам:

Система менеджмента качества ISO 9001.
ASTM B771 (испытание на износ), ISO 3878 (испытание на твердость).
Сертификация для пищевых продуктов: насадка для производства сухого молока соответствует стандартам FDA/EU, касающимся контакта с пищевыми продуктами.

3. Процесс изготовления твердосплавного сопла

При производстве твердосплавных сопел применяются передовые технологии порошковой металлургии, гарантирующие, что свойства материала, точность сопел и качество поверхности соответствуют отраслевым стандартам.

Сырьем для форсунок из цементированного карбида

являются карбид вольфрама высокой чистоты (WC, чистота>99,95%), кобальт (Co, чистота>99,9%) и добавки (такие как TiC, TaC, Cr). Порошки смешиваются методом мокрого помола (среда — спирт или деионизированная вода, шаровая мельница в течение 2472 часов), а средний размер частиц контролируется на уровне 0,20,8 мкм. VC или Cr3C2 (0,10,4 мас. %) добавляются в качестве ингибитора зерна для предотвращения роста зерна во время высокотемпературного спекания.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Формовка карбидных сопел

Холодное изостатическое прессование (ХИП): порошок прессуется в сырое тело под давлением 200–400 МПа с плотностью 50–60% от теоретического значения.

Прецизионное литье: Для формования корпуса форсунки и начального распылительного отверстия используются высокоточные формы (допуск $\pm 0,05$ мм).

Распылительная сушка: получение сыпучих частиц и улучшение однородности и прочности сырых тел.

Спекание твердосплавного сопла

Предварительное спекание: 900-1100°C, для удаления органических добавок.

Горячее изостатическое прессование (ГИП): 1350-1450°C, 100-200 МПа, среда аргона, спекание в течение 23 часов, плотность 99,8-100%.

Контроль охлаждения: Постепенное охлаждение (1015°C/мин) для предотвращения микротрещин, вызванных термическим напряжением.

Постобработка твердосплавных сопел

Прецизионная шлифовка

Обработайте отверстие сопла алмазным шлифовальным кругом с допуском $\pm 0,001$ мм и шероховатостью поверхности Ra 0,05-0,2 мкм.

Лазерная обработка

Точная настройка формы сопла (круглое, веерообразное) с точностью $\pm 0,0005$ мм, подходящая для микросопел и сопел для производства сухого молока.

полировка

Сверхточная полировка, отверстие распыления Ra 0,020,1 мкм, оптимизированная равномерность распыления, особенно подходит для распыления эмульсии.

Укрепление поверхности

Покрытия (TiN, TiAlN, AlCrSi/TiN, DLC) улучшают износостойкость и термостойкость;

Для форсунок при производстве сухого молока предпочтительнее использовать покрытие DLC пищевого класса.

Проверка качества

Испытание на твердость: HRA/HV, погрешность $\pm 0,5$.

Микроструктурный анализ: Для исследования размера зерна (0,2-0,8 мкм) использовалась сканирующая электронная микроскопия (СЭМ).

Измерение размеров: оптический измерительный прибор, точность $\pm 0,0005$ мм.

Неразрушающий контроль: Ультразвуковой контроль для выявления внутренних дефектов.

Сертификация на соответствие требованиям к пищевым продуктам: насадка для производства сухого молока прошла испытание FDA/EU на пригодность к контакту с пищевыми продуктами.

4. Использование и сценарии применения твердосплавных сопел

Использование и применение твердосплавных форсунок

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Благодаря своей высокой износостойкости, коррозионной стойкости и способности к точному распылению твердосплавные форсунки широко используются в следующих областях:

Обработка поверхности твердосплавного сопла

Пескоструйное сопло

Он может распылять песок и стальную дробь для удаления ржавчины с судов, удаления заусенцев с автомобильных деталей и очистки бетонных поверхностей. Давление составляет 1050 МПа, а срок службы составляет 500-2000 часов. Подходит для судостроения и строительства.

Распылительная насадка

Напыление керамических и металлических порошков для получения покрытий лопаток авиационных турбин и износостойких покрытий автомобильных двигателей со сроком службы 300-1500 часов, используемых в авиации и автомобилестроении.

Водоструйное сопло

Гидрорезка титанового сплава, композитных материалов, мрамора под высоким давлением, давление 300-400 МПа, срок службы 200-1000 часов, подходит для аэрокосмической промышленности и обработки камня.

Карбидные насадки для нефти и энергетики

Форсунки для нефтяных месторождений

Струйный буровой раствор, химическая жидкость, применяется для бурения нефтяных скважин, очистки скважин, давление 50-200 МПа, срок службы 500-2000 часов, коррозионная стойкость (pH 210), применяется при бурении глубоких скважин.

Форсунка сгорания

Используется для распыления мазута и природного газа, используется для сжигания в котлах и печах. Имеет термостойкость 800°C и срок службы 300-1500 часов. Подходит для тепловой энергетики и металлургической промышленности.

Водоструйное сопло

Для очистки теплообменников и трубопроводов, давление 100-300 МПа, срок службы 200-1000 часов, применяется в атомной энергетике и нефтехимической промышленности.

Насадка из цементированного карбида Химическая промышленность и охрана окружающей среды

Коррозионностойкие насадки

Распыление кислотных и щелочных растворов, морской воды, используется для химических реакций, десульфурации и денитрификации, устойчив к pH 210, срок службы 500-2000 часов, подходит для химической промышленности и морского машиностроения.

Распылительная насадка

Распыленная химическая жидкость, жидкость для очистки отходящих газов, используется для очистки отходящих газов, градирня, расход 0,110 л/мин, срок службы 500-2000 часов, используется в охране окружающей среды и химической промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Распылительная насадка

Напыляемое антикоррозионное покрытие, используемое для защиты резервуаров и трубопроводов, со сроком службы 300-1500 часов, подходит для производства химического оборудования.

Твердосплавные насадки для сельского хозяйства и пищевой промышленности

Распылительная насадка

Распыление пестицидов и удобрений для точного сельскохозяйственного орошения, расход 0,055 л/мин, срок службы 500-2000 часов, подходит для опрыскивания полевых культур и садов.

Насадка для производства сухого молока

Распылительная сушка эмульсии и сывороточной жидкости, производство детского сухого молока и сухого молока, давление 0,55 МПа, расход 0,110 л/мин, срок службы 500-2000 часов, соответствует стандартам пищевой промышленности, подходит для переработки молока и пищевой промышленности.

Коррозионностойкие насадки

Распыляемая моющая жидкость и дезинфицирующее средство для очистки сельскохозяйственного оборудования, устойчиво к pH 210, срок службы 500-2000 часов, подходит для теплиц и ферм.

Карбидные насадки Медицина и электроника

Микронасадка

Распылительная жидкость для распыления лекарственных препаратов и чистящая жидкость для ингаляторов и очистки чипов с размером сопла 0,05-0,5 мм и сроком службы 200-1000 часов, подходит для медицинской и электронной промышленности.

Коррозионностойкие насадки

Дезинфицирующее средство в виде спрея, используется для очистки медицинского оборудования, устойчиво к pH 210, срок службы 500-2000 часов, подходит для больниц и лабораторий.

Распылительная насадка

Напыляемое токопроводящее покрытие, используется при производстве печатных плат, срок службы 300-1500 часов, подходит для полупроводниковой промышленности.

Карбидные сопла для аэрокосмической промышленности

Водоструйное сопло

Резка композитных материалов на основе углеродного волокна и титановых сплавов с точностью $\pm 0,01$ мм и сроком службы 200-1000 часов. Подходит для изготовления крыльев самолетов и компонентов спутников.

Распылительная насадка

Напыляемое керамическое покрытие, используемое в авиационных двигателях, со сроком службы 300-1500 часов, подходит для высокоточного процесса нанесения покрытий.

Микронасадка

Распыление газа и жидкости высокой точности, используется для изготовления датчиков, отверстие сопла 0,05-0,5 мм, срок службы 200-1000 часов, подходит для авиационных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

приборов.

Использование и сценарии применения твердосплавных сопел

Благодаря высокой износостойкости, коррозионной стойкости и способности точного распыления карбидные сопла широко используются в обработке поверхностей, нефтяной и энергетической промышленности, химической и экологической защите, сельском хозяйстве и пищевой промышленности, медицине и электронике, аэрокосмической промышленности и других областях. Ниже приведены конкретные варианты использования и сценарии применения в различных областях, которые систематически перечислены в виде таблицы.

промышленность поле	Продукт насадки)	(тип	Назначение и сценарии применения	Параметры производительности
Обработка поверхности	Пескоструйное сопло Пескоструйная насадка		Пескоструйная и дробеструйная обработка применяется для удаления ржавчины с судов, снятия заусенцев с деталей автомобилей и очистки бетонных поверхностей.	Давление 1050 МПа, срок службы 500-2000 часов, подходит для судостроения и строительства.
	Распылительная насадка Насадка для распыления покрытия	для	Напыление керамических и металлических порошков для получения покрытий лопаток авиационных турбин и износостойких покрытий автомобильных двигателей.	Срок службы 300-1500 часов, подходит для авиации и автомобилестроения.
	Водоструйное сопло Водоструйное сопло		Гидрорезка титанового сплава, композитных материалов и мрамора под высоким давлением.	Давление 300-400 МПа, срок службы 200-1000 часов, подходит для аэрокосмической промышленности и обработки камня.
Нефть и энергетика	Форсунки и нефтяных месторождений Насадка для	для	Промывка бурового раствора и химической жидкости для бурения нефтяных скважин и	Давление 50200 МПа, срок службы 5002000 часов, коррозионная стойкость (pH 210),

	нефтяного месторождения	очистки скважин.	применяется при бурении глубоких скважин.
	Форсунка сгорания Форсунка горелки	Впрыскивание мазута и природного газа для сжигания в котлах и печах.	Обладая термостойкостью 800°C и сроком службы 300–1500 часов, он подходит для использования в тепловой энергетике и металлургической промышленности.
	Водоструйное сопло Водоструйное сопло	Очистите теплообменники и трубы.	Давление 100-300 МПа, срок службы 200-1000 часов, применяются в атомной энергетике и нефтехимической промышленности.
Химическая промышленность и охрана окружающей среды	Коррозионностойкие насадки Коррозионностойкая насадка	Распыление кислотных и щелочных растворов, а также морской воды для химических реакций, десульфурации и денитрификации.	Устойчив к pH 2-10, срок службы 500–2000 часов, подходит для химической промышленности и судостроения.
	Распылительная насадка Распылительная форсунка	Распыленная химическая жидкость, жидкость для обработки отходящих газов, используемая для очистки отходящих газов и в градирнях.	Расход 0,110 л/мин, срок службы 500-2000 часов, применяется в охране окружающей среды и химической промышленности.
	Распылительная насадка Насадка для распыления покрытия	Напыление антикоррозионного покрытия для защиты резервуаров и трубопроводов.	Срок службы 300-1500 часов, подходит для производства химического оборудования.
Сельское хозяйство и пищевая промышленность	Распылительная насадка	Распыление пестицидов	Расход 0,055 л/мин, срок службы 500-2000 часов, подходит для опрыскивания полевых
	Распылительная насадка	удобрений для точного орошения	

		сельскохозяйственных культур.	культур и садов.
	Насадка для производства сухого молока Распылительная насадка для сухого молока	Распылительная сушка эмульсий и сывороточных жидкостей для производства детского сухого молока и сухого молока.	Давление 0,55 МПа, расход 0,110 л/мин, срок службы 500-2000 часов, соответствует стандартам пищевой промышленности, подходит для переработки молока и продуктов питания.
	Коррозионностойкая насадка	Распыляемая чистящая жидкость и дезинфицирующее средство для очистки сельскохозяйственного оборудования.	Устойчив к pH 210, срок службы 500–2000 часов, подходит для теплиц и ферм.
Медицина и электроника	Микронасадка	Распыляемая жидкость для распыления лекарственных препаратов и чистящая жидкость для чистки ингаляторов и чипов.	Диаметр соплового отверстия составляет 0,05-0,5 мм, а срок службы составляет 200-1000 часов. Подходит для медицинской и электронной промышленности.
	Коррозионностойкие насадки Коррозионностойкая насадка	Дезинфицирующее средство-спрей для очистки медицинского оборудования.	Устойчив к pH 210, срок службы 500–2000 часов, подходит для больниц и лабораторий.
	Насадка для распыления покрытия	Напыление токопроводящих покрытий для производства печатных плат.	Срок службы 300-1500 часов, подходит для полупроводниковой промышленности.
Аэрокосмическая промышленность	Водоструйное сопло	Резка композитов на основе углеродного волокна, титановых сплавов.	Точность: ±0,01 мм, срок службы: 200–1000 часов, подходит для изготовления крыльев самолетов и компонентов спутников.

	Насадка для распыления покрытия	Напыление керамических покрытий для авиационных двигателей.	Срок службы 300–1500 часов, подходит для высокоточных процессов нанесения покрытий.
	Микронасадка	Впрыск прецизионных газов и жидкостей для производства датчиков.	Диаметр соплового отверстия составляет 0,05-0,5 мм, а срок службы — 200-1000 часов, что подходит для авиационных приборов.

5. Преимущества производительности

Преимущества карбидных форсунок.

Карбидные форсунки имеют существенные преимущества в области инъекционного оборудования:

Сверхдолгий срок службы

Износостойкость и твердость увеличивают срок службы в 515 раз и снижают стоимость использования на 4070%.

Эффективное распыление

Он поддерживает впрыск жидкости под высоким давлением (0,1500 МПа) и с высокой скоростью (101000 м/с), а эффективность впрыска повышается на 2050%.

Высокая точность

Точность отверстия сопла составляет ±0,001 мм, а шероховатость поверхности распыления — Ra 0,10,4 мкм, что соответствует высоким требованиям авиации, медицины и пищевой промышленности.

Гибкая настройка

Для различных условий работы доступны различные типы (пескоструйная обработка, водоструйная обработка, распыление, производство сухого молока и т. д.), размеры сопел (0,0515 мм) и покрытия (TiN, DLC).

Экологическая приспособляемость

Устойчив к высоким температурам (800-1000°C), устойчив к коррозии (pH 210), пригоден для абразивных материалов, химических жидкостей, эмульсий и высокотемпературных сред.

Экологичное производство

Высокая прочность сокращает необходимость замены насадок и отходы, что соответствует целям устойчивого развития.

6. Технические проблемы и направления улучшения

Технические проблемы и направления совершенствования форсунок из

цементированного карбида

Форсунки из цементированного карбида сталкиваются с рядом технических проблем при практическом применении и должны достигать прорывов в производительности за счет постоянного совершенствования.

Технические проблемы карбидных сопел

Сложность обработки твердосплавных сопел

Твердый сплав имеет высокую твердость (HRA 8892), что предъявляет чрезвычайно высокие требования к технологическому оборудованию и инструментам. Алмазные шлифовальные круги быстро изнашиваются, а точность отверстия сопла трудно стабилизировать (допуск $< \pm 0,001$ мм).

Риск хрупкости твердосплавного сопла

Материалы с высокой твердостью могут привести к образованию микротрещин или разрушению сопла под действием высокого давления (> 500 МПа) или из-за неправильной конструкции, что повлияет на срок службы.

Проблемы терморегулирования твердосплавных сопел

Высокотемпературное распыление ($> 800^{\circ}\text{C}$) или высокоскоростное абразивное распыление могут вызвать размягчение поверхности отверстия или отслоение покрытия, особенно в сухих условиях.

Комплексная адаптивность медиа

Высоковязкие жидкости (например, эмульсии), высококоррозионные химические жидкости или сверхтвердые абразивы предъявляют высокие требования к геометрии сопла и обработке поверхности, а также подвержены износу или засорению.

Экстремальные условия работы твердосплавных сопел

При сверхвысоких температурах ($> 1000^{\circ}\text{C}$) или в сильноокислых средах ($\text{pH} < 2$) эксплуатационные характеристики традиционных покрытий и адгезионных фаз ухудшаются, а срок их службы сокращается на 50–70%.

Направление совершенствования технологии твердосплавных сопел

Передовая технология обработки твердосплавных сопел

Благодаря использованию лазерной микрообработки и сверхточной шлифовки точность отверстий сопел повышена до $\pm 0,0005$ мм, а износ инструмента снижен на 30%, что подходит для микросопел и сопел для производства сухого молока.

Конструкция твердосплавного сопла с повышенной прочностью

Использование градиентной структуры (высокая твердость HRA 9092 на поверхности, высокая вязкость разрушения $> 9 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ внутри) или связующей фазы из композита CoNi может повысить сопротивление росту трещин на 20-30% и снизить разрушение сопла.

Эффективное терморегулирование твердосплавных сопел

Оптимизировать канал охлаждения сопла (давление охлаждающей жидкости 510 МПа, расход 25 л/мин) для снижения рабочей температуры на $100-150^{\circ}\text{C}$; разработать адаптивные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

покрытия (например, TiAlN/AlCrSi, термостойкость 1100°C) для снижения термического размягчения.

Оптимизация твердосплавных сопел для сложных сред

Разработать покрытия с низким коэффициентом трения (например, DLC, коэффициент трения 0,080,15) и оптимизировать геометрию сопла (угол входа 10°20°, длина зоны впрыска 0,52 мм) для снижения засорения и износа; разработать сопла из PCD (поликристаллического алмаза), повысить твердость до HV 8000 и продлить срок службы в 20 раз.

Твердосплавные сопла подходят для экстремальных условий работы.

Разработать наномногослойные покрытия (например, AlCrSi/TiN, толщина 13 мкм, твердость HV 3500) или композитные материалы на основе керамики (WCSiC), с температурной стойкостью, увеличенной до 1200°C, и скоростью коррозии в сильных кислотах (pH 12) <0,02 мм/год.

Интеллектуальная конструкция сопла из цементированного карбида

Используйте ИИ для моделирования давления впрыска (погрешность <5%) и характеристик износа, оптимизируйте угол наклона сопла (отклонение <0,2°) и шероховатость поверхности (Ra <0,05 мкм), а также повысьте стабильность впрыска; разработайте самодиагностируемые сопла для мониторинга температуры и износа в режиме реального времени, что продлит срок службы на 1020%.

7. Заключение

Благодаря высокой твердости (HRA 8892), превосходной прочности (6,09,0 МПа·м^{1/2}) и сверхдлительному сроку службы (2002000 часов) сопла из цементированного карбида стали предпочтительными компонентами управления жидкостью в областях пескоструйной обработки, распыления, гидроабразивной резки, бурения нефтяных скважин, химической промышленности, сельскохозяйственного орошения, пищевой промышленности и т. д. Их разнообразные типы (пескоструйные сопла, водоструйные сопла, распылительные сопла, сопла для производства сухого молока и т. д.) и точные характеристики (диаметр отверстия распыления 0,0515 мм, допуск ±0,001 мм) удовлетворяют широкому спектру потребностей от точного распыления до резки под высоким давлением. Технические показатели показывают, что их срок службы в 515 раз превышает срок службы обычных материалов, эффективность распыления увеличивается на 2050%, а качество поверхности распыления достигает Ra 0,10,4 мкм.

Благодаря передовой порошковой металлургии и технологиям покрытия (таким как TiAlN и DLC) сопла хорошо работают в суровых условиях, таких как высокая температура (800-1000°C) и коррозия (pH 210). В будущем, благодаря лазерной обработке, отверстиям сопла PCD, нанопокрыванию, оптимизации ИИ и интеллектуальному проектированию, сопла из цементированного карбида еще больше улучшат производительность и расширят сценарии применения, оказывая важную поддержку эффективному, точному и устойчивому развитию мировой промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



1

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

Индивидуальная обработка твердосплавных сопел

Твердосплавные сопла обладают характеристиками износостойкости, коррозионной стойкости, высокой термостойкости и длительного срока службы. Они широко используются в пескоструйной обработке, распылении, гидроабразивной резке, бурении нефтяных скважин, химической промышленности, сельском хозяйстве, пищевой промышленности и других областях.

Основные характеристики твердосплавных сопел

Твёрдость: HRA 8892

Точность: допуск сопла $\pm 0,001$ мм, шероховатость поверхности Ra 0,10,4 мкм.

Адаптивность: термостойкость 800-1000°C, коррозионная стойкость pH 210.

Эффективность: поддерживает впрыск под высоким давлением (0,1500 МПа), при этом эффективность увеличивается на 2050%.

Срок службы: Отличная износостойкость, срок службы в 515 раз превышает срок службы обычных материалов.

Изготовление на заказ: различные типы (пескоструйная обработка, распыление, производство сухого молока и т. д.), подходящие для различных условий работы.

Основные типы твердосплавных сопел

тип	описывать	Основные применения и сценарии	Типичные характеристики
Пескоструйное сопло Пескоструйная насадка	Высокая износостойкость, подходит для абразивоструйной обработки.	Удаление ржавчины с кораблей, снятие заусенцев с деталей автомобилей и очистка бетона.	Диаметр сопла 212 мм, Длина 50200 мм,
Водоструйное сопло Водоструйное сопло	Струя воды высокого давления, подходит для резки твердых материалов.	Резка титановых сплавов в аэрокосмической отрасли, резка автомобильных композитных материалов, обработка камня.	Диаметр сопла 0,12 мм, Длина 20100 мм,
Распылительная насадка Насадка для распыления покрытий	Точное распыление краски или керамических покрытий.	Покрытие лопаток авиационных турбин, покрытие автомобильных двигателей, напыление электронных плат.	Диаметр сопла 0,55 мм. Длина 30150 мм,
Форсунки для нефтяных месторождений Насадка для	Высокая устойчивость давлению коррозии,	Закачка бурового раствора для нефтяных скважин, очистка скважин для природного газа, закачка бурового раствора.	Диаметр сопла 315 мм, Длина 50150 мм,

нефтяного месторождения	подходит для струйного бурения.		
Распылительная насадка Распылительная насадка	Тонкораспыленное распыление, подходит для распыления жидкостей.	Распыление сельскохозяйственных пестицидов, распыление химических жидкостей, очистка отходящих газов в окружающей среде.	Диаметр сопла 0,23 мм. Длина 20100 мм,
Форсунка сгорания Форсунка горелки	Конструкция, устойчивая к высоким температурам, подходит для впрыска топлива или газа.	Сжигание в энергетическом котле, химическая высокотемпературная реакция, вдувание в металлургическую печь.	Диаметр сопла 110 мм, Длина 30120 мм,
Микронасадка Микронасадка	Сверхмаленькое отверстие сопла, подходящее для высокоточного впрыска.	Медицинский лекарственный спрей, очистка электронных чипов, прецизионное авиационное покрытие.	Диаметр сопла 0,050,5 мм, длина 1050
Коррозионностойкие насадки Коррозионностойкая насадка	Устойчив к воздействию сильных кислот и щелочей, пригоден для использования в химических средах.	Химическая закачка растворов кислот и щелочей, десульфурация и денитрификация для защиты окружающей среды, закачка морской воды в морском строительстве.	Диаметр сопла 110 мм, Длина 30150 мм,
Насадка для производства сухого молока Распылительная насадка для сухого молока	Специально разработан для распылительной сушки с целью равномерного распыления эмульсий.	Переработка пищевых продуктов, производство сухого молока, переработка сельскохозяйственной молочной продукции в соответствии со стандартами FDA/EU, касающимися контакта с пищевыми продуктами.	Диаметр сопла 0,53 мм. Длина 20100 мм,

CTIA GROUP LTD
3-й этаж, № 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Сямынь, 361008

05925129595 , 18750234579

Электронная почта: info@ctia.group


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

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

CTIA GROUP LTD

Индивидуальная обработка штамповочных штампов из твердого сплава

Твердосплавные штамповочные штампы обладают характеристиками износостойкости, коррозионной стойкости, высокой термостойкости и длительного срока службы. Они широко используются в автомобилестроении, обработке электронных компонентов, аппаратных продуктах, аэрокосмической промышленности, медицинском оборудовании и других областях.

Основные характеристики штампов из твердого сплава

Твёрдость: HRA 8892.

Точность: допуск формы $\pm 0,001$ мм, шероховатость поверхности Ra 0,10,4 мкм.

Адаптивность: термостойкость 800-1000°C, коррозионная стойкость pH 210.

Эффективность: поддерживает высокочастотную штамповку, эффективность которой увеличена на 2050%.

Срок службы: Отличная износостойкость, срок службы в 515 раз превышает срок службы обычных форм.

Изготовление на заказ: Различные типы (вытяжной штамп, пробивной штамп, составной штамп и т. д.), подходящие для различных условий работы.

Основные типы штампов из твердого сплава

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики
Растягивающая матрица Чертежная матрица	Высокая износостойкость, подходит для формовки металла растяжением.	Растяжка кузовных панелей автомобилей, металлических контейнеров и корпусов из алюминиевого сплава.	Диаметр штампа составляет 10200 мм, толщина — 20100 мм, срок службы — 502 миллиона пробивок.
Вырубной штамп Вырубной штамп	Высокоточная пробивка, подходит для резки тонких пластин.	Штамповка выводных рамок электронных компонентов, автомобильных деталей и фурнитуры.	Зазор штампа составляет 0,010,1 мм, толщина — 1580 мм, срок службы — 301,5 млн. штамповок.
Составная форма Составной штамп	Интегрированная многоступенчатая штамповка, подходящая для сложных деталей.	Соединители для аэрокосмической отрасли, детали медицинского оборудования и прецизионная	Диаметр штампа составляет 20150 мм, толщина — 20100 мм, срок службы — 401,8 млн пробивок.

		обработка композитных материалов.	
Нефтяное месторождение умирает Нефтепромысловый штамп	Устойчив к высокому давлению и коррозии, подходит для штамповки большими нагрузками.	Детали оборудования для бурения нефтяных скважин, комплектующие для трубопроводов природного газа, детали горнодобывающей техники.	Диаметр штампа составляет 30200 мм, толщина — 30120 мм, срок службы — 301,2 млн штамповок.
Высокоскоростной штамповочный штамп	Конструкция, устойчивая к высоким температурам и высоким частотам, подходит для быстрой штамповки.	Автомобильные к крепежи, электронные разъемы, непрерывные и высокоскоростные штамповочные производственные линии.	Диаметр штампа составляет 10100 мм, толщина — 1580 мм, ресурс — 602,5 млн штамповок.
Модель для тяжелой нагрузки HeavyDuty Die	Высокопрочная конструкция, подходящая для штамповки толстых листов.	Штамповка толстолистовых деталей тяжелого машиностроения, судовых конструкций и строительной арматуры.	Диаметр штампа составляет 50300 мм, толщина — 30120 мм, срок службы — 301,2 млн штамповок.
Микроформа Микро-матрица	Сверхмалый размер, подходящий для высокоточной микроштамповки.	Микродетали для медицинских приборов, микроразъемы для электроники и компоненты для авиационных датчиков.	Диаметр штампа составляет 550 мм, толщина — 1040 мм, срок службы — 20,8 млн пробивок.
Коррозионностойкая форма Коррозионностойкий штамп	Устойчив к воздействию сильных кислот и щелочей, пригоден для штамповки в химических средах.	Детали химического оборудования, принадлежности для морской техники и штамповка коррозионно-стойких материалов.	Диаметр штампа составляет 15150 мм, толщина — 2080 мм, срок службы — 502 миллиона пробивок.
Пищевая плесень Матрица FoodGrade	Специально разработан для штамповки деталей, связанных с	Формы для упаковки пищевых продуктов и детали оборудования для переработки	Диаметр штампа составляет 10100 мм, толщина — 1580 мм, срок

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

	пищевыми продуктами, соответствии стандартами.	молочных продуктов в соответствии со стандартам FDA/EC по контакту с пищевыми продуктами.	службы — 502 миллиона пробивок.

CTIA GROUP LTD
3-й этаж, № 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Сямынь, 361008
, 05925129595 18750234579 Электронная почта: info@ctia.group

CTIA GROUP LTD

Индивидуальная обработка твердосплавных шариковых шестерен

Твердосплавные шаровые зубья обладают характеристиками износостойкости, коррозионной стойкости, высокой термостойкости и длительного срока службы. Они широко используются в горнодобывающей промышленности, туннелировании, дорожном фрезеровании, бурении нефтяных скважин, строительстве, добыче угля и других областях.

Основные типы твердосплавных шаровидных зубьев

тип	описывать	Основные области применения и сценарии применения	Типичные характеристики мм
Режущий кирка	Высокая износостойкость, подходит для резки твердых пород.	Добыча угля, прокладка туннелей и разработка твердых пород.	Диаметр зуба 1050, длина 50150
Туннельный зуб	Высокопрочная конструкция, пригодная для туннельного оборудования.	Тоннели метрополитена, железнодорожные тоннели и подземные инженерные выработки.	Диаметр зуба 1560 Длина 60180
Фрезерный зуб	Устойчив к высоким температурам и высокочастотной резке, подходит для дорожного фрезерования.	Техническое обслуживание автомагистралей, фрезерование взлетно-посадочных полос, ремонт городских дорог.	Диаметр зуба 830, длина 40120
Сверлильный зуб	Он устойчив к высокому давлению и коррозии, подходит для буровых работ.	Бурение нефтяных скважин, разведка и природного газа, геологоразведка.	Диаметр зуба 1040, длина 50140
Вращающиеся копающие зубья Роторный копающий зуб	Конструкция повышенной прочности, подходит для роторного бурового	Строительство свайных фундаментов, фундаментов мостов, строительство портовых терминалов.	Диаметр зуба 2080, длина 70200

	оборудования.		
Зуб для добычи угля	Ударопрочная конструкция, подходит для добычи угля.	Открытые угольные разрезы, подземная добыча угля, углепромывное оборудование.	Диаметр зуба 1550, длина 50160
Микрозуб	Сверхмалый размер, подходит для высокоточной резки.	Точная геологоразведка, оборудование для микробурения и обработка авиационных деталей.	Диаметр зуба 520, длина 2080
Зубья, устойчивые к коррозии Зуб, устойчивый к коррозии	Устойчив к воздействию сильных кислот и щелочей, пригоден для резки агрессивных средах.	Разработка месторождений на морском дне, химическая добыча полезных ископаемых, разработка кислых почв.	Диаметр зуба 1050, длина 50150
Тяжелый зуб	Высокопрочная конструкция, подходящая для резки сверхтвердых материалов.	Шахты по добыче твердых пород, добыча железной руды, крупномасштабное дробление.	Диаметр зуба 20100, длина 80220

CTIA GROUP LTD

3-й этаж, № 25-1, Wanghai Road, Software Park II, Сямынь, 361008
, 05925129595 18750234579 Электронная почта: info@ctia.group

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

Что такое карбидная форма?

Твердосплавные штампы — это высокопроизводительные инструменты, предназначенные для штамповки металла, волочения, холодной экструзии и точной формовки, и предназначены для эффективной обработки стали, цветных металлов или неметаллических материалов. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из твердого сплава (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и стойкости к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и долговечность при высоком давлении, высокой скорости и сложных рабочих условиях. Являясь основным компонентом точного производства, пресс-форма напрямую влияет на точность продукции, качество поверхности и себестоимость продукции и широко используется в автомобильных деталях, электронных компонентах и механической обработке. Основываясь на последней информации по всей сети и технологическом прогрессе отрасли в 2025 году, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения пресс-формы.

Физические и химические свойства форм из цементированного карбида

В формах из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\% - 12\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr $\leq 0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $< 1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350 - 1450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $45 - 55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5 - 10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $150 - 200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30 - 60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5 - 2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8 - 1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $> 98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция формы настраивается в соответствии с применением, включая пуансоны, матрицы или формовочные блоки, с диапазоном размеров $5 - 50\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ (в зависимости от заготовки), и устанавливается на основание формы (изготовлено из высокопрочной легированной стали, такой как Cr12MoV или D2, закалочная твердость HRC $58 - 62 \pm 2$). Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура $1200 - 1300^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, прочность сварки $> 800\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) или механическое крепление (усилие крепления $> 15\text{ кН} \pm 1\text{ кН}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком давлении ($50 - 300\text{ МПа} \pm 10\text{ МПа}$, пиковое значение до $500\text{ МПа} \pm 20\text{ МПа}$). На

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

рабочую поверхность могут быть нанесены многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или AlCrN, толщина $0,5-3 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), снижающие коэффициент трения до $<0,2 \pm 0,05$, улучшающие износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1,5\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику формования и оптимизацию теплопроводности с углом входа $15^\circ-30^\circ \pm 5^\circ$ и углом наклона назад $5^\circ-10^\circ \pm 2^\circ$, что подходит для различных материалов с пределом прочности на разрыв 300-1000 МПа.

Характеристики и принцип работы твердосплавных форм

Свойства материалов для форм из твердого сплава

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>80 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>200 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,04 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,02 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см $^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} /^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$. Добавление Cr $_3$ C $_2$ создает защитный слой Cr $_2$ O $_3$ (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость Cl $^-$ $> 3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $> 95\% \pm 2\%$).

Принцип работы

Штамп формируется в металлические или неметаллические материалы путем экструзии и сдвига под действием штамповочной машины или оборудования для холодной экструзии (давление 50-300 МПа $\pm 10 \text{ МПа}$, скорость 10-50 м/с $\pm 2 \text{ м/с}$, мощность 50-400 кВт $\pm 50 \text{ кВт}$). Рабочая поверхность подвергается высокому давлению и термической нагрузке (температура поверхности $400-700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенно до $900^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности $>1300 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка $>200 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция пресс-формы обеспечивает контроль допуска в пределах $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ и шероховатость поверхности Ra $<0,2 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$.

При обработке низкоуглеродистой стали (предел прочности 400 МПа), алюминиевого сплава (500 МПа) и твердого пластика (300 МПа) оптимизированный срок службы пресс-формы превышает 500-800 часов $\pm 50 \text{ часов}$ (в зависимости от твердости материала), а производительность достигает 1000-3000 шт./ч $\pm 100 \text{ шт./ч}$ (до 4000 шт./ч $\pm 100 \text{ шт./ч}$, мощность $> 300 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ SEM не показывает явного износа поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет $< 120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Факторы, влияющие на производительность форм из цементированного карбида

Содержание Со

6%-12%±1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. <6%±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10%±2%, >12%±1% снижает твердость на 5%±1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 8%-10%±0,5% является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $<0,02 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), 1-1,5 мкм±0,01 мкм подходит для материалов средней твердости, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15%±3% и снижает ударную вязкость на 10%±2%. Геометрические

углы

: угол матрицы $15^\circ\text{-}30^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность формования (давление $<50 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, энергопотребление $<20 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), $>35^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на 10%±2%, $<15^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к 5%±1% риску образования трещин.

Обработка поверхности:

толщина рабочей поверхности 3-5 мм±0,1 мм повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20%±3%), <3 мм±0,1 мм сокращает срок службы на 20%±3%, >5 мм±0,1 мм увеличивает стоимость на 15%±2%. Покрытие TiAlN (толщина 0,5-2 мкм±0,1 мкм, температура осаждения $400\text{-}500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($<0,25 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка термообработанной базовой стали

(твердость

HRC

58-62±2, глубина 2-4 мм±0,2 мм, температура закалки $850\text{-}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущей способности, срок службы незакаленной базы сокращается на 15%±3%, а отпуск ($200\text{-}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%.

Температура

рабочей среды

$>700^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на 3%±1%, содержание воды $>5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $>3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на 5%±1%, а среда, содержащая Cl⁻ (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

Типы твердосплавных штампов

Стандартные штамповочные штампы

подходят для низкоуглеродистой стали (предел прочности на разрыв 300-500 МПа), размером 10-20 мм ± 1 мм, отличной износостойкостью (срок службы >600 часов ± 50 часов) и часто используются для автомобильных пластин. В 2024 году производительность определенного автомобильного проекта составит 2000 шт./ч ± 100 шт./ч.

Растягивающие штампы

подходят для алюминиевых сплавов (500-700 МПа), размером 15-30 мм ± 1 мм, высокой ударопрочностью ($>100 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) и подходят для корпусов электроники. В 2023 году срок службы определенного завода по производству электроники составит 700 часов ± 50 часов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Формы для холодной экструзии

используются для высокопрочной стали (800-1000 МПа), с размером 20-50 мм $\pm$ 1 мм, отличной стойкостью к высокому давлению (> 300 МПа $\pm$ 10 МПа) и подходят для обработки подшипников. В 2025 году определенный проект подшипника имеет стойкость к давлению 350 МПа $\pm$ 10 МПа.

Специальные литевые формы

включают высокотемпературные (> 900 °C $\pm$ 20 °C, сохраняющие 95% $\pm$ 2%) и коррозионно-стойкие типы, подходящие для высокотемпературных или коррозионных материалов, со сроком службы 550 часов $\pm$ 50 часов в 2025 году.

Применение твердосплавных штампов

Автозапчасти

используются для штамповки листов (предел прочности на разрыв 300-500 МПа), со сроком службы 600-800 часов $\pm$ 50 часов, в соответствии со стандартами QC/T 480. В 2024 году точность определенного автомобильного проекта составляет $\pm 0,01$ мм $\pm$ 0,005 мм.

Электронные компоненты

используются для растяжения алюминиевого сплава (500-700 МПа), а ударопрочность (> 80 Дж, пик 200 Дж $\pm$ 10 Дж) обеспечивает эффективную формовку, в соответствии со стандартами IPC-6012. В 2023 году производительность определенного завода по производству электроники составляет 2500 шт./ч $\pm$ 100 шт./ч.

Механическая обработка

используется для холодной экструзии высокопрочной стали (800-1000 МПа), снижения отходов ($< 2\% \pm 0,5\%$) и соответствия стандартам ISO 286. В 2024 году шероховатость поверхности определенного завода составляет Ra $< 0,2$ мкм $\pm$ 0,05 мкм.

Коррозионная среда

используется для солесодержащих материалов, устойчивых к коррозии в морской воде (> 4000 часов $\pm$ 100 часов, устойчивость к концентрации Cl⁻ $> 3,5\% \pm 0,5\%$), в соответствии со стандартом DNVGL-RP-C203. В 2025 году коррозионная стойкость определенного оффшорного проекта составляет $> 99\% \pm 1\%$.

Сложное формование

используется для высокотемпературных или высокотвердых материалов с износостойкостью $> 95\% \pm 2\%$, а эффективность испытаний в 2025 году составляет 2800 шт./ч $\pm$ 100 шт./ч.

Аэрокосмические детали

используются для штамповки титанового сплава (предел прочности 800-1200 МПа), со сроком службы 500-700 часов $\pm$ 50 часов, в соответствии со стандартом AMS 4911. В 2024 году допуск определенного авиационного проекта составляет $\pm 0,01$ мм $\pm$ 0,005 мм.

Медицинские приборы

используются для нержавеющей стали с прочностью на растяжение (600-900 МПа), коррозионной стойкостью (> 3000 часов $\pm$ 100 часов), в соответствии со стандартом ISO 13485. В 2023 году эффективность медицинского завода составляет 1500 шт./ч $\pm$ 100 шт./ч.

Энергетическое оборудование

используется для холодной экструзии корпусов клапанов высокого давления (1000-1500 МПа) с сопротивлением давлению (> 400 МПа $\pm$ 10 МПа), соответствующим стандартам API 6A. В

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2025 году срок службы энергетического проекта составит 600 часов $\pm$ 50 часов.

Производство бытовой техники

используется для растяжения алюминиевых оболочек (400-600 МПа) с отделкой поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартами IEC 60335. В 2024 году эффективность проекта по производству бытовой техники составит 3000 шт./ч $\pm$ 100 шт./ч.

Строительная фурнитура

используется для холодной экструзии стальных болтов (700-900 МПа), что снижает отходы ($< 1\% \pm 0,5\%$) и соответствует стандартам ASTM A307. В 2023 году производительность строительного проекта составит 2000 шт./ч $\pm$ 100 шт./ч.

Технологический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

представляют собой нано WC (зерно $< 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV 2200-2600 $\pm$ 50), добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: стойкость к окислению покрытия AlCrN (прирост веса кислорода $< 0,1\% \pm 0,05\%/ч$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированного датчика (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа в реальном времени (глубина $> 1 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуры ($< 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), оптимизация цикла замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$), и компания успешно испытала его в 2025 году.

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя 40-60 $\text{мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных форм, сокращая отходы материала на $10\% \pm 2\%$, а прочность достигнет 1600 МПа $\pm$ 50 МПа в 2024 году.

Экологическая адаптивность:

разработка коррозионно-стойких и устойчивых к высокому давлению форм (сопротивление давлению $> 400 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$), с термостойкостью, достигающей $98\% \pm 2\%$ к 2025 году.

Устойчивая

переработка порошка WC (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO_2 $20\% \pm 3\%$), в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для форм из цементированного карбида

Внутренние и международные стандарты включают все следующие соответствующие стандарты и их номера:

- QC/T 480 (Стандарт производства автомобильных деталей)
- IPC-6012 (Стандарт производства электронных компонентов)
- ISO 286 (Геометрические характеристики изделий и допуски)
- DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)
- GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)
- JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)
- DIN 17350 (немецкий стандарт металлических материалов)
- JIS B 4053 (японский стандарт проектирования пресс-форм)
- AMS 4911 (Стандарт титанового сплава для аэрокосмической промышленности)

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

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)



1

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

Что такое твердосплавные инструменты?

Твердосплавные режущие инструменты — это высокопроизводительные инструменты, предназначенные для резки, формовки и обработки металла. Они широко используются в токарной обработке, фрезеровании, сверлении, штамповке и других процессах и предназначены для эффективной обработки стали, чугуна, цветных металлов и труднообрабатываемых материалов. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из твердого сплава (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической конструкцией и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и стойкости к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и длительный срок службы при высокой скорости, высокой нагрузке и сложных условиях работы. Являясь ключевым компонентом в обработке и изготовлении пресс-форм, твердосплавные режущие инструменты напрямую влияют на точность обработки, качество поверхности и эффективность производства и широко используются в автомобильной, аэрокосмической, энергетической и медицинской отраслях.

Физические и химические свойства твердосплавных инструментов

Инструменты из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция инструмента настраивается в соответствии с применением, включая токарные инструменты, фрезы, сверла или пуансоны, с шириной режущей кромки $2-20\text{ мм} \pm 0,5\text{ мм}$ и длиной $50-200\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$, монтируется на держателе инструмента или основании пресс-формы (изготовленном из высокопрочной стали, такой как H13 или Cr12MoV, твердость закалки HRC $50-62 \pm 2$). Метод крепления включает механический зажим (усилие зажима $> 10\text{ кН} \pm 1\text{ кН}$) или сварку (прочность сварки $> 700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) для обеспечения стабильной работы при высоких усилиях резания или давлении ($50-300\text{ Н} \pm$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 Н, пиковое значение до $400 \text{ Н} \pm 20 \text{ Н}$). Многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или Al_2O_3 , толщиной $0,5\text{-}4 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) могут быть нанесены на режущую кромку или рабочую поверхность, снижая коэффициент трения до $<0,2 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику резки/формовки и оптимизацию теплопроводности с передним углом $5^\circ\text{-}15^\circ \pm 2^\circ$ и задним передним углом $5^\circ\text{-}10^\circ \pm 2^\circ$, подходит для различных материалов с пределом прочности на разрыв 300-1500 МПа.

Характеристики и принцип работы твердосплавного инструмента

Свойства материалов твердосплавных инструментов

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800\text{-}2200 \pm 30$, локально до $2400\text{-}2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации ($K_{\text{IC}} \text{ с } 12\text{-}16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ (предпочтительно $<0,015 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), плотность $14,8\text{-}15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к $\text{Cl}^- >3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы твердосплавных инструментов

Инструменты обрабатывают материалы путем сдвига, трения или экструзии под действием станков с ЧПУ, пробивных машин или формовочного оборудования (скорость резания $50\text{-}300 \text{ м/мин} \pm 10 \text{ м/мин}$ или давление $50\text{-}300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, мощность $30\text{-}400 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Режущая кромка или рабочая поверхность подвергается высоким силам резания/давлениям и термическим нагрузкам (температура поверхности $500\text{-}1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40\text{-}50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} \pm 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) и сопротивление усталости (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция инструментов обеспечивает контроль допуска $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ и шероховатость поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$.

Испытания производительности твердосплавного инструмента

показывают, что оптимизированный срок службы инструмента превышает 300-600 часов ± 50 часов (в зависимости от процесса) при обработке стали 45# (предел прочности 600 МПа), алюминиевого сплава (500 МПа), титанового сплава (1000 МПа) или штамповке низкоуглеродистой стали (400 МПа), а производительность резки/формовки достигает $100\text{-}500 \text{ см}^3/\text{мин} \pm 10 \text{ см}^3/\text{мин}$ или $1000\text{-}3000 \text{ шт./ч} \pm 100 \text{ шт./ч}$ (мощность $>200 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ СЭМ не выявил явных трещин на режущей кромке, рентгеновская дифракция (XRD)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подтвердила высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показало, что распределение термических напряжений составляет $< 120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность твердосплавных инструментов

Содержание Со

$6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение ($\text{КТР } 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $8\%-10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и образование микротрещин (скорость износа $< 0,015 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для материалов средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает ударную вязкость на $10\% \pm 2\%$.

Геометрический угол

Передний угол $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ или угол матрицы $15^\circ-30^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность резки/формовки (усилие резки $< 50 \text{ Н} \pm 5 \text{ Н}$ или давление $< 50 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, потребление энергии $< 15 \text{ кВтч/м}^3 \pm 2 \text{ кВтч/м}^3$), $> 15^\circ \pm 2^\circ$ или $> 35^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $< 5^\circ \pm 2^\circ$ или $< 15^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску сколов/трещин.

Обработка поверхности

толщина кромки/рабочей поверхности $2-4 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$), $< 2 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $> 4 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ увеличивает стоимость на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiAlN (толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,25 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

Закаленная

сталь основы закаливается (твердость HRC $50-62 \pm 2$, глубина $1,5-4 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущих характеристик, срок службы незакаленной основы сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

$> 800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $> 5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $> 3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl⁻ (концентрация $> 0,5\% \pm 0,1\%$), увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования:

скорость резания $50-300 \text{ м/мин} \pm 10 \text{ м/мин}$, скорость подачи $0,1-0,5 \text{ мм/об} \pm 0,05 \text{ мм/об}$ или давление $50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, мощность $30-400 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы и эффективность инструмента. Слишком высокие параметры ($> \text{верхний предел } 10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы инструмента на $15\% \pm 2\%$.

Типы твердосплавных инструментов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Твердосплавные токарные инструменты

подходят для низкоуглеродистой стали (предел прочности на разрыв 300-600 МПа), с шириной режущей кромки 5-10 мм $\pm$ 0,5 мм и сроком службы > 400 часов $\pm$ 50 часов, и часто используются для обработки валов.

Твердосплавные фрезерные инструменты

подходят для алюминиевых сплавов (500-700 МПа), с диаметром 10-20 мм $\pm$ 0,5 мм, высокой ударной прочностью (> 80 Дж $\pm$ 5 Дж), и подходят для плоского фрезерования.

Твердосплавные сверлильные инструменты

используются для высокопрочной стали (800-1200 МПа), с диаметром 5-15 мм $\pm$ 0,5 мм, отличной устойчивостью к высокому давлению (> 150 МПа $\pm$ 10 МПа), и подходят для глубокого сверления.

Твердосплавные штамповочные инструменты

подходят для штамповки низкоуглеродистой стали (400-600 МПа), с размером 10-30 мм $\pm$ 1 мм и ударопрочностью (> 100 Дж $\pm$ 10 Дж).

Специальные твердосплавные инструменты

включают в себя высокотемпературные (> 900 °C $\pm$ 20 °C сохраняют 95% $\pm$ 2%) и коррозионно-стойкие типы, подходящие для титановых сплавов или сплавов на основе никеля.

Применение твердосплавных инструментов

В автомобилестроении

используется для токарной обработки цилиндров двигателей (предел прочности на разрыв 600–800 МПа), срок службы 400–600 часов $\pm$ 50 часов в соответствии со стандартами QC/T 480.

В аэрокосмической промышленности

используется для фрезерования титановых сплавов (1000–1500 МПа), ударопрочности (> 60 Дж, пиковая 150 Дж $\pm$ 10 Дж) для обеспечения эффективной резки в соответствии со стандартами AMS 4911.

Обработка пресс-форм

используется для сверления стальных пресс-форм (800–1000 МПа), что снижает отходы (<2% $\pm$ 0,5%) и соответствует стандартам ISO 286.

Коррозионная среда

используется для резки нержавеющей стали, содержащей соль, коррозионная стойкость в морской воде (> 4000 часов $\pm$ 100 часов, стойкость к концентрации Cl⁻ > 3,5% $\pm$ 0,5%) в соответствии со стандартами DNVGL-RP-C203.

Комплексная обработка материалов

используется для токарной обработки сплавов на основе никеля (1200-1500 МПа), износостойкость > 95% $\pm$ 2%, эффективность испытаний в 2025 году.

Энергетическое оборудование

используется для фрезерования нефтяных буровых труб (1000-1300 МПа), сопротивление давлению (>200 МПа $\pm$ 10 МПа), соответствует стандартам API 6A.

Электронные компоненты

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

используются для сверления алюминиевых сплавов (400-600 МПа), чистота поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, соответствует стандартам IPC-6012.

Железнодорожное производство

используется для токарной обработки рельсов (700-900 МПа), снижение отходов ($<1\% \pm 0,5\%$), соответствует стандартам EN 13674.

Судостроительная промышленность

используется для фрезерования судовых стальных пластин (600-800 МПа), ударопрочность ($> 50 \text{ Дж}$, пик $120 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$), соответствует стандартам ISO 8062.

Медицинское оборудование

используется для сверления нержавеющей стали (600-900 МПа), коррозионная стойкость ($>3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$), соответствует стандартам ISO 13485.

Производство бытовой техники

используется для штамповки алюминиевых корпусов (400-600 МПа), с шероховатостью поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартами IEC 60335.

Архитектурная фурнитура

используется для штамповки стальных болтов (700-900 МПа), что снижает отходы ($<1\% \pm 0,5\%$), соответствует стандартам ASTM A307.

Технический прогресс и будущее развитие твердосплавных инструментов

Новые материалы

содержат нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), а также добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: Антиокислительные свойства покрытия Al_2O_3 (прирост веса кислорода $<0,1\% \pm 0,05\%/ч$). Интегрированный датчик

интеллектуального мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) отслеживает износ (глубина $>0,8 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизирует цикл замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$), и компания успешно испытала его в 2025 году.

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных инструментов, сокращая отходы материала на $10\% \pm 2\%$ и достигая прочности $1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$ в 2024 году.

Экологическая адаптивность

Разработка коррозионно-стойких и устойчивых к высокому давлению инструментов (сопротивление давлению $>250 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$), переработка порошка WC (степень переработки $>80\% \pm 5\%$), снижение углеродного следа (снижение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для твердосплавных инструментов

Внутренние и международные стандарты включают все следующие соответствующие стандарты и их номера:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

QC/T 480 (Стандарт производства автомобильных деталей)
AMS 4911 (Стандарт титанового сплава для аэрокосмической промышленности)
ISO 286 (Геометрические характеристики изделий и допуски)
DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)
GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)
JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)
DIN 17350 (немецкий стандарт металлических материалов)
JIS B 4053 (японский стандарт проектирования пресс-форм)
API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)
IPC-6012 (Стандарт производства электронных компонентов)
EN 13674 (стандарт железнодорожных рельсов)
ISO 8062 (стандарт допусков литья)
ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)
IEC 60335 (Стандарт безопасности бытовых приборов)
ASTM A307 (Стандарт для строительных болтов)



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

Что такое твердосплавные режущие инструменты?

Твердосплавные режущие инструменты являются высокоэффективными инструментами, предназначенными для резки металла, токарной обработки, фрезерования и сверления, и предназначены для эффективной обработки стали, чугуна, цветных металлов и труднообрабатываемых материалов. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из твердого сплава (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрией инструмента и износостойкими покрытиями, чтобы обеспечить превосходную твердость, износостойкость, ударопрочность и стойкость к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и длительный срок службы при высокой скорости, высокой нагрузке и сложных условиях работы. Являясь ключевым компонентом механической обработки, режущие инструменты напрямую влияют на точность обработки, качество поверхности и эффективность производства и широко используются в автомобилестроении, аэрокосмической промышленности и обработке пресс-форм. Основываясь на последней информации по всей сети и технологическом прогрессе отрасли в 2025 году, следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения режущих инструментов.

Физические и химические свойства режущих инструментов из твердого сплава

Режущие инструменты из твердого сплава используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный микродобавками (такими как Cr $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$) или горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция инструмента настраивается в соответствии с требованиями обработки, включая токарные резцы, фрезы или сверла, с шириной режущей кромки $2-20\text{ мм} \pm 0,5\text{ мм}$ и длиной $50-150\text{ мм} \pm 2\text{ мм}$, монтируется на держателе инструмента (изготовленном из высокопрочной стали, такой как H13 или M2, закаленная твердость HRC $50-58 \pm 2$). Методы крепления включают механический зажим (усилие зажима $>10\text{ кН} \pm 1\text{ кН}$) или сварку (прочность сварки $>700\text{ МПа} \pm 50\text{ МПа}$) для обеспечения стабильной работы при высоких силах резания ($50-200\text{ Н} \pm 10\text{ Н}$, пиковое значение до $300\text{ Н} \pm 20\text{ Н}$). На поверхность режущей

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

кромки можно наносить многослойные покрытия (например, TiN, TiAlN или Al_2O_3 толщиной $0,5-4 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), что снижает коэффициент трения до $<0,2 \pm 0,05$, улучшает износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику резания и оптимизацию теплопроводности с передним углом $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ и задним углом $5^\circ-10^\circ \pm 2^\circ$, подходит для различных материалов с пределом прочности на разрыв 300-1500 МПа.

Характеристики

режущих инструментов из твердого сплава WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,015 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к Cl^- $>3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы твердосплавных режущих инструментов

Инструмент снимает материал путем сдвига и трения под действием станков с ЧПУ или токарных станков (скорость резания 50-300 м/мин $\pm 10 \text{ м/мин}$, скорость подачи 0,1-0,5 мм/об $\pm 0,05 \text{ мм/об}$, мощность 30-250 кВт $\pm 50 \text{ кВт}$). Режущая кромка подвергается высоким силам резания и термическим нагрузкам (температура поверхности $500-900^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$, мгновенная до $1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$), а сталь рукоятки инструмента обеспечивает структурную поддержку (предел прочности $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $40-50 \text{ Вт/м}\cdot\text{К} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) и сопротивление усталости (усталостная долговечность $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $> 150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция инструмента обеспечивает контроль допуска в пределах $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ и шероховатости поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$.

Производительность режущих инструментов из твердого сплава

оптимизирована для обеспечения срока службы инструмента более 300-600 часов $\pm 50 \text{ часов}$ (в зависимости от твердости материала) при обработке стали 45# (предел прочности 600 МПа), алюминиевого сплава (500 МПа) и титанового сплава (1000 МПа) с эффективностью резки 100-500 см³/мин $\pm 10 \text{ см}^3/\text{мин}$ (до 600 см³/мин $\pm 10 \text{ см}^3/\text{мин}$, мощность $>200 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ SEM не показывает явного растрескивания режущей кромки, рентгеновская

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($>95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет $<100 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность режущих инструментов из твердого сплава

Содержание Со

$6\%-12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $<6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $>12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $8\%-10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $<0,015 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для материалов средней твердости, $>2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает прочность на $10\% \pm 2\%$.

Геометрический

передний угол $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ оптимизирует эффективность резания (сила резания $<50 \text{ Н} \pm 5 \text{ Н}$, энергопотребление $<15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), $>15^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $<5^\circ \pm 2^\circ$ легко приводит к риску сколов $5\% \pm 1\%$.

Обработка поверхности

толщиной кромки $2-4 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (срок службы увеличивается на $20\% \pm 3\%$), $<2 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $>4 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ увеличивает стоимость на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiAlN (толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($<0,25 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка стали

термообработанного

хвостовика (твердость HRC $50-58 \pm 2$, глубина $1,5-3 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850-900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) повышает опорные характеристики, сокращает срок службы незакаленных хвостовиков на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточные напряжения на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

$>800^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $>5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $>3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl⁻ (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм}/\text{год} \pm 0,002 \text{ мм}/\text{год}$.

Параметры оборудования:

скорость резания $50-300 \text{ м}/\text{мин} \pm 10 \text{ м}/\text{мин}$, скорость подачи $0,1-0,5 \text{ мм}/\text{об} \pm 0,05 \text{ мм}/\text{об}$, мощность $30-250 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы инструмента и производительность. Слишком высокие параметры ($>$ верхний предел $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы инструмента на $15\% \pm 2\%$.

Типы твердосплавных режущих инструментов

Стандартные токарные инструменты

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подходят для низкоуглеродистой стали (предел прочности 300-600 МПа), с шириной режущей кромки $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ и сроком службы $> 400 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$, и часто используются для обработки валов.

Фрезерные инструменты

подходят для алюминиевых сплавов (500-700 МПа), с диаметром $10-20 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, высокой ударопрочностью ($> 80 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$), и подходят для фрезерования плоскостей. Сверла

используются

для высокопрочной стали (800-1200 МПа), с диаметром $5-15 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, отличной устойчивостью к высокому давлению ($> 150 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$), и подходят для глубокого сверления.

Специальные режущие инструменты

включают в себя термостойкие ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$) и коррозионно-стойкие типы, подходящие для титановых сплавов или сплавов на основе никеля.

Применение режущих инструментов из твердого сплава

В автомобилестроении

применяется для проточки цилиндров двигателей (предел прочности 600-800 МПа), срок службы $400-600 \text{ часов} \pm 50 \text{ часов}$, соответствует стандартам QC/T 480.

Авиакосмическая промышленность

используется для фрезерования титановых сплавов (1000-1500 МПа), ударопрочности ($>60 \text{ Дж}$, пик $150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$) для обеспечения эффективной резки в соответствии со стандартами AMS 4911.

Обработка пресс-форм

используется для сверления стальных пресс-форм (800-1000 МПа), снижения отходов ($<2\% \pm 0,5\%$) и соответствия стандартам ISO 286.

Коррозионная среда

используется для резки нержавеющей стали, содержащей соль, коррозионной стойкости в морской воде ($>4000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, стойкость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$) в соответствии со стандартами DNVGL-RP-C203.

Сложная обработка материалов

используется для токарной обработки сплавов на основе никеля (1200-1500 МПа), износостойкости $>95\% \pm 2\%$.

Энергетическое оборудование

применяется для фрезерования нефтяных буровых труб (1000-1300 МПа), стойкость к давлению ($>200 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$), соответствует стандартам API 6A.

Электронные компоненты

применяются для сверления алюминиевых сплавов (400-600 МПа) с шероховатостью поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$ в соответствии со стандартом IPC-6012.

Производство железнодорожных путей

для токарной обработки рельсов (700-900 МПа) с уменьшенным количеством брака ($<1\% \pm 0,5\%$), соответствующее стандартам EN 13674.

Судостроительная промышленность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

: используется для фрезерования листов судовой стали (600-800 МПа), ударопрочность (>50 Дж, пик $120 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$), в соответствии с ISO 8062.

Медицинское оборудование:

используется для сверления нержавеющей стали (600-900 МПа), коррозионная стойкость (>3000 часов ± 100 часов), в соответствии с ISO 13485.

Технический прогресс и будущее развитие режущих инструментов из твердого сплава Новые Материалы

Введение нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) повышает твердость ($\text{HV } 2200-2600 \pm 50$), а добавление TaC и NbC повышает высокотемпературную стабильность ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $95\% \pm 2\%$).

Интеллектуальные датчики мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) контролируют износ (глубина $>0,8 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных инструментов, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптация к окружающей среде

позволяет разрабатывать коррозионно-стойкие и устойчивые к высокому давлению инструменты (сопротивление давлению $>250 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $>80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (снижение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для режущих инструментов из твердого сплава

Внутренние и международные стандарты включают все следующие соответствующие стандарты и их номера:

QC/T 480 (Стандарт производства автомобильных деталей)

AMS 4911 (Стандарт титанового сплава для аэрокосмической промышленности)

ISO 286 (Геометрические характеристики изделий и допуски)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

DIN 17350 (немецкий стандарт металлических материалов)

JIS B 4053 (японский стандарт проектирования пресс-форм)

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

IPC-6012 (Стандарт производства электронных компонентов)

EN 13674 (стандарт железнодорожных рельсов)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Что такое матрица для экструзии карбида?

Твердосплавные экструзионные матрицы — это высокопроизводительные инструменты, предназначенные для холодной экструзии, горячей экструзии и точного формования, и предназначены для эффективной обработки высокопрочной стали, цветных металлов и деталей сложной формы. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из цементированного карбида (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с оптимизированной геометрической структурой и износостойким покрытием для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и стойкости к высоким температурам, гарантируя высокую эффективность и длительный срок службы при высоком давлении, высокой температуре и сложных рабочих условиях. Являясь ключевым компонентом в прецизионном производстве, твердосплавные экструзионные матрицы широко используются в деталях автомобильной трансмиссии, авиационных конструкционных деталях и производстве электронных разъемов благодаря своей непревзойденной производительности и надежности, что напрямую влияет на точность деталей, качество поверхности и производственные затраты. Технологический прогресс отрасли в 2025 году еще больше расширил потенциал ее применения, и последние данные показывают, что ее производительность при обработке высокопрочных материалов особенно выдающаяся.

Физические и химические свойства матриц для экструзии из цементированного карбида

В матрицах для экструзии из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы - кобальт (Co, $8\% - 12\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr $3\% - 0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200\text{ МПа} \pm 5\text{ МПа}$, время выдержки $30-60\text{ мин} \pm 5\text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55\text{ МПа} \pm 1\text{ МПа}$, время выдержки $5-10\text{ мин} \pm 1\text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция матрицы настраивается в соответствии с требованиями экструзии, включая экструзионную камеру, пуансон или матрицу с диапазоном размеров $10-50\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$ (в зависимости от детали), монтируется на основании матрицы (изготовлено из высокопрочной легированной стали, такой как H13 или D2, закалочная твердость HRC 50-58

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

± 2)。Методы крепления включают высокочастотную индукционную сварку (температура 1200-1300°C ± 20°C, прочность сварки >800 МПа ± 50 МПа) или механическое крепление (усилие крепления >15 кН ± 1 кН), что обеспечивает стабильную работу при высоком давлении (200-500 МПа ± 20 МПа, пиковое значение до 600 МПа ± 30 МПа). Рабочая поверхность может быть покрыта несколькими слоями (например, TiN, TiAlN или AlCrN, толщина 1-3 мкм ± 0,1 мкм), коэффициент трения снижается до <0,2 ± 0,05, а износостойкость и антиадгезия (степень адгезии <1,5% ± 0,5%) улучшаются. Конструкция объединяет механику экструзии и оптимизацию теплопроводности с углом входа 15°-30° ± 5° и углом наклона назад 5°-10° ± 2°, подходит для различных материалов с пределом прочности на разрыв 600-1500 МПа.

Характеристики матриц для экструзии из твердого сплава

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200±30, локально до 2400-2600±50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления >800°C±20°C, стойкость к окислению >95%±2%); Co повышает ударную вязкость (K_{IC} с 12-16 МПа·м^{1/2} ± 0,5, пиковое значение до 18 МПа·м^{1/2} ± 0,5) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (> 100 Дж ± 10 Дж, мгновенное пиковое значение >250 Дж ± 20 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа <0,04 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м (предпочтительно <0,02 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), плотность 14,8-15,2 г/см³ ± 0,1 г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) 6×10⁻⁶ /°C±0,5×10⁻⁶ /°C. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина <0,1 мкм ± 0,01 мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии <0,01 мм/год ± 0,001 мм/год, стойкость к Cl⁻ >3000 часов ± 100 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость (>900°C ± 20°C сохраняет 90% ± 2% от начальной твердости, термическая стабильность >95% ± 2%).

Принцип работы твердосплавной экструзионной матрицы

Матрица используется для формования металлических материалов путем экструзии и пластической деформации под действием гидравлического пресса или экструзионного оборудования (давление 200-500 МПа ± 20 МПа, скорость 5-20 м/с ± 2 м/с, мощность 100-500 кВт ± 50 кВт). Рабочая поверхность подвергается высокому давлению и термической нагрузке (температура поверхности 500-1000°C ± 50°C, до 1100°C ± 50°C при горячей экструзии), а базовая сталь обеспечивает структурную поддержку (предел прочности > 1300 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м·K ± 2 Вт/м·K) и усталостную прочность (усталостная долговечность > 10⁶ раз ± 10⁵ раз, циклическая нагрузка > 250 МПа ± 20 МПа). Прецизионная конструкция пресс-формы обеспечивает контроль допуска на уровне ±0,01 мм±0,005 мм и шероховатости поверхности Ra<0,2 мкм±0,05 мкм.

Производительность матриц для экструзии из цементированного карбида

оптимизирована для обеспечения срока службы матрицы более 400-700 часов ± 50 часов при обработке высокопрочной стали (1000 МПа), алюминиевого сплава (600 МПа) или медного сплава (500 МПа) и производительности 500-2000 шт./ч ± 100 шт./ч (до 2500 шт./ч ± 100 шт./ч,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

мощность $> 400 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет $< 150 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на производительность матриц для экструзии из цементированного карбида

Содержание Со

$8\% - 12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $< 8\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$. $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). $9\% - 11\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

$0,5 - 1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,02 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1 - 1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для материалов средней твердости, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает ударную вязкость на $10\% \pm 2\%$. Геометрические

углы

: угол матрицы $15^\circ - 30^\circ \pm 5^\circ$ оптимизирует эффективность экструзии (давление $< 200 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, энергопотребление $< 25 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$), $> 35^\circ \pm 5^\circ$ снижает эффективность на $10\% \pm 2\%$, $< 15^\circ \pm 5^\circ$ легко приводит к $5\% \pm 1\%$ риску образования трещин.

Обработка поверхности:

толщина рабочей поверхности $3 - 5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$), $< 3 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $> 5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ Стоимость мм увеличивается на $15\% \pm 2\%$. Покрытие TiAlN (толщина $1 - 2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400 - 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,25 \pm 0,05$) и повышает термостойкость ($> 1000^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Закалка термообработанной базовой стали (твердость

HRC

$50 - 58 \pm 2$, глубина $2 - 4 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $850 - 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) для повышения несущей способности, срок службы незакаленной базы сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200 - 250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2 - 4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

$> 1000^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $> 5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $> 3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а среда, содержащая Cl⁻ (концентрация $> 0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования

давление $200 - 500 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$, скорость $5 - 20 \text{ м/с} \pm 2 \text{ м/с}$, мощность $100 - 500 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы и эффективность пресс-формы. Чрезмерные параметры ($> \text{верхнего предела } 10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Типы твердосплавных экструзионных матриц

Холодные экструзионные матрицы подходят для высокопрочной стали (800-1200 МПа), с размером 20-50 мм ± 1 мм, отличной стойкостью к высокому давлению (>400 МПа ± 20 МПа), и часто используются для трансмиссионных валов.

Горячие экструзионные матрицы

подходят для алюминиевых сплавов (500-700 МПа), с размером 15-40 мм ± 1 мм, сильной стойкостью к высоким температурам (>1000 °C ± 20 °C для поддержания 95% ± 2%), и используются для авиационных структурных деталей.

Прецизионные формовочные матрицы

используются для медных сплавов или нержавеющей стали (600-1000 МПа), с размером 10-30 мм ± 1 мм, высокой точностью (допуск ± 0,01 мм ± 0,005 мм), и подходят для электронных разъемов.

Специальные экструзионные матрицы

включают коррозионно-стойкие и сверхвысоконапорные типы (стойкость к давлению >500 МПа ± 20 МПа), подходящие для экстремальных условий.

Применение твердосплавных экструзионных матриц

Детали автомобильной трансмиссии

используются для холодной экструзии трансмиссионных валов (1000-1200 МПа) со сроком службы 500-700 часов ± 50 часов в соответствии со стандартами QC/T 480.

Авиационные конструкционные детали

используются для горячей экструзии алюминиевых сплавов (500-700 МПа), а высокая термостойкость (>1000°C±20°C) обеспечивает эффективную формовку в соответствии со стандартами AMS 4911.

Электронные разъемы

используются для прецизионной экструзии медных сплавов (500-800 МПа) с шероховатостью поверхности Ra<0,2 мкм±0,05 мкм в соответствии со стандартами IPC-6012.

Энергетическое оборудование

используется для экструзии корпуса клапана высокого давления (1200-1500 МПа), с сопротивлением давлению (>500 МПа ± 20 МПа), в соответствии со стандартами API 6A.

Коррозионная среда

подходит для экструзии нержавеющей стали, содержащей соль, антикоррозионная защита от морской воды (>4000 часов ± 100 часов, устойчивость к концентрации Cl⁻ > 3,5% ± 0,5%), в соответствии со стандартом DNVGL-RP-C203.

Медицинские приборы

используются для прецизионной экструзии нержавеющей стали (600-900 МПа), коррозионная стойкость (>3000 часов ± 100 часов), в соответствии со стандартом ISO 13485.

Железнодорожные компоненты

используются для холодной экструзии стальных втулок (800-1000 МПа), что снижает отходы (<2% ± 0,5%), соответствует стандарту EN 13674.

В судостроительной промышленности

используется горячая экструзия морских алюминиевых сплавов (500-700 МПа),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ударопрочность ($>100 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$), в соответствии со стандартом ISO 8062.

В строительной промышленности

используется экструзия стальных гаек ($700\text{-}900 \text{ МПа}$), шероховатость поверхности $Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартом ASTM A307.

В производстве бытовой техники

для алюминиевых корпусов холодная экструзия ($400\text{-}600 \text{ МПа}$), точность $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$, в соответствии со стандартами IEC 60335.

Технологический прогресс и будущее развитие матриц для экструзии из цементированного карбида

Новые материалы

представляют собой нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости ($HV 2200\text{-}2600 \pm 50$), а также добавляют TaC и NbC для повышения стабильности при высоких температурах ($>1000 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Интегрированные датчики

интеллектуального мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ (глубина $> 1 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<1100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40\text{-}60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных форм, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Экологическая адаптивность

разрабатывает коррозионно-стойкие и сверхвысокоскоростные пресс-формы (прочность на сжатие $>600 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $>80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты

QC/T 480 (Стандарты производства автомобильных деталей)

AMS 4911 (Стандарт титанового сплава для аэрокосмической промышленности)

IPC-6012 (Стандарт производства электронных компонентов)

ISO 286 (Геометрические характеристики изделий и допуски)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

DIN 17350 (немецкий стандарт металлических материалов)

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

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




www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatun

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

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

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
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

Уплотнения для контроля жидкости из карбида

Уплотнения для контроля жидкости из карбида — это высокопроизводительные уплотнительные компоненты, предназначенные для работы в условиях высокого давления, высокой коррозионной и высокой температуры, и широко используемые в нефтегазовой, химической, аэрокосмической и водоочистной промышленности. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и коррозионно-стойкими покрытиями, что обеспечивает превосходную твердость, износостойкость, коррозионную стойкость и стойкость к высоким температурам, гарантируя сохранение целостности уплотнения и долговременную надежность в экстремальных рабочих условиях. Будучи ключевым компонентом в системе контроля жидкости, карбидные уплотнения стали надежной защитой в сложных инженерных средах благодаря своим прочным характеристикам и высокоэффективным характеристикам, напрямую влияющим на эффективность системы, скорость утечки и срок службы оборудования.

Физические и химические свойства уплотнений из цементированного карбида для контроля жидкости

Уплотнения из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-10\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и коррозионной стойкости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция уплотнения настраивается в соответствии с требованиями применения, включая кольцевые уплотнения, седла клапанов или втулки, с диапазоном размеров $5-50 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ (в зависимости от трубопровода), устанавливается на подложку из нержавеющей стали или титанового сплава (предел прочности $> 1000 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $40-50 \pm 2$). Методы крепления включают механическую прессовую посадку (усилие прессовой посадки $> 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$) или высокочастотную сварку (прочность сварки $> 700 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком давлении ($50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, пиковое значение до $400 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). На уплотнительную поверхность можно наносить многослойные покрытия (например, TiN, CrN или WC/C, толщина $0,5-2 \text{ мкм}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 0,1$ мкм), что снижает коэффициент трения до $<0,15 \pm 0,05$, улучшает износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1\% \pm 0,5\%$). Конструкция сочетает в себе механику жидкости и оптимизацию теплопроводности с углом контакта $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ и подходит для рабочих температур от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Свойства материала уплотнений для контроля жидкости из цементированного карбида WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 ± 30 , локально до 2400-2600 ± 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость (K_{Ic} с 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (>50 Дж ± 5 Дж, мгновенное пиковое значение >120 Дж ± 10 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,015$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина $<0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, стойкость к Cl⁻ >5000 часов ± 200 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы уплотнений контроля жидкости из цементированного карбида Уплотнения

предотвращают утечку жидкости за счет тесного контакта и упругой деформации под действием клапанов, насосов или трубопроводных систем (давление 50-300 МПа ± 10 МПа, скорость потока 1-10 м/с ± 1 м/с, мощность 50-300 кВт ± 50 кВт). Уплотняемая поверхность подвергается высокому давлению и термической нагрузке (температура поверхности от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, экстремальная до $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), а материал матрицы обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв > 1000 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 30-40 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2$ Вт/м $\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 150 МПа ± 20 МПа). Прецизионная конструкция уплотнения обеспечивает контроль допуска на уровне $\pm 0,005$ мм $\pm 0,002$ мм, шероховатости поверхности Ra $<0,1$ мкм $\pm 0,05$ мкм и скорости утечки $<0,001$ мл/мин $\pm 0,0005$ мл/мин.

Эксплуатационные характеристики уплотнений для контроля жидкости из цементированного карбида оптимизированы для обеспечения срока службы более 500-800 часов ± 50 часов при

обработке природного газа высокого давления (200 МПа), морской воды (содержащей Cl⁻ $> 3\% \pm 0,5\%$) или высокотемпературного пара ($400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), а также эффективности уплотнения 99,99% $\pm 0,01\%$ (скорость утечки $< 0,001$ мл/мин $\pm 0,0005$ мл/мин). Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет < 100 МПа ± 10 МПа.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Факторы, влияющие на эффективность уплотнений из цементированного карбида для контроля жидкости

Содержание Со

6% -10% ± 1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и прочностью, <6% ± 1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% ± 2%, >10% ± 1% снижает твердость на 5% ± 1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а 7% -9% ± 0,5% является предпочтительным, учитывая как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

0,5-1 мкм ± 0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа < 0,015 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм ± 0,01 мкм подходит для среды среднего давления, > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15% ± 3% и снижает прочность на 10% ± 2%.

Геометрический

угол контакта 5°-15° ± 2° оптимизирует производительность уплотнения (скорость утечки < 0,001 мл/мин ± 0,0005 мл/мин), > 15° ± 2° снижает эффективность уплотнения на 5% ± 1%, < 5° ± 2° легко приводит к неравномерному риску контакта 5% ± 1%.

Поверхностная обработка

уплотнительная поверхность толщиной 2-3 мм ± 0,1 мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20% ± 3%), <2 мм ± 0,1 мм сокращает срок службы на 20% ± 3%, >3 мм ± 0,1 мм увеличивает стоимость на 15% ± 2%. Покрытие CrN (толщина 0,5-1 мкм ± 0,1 мкм, температура осаждения 400-450°C ± 20°C) снижает коэффициент трения (<0,2 ± 0,05) и повышает коррозионную стойкость (стойкость Cl⁻ > 6000 часов ± 200 часов).

Термическая обработка:

Закалка основного материала (твердость HRC 40-50±2, глубина 1-3 мм±0,2 мм, температура закалки 800-850°C±20°C) повышает опорные характеристики, срок службы незакаленной основы сокращается на 15%±3%, а отпуск (200-250°C±10°C, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%. Температура

рабочей среды

>500°C±20°C снижает твердость на 3%±1%, содержание воды>5%±1% или содержание примесей>3%±0,5% увеличивает износ на 5%±1%, а скорость коррозии в среде Cl⁻ (концентрация>0,5%±0,1%) увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

Параметры оборудования

давление 50-300 МПа±10 МПа, скорость потока 1-10 м/с±1 м/с, мощность 50-300 кВт±50 кВт влияют на ресурс и эффективность уплотнений. Чрезмерные параметры (>верхнего предела 10%±1%) сокращают ресурс на 15%±2%.

Типы карбидных уплотнений для управления жидкостью

Кольцевые уплотнения

подходят для клапанов высокого давления (100-200 МПа), с размером 10-30 мм ± 0,5 мм и отличной стойкостью к давлению (> 300 МПа ± 10 МПа).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Уплотнения седел

подходят для химических насосов (50-150 МПа), с размером 5-20 мм $\pm$ 0,5 мм и сильной коррозионной стойкостью (стойкость к Cl^- > 5000 часов $\pm$ 200 часов).

Втулочные уплотнения

используются в авиационных гидравлических системах (200-300 МПа), с размером 15-40 мм $\pm$ 0,5 мм и высокой термостойкостью (> 500 °C $\pm$ 20 °C).

Специальные уплотнения

включают сверхвысокотемпературные (> 600 °C $\pm$ 20 °C) и сверхкоррозионные типы для экстремальных сред.

Применение уплотнений для контроля жидкости из цементированного карбида

Нефть и газ

используются для клапанов природного газа высокого давления (200-300 МПа), со сроком службы 600-800 часов $\pm$ 50 часов, в соответствии со стандартами API 6A.

Химическая промышленность

используется для насосов для коррозионных жидкостей (50-150 МПа), устойчивых к коррозии Cl^- (>5000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами ISO 10423.

Авиакосмическая промышленность

используется для уплотнений гидравлических систем (200-300 МПа), высокой термостойкости (>500°C $\pm$ 20°C) для обеспечения надежности, в соответствии со стандартами AMS 2750.

Очистка воды

подходит для трубопроводов морской воды (давление 50-100 МПа), устойчивых к коррозии морской воды (>6000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами DNVGL-RP-C203.

Энергетическое оборудование

используется для высокотемпературных паровых клапанов (300-400 МПа), термостойкость (>500°C $\pm$ 20°C), в соответствии со стандартами ASME B16.34.

Медицинское оборудование

используется для подачи жидкости под высоким давлением (50-100 МПа), коррозионная стойкость (>4000 часов $\pm$ 100 часов), в соответствии со стандартами ISO 13485.

Судостроительная промышленность

используется для систем охлаждения морской водой (50-150 МПа), ударопрочность (>50 Дж $\pm$ 5 Дж), в соответствии со стандартами ISO 8062.

Электронное производство

используется для управления технологическим газом полупроводников (100-200 МПа), шероховатость поверхности R_a <0,1 мкм $\pm$ 0,05 мкм, в соответствии со стандартами SEMI F19.

Железнодорожный транспорт

применяется для тормозных систем высокого давления (150-250 МПа), снижение утечек (<0,001 мл/мин $\pm$ 0,0005 мл/мин), в соответствии со стандартами EN 13452.

Строительные трубопроводы

применяются для герметизации водопроводных труб высокого давления (50-100 МПа),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износостойкость > 95% ± 2%, в соответствии со стандартами ASTM F1476.

Внутренние и международные стандарты для уплотнений из цементированного карбида для контроля жидкости

Внутренние и международные стандарты включают все следующие соответствующие стандарты и их номера:

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

ISO 10423 (Стандарт для клапанов и устьевого оборудования)

AMS 2750 (Стандарт термообработки в аэрокосмической промышленности)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

ASME B16.34 (Стандарт номинальных значений давления и температуры клапанов)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

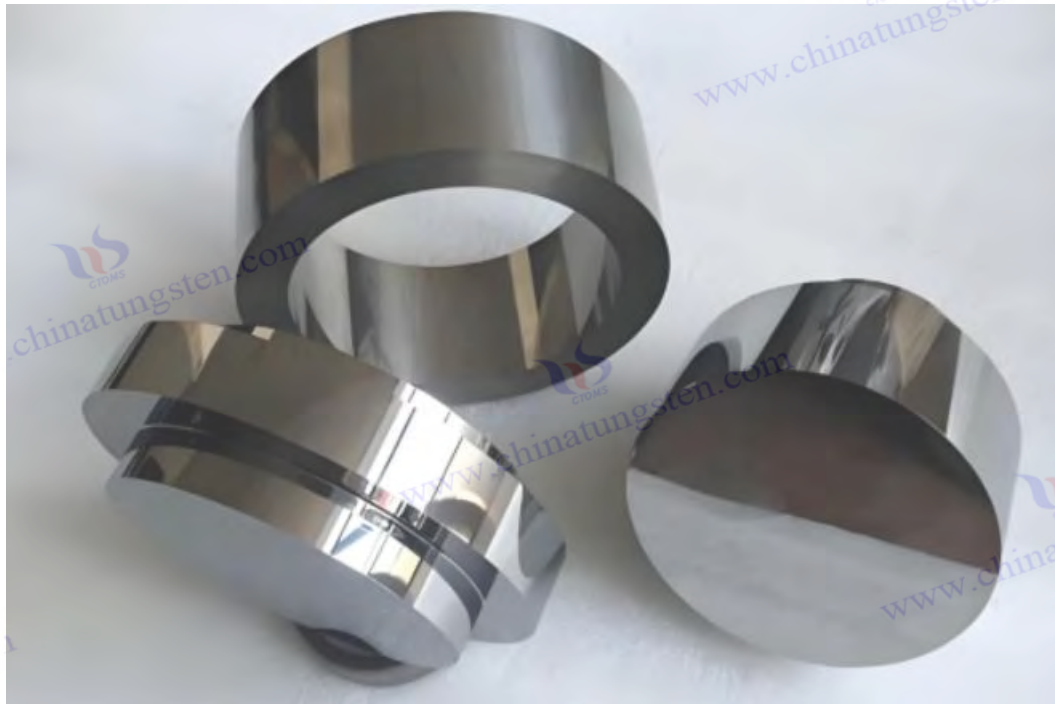
SEMI F19 (Стандарт производства полупроводников)

EN 13452 (Стандарт железнодорожных тормозных систем)

ASTM F1476 (Стандарт для трубопроводных систем)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)



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

Волоочильные фильеры из карбида

Волоочильные фильеры из карбида вольфрама — это высокопроизводительные фильеры, предназначенные для волочения металлической проволоки, прутков и труб, которые широко используются в производстве проволоки и кабелей, автомобильных деталей и прецизионном производстве. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с точным литьем и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и стойкости к высоким температурам, что гарантирует высокую эффективность и длительный срок службы при высоком усилии волочения, высокой скорости и сложных рабочих условиях. Будучи основным героем в процессе волочения, волоочильные фильеры из карбида вольфрама напрямую влияют на точность проволоки, качество поверхности и эффективность производства благодаря своей превосходной точности и долговечности. Технологические инновации 2025 года делают его особенно привлекательным при обработке высокопрочных материалов.

Физические и химические свойства волок из цементированного карбида

В волокнах из цементированного карбида в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-10\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и стойкости к высоким температурам. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция волоки для волочения проволоки настраивается в соответствии с диаметром проволоки, включая коническое отверстие и зону сжатия, с внутренним диаметром отверстия $0,1-20 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ и длиной волоки $20-50 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, устанавливается на стальной втулке волоки (прочность на разрыв $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $45-55 \pm 2$). Методы крепления включают механическую прессовую посадку (усилие прессовой посадки $> 12 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$) или склеивание (прочность склеивания $> 600 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), что обеспечивает стабильную работу при высоких усилиях волочения ($50-300 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$, пиковое значение до $400 \text{ Н} \pm 20 \text{ Н}$). Многослойные покрытия (такие как TiN, TiAlN или DLC, толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) могут быть нанесены на поверхность отверстия матрицы,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

снижая коэффициент трения до $<0,1 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и гладкость (шероховатость поверхности $Ra < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$). Конструкция объединяет механику вытяжки и оптимизацию теплопроводности, с углом конуса $10^\circ\text{-}20^\circ \pm 2^\circ$ и коэффициентом сжатия $1,2\text{-}2,0 \pm 0,1$, подходит для различных материалов с пределом прочности на разрыв 300-1500 МПа.

Свойства материала волок для волочения проволоки из цементированного карбида

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 ± 30 , локально до 2400-2600 ± 50), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} с 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>150 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,02 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к Cl⁻ $>3000 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы твердосплавной волоки для волочения проволоки

Волочильная волока для проволоки тянет металлический материал посредством сжатия и пластической деформации отверстия фильеры под действием волочильной машины (скорость волочения 5-50 м/с $\pm 2 \text{ м/с}$, усилие волочения 50-300 Н $\pm 10 \text{ Н}$, мощность 20-200 кВт $\pm 50 \text{ кВт}$). Поверхность отверстия фильеры подвергается высокому трению и термической нагрузке (температура поверхности $100\text{-}400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), а гильза фильеры обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $> 150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция волочильного волокна обеспечивает контроль допуска на уровне $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатости поверхности $Ra < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$ и отклонения диаметра проволоки $< 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Эксплуатационные характеристики волок для волочения проволоки из цементированного карбида

В условиях волочения медной проволоки (прочность на разрыв 400 МПа), стальной проволоки (1000 МПа) или алюминиевой проволоки (300 МПа) оптимизированный срок службы волоки для волочения проволоки превышает 500-800 часов $\pm 50 \text{ часов}$, а производительность производства достигает 100-500 м/мин $\pm 10 \text{ м/мин}$ (мощность $> 100 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Анализ SEM не показывает явного износа отверстия матрицы, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловидение показывает, что распределение термических напряжений составляет $< 120 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Факторы, влияющие на производительность волоочильных фильер из цементированного карбида

Содержание Со в диапазоне

6–10±1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью, <6±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10±2%, >10±1% снижает твердость на 5±1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), а содержание 7–9±0,5% является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа <0,01 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм±0,01 мкм подходит для материалов средней твердости, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15%±3% и снижает ударную вязкость на 10%±2%. Угол

геометрического угла

конуса 10°-20°±2° оптимизирует эффективность волоочения (сила волоочения <200 Н±10 Н, потребление энергии <10 кВт·ч/м³ ± 1 кВт·ч/м³), >20°±2° снижает эффективность на 10%±2%, <10°±2° легко приводит к риску обрыва проволоки 5%±1%.

Обработка поверхности

толщина отверстия матрицы 1-2 мм ± 0,1 мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20% ± 3%), <1 мм ± 0,1 мм сокращает срок службы на 20% ± 3%, >2 мм ± 0,1 мм увеличивает стоимость на 15% ± 2%. Покрытие DLC (толщина 0,5-1 мкм ± 0,1 мкм, температура осаждения 200-300°C ± 20°C) снижает коэффициент трения (< 0,1 ± 0,05) и улучшает гладкость (Ra < 0,05 мкм ± 0,02 мкм).

Термическая обработка:

Закалка гильзы штампа (твердость HRC 45-55±2, глубина 1-3 мм±0,2 мм, температура закалки 850-900°C±20°C) повышает опорные характеристики, а срок службы незакаленной гильзы штампа сокращается на 15%±3%. Отпуск (200-250°C±10°C, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%. Температура

рабочей среды

>400°C±20°C снижает твердость на 3%±1%, содержание воды>5%±1% или содержание примесей>3%±0,5% увеличивает износ на 5%±1%, а скорость коррозии в среде Cl⁻ (концентрация>0,5%±0,1%) увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

Параметры оборудования:

скорость волоочения 5-50 м/с±2 м/с, сила волоочения 50-300 Н±10 Н, мощность 20-200 кВт±50 кВт влияют на срок службы и эффективность волоочильного волокна. Чрезмерные параметры (>верхний предел 10%±1%) сокращают срок службы на 15%±2%.

Типы твердосплавных волок для волоочения проволоки

Тонкие волокна для волоочения проволоки

подходят для медной или алюминиевой проволоки (300-500 МПа), с внутренним диаметром отверстия 0,1-1 мм ± 0,01 мм и сроком службы > 600 часов ± 50 часов.

Средние и толстые волокна для волоочения проволоки

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подходят для стальной проволоки (800-1200 МПа), с внутренним диаметром отверстия 2-10 мм $\pm 0,01$ мм и сильным сопротивлением вытягиванию ($> 200 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$).

Трубчатые волокни

используются для труб из нержавеющей стали (1000-1500 МПа), с внутренним диаметром отверстия 5-20 мм $\pm 0,01$ мм и отличной стойкостью к высокому давлению ($> 300 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$).

Специальные волокни для волочения проволоки

включают высокотемпературные ($> 400 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и коррозионно-стойкие типы для экстремальных сред.

Применение твердосплавных волок для волочения проволоки

Провода и кабели

используются для волочения медной проволоки (400-500 МПа), со сроком службы 600-800 часов ± 50 часов, в соответствии со стандартами IEC 60228.

Автомобильные детали

используются для волочения стальной проволоки (800-1200 МПа), с усилием вытягивания ($>200 \text{ Н} \pm 10 \text{ Н}$), чтобы обеспечить эффективное производство, в соответствии со стандартами ISO 8458.

Прецизионное производство

используется для волочения труб из нержавеющей стали (1000-1500 МПа), с шероховатостью поверхности $R_a < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартами ISO 286.

Энергетическое оборудование

используется для волочения высоковольтной проволоки (600-1000 МПа), с термостойкостью ($>400 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$), в соответствии со стандартами API 6A.

Коррозионная среда

подходит для волочения стальной проволоки, содержащей соль, устойчивой к коррозии в морской воде (>3000 часов ± 100 часов, устойчивость к концентрации $\text{Cl}^- > 3,5\% \pm 0,5\%$), в соответствии со стандартом DNVGL-RP-C203.

Медицинское оборудование

используется для волочения проволоки из титанового сплава (800-1200 МПа), коррозионная стойкость (>4000 часов ± 100 часов), в соответствии со стандартом ISO 13485.

Судостроительная промышленность

используется для волочения стальных тросов (700-1000 МПа), ударопрочность ($>60 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$), в соответствии со стандартом ISO 8062.

Электронное производство

используется для волочения тонкой медной проволоки (300-500 МПа), точность $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, в соответствии со стандартом SEMI F19.

Железнодорожный транспорт

используется для волочения рельсовой проволоки (800-1200 МПа), что снижает отходы ($<1\% \pm 0,5\%$), в соответствии со стандартом EN 13674.

Строительная арматура

используется для волочения стальных прутков (600-900 МПа), с чистотой поверхности $R_a < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартом ASTM A615.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Технологический прогресс и будущее развитие волок для волочения проволоки из цементированного карбида

Новые материалы

представляют собой нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV $2200-2600 \pm 50$), а также добавляют TaC и NbC для повышения стабильности при высоких температурах ($>400 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Интегрированные датчики

интеллектуального мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ отверстия матрицы (глубина $> 0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<400 \text{ °C} \pm 20 \text{ °C}$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных волок для волочения проволоки, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Экологическая адаптивность

Разработка коррозионно-стойких и высокотемпературных волочильных фильер (сопротивление давлению $>400 \text{ Н} \pm 20 \text{ Н}$, термостойкость $>500\text{°C} \pm 20\text{°C}$).

Устойчивая

переработка порошка WC (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO₂ на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Соответствующие отечественные и зарубежные стандарты.

К отечественным и зарубежным стандартам относятся все следующие соответствующие стандарты и их номера:

IEC 60228 (Стандарт проводов и кабелей)

ISO 8458 (Стандарт стальной автомобильной проволоки)

ISO 286 (Геометрические характеристики изделий и допуски)

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

SEMI F19 (Стандарт производства полупроводников)

EN 13674 (стандарт железнодорожных рельсов)

ASTM A615 (стандарт стали)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Твердосплавное износостойкое сопло

Износостойкое сопло из карбида — это высокопроизводительный компонент для впрыска, предназначенный для высокоизносных, высокоскоростных впрысков и коррозионных сред. Он широко используется в пескоструйной обработке, распылении, бурении нефтяных скважин и химическом распылении. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и стойкости к высоким температурам, гарантируя сохранение эффективности впрыска и долгосрочной надежности в экстремальных рабочих условиях. Будучи бесстрашным хранителем системы впрыска, износостойкое сопло из карбида оказывает непосредственное влияние на точность впрыска, расход материала и срок службы оборудования благодаря своим прочным характеристикам. Технологический прорыв 2025 года позволяет ему работать особенно хорошо в условиях высокого износа.

Физические и химические свойства износостойких сопел из цементированного карбида

В цементированных карбидных соплах в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\% - 10\% \pm 1\%$), дополненный микродобавками (такими как Cr $0,5\% - 2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\% - 3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\% - 1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и коррозионной стойкости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция сопла настраивается в соответствии с требованиями к инъекции, включая конические или прямые сопла с внутренним диаметром $0,5-10 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, наружным диаметром $10-30 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ и длиной $20-50 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, монтируемые на подложке из нержавеющей стали или титанового сплава (предел прочности на разрыв $>1000 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $40-50 \pm 2$). Методы крепления включают механическое резьбовое соединение (крутящий момент $>15 \text{ Н}\cdot\text{м} \pm 1 \text{ Н}\cdot\text{м}$) или сварку (прочность сварки $>700 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$) для обеспечения стабильной работы при инъекции под высоким давлением ($10-50 \text{ МПа} \pm 2 \text{ МПа}$, пиковое значение до $60 \text{ МПа} \pm 3 \text{ МПа}$). На поверхность сопла можно наносить многослойные покрытия (например, TiN, CrN или WC/C, толщиной $0,5-2$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

мкм $\pm 0,1$ мкм), что снижает коэффициент трения до $<0,15 \pm 0,05$, улучшает износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику жидкости и оптимизацию теплопередачи с углом распыления $15^\circ\text{-}30^\circ \pm 2^\circ$, подходит для рабочих температур от -20°C до $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Характеристики твердосплавных износостойких сопел

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 ± 30 , локально до 2400-2600 ± 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость (K_{IC} с 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара (> 50 Дж ± 5 Дж, мгновенное пиковое значение >120 Дж ± 10 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,015$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) 6×10^{-6} / $^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6}$ / $^\circ\text{C}$. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина $<0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, стойкость к Cl⁻ >5000 часов ± 200 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы износостойких форсунок из цементированного карбида

Форсунка ускоряет жидкость или частицы через форсунку для достижения впрыска под действием насоса высокого давления или компрессора (давление 10-50 МПа ± 2 МПа, скорость впрыска 50-200 м/с ± 10 м/с, мощность 20-150 кВт ± 50 кВт). Поверхность форсунки подвергается высокому износу и термической нагрузке (температура поверхности $100\text{-}600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, экстремально до $700^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), а материал матрицы обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв > 1000 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 30-40 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2$ Вт/м $\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 150 МПа ± 20 МПа). Прецизионная конструкция сопла обеспечивает контроль допуска на уровне $\pm 0,005$ мм $\pm 0,002$ мм, шероховатости поверхности Ra $<0,1$ мкм $\pm 0,05$ мкм и отклонения впрыска $<0,5^\circ \pm 0,2^\circ$.

Производительность износостойких форсунок из цементированного карбида составляет более 400-700 часов ± 50 часов

в условиях пескоструйной обработки (твердость HV 800 ± 50), бурового раствора на нефть (содержащего Cl⁻ $>3\% \pm 0,5\%$) или высокотемпературного пара ($500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Оптимизированный срок службы форсунки превышает 400-700 часов ± 50 часов, а эффективность впрыска достигает 95% $\pm 2\%$ (отклонение количества впрыска $< 1\% \pm 0,5\%$). Анализ SEM не показывает очевидного износа форсунки, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет < 150 МПа

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

± 10 МПа.

Факторы, влияющие на производительность износостойких сопел из цементированного карбида

Содержание Со

6%-10%±1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. <6%±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10%±2%. >10%±1% снижает твердость на 5%±1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Предпочтительно 7%-9%±0,5%, чтобы учесть как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа <0,015 мм³/Н·м ± 0,01 мм³/Н·м), 1-1,5 мкм±0,01 мкм подходит для среды со средним износом, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15%±3% и снижает прочность на 10%±2%.

Геометрический угол

Угол распыления 15°-30°±2° оптимизирует эффективность распыления (давление <40 МПа±2 МПа, энергопотребление <15 кВт·ч/м³ ± 1 кВт·ч/м³), >30°±2° снижает эффективность на 10%±2%, <15°±2° легко приводит к риску неравномерного распыления на 5%±1%. Толщина сопла

обработки поверхности

1-2 мм±0,1 мм повышает износостойкость (увеличение срока службы на 20%±3%), <1 мм±0,1 мм сокращает срок службы на 20%±3%, >2 мм±0,1 мм увеличивает стоимость на 15%±2%. Покрытие WC/C (толщина 0,5-1 мкм±0,1 мкм, температура осаждения 300-400°C±20°C) снижает коэффициент трения (<0,15±0,05) и повышает коррозионную стойкость (стойкость C1 - >6000 часов±200 часов).

Термическая обработка:

Закалка основного материала (твердость HRC 40-50±2, глубина 1-3 мм±0,2 мм, температура закалки 800-850°C±20°C) повышает опорные характеристики, срок службы незакаленной основы сокращается на 15%±3%, а отпуск (200-250°C±10°C, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%. Температура

рабочей среды

>600°C±20°C снижает твердость на 3%±1%, содержание воды>5%±1% или содержание примесей>3%±0,5% увеличивает износ на 5%±1%, а скорость коррозии в среде C1 (концентрация>0,5%±0,1%) увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

Параметры оборудования

давление 10-50 МПа±2 МПа, скорость впрыска 50-200 м/с±10 м/с, мощность 20-150 кВт±50 кВт влияют на ресурс и эффективность сопла. Чрезмерные параметры (>верхнего предела 10%±1%) сокращают ресурс на 15%±2%.

Типы карбидных износостойких сопел

Пескоструйные сопла

подходят для распыления раствора (твердость HV 800±50), внутренний диаметр 1-5 мм±0,01 мм, срок службы >500 часов±50 часов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Нефтяные буровые сопла

используются для закачки бурового раствора (давление 20-40 МПа), внутренний диаметр 2-8 мм±0,01 мм, высокая коррозионная стойкость (стойкость Cl^- >5000 часов ±200 часов).

Распылительные сопла

подходят для распыления при высоких температурах (500°C±20°C), внутренний диаметр 0,5-3 мм±0,01 мм, отличная термостойкость (>600°C±20°C).

Специальные сопла

включают сверхвысокотемпературные (>700°C±20°C) и сверхкоррозионные типы для экстремальных сред.

Применение износостойких карбидных сопел

Пескоструйная обработка

используется для пескоструйной обработки стальных поверхностей (твердость HV 800±50), срок службы 500-700 часов ±50 часов, в соответствии со стандартом ISO 8501.

Бурение нефтяных скважин

используется для закачки бурового раствора (20-40 МПа), устойчив к коррозии Cl^- (>5000 часов ±200 часов), в соответствии со стандартом API 7-1.

Распылительная промышленность

используется для высокотемпературного керамического покрытия (500°C±20°C), термостойкости (>600°C±20°C) для обеспечения равномерного распыления, в соответствии со стандартом ISO 14918.

Химическое распыление

подходит для распыления едких химических жидкостей (10-30 МПа), стойкости к коррозии в морской воде (>6000 часов ±200 часов), в соответствии со стандартом ISO 10423.

Энергетическое оборудование

используется для высокотемпературной инъекции пара (30-50 МПа), термостойкости (>600°C±20°C), в соответствии со стандартом ASME B16.34.

Медицинские приборы

используются для фармацевтического распыления (10-20 МПа), коррозионной стойкости (>4000 часов ±100 часов), в соответствии со стандартами ISO 13485.

Судостроительная промышленность

используется для очистки морской водой спреем (15-25 МПа), ударопрочности (>50 Дж ±5 Дж), в соответствии со стандартами ISO 8062.

Электронное производство

используется для очистки полупроводников спреем (20-30 МПа), шероховатости поверхности $R_a < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартами SEMI F19.

Техническое обслуживание железных дорог

используется для пескоструйной обработки рельсов (15-30 МПа), снижения износа (<1% ±0,5%), в соответствии со стандартами EN 13674.

Строительное напыление

применяется для напыления бетона (10-20 МПа), износостойкость > 95% ±2%, в соответствии со стандартами ASTM C143.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Технологический прогресс и будущее развитие износостойких сопел из цементированного карбида

Новые материалы

представляют собой нано-WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV 2200-2600 ± 50), а также добавляют TaC и NbC для повышения стабильности при высоких температурах ($>700 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Интегрированные датчики

интеллектуального мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ сопла (глубина $> 0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуру ($<700 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) в режиме реального времени и оптимизируют циклы замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для изготовления сложных сопел, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Экологическая адаптивность

позволяет разрабатывать ультракоррозионные и сверхвысокотемпературные сопла (сопротивление давлению $>60 \text{ МПа} \pm 3 \text{ МПа}$, термостойкость $>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $>80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для износостойких форсунок из цементированного карбида

Внутренние и международные стандарты включают в себя все следующие соответствующие стандарты и их номера:

ISO 8501 (стандарт обработки поверхности)

API 7-1 (Стандарт оборудования для бурения нефтяных скважин)

ISO 14918 (стандарт термического напыления)

ISO 10423 (Стандарт для клапанов и устьевого оборудования)

ASME B16.34 (Стандарт номинальных значений давления и температуры клапанов)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

SEMI F19 (Стандарт производства полупроводников)

EN 13674 (стандарт железнодорожных рельсов)

ASTM C143 (Стандарт испытаний бетона)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

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



1



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

Что такое износостойкий сердечник клапана из карбида?

Износостойкий сердечник клапана из карбида — это высокопроизводительный компонент клапана, предназначенный для работы в условиях высокого давления, сильного износа и коррозионных сред. Он широко используется в нефтегазовой, химической промышленности, энергетическом оборудовании и водоподготовке. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и коррозионно-стойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и стойкости к высоким температурам, что обеспечивает герметичность клапана и долговременную надежность в экстремальных рабочих условиях. Будучи прочным защитным кожухом в системе клапана, износостойкий сердечник клапана из карбида оказывает непосредственное влияние на точность управления жидкостью, скорость утечки и срок службы оборудования благодаря своей бесстрашной работе. Технологические инновации позволяют ему работать лучше в сложных условиях.

Физические и химические свойства износостойкого сердечника клапана из цементированного карбида

В цементированном сердечнике клапана используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-10\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и коррозионной стойкости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция сердечника клапана индивидуальна в зависимости от типа клапана, включая сферические, конические или цилиндрические конструкции диаметром $5-50 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ и длиной $10-60 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$, устанавливаемые на корпус клапана из нержавеющей стали или титанового сплава (предел прочности $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $40-50 \pm 2$). Методы крепления включают механическую прессовую посадку (усилие прессовой посадки $> 10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$) или высокочастотную сварку (прочность сварки $> 700 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком давлении ($50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, пиковое значение до $400 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). На поверхность сердечника клапана

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

можно наносить многослойные покрытия (например, TiN, CrN или WC/C, толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), что снижает коэффициент трения до $<0,15 \pm 0,05$, улучшает износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $<1\% \pm 0,5\%$). Конструкция сочетает в себе механику жидкости и оптимизацию теплопроводности с углом контакта $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$ и подходит для рабочих температур от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Характеристики износостойкого твердосплавного сердечника клапана

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость (K_{I} с $12-16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$) за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации, а также поглощает энергию удара ($> 50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>120 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$ (предпочтительно $<0,015 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$), плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr з C 2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к Cl⁻ $>5000 \text{ часов} \pm 200 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы износостойкого сердечника клапана из карбида

Сердечник клапана регулирует поток жидкости путем вращения или перемещения под действием клапана (давление $50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, скорость потока $1-10 \text{ м/с} \pm 1 \text{ м/с}$, мощность $50-300 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$). Поверхность сердечника клапана подвергается высокому трению и термической нагрузке (температура поверхности от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, экстремально до $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), а корпус клапана обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $> 1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность $30-40 \text{ Вт/м} \cdot \text{К} \pm 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $> 150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция сердечника клапана обеспечивает контролируемый допуск на уровне $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатость поверхности $R_a < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$ и скорость утечки $<0,001 \text{ мл/мин} \pm 0,0005 \text{ мл/мин}$.

Эксплуатационные характеристики износостойкого сердечника клапана из карбида заключаются в том, что оптимизированный срок службы сердечника клапана превышает 500-800 часов ± 50 часов при

обработке природного газа высокого давления (200 МПа), морской воды (содержащей Cl⁻ $> 3\% \pm 0,5\%$) или высокотемпературного пара ($400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), а эффективность уплотнения достигает $99,99\% \pm 0,01\%$ (скорость утечки $< 0,001 \text{ мл/мин} \pm 0,0005 \text{ мл/мин}$). Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет $< 100 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики износостойких сердечников клапанов из цементированного карбида

Содержание Со

6% -10% ± 1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и прочностью, <6% ± 1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% ± 2%, >10% ± 1% снижает твердость на 5% ± 1% и увеличивает тепловое расширение ($KTP\ 6 \times 10^{-6} / ^\circ C \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ C$), а 7% -9% ± 0,5% является предпочтительным, чтобы учитывать как производительность, так и стоимость.

Размер зерна

0,5-1 мкм ± 0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа < 0,015 мм³ / Н · м ± 0,01 мм³ / Н · м), 1-1,5 мкм ± 0,01 мкм подходит для среды среднего давления, > 2 мкм ± 0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15% ± 3% и снижает прочность на 10% ± 2%.

Геометрический

угол контакта 5°-15° ± 2° оптимизирует производительность уплотнения (скорость утечки < 0,001 мл/мин ± 0,0005 мл/мин), > 15° ± 2° снижает эффективность уплотнения на 5% ± 1%, < 5° ± 2° легко приводит к неравномерному риску контакта 5% ± 1%.

Поверхностная обработка

сердечника клапана толщиной 2-3 мм ± 0,1 мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20% ± 3%), <2 мм ± 0,1 мм сокращает срок службы на 20% ± 3%, >3 мм ± 0,1 мм увеличивает стоимость на 15% ± 2%. Покрытие CrN (толщина 0,5-1 мкм ± 0,1 мкм, температура осаждения 400-450°C ± 20°C) снижает коэффициент трения (<0,2 ± 0,05) и повышает коррозионную стойкость (стойкость Cl⁻ > 6000 часов ± 200 часов).

Термическая обработка:

закалка корпуса клапана (твердость HRC 40-50±2, глубина 1-3 мм±0,2 мм, температура закалки 800-850°C±20°C) повышает опорные характеристики, а срок службы незакаленного корпуса клапана сокращается на 15%±3%. Отпуск (200-250°C±10°C, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%. Температура

рабочей среды

>500°C±20°C снижает твердость на 3%±1%, содержание воды >5%±1% или содержание примесей >3%±0,5% увеличивает износ на 5%±1%, а скорость коррозии в среде Cl⁻ (концентрация >0,5%±0,1%) увеличивается до 0,015 мм/год±0,002 мм/год.

Параметры оборудования

давление 50-300 МПа ± 10 МПа, скорость потока 1-10 м/с ± 1 м/с, мощность 50-300 кВт ± 50 кВт влияют на срок службы и эффективность сердечника клапана. Чрезмерные параметры (> верхнего предела 10% ± 1%) сокращают срок службы на 15% ± 2%.

Типы износостойких сердечников клапанов из карбида

Сферические сердечники клапанов

подходят для шаровых клапанов высокого давления (100-200 МПа), с диаметром 10-30 мм ± 0,5 мм и отличной стойкостью к давлению (> 300 МПа ± 10 МПа).

Конические сердечники клапанов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

подходят для химических регулирующих клапанов (50-150 МПа), с диаметром 5-20 мм $\pm$ 0,5 мм и высокой коррозионной стойкостью (стойкость к Cl⁻ > 5000 часов $\pm$ 200 часов).

Колонные сердечники клапанов

используются для авиационных гидравлических клапанов (200-300 МПа), с диаметром 15-40 мм $\pm$ 0,5 мм и высокой термостойкостью (> 500 °C $\pm$ 20 °C).

Специальные сердечники клапанов

включают в себя сверхвысокотемпературные (> 600°C $\pm$ 20°C) и сверхкоррозионные типы, подходящие для экстремальных условий.

Применение износостойких сердечников клапанов из карбида

Нефть и природный газ

используются для клапанов природного газа высокого давления (200-300 МПа), со сроком службы 600-800 часов $\pm$ 50 часов, в соответствии со стандартами API 6A.

Химическая промышленность

используется для клапанов коррозионных жидкостей (50-150 МПа), устойчивых к коррозии Cl⁻ (>5000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами ISO 10423.

Авиакосмическая промышленность

используется для клапанов гидравлических систем (200-300 МПа), высокая термостойкость (>500 °C $\pm$ 20 °C) для обеспечения надежности, в соответствии со стандартами AMS 2750.

Водоподготовка

подходит для клапанов трубопроводов морской воды (50-100 МПа), стойкость к коррозии морской воды (>6000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами DNVGL-RP-C203.

Энергетическое оборудование

используется для высокотемпературных паровых клапанов (300-400 МПа), термостойкость (>500°C $\pm$ 20°C), в соответствии со стандартами ASME B16.34.

Медицинское оборудование

используется для жидкостных клапанов высокого давления (50-100 МПа), коррозионная стойкость (>4000 часов $\pm$ 100 часов), в соответствии со стандартами ISO 13485.

Морская промышленность

используется для клапанов охлаждения морской водой (50-150 МПа), ударопрочность (>50 Дж $\pm$ 5 Дж), в соответствии со стандартами ISO 8062.

Электронное производство

используется для полупроводниковых технологических газовых клапанов (100-200 МПа), шероховатость поверхности Ra<0,1 мкм $\pm$ 0,05 мкм, в соответствии со стандартами SEMI F19.

На

железнодорожном транспорте

используются тормозные краны высокого давления (150-250 МПа), снижение утечек (<0,001 мл/мин $\pm$ 0,0005 мл/мин), в соответствии со стандартами EN 13452. На

строительных трубопроводах

используются водопроводные краны высокого давления (50-100 МПа), износостойкость > 95% $\pm$ 2%, в соответствии со стандартами ASTM F1476.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Технологический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

представляют собой нано WC (зерно $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV 2200-2600 ± 50), добавляют TaC и NbC для повышения стабильности при высоких температурах ($>600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированный датчик (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа сердечника клапана в реальном времени (глубина $>0,8 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуры ($<600 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$), оптимизация цикла замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных сердечников клапана, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Устойчивая

переработка порошка WC (степень переработки $>80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (снижение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Отечественные и международные стандарты на износостойкие сердечники клапанов из твердого сплава

Отечественные и международные стандарты включают в себя все следующие соответствующие стандарты и их номера:

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

ISO 10423 (Стандарт для клапанов и устьевого оборудования)

AMS 2750 (Стандарт термообработки в аэрокосмической промышленности)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

ASME B16.34 (Стандарт номинальных значений давления и температуры клапанов)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

SEMI F19 (Стандарт производства полупроводников)

EN 13452 (Стандарт железнодорожных тормозных систем)

ASTM F1476 (Стандарт для трубопроводных систем)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Что такое износостойкое седло клапана из карбида?

Износостойкое седло клапана из карбида — это высокопроизводительный компонент клапана, предназначенный для работы в условиях высокого давления, сильного износа и коррозионных сред. Он широко используется в нефтегазовой, химической промышленности, энергетическом оборудовании и водоподготовке. Его основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и коррозионно-стойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и стойкости к высоким температурам, что обеспечивает герметичность клапана и долговременную надежность в экстремальных рабочих условиях. Являясь ключевым компонентом в системе клапана, износостойкое седло клапана из карбида напрямую влияет на точность управления жидкостью, скорость утечки и срок службы оборудования. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения седла клапана.

Физические и химические свойства износостойких седел клапанов из цементированного карбида

В цементированных карбидных седлах клапанов в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), в качестве связующей фазы - кобальт (Co, $6\%-10\% \pm 1\%$), дополненный микродобавками (такими как Cr $\geq 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и коррозионной стойкости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $<0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция седла клапана настраивается в соответствии с типом клапана, включая кольцевую или коническую структуру, внутренний диаметр $5-50 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, толщину $5-20 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, устанавливается на корпус клапана из нержавеющей стали или титанового сплава (прочность на растяжение $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $40-50 \pm 2$). Методы крепления включают механическую прессовую посадку (усилие прессовой посадки $>10 \text{ кН} \pm 1 \text{ кН}$) или высокочастотную сварку (прочность сварки $>700 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком давлении ($50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, пиковое значение до $400 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). На поверхность седла клапана могут быть нанесены

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

многослойные покрытия (такие как TiN, CrN или WC/C, толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), а коэффициент трения снижается до $< 0,15 \pm 0,05$, что улучшает износостойкость и антиадгезию (степень адгезии $< 1\% \pm 0,5\%$). Конструкция объединяет механику жидкости и оптимизацию теплопроводности с углом контакта $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$, что подходит для рабочих температур от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Характеристики и принцип работы твердосплавного износостойкого седла клапана

Свойства материала износостойких седел клапанов из цементированного карбида

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $>800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $>95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} с 12-16 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$, мгновенное пиковое значение $>120 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ (предпочтительно $<0,015 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} /^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$. Добавление Cr_3C_2 создает защитный слой Cr_2O_3 (толщина $<0,1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01 \text{ мм/год} \pm 0,001 \text{ мм/год}$, стойкость к Cl^- $>5000 \text{ часов} \pm 200 \text{ часов}$); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет $90\% \pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы износостойкого седла клапана из карбида

Седло клапана регулирует поток жидкости, тесно взаимодействуя с сердечником клапана под действием клапана (давление 50-300 МПа $\pm 10 \text{ МПа}$, скорость потока 1-10 м/с $\pm 1 \text{ м/с}$, мощность 50-300 кВт $\pm 50 \text{ кВт}$). Поверхность седла клапана подвергается высокому трению и термической нагрузке (температура поверхности от -50°C до $500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, экстремальная до $600^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), а корпус клапана обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв $>1200 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), теплопроводность (теплопроводность 30-40 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2 \text{ Вт/м}\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $>10^6 \text{ раз} \pm 10^5 \text{ раз}$, циклическая нагрузка $>150 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$). Прецизионная конструкция седла клапана обеспечивает контроль допуска на уровне $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатости поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$ и скорости утечки $<0,001 \text{ мл/мин} \pm 0,0005 \text{ мл/мин}$.

Производительность износостойких седел клапанов из цементированного карбида составляет более 500-800 часов $\pm 50 \text{ часов}$ при

обработке природного газа высокого давления (200 МПа), морской воды (содержащей $\text{Cl}^- > 3\% \pm 0,5\%$) или высокотемпературного пара ($400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$). Оптимизированный срок службы седла клапана превышает 500-800 часов $\pm 50 \text{ часов}$, а эффективность уплотнения достигает $99,99\% \pm 0,01\%$ (скорость утечки $< 0,001 \text{ мл/мин} \pm 0,0005 \text{ мл/мин}$). Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

показывает, что распределение термических напряжений составляет $< 100 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$.

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики износостойких седел клапанов из цементированного карбида

Содержание Со в износостойких седлах клапанов из цементированного карбида составляет

$6\%-10\% \pm 1\%$ для достижения наилучшего баланса между твердостью и прочностью. $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на $10\% \pm 2\%$, $> 10\% \pm 1\%$ снижает твердость на $5\% \pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение ($\text{КТР } 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Предпочтительно $7\%-9\% \pm 0,5\%$ для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна твердосплавного износостойкого седла клапана составляет

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$, что эффективно снижает износ и образование микротрещин (скорость износа $< 0,015 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для сред среднего давления, $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа на $15\% \pm 3\%$ и снижает ударную вязкость на $10\% \pm 2\%$. Геометрический

угол карбидного износостойкого седла клапана

составляет $5^\circ-15^\circ \pm 2^\circ$, что оптимизирует производительность уплотнения (скорость утечки $< 0,001 \text{ мл/мин} \pm 0,0005 \text{ мл/мин}$), $> 15^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность уплотнения на $5\% \pm 1\%$, а $< 5^\circ \pm 2^\circ$ легко приводит к риску неравномерного контакта на $5\% \pm 1\%$.

Поверхностная обработка карбидного износостойкого седла клапана

имеет толщину седла $5-10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, что улучшает износостойкость (продлевает срок службы на $20\% \pm 3\%$), а $< 5 \text{ мм} \pm 0,5$ Срок службы покрытия сокращается на $20\% \pm 3\%$ для покрытий $> 10 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, а стоимость увеличивается на $15\% \pm 2\%$. Покрытие CrN (толщина $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, температура осаждения $400-450 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,2 \pm 0,05$) и повышает коррозионную стойкость (стойкость $\text{Cl}^- > 6000 \text{ часов} \pm 200 \text{ часов}$).

Термическая обработка седла клапана из карбида износостойкого

: закалка корпуса клапана (твердость $\text{HRC } 40-50 \pm 2$, глубина $1-3 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, температура закалки $800-850 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$) повышает опорные характеристики, срок службы незакаленного корпуса клапана сокращается на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

карбидного износостойкого седла клапана $> 500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $> 5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $> 3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а скорость коррозии среды, содержащей Cl^- (концентрация $> 0,5\% \pm 0,1\%$), увеличивается до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования карбидного износостойкого седла клапана

: давление $50-300 \text{ МПа} \pm 10 \text{ МПа}$, скорость потока $1-10 \text{ м/с} \pm 1 \text{ м/с}$, мощность $50-300 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы и эффективность седла клапана. Чрезмерные параметры ($> \text{верхний предел } 10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

Типы карбидных износостойких седел клапанов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Кольцевые износостойкие седла клапанов из карбида

подходят для шаровых кранов высокого давления (100-200 МПа) с внутренним диаметром 10-30 мм $\pm$ 0,5 мм, отличной устойчивостью к давлению (> 300 МПа $\pm$ 10 МПа) и сроком службы 600 часов $\pm$ 50 часов для определенного нефтяного проекта в 2024 году.

Конические износостойкие седла клапанов из карбида

подходят для химических регулирующих клапанов (50-150 МПа) с внутренним диаметром 5-20 мм $\pm$ 0,5 мм, сильной коррозионной стойкостью (стойкость к Cl⁻ > 5000 часов $\pm$ 200 часов) и эффективностью химической установки 99,99% $\pm$ 0,01% в 2023 году. Плоские износостойкие

седла клапанов из карбида

используются для авиационных гидравлических клапанов (200-300 МПа), с внутренним диаметром 15-40 мм $\pm$ 0,5 мм, высокой термостойкостью (> 500 °C $\pm$ 20 °C) и сроком службы 700 часов $\pm$ 50 часов для определенного авиационного проекта в 2025 году.

Твердосплавные износостойкие специальные седла клапанов

включают сверхвысокотемпературные (> 600 °C $\pm$ 20 °C) и ультракоррозионные типы, подходящие для экстремальных условий, со сроком службы 550 часов $\pm$ 50 часов в 2025 году.

Применение износостойкого твердосплавного седла клапана

Нефть и газ

используются для клапанов природного газа высокого давления (200-300 МПа) со сроком службы 600-800 часов $\pm$ 50 часов в соответствии со стандартами API 6A.

Химическая промышленность

используется для клапанов коррозионных жидкостей (50-150 МПа), устойчивых к коррозии Cl⁻ (> 5000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами ISO 10423.

Авиакосмическая промышленность

используется для клапанов гидравлических систем (200-300 МПа), высокая термостойкость (> 500 °C $\pm$ 20 °C) для обеспечения надежности, в соответствии со стандартами AMS 2750.

Водоподготовка

подходит для клапанов трубопроводов морской воды (50-100 МПа), коррозионная стойкость морской воды (> 6000 часов $\pm$ 200 часов), в соответствии со стандартами DNVGL-RP-C203.

Энергетическое оборудование

используется для высокотемпературных паровых клапанов (300-400 МПа), термостойкость (> 500 °C $\pm$ 20 °C), в соответствии со стандартами ASME B16.34.

Медицинское оборудование

для клапанов высокого давления жидкости (50-100 МПа), коррозионная стойкость (> 4000 часов $\pm$ 100 часов), в соответствии с ISO 13485.

Судостроение

для клапанов охлаждения морской водой (50-150 МПа), ударопрочность (> 50 Дж $\pm$ 5 Дж), в соответствии с ISO 8062.

Производство электроники

для полупроводниковых технологических газовых клапанов (100-200 МПа), шероховатость поверхности Ra $< 0,1$ мкм $\pm$ 0,05 мкм, в соответствии со стандартом SEMI F19.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Железнодорожный транспорт

для тормозных клапанов высокого давления (150-250 МПа), снижение утечки ($< 0,001$ мл/мин $\pm 0,0005$ мл/мин), в соответствии со стандартом EN 13452.

Строительство трубопроводов

применяется для водяных клапанов высокого давления (50-100 МПа), износостойкость $> 95\% \pm 2\%$, в соответствии со стандартом ASTM F1476.

Будущая разработка

новых материалов для износостойких седел клапанов из цементированного карбида

: внедрение нано-WC (зерно $< 0,5$ мкм $\pm 0,01$ мкм) для повышения твердости (HV 2200-2600 ± 50), добавление TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности (> 600 °C ± 20 °C для поддержания $95\% \pm 2\%$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированного датчика (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа седла клапана в реальном времени (глубина $> 0,8$ мм $\pm 0,05$ мм) и температуры (< 600 °C ± 20 °C), оптимизация цикла замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя 40-60 мкм ± 5 мкм) для изготовления сложных седел клапанов, что сокращает отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивность к окружающей среде

позволяет разрабатывать сверхкоррозионные и сверхвысокотемпературные седла клапанов (сопротивление давлению > 400 МПа ± 20 МПа, термостойкость > 600 °C ± 20 °C).

Устойчивая

переработка WC-порошка (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (сокращение выбросов CO₂ на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для износостойких седел клапанов из карбида

Внутренние и международные стандарты включают в себя все следующие соответствующие стандарты и их номера:

API 6A (Стандарт для нефтегазового оборудования)

ISO 10423 (Стандарт для клапанов и устьевого оборудования)

AMS 2750 (Стандарт термообработки в аэрокосмической промышленности)

DNVGL-RP-C203 (Правила проектирования морских сооружений)

ASME B16.34 (Стандарт номинальных значений давления и температуры клапанов)

ISO 13485 (Система менеджмента качества для медицинских изделий)

ISO 8062 (стандарт допусков литья)

SEMI F19 (Стандарт производства полупроводников)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

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



1

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

Твердосплавные износостойкие горнодобывающие сверла

Твердосплавные износостойкие горные буровые коронки — это высокопроизводительные буровые инструменты, предназначенные для добычи высокотвердых пород, глубокого бурения скважин и экстремальных условий работы. Они широко используются в горнодобывающей промышленности, бурении нефтяных скважин и геологоразведке. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и стойкости к высоким температурам, что гарантирует высокую эффективность и долгосрочную надежность при высокоинтенсивном бурении. Являясь ключевым компонентом в системе бурения, твердосплавные износостойкие горные буровые коронки напрямую влияют на скорость бурения, точность апертуры и срок службы оборудования.

Физические и химические свойства износостойких горных буровых коронок из цементированного карбида

Буровые коронки из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (такими как Cr_3C_2 $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, VC $<1\% \pm 0,1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$, NbC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и ударопрочности. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + kd^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрия буровой коронки подбирается в зависимости от твердости породы, включая цилиндрические или конические режущие головки диаметром $50-200 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$ и длиной $100-300 \text{ мм} \pm 5 \text{ мм}$, монтируемые на стальной бурильной трубе (предел прочности $> 1500 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$, твердость HRC $45-55 \pm 2$). Методы крепления включают механическое резьбовое соединение (крутящий момент $> 50 \text{ Н}\cdot\text{м} \pm 5 \text{ Н}\cdot\text{м}$) или сварку (прочность сварки $> 800 \text{ МПа} \pm 50 \text{ МПа}$), что обеспечивает стабильную работу при высоком крутящем моменте ($500-2000 \text{ Н}\cdot\text{м} \pm 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, пиковое значение до $2500 \text{ Н}\cdot\text{м} \pm 150 \text{ Н}\cdot\text{м}$). Поверхность режущей кромки может быть покрыта несколькими слоями покрытия (например, TiN, TiAlN или DLC, толщина $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), коэффициент трения снижается до $< 0,15 \pm 0,05$, а

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

износостойкость и антиадгезия (степень адгезии $< 1\% \pm 0,5\%$) улучшаются. Конструкция объединяет механику резки и оптимизацию теплопроводности с углом резания $10^\circ\text{-}20^\circ \pm 2^\circ$, подходит для рабочих температур от -20°C до $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

Характеристики твердосплавных износостойких горнодобывающих буровых коронок

Свойства материала износостойких горных буровых коронок из цементированного карбида

WC обеспечивает высокую твердость (HV 1800-2200 $\pm$ 30, локально до 2400-2600 $\pm$ 50), а его гексагональная кристаллическая структура придает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $> 800^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к окислению $> 95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} с 12-18 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до 20 МПа $\cdot\text{м}^{1/2} \pm 0,5$) и поглощает энергию удара (> 80 Дж ± 10 Дж, мгновенное пиковое значение > 200 Дж ± 20 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $< 0,03$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$ (предпочтительно $< 0,015$ мм³/Н $\cdot\text{м} \pm 0,01$ мм³/Н $\cdot\text{м}$), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина $< 0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $< 0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, стойкость к Cl⁻ > 5000 часов ± 200 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($> 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $> 95\% \pm 2\%$).

Принцип работы твердосплавных износостойких горных буровых коронок

Буровая коронка приводится в действие буровой установкой (скорость 50-300 об/мин ± 10 об/мин, осевое усилие 10-50 кН ± 2 кН, мощность 100-500 кВт ± 50 кВт), а бурение достигается путем разрушения породы режущей кромкой. Поверхность режущей кромки подвергается высокому трению и термической нагрузке (температура поверхности $100\text{-}600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, экстремально до $700^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$), а бурильная труба обеспечивает структурную поддержку (прочность на разрыв > 1500 МПа ± 50 МПа), теплопроводность (теплопроводность 40-50 Вт/м $\cdot\text{K} \pm 2$ Вт/м $\cdot\text{K}$) и усталостную прочность (усталостная долговечность $> 10^6$ раз $\pm 10^5$ раз, циклическая нагрузка > 200 МПа ± 20 МПа). Прецизионная конструкция сверла обеспечивает контроль допуска на уровне $\pm 0,05$ мм $\pm 0,02$ мм, шероховатости поверхности Ra $< 0,2$ мкм $\pm 0,1$ мкм и отклонения сверления $< 0,5^\circ \pm 0,2^\circ$.

Производительность износостойких горных буровых коронок из цементированного карбида

оптимизирована для превышения срока службы буровой коронки 400-700 часов ± 50 часов и производительности 5-20 м/ч ± 1 м/ч (мощность > 200 кВт ± 50 кВт) при бурении гранита (твердость HV 1000 ± 50), песчаника (500 МПа) или глубоких угольных пластов (300 МПа). Анализ SEM не показывает явного износа режущей кромки, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное изображение показывает распределение термических напряжений < 150 МПа ± 10 МПа.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Факторы, влияющие на производительность износостойких горнодобывающих буровых коронок из цементированного карбида

Содержание Со

6%-12%±1% обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. <6%±1% приводит к увеличению скорости образования трещин на 10%±2%, >12%±1% снижает твердость на 5%±1% и увеличивает тепловое расширение (КТР $6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). 8%-10%±0,5% является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм±0,01 мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $<0,015 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$), 1-1,5 мкм±0,01 мкм подходит для пород средней твердости, >2 мкм±0,01 мкм увеличивает скорость износа на 15%±3% и снижает прочность на 10%±2%.

Геометрический

угол резания $10^\circ\text{-}20^\circ \pm 2^\circ$ оптимизирует эффективность бурения (осевое усилие $<30 \text{ кН} \pm 2 \text{ кН}$, энергопотребление $<20 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \pm 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$), $>20^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность на 10%±2%, $<10^\circ \pm 2^\circ$ легко приводит к 5%±1% риску неравномерной резки.

Обработка поверхности

толщина режущей кромки 2-4 мм±0,1 мм повышает износостойкость (срок службы увеличивается на 20%±3%), <2 мм±0,1 мм сокращает срок службы на 20%±3%, >4 мм±0,1 мм увеличивает срок службы на 15%±2%. Покрытие TiAlN (толщина 0,5-1 мкм±0,1 мкм, температура осаждения $500\text{-}600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($<0,15 \pm 0,05$) и повышает стойкость к высоким температурам ($>700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$).

Термическая обработка:

Закалка бурильной трубы (твердость HRC 45-55±2, глубина 2-5 мм±0,2 мм, температура закалки $850\text{-}900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) повышает эксплуатационные характеристики опоры, сокращает срок службы незакаленной бурильной трубы на 15%±3%, а отпуск ($200\text{-}250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 часа±0,5 часа) снижает остаточное напряжение на 5%±1%. Температура

рабочей среды

$>600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ снижает твердость на 3%±1%, содержание воды $>5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $>3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на 5%±1%, а среда, содержащая Cl^- (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивает скорость коррозии до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования

: скорость 50-300 об/мин±10 об/мин, тяга 10-50 кН±2 кН, мощность 100-500 кВт±50 кВт влияют на срок службы и эффективность работы буровой коронки. Чрезмерные параметры (>верхнего предела 10%±1%) сокращают срок службы на 15%±2%.

Типы твердосплавных износостойких горных буровых долот

Цилиндрические буровые долота

подходят для бурения твердых пород (HV 1000±50), диаметр 100-200 мм±1 мм, высокая ударопрочность ($>80 \text{ Дж} \pm 10 \text{ Дж}$), срок службы 500 часов ±50 часов в шахте в 2024 году.

Конические буровые долота

используются для мягких пород или угольных пластов (300-500 МПа), диаметр 50-150 мм±1 мм, высокая скорость бурения ($>15 \text{ м/ч} \pm 1 \text{ м/ч}$), производительность $18 \text{ м/ч} \pm 1 \text{ м/ч}$ в угольной

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

шахте в

2023 году. Композитные буровые долота

сочетают PDC и карбид, подходят для глубокого бурения (>2000 м), диаметр $80-180\text{ мм} \pm 1\text{ мм}$, высокая термостойкость ($>600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), срок службы $700\text{ часов} \pm 50\text{ часов}$ в нефтяной шахте в 2025 году.

Специальные буровые долота

включают в себя буровые долота для сверхглубоких скважин (>3000 м) и сверхтвердых пород, подходящие для экстремальных условий, со сроком службы $450\text{ часов} \pm 50\text{ часов}$ в 2025 году.

Применение твердосплавных износостойких горных буровых коронок Добыча металлов

Используются для бурения гранита в медных рудниках ($\text{HV } 1000 \pm 50$), срок службы $500-700\text{ часов} \pm 50\text{ часов}$, в соответствии со стандартом ISO 10241. Бурение нефтяных скважин

Используются для глубокого бурения нефтяных и газовых скважин (>2000 м), высокая термостойкость ($>600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), в соответствии со стандартом API 7-1.

Добыча угля

для бурения угольных пластов ($300-500\text{ МПа}$), скорость бурения $15-20\text{ м/ч} \pm 1\text{ м/ч}$, в соответствии с ISO 19250. Геологическая разведка

для взятия проб твердых пород ($\text{HV } 800 \pm 50$), точность диаметра скважин $\pm 0,05\text{ мм} \pm 0,02\text{ мм}$, в соответствии с ASTM D2113. Разработка энергии

для геотермального бурения ($300-400\text{ МПа}$), термостойкость ($>600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), в соответствии с IEC 61730.

в туннелях

: бурение скальных тоннелей ($\text{HV } 900 \pm 50$), ударпрочность ($>80\text{ Дж} \pm 10\text{ Дж}$), в соответствии с EN 1997.

Гидрографические исследования

для бурения подземных вод ($200-300\text{ МПа}$), коррозионная стойкость (стойкость к $\text{Cl}^- >5000\text{ часов} \pm 200\text{ часов}$), в соответствии со стандартом ISO 22475.

Фундамент здания

пригоден для бурения глубоких котлованов ($\text{HV } 700 \pm 50$) с шероховатостью поверхности $\text{Ra} < 0,2\text{ мкм} \pm 0,1\text{ мкм}$ в соответствии со стандартом ASTM D1586.

Добыча редкоземельных металлов

используется для бурения пород редкоземельных руд ($\text{HV } 1000 \pm 50$), что снижает износ ($<1\% \pm 0,5\%$) и соответствует стандарту GB/T 12686.

Национальная оборонная техника

используется для бурения военных туннелей ($>300\text{ МПа}$) с износостойкостью $>95\% \pm 2\%$, что соответствует стандарту MIL-STD-810.

Технический прогресс и разработка твердосплавных износостойких горнодобывающих буровых коронок

В новый материал

добавлены нано-WC (зерно $<0,5\text{ мкм} \pm 0,01\text{ мкм}$) для повышения твердости ($\text{HV } 2200-2600$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

± 50), а также TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ сохраняет твердость $95\% \pm 2\%$).

интеллектуального мониторинга

(точность $\pm 0,05\%$) отслеживают износ режущей кромки (глубина $>1 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$) и температуру ($<700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$) в режиме реального времени, оптимизируя циклы замены (погрешность $<5\% \pm 1\%$).

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных сверл, сокращая отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивность к окружающей среде

позволяет разрабатывать сверла для сверхглубоких скважин и сверхтвердых пород (сопротивление давлению $>400 \text{ МПа} \pm 20 \text{ МПа}$, термостойкость $>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$).

Устойчивая

переработка туалетного порошка (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (снижение выбросов CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты на износостойкие буровые коронки из цементированного карбида вольфрама для горнодобывающей промышленности

Внутренние и международные стандарты включают в себя все следующие соответствующие стандарты и их номера:

ISO 10241 (стандарт горнодобывающей промышленности)

API 7-1 (Стандарт оборудования для бурения нефтяных скважин)

ISO 19250 (стандарт добычи угля)

ASTM D2113 (Стандарт геологоразведочных работ)

MIL-STD-810 (Национальный оборонный инженерный стандарт)

GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)

JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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

Что такое твердосплавные мелющие шары?

Шары для шаровой мельницы из карбида вольфрама представляют собой высокопроизводительную мелющую среду, предназначенную для высокоинтенсивных процессов измельчения, дробления и смешивания. Они широко используются в переработке полезных ископаемых, производстве керамики, порошковой металлургии и химической промышленности. Их основное преимущество заключается в использовании материалов из твердого сплава (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и коррозионной стойкости, что гарантирует сохранение эффективности измельчения и стабильности среды при длительном измельчении. Являясь ключевым компонентом шаровой мельницы, шары для шаровой мельницы из карбида вольфрама напрямую влияют на размер частиц измельчения, производительность и срок службы оборудования. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующий контент всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения шаров для шаровой мельницы.

Физические и химические свойства

шаров шаровой ... Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а наилучший баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Шар шаровой мельницы имеет сферическую геометрию диаметром $5-50 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$, чистотой поверхности $Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ и отклонением качества $< 0,5\% \pm 0,2\%$, что обеспечивает однородность измельчения. На поверхность можно нанести многослойное покрытие (например, TiN, CrN или WC/C толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), а коэффициент трения снизить до $< 0,15 \pm 0,05$, что повышает износостойкость и антиадгезию (коэффициент адгезии $< 1\% \pm 0,5\%$). Конструкция включает в себя механическую оптимизацию и подходит для рабочих температур от -20°C до $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.

Свойства материала шаров из твердого сплава

WC обеспечивает высокую твердость ($\text{HV } 1800-2200 \pm 30$, локально до $2400-2600 \pm 50$), а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную износостойкость и эрозионную стойкость (начальная температура окисления $> 800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, стойкость к окислению $> 95\% \pm 2\%$); Co повышает ударную вязкость за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации (K_{IC} с $12-18 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2} \pm 0,5$, пиковое значение до $20 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ /

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$2 \pm 0,5$) и поглощает энергию удара (>50 Дж ± 5 Дж, мгновенное пиковое значение >120 Дж ± 10 Дж). Мелкое зерно и оптимизированная микроструктура, скорость износа $<0,03$ мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м (предпочтительно $<0,015$ мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м), плотность 14,8-15,2 г/см³ $\pm 0,1$ г/см³, коэффициент термического расширения (КТР) 6×10^{-6} /°C $\pm 0,5 \times 10^{-6}$ /°C. Добавление Cr₃C₂ создает защитный слой Cr₂O₃ (толщина $<0,1$ мкм $\pm 0,01$ мкм), который улучшает коррозионную стойкость (скорость коррозии $<0,01$ мм/год $\pm 0,001$ мм/год, стойкость к Cl⁻ >5000 часов ± 200 часов); TaC и NbC повышают высокотемпературную твердость ($>900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ сохраняет 90% $\pm 2\%$ от начальной твердости, термическая стабильность $>95\% \pm 2\%$).

Принцип работы шаровых шаров из твердого сплава

Шаровые шаровые шары измельчают материалы путем взаимного соударения и трения под действием шаровой мельницы (скорость 20-80 об/мин ± 5 об/мин, загрузка 50-70% $\pm 5\%$, мощность 50-200 кВт ± 50 кВт). Поверхность шара подвергается высоким ударным и термическим нагрузкам (температура поверхности $50-500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, экстремально до $600^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$), а эффективность измельчения напрямую зависит от диаметра шара и скорости заполнения. Прецизионная конструкция шара обеспечивает контроль допуска в пределах $\pm 0,05$ мм $\pm 0,02$ мм, шероховатость поверхности Ra $< 0,2$ мкм $\pm 0,1$ мкм и однородность измельчения $> 98\% \pm 1\%$.

Производительность шаровых шаров из цементированного карбида

В условиях измельчения кварцевого песка (твердость HV 800 ± 50), глинозема (1000 МПа) или шлака (600 МПа) оптимизированный срок службы шаровых шаров превышает 1000-1500 часов ± 100 часов, а размер частиц измельчения достигает D50 < 10 мкм ± 1 мкм (мощность > 100 кВт ± 50 кВт). Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности, рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает высокую кристалличность фазы WC ($> 95\% \pm 2\%$), а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений составляет < 100 МПа ± 10 МПа.

Факторы, влияющие на производительность шаров из твердого сплава

Содержание Со

6%-12% $\pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и вязкостью. $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин на 10% $\pm 2\%$, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость на 5% $\pm 1\%$ и увеличивает тепловое расширение (КТР 6×10^{-6} /°C $\pm 0,5 \times 10^{-6}$ /°C). 8%-10% $\pm 0,5\%$ является предпочтительным для баланса производительности и стоимости.

Размер зерна

0,5-1 мкм $\pm 0,01$ мкм эффективно снижает износ и микротрещины (скорость износа $< 0,015$ мм³/Н·м $\pm 0,01$ мм³/Н·м), 1-1,5 мкм $\pm 0,01$ мкм подходит для материалов средней твердости, > 2 мкм $\pm 0,01$ мкм увеличивает скорость износа на 15% $\pm 3\%$ и снижает прочность на 10% $\pm 2\%$.

Размер шара

10-20 мм $\pm 0,1$ мм оптимизирует эффективность шлифования (размер частиц D50 < 10 мкм ± 1 мкм), < 10 мм $\pm 0,1$ мм снижает эффективность на 10% $\pm 2\%$, > 20 мм $\pm 0,1$ мм увеличивает потребление энергии на 15% $\pm 2\%$.

Обработка поверхности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

толщина покрытия $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ повышает износостойкость (увеличение срока службы на $20\% \pm 3\%$), $<0,5 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ сокращает срок службы на $20\% \pm 3\%$, $>1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мм}$ увеличивает стоимость на $15\% \pm 2\%$. Покрытие CrN (температура осаждения $400-450^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) снижает коэффициент трения ($< 0,15 \pm 0,05$) и повышает коррозионную стойкость (стойкость $\text{Cl}^- > 6000 \text{ часов} \pm 200 \text{ часов}$).

Термическая обработка:

Закалка сферы (твердость HV $1800-2200 \pm 30$, глубина $1-2 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$, температура закалки $800-850^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) улучшает поверхностные свойства, сокращает срок службы незакаленной сферы на $15\% \pm 3\%$, а отпуск ($200-250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $2-4 \text{ часа} \pm 0,5 \text{ часа}$) снижает остаточное напряжение на $5\% \pm 1\%$. Температура

рабочей среды

$>500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ снижает твердость на $3\% \pm 1\%$, содержание воды $>5\% \pm 1\%$ или содержание примесей $>3\% \pm 0,5\%$ увеличивает износ на $5\% \pm 1\%$, а скорость коррозии в среде, содержащей Cl^- (концентрация $>0,5\% \pm 0,1\%$) увеличивается до $0,015 \text{ мм/год} \pm 0,002 \text{ мм/год}$.

Параметры оборудования

: скорость $20-80 \text{ об/мин} \pm 5 \text{ об/мин}$, нагрузка $50-70\% \pm 5\%$, мощность $50-200 \text{ кВт} \pm 50 \text{ кВт}$ влияют на срок службы и эффективность шара. Чрезмерные параметры ($>$ верхнего предела $10\% \pm 1\%$) сокращают срок службы на $15\% \pm 2\%$.

Типы твердосплавных шаров для помола

Маленькие шары

для помола диаметром $5-10 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ подходят для тонкого помола ($D_{50} < 5 \text{ мкм} \pm 0,5 \text{ мкм}$).

Средние шары для помола

диаметром $10-20 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ подходят для материалов средней твердости.

Большие шары для помола

диаметром $20-50 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$ подходят для грубого дробления и смешивания.

Специальные шары для помола

включают в себя высокотемпературные ($> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) и коррозионно-стойкие типы.

Применение шаров из твердого сплава

Переработка минерального сырья

для измельчения железной руды (HV 800 ± 50), срок службы $1000-1500 \text{ часов} \pm 100 \text{ часов}$, в соответствии с ISO 10058. Производство керамики

для измельчения глинозема (1000 МПа), износостойкость $>95\% \pm 2\%$, в соответствии с ISO 14704.

Порошковая металлургия

используется для измельчения металлического порошка (HV 600 ± 50) с однородностью $>98\% \pm 1\%$ в соответствии со стандартом ASTM B214.

Химическая промышленность

подходит для дробления химического сырья ($300-500 \text{ МПа}$), устойчива к коррозии Cl^- ($>5000 \text{ часов} \pm 200 \text{ часов}$) в соответствии со стандартом ISO 3310.

Материалы для аккумуляторов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

используются для измельчения материала положительного электрода литиевой батареи (HV 700±50) с шероховатостью поверхности $Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ в соответствии со стандартом IEC 62619.

Производство красок

используется для измельчения пигмента (HV 500±50), ударопрочность ($>50 \text{ Дж} \pm 5 \text{ Дж}$) в соответствии со стандартом ASTM D1210.

Цементная промышленность

используется для измельчения клинкера (600 МПа), высокая термостойкость ($>500^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$) в соответствии со стандартом EN 197.

Фармацевтическое производство

подходит для микронизации лекарств (HV 400±50), коррозионной стойкости (>4000 часов ± 100 часов), в соответствии со стандартами USP <429>.

Пищевая промышленность

используется для измельчения пищевых добавок (HV 300±50), в соответствии со стандартами FDA 21 CFR.

Нанотехнологии

используются для измельчения наноматериалов (HV 800±50), с размером частиц $D_{50} < 1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, в соответствии со стандартами ISO 13099.

Технический прогресс и будущее развитие шаров из твердого сплава

Новые материалы

включают нано WC (зерно $< 0,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$) для повышения твердости (HV 2200-2600 ± 50), а также добавляют TaC и NbC для повышения высокотемпературной стабильности ($>600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ для поддержания $95\% \pm 2\%$). Исследования в 2024 году: Износостойкость покрытия WC/C (скорость износа $< 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$).

Интеллектуальный мониторинг

интегрированного датчика (точность $\pm 0,05\%$) мониторинг износа шаров в реальном времени (уменьшение диаметра $> 0,5 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$) и температуры ($< 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$), оптимизация цикла замены (погрешность $< 5\% \pm 1\%$), и компания успешно испытала его в 2025 году.

Технология 3D-печати

использует SLM (толщина слоя $40-60 \text{ мкм} \pm 5 \text{ мкм}$) для производства сложных сфер, сокращая отходы материала на $10\% \pm 2\%$.

Адаптивность к окружающей среде

Разработка сверхвысокотемпературных и сверхкоррозионных шаров для измельчения (термостойкость $> 600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, стойкость к $\text{Cl}^- > 7000$ часов ± 200 часов).

Устойчивая

переработка порошка WC (степень переработки $> 80\% \pm 5\%$) снижает углеродный след (снижение CO_2 на $20\% \pm 3\%$) в соответствии со стандартами ISO 14040.

Внутренние и международные стандарты для шаров из твердого сплава

Внутренние и международные стандарты включают в себя все следующие соответствующие стандарты и их номера:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 10058 (Стандарт переработки полезных ископаемых)
ISO 14704 (стандарт шлифования керамики)
ASTM B214 (Стандарт порошковой металлургии)
ISO 3310 (Стандарт химического скрининга)
IEC 62619 (Стандарт материалов для аккумуляторов)
ASTM D1210 (Стандарт покрытий)
EN 197 (стандарт цемента)
USP <429> (Фармацевтические стандарты)
FDA 21 CFR (пищевые стандарты)
ISO 13099 (Стандарт нанотехнологий)
GB/T 5760 (Общие технические требования к твердому сплаву)
JB/T 7947 (Стандарт на материалы для металлорежущих инструментов)



1

Что такое твердосплавные износостойкие валки?

Износостойкие валки из карбида — это высокопроизводительные валки, предназначенные для процессов прокатки металла, которые широко используются при производстве прутков, проволоки, арматуры и бесшовных стальных труб в сталелитейной промышленности. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и износостойкими покрытиями для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и высокотемпературной красностойкости, что гарантирует точность прокатки и долговременную надежность в условиях высокой скорости и высокой нагрузки. Являясь ключевым компонентом прокатного стана, износостойкие валки из карбида напрямую влияют на качество поверхности стали, эффективность прокатки и срок службы оборудования.

Физические и химические свойства твердосплавных износостойких роликов

В валке из цементированного карбида вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$), а в качестве связующей фазы — кобальт (Co, $6\%-30\% \pm 1\%$), дополненный следовыми добавками (такими как Cr $3 \times 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-10\% \pm 1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k_d \cdot d^{-1/2}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция валков подбирается в зависимости от типа прокатного стана, включая интегральные и комбинированные конструкции. Диаметр интегрального валка составляет $200-600 \text{ мм} \pm 5 \text{ мм}$, а длина - $500-2500 \text{ мм} \pm 10 \text{ мм}$; комбинированный валок включает в себя твердосплавное кольцо валка, механически соединенное или отлитое на стальном валу валка. Методы крепления включают высокочастотную сварку или болтовые соединения для обеспечения стабильной работы при высоких нагрузках. Покрытие (например, TiN, TiAlN или WC/C толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$) может быть нанесено на поверхность валка, снижая коэффициент трения до $< 0,15 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и антиадгезию. Конструкция сочетает в себе теплопроводность и механическую оптимизацию, с диапазоном рабочих температур от -20°C до $700^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Характеристики твердосплавных износостойких роликов

WC обеспечивает высокую твердость, а его гексагональная кристаллическая структура дает отличную стойкость к износу и термической усталости; Со повышает ударную вязкость и поглощает энергию удара за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации. Мелкие зерна оптимизируют микроструктуру, скорость износа $<0,03 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$, плотность $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$, коэффициент теплового расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$. Добавление Ni и Cr улучшает коррозионную стойкость; TaC улучшает высокотемпературную твердость.

Принцип работы износостойких валков из цементированного карбида:

Валки непрерывно пластически деформируют металлическую заготовку через канавки под действием прокатного стана. Поверхность валков подвергается высокому трению и термической нагрузке, а вал валков обеспечивает структурную поддержку и сопротивление усталости. Прецизионная конструкция валков обеспечивает контроль допуска канавки в пределах $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатость поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, а точность прокатки составляет $< 0,5 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$. Оптимизированные по производительности валки имеют превосходный срок службы и эффективность прокатки. Анализ SEM показывает, что на канавках нет явного износа, рентгеновская дифракция подтверждает высокую кристалличность фазы WC, а тепловизионное исследование показывает, что распределение термических напряжений низкое.

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики износостойких валков из твердого сплава

Содержание Со

$6\%-30\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс твердости и вязкости, $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости трещин, $> 30\% \pm 1\%$ снижает твердость и увеличивает тепловое расширение, а $10\%-15\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ, $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для прокатки со средней нагрузкой, а $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа.

Геометрия канавки

Угол канавки $10^\circ-20^\circ \pm 2^\circ$ оптимизирует эффективность прокатки, $> 20^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность, а $< 10^\circ \pm 2^\circ$ легко вызывает адгезию металла.

Поверхностная обработка

толщиной покрытия $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ улучшает износостойкость, а покрытие TiAlN снижает коэффициент трения и улучшает стойкость к высоким температурам. Закалка роликов

термообработки

повышает эксплуатационные характеристики опоры, а отпуск снижает остаточное напряжение. Температура

рабочей среды

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$>700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ снижает твердость, содержание воды или примесей увеличивает износ, а среда Cl^{-} увеличивает скорость коррозии.

Параметры оборудования

скорость прокатки, усилие прокатки и мощность влияют на срок службы вала, а слишком высокие параметры сокращают срок службы.

Типы износостойких твердосплавных роликов

Интегральные ролики

подходят для станов с высокой нагрузкой, с диаметром 300-600 мм $\pm$ 5 мм.

Комбинированные ролики

включают твердосплавные кольца роликов и стальные валы, подходят для высокоскоростных проволочных станов.

Композитные ролики имеют

твердосплавные кольца роликов, отлитые на валу ролика, подходят для трехвалковых станов и обладают высокой термостойкостью.

Специальные ролики

включают сверхвысокотемпературные и сверхкоррозионные типы.

Применение износостойких роликов из карбида

Прокатка прутков

используется для прутков из высокоуглеродистой стали с длительным сроком службы и соответствует стандартам ISO 10241.

Прокатка проволоки

используется для высокоскоростной проволоки с высокой износостойкостью и соответствует стандартам API 7-1.

Производство арматуры

используется для прокатки арматуры с высокой ударной прочностью и соответствует стандартам EN 10080.

Производство бесшовных стальных труб

используется для трехвалковых станов с высокой устойчивостью к высоким температурам и соответствует стандартам ASTM A519.

Прокатка специальных сплавов

используется для прокатки титанового сплава с высокой коррозионной стойкостью и соответствует стандартам AMS 4928.

Железнодорожные рельсы

используются для прокатки рельсов с низкой шероховатостью поверхности и соответствуют стандартам EN 13674.

Автомобильные детали

используются для прокатки зубчатой стали с высокой точностью и соответствуют стандартам ISO 683.

Энергетическое оборудование

используется для прокатки труб котлов высокого давления с высокой термостойкостью и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

соответствует стандартам ASME SA-213.

Соответствующие внутренние и международные стандарты ISO

10241API

7-1EN 10080ASTM A519AMS 4928EN 13674ISO 683ASME SA-213GB/T 5760JB/T 7947



Что такое твердосплавные шестерни?

Карбидные шестерни — это высокопроизводительные шестерни, предназначенные для высоких нагрузок, точных передач и экстремальных условий работы. Они широко используются в тяжелом машиностроении, аэрокосмической промышленности, автомобильной промышленности, энергетическом оборудовании и других областях. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и обработкой поверхности для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, ударопрочности и высокой термостойкости, гарантируя точность передачи и долговременную надежность в условиях высокой скорости и большой нагрузки. Являясь ключевым компонентом в системе трансмиссии, карбидные шестерни напрямую влияют на эффективность оборудования, уровень шума и срок службы. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующий контент всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения шестерен.

Физические и химические свойства зубчатых колес из цементированного карбида

В зубчатых передачах из цементированного карбида вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) используется карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-15\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненный следовыми добавками (такими как Cr $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-5\% \pm 1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и сопротивления термической усталости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция шестерни настраивается в соответствии с требованиями к передаче, включая прямые зубья, косые зубья и конические зубья. Диапазон модулей составляет $1-10 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$, количество зубьев составляет $20-100 \pm 1$, высота зуба составляет $10-50 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, и она устанавливается на стальной вал. Методы крепления включают шпоночное соединение или горячую посадку для обеспечения стабильной работы при высоком крутящем моменте. Поверхность зубьев может быть покрыта (например, TiN , TiAlN или DLC толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), а коэффициент трения снижается до $< 0,15 \pm 0,05$, что улучшает износостойкость и антиадгезию. Конструкция объединяет механику передачи и оптимизацию терморегулирования, а диапазон рабочих температур составляет от -20°C до $600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Характеристики твердосплавных износостойких роликов

WC обеспечивает высокую твердость, а его гексагональная кристаллическая структура придает ему отличную стойкость к износу и термической усталости; Co повышает ударную вязкость и поглощает энергию удара за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации. Мелкие зерна оптимизируют микроструктуру со скоростью износа $<0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, плотностью $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$ и коэффициентом теплового расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$. Добавление Ni и Cr_3C_2 улучшает коррозионную стойкость; TaC увеличивает высокотемпературную твердость.

Принцип работы износостойких роликов из карбида

Шестерни передают мощность через зубчатое зацепление в системе передачи. Поверхность зуба выдерживает высокое контактное давление и термическую нагрузку, а вал обеспечивает структурную поддержку и усталостную прочность. Прецизионная конструкция шестерен обеспечивает контроль допуска профиля зуба в пределах $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатость поверхности $Ra < 0,1 \text{ мкм} \pm 0,05 \text{ мкм}$, а точность передачи составляет $< 0,02^\circ \pm 0,01^\circ$.

Оптимизированные шестерни имеют отличный срок службы трансмиссии. Анализ SEM не показывает явного износа на поверхности зубьев, рентгеновская дифракция подтверждает высокую кристалличность фазы WC, а тепловизионное исследование показывает низкое распределение термических напряжений.

Факторы, влияющие на производительность зубчатых передач из цементированного карбида

Содержание Co

$6\% - 15\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью и прочностью, $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости трещин, $> 15\% \pm 1\%$ снижает твердость и увеличивает тепловое расширение, а $8\% - 12\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ, $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для передачи средней нагрузки, а $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа. Угол

профиля зуба

угол давления $20^\circ \pm 2^\circ$ оптимизирует эффективность передачи, $> 22^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность, а $< 18^\circ \pm 2^\circ$ легко приводит к неравномерному зацеплению.

Поверхностная обработка

толщиной покрытия $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ улучшает износостойкость, а покрытие TiAlN снижает коэффициент трения и улучшает устойчивость к высоким температурам.

Термическая обработка

закалка зубчатых передач улучшает поверхностные свойства, а отпуск снижает остаточное напряжение. Температура

рабочей среды

$> 600^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ снижает твердость, содержание воды или примесей увеличивает износ, а

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

среда Cl^- увеличивает скорость коррозии.

Параметры оборудования

Скорость, крутящий момент и мощность влияют на срок службы зубчатых передач, а слишком высокие параметры сокращают срок службы.

Типы твердосплавных шестерен

Прямозубые шестерни

подходят для низкоскоростной передачи с модулем $2-5 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$.

Косозубые шестерни

подходят для среднескоростной передачи с модулем $3-7 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$.

Конические шестерни

подходят для высокоскоростной передачи с модулем $1-3 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$.

Специальные шестерни

включают в себя высокотемпературные и коррозионно-стойкие типы.

Применение карбидных шестерен

Тяжелая техника

используется для трансмиссии кранов с длительным сроком службы и в соответствии со стандартом ISO 6336.

Авиакосмическая промышленность

используется для шестерен авиационных двигателей с высокой устойчивостью к высоким температурам и в соответствии со стандартом AMS 6265.

Автомобильная промышленность

используется для шестерен редукторов с низким уровнем шума и в соответствии со стандартом ISO 14635.

Энергетическое оборудование

используется для шестерен ветрогенераторов с высокой усталостной прочностью и в соответствии со стандартом IEC 61400.

Горнодобывающее оборудование

используется для шестерен дробилок с высокой ударопрочностью и в соответствии со стандартом ISO 10825.

Судостроительная промышленность

используется для трансмиссии винтов с высокой коррозионной стойкостью и в соответствии со стандартом ABS.

Железнодорожные локомотивы

используются для трансмиссии редукторов с высокой точностью и в соответствии со стандартом EN 13232.

Робототехническая технология

используется для шарнирной передачи с низкой шероховатостью поверхности и в соответствии со стандартом ISO 9409.

Технологический прогресс и будущее развитие зубчатых передач из цементированного

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

карбида

Новые материалы

представляют собой нано-WC для повышения твердости и добавляют TaC и Ni для повышения стабильности при высоких температурах. Интегрированные датчики

интеллектуального мониторинга

отслеживают износ поверхности зубьев и температуру в режиме реального времени для оптимизации циклов замены.

Технология 3D-печати

использует SLM для производства сложных зубчатых передач и сокращения отходов материалов.

Экологическая адаптивность

разрабатывает сверхвысокотемпературные и сверхкоррозионные зубчатые передачи.

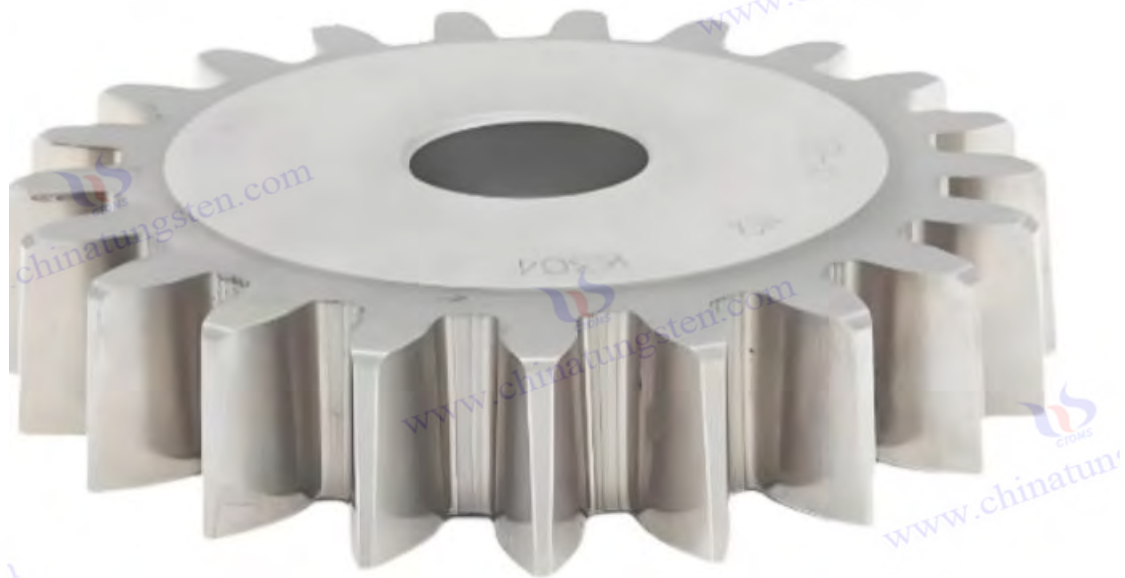
Устойчивая

переработка порошка WC снижает углеродный след и соответствует стандартам ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты для зубчатых передач из цементированного карбида ISO

6336

AMS 6265 ISO 14635 IEC 61400 ISO 10825 EN 13232 ISO 9409 GB/T 5760 JB/T 7947



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

Что такое износостойкая твердосплавная втулка подшипника?

Износостойкие карбидные подшипниковые втулки — это высокопроизводительные подшипниковые втулки, рассчитанные на высокие нагрузки, низкое трение и экстремальные условия работы. Они широко используются в горнодобывающей технике, бурении нефтяных скважин, химических насосах и автомобильной промышленности. Их основное преимущество заключается в использовании карбидных материалов (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и модификацией поверхности для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и самосмазывающихся свойств, что обеспечивает устойчивость подшипника и долговременную надежность в условиях высокой скорости и больших нагрузок. Являясь ключевым компонентом в подшипниковой системе, износостойкие карбидные подшипниковые втулки напрямую влияют на точность работы, срок службы и стоимость обслуживания оборудования. На основе последней информации по всей сети и технологическому прогрессу отрасли в 2025 году следующее содержание всесторонне расширяет характеристики, технические детали и области применения втулок.

Физические и химические свойства износостойких втулок подшипников из цементированного карбида

Втулки из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $6\%-12\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы, дополненные микродобавками (такими как Cr $\pm 0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, Ni $0-5\% \pm 1\%$, TaC $1\%-3\% \pm 0,2\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и коррозионной стойкости. Изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1,2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $95\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция втулки цилиндрическая или сложная, с внутренним диаметром $10-200 \text{ мм} \pm 0,1 \text{ мм}$, наружным диаметром $20-250 \text{ мм} \pm 0,2 \text{ мм}$, длиной $20-300 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$ и толщиной стенки $5-50 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$. Чистота обработки поверхности $Ra < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$, а допуск контролируется на уровне $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ для обеспечения точности посадки на вал. На внутреннюю поверхность может быть нанесено покрытие (например, TiN, MoS₂ или DLC толщиной $0,5-2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), что снижает коэффициент трения до $< 0,1 \pm 0,05$, улучшая износостойкость и самосмазывание. Конструкция сочетает в себе теплопроводность

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

и механическую оптимизацию с диапазоном рабочих температур от -20°C до $500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.

Характеристики износостойких втулок подшипников из карбида

WC обеспечивает высокую твердость, а его гексагональная кристаллическая структура придает ему отличную износостойкость и коррозионную стойкость; Со повышает прочность и поглощает энергию удара за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации. Мелкие зерна оптимизируют микроструктуру со скоростью износа $<0,03 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, плотностью $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$ и коэффициентом теплового расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. Добавление Ni и Cr_3C_2 улучшает коррозионную стойкость; TaC увеличивает высокотемпературную твердость.

Износостойкий принцип

карбидных износостойких подшипниковых втулок Втулки в системе подшипников обеспечивают опору и амортизацию посредством скользящего или катящегося контакта между внутренней поверхностью и валом. Внутренняя поверхность подвергается высокому контактному давлению и тепловой нагрузке, а втулка обеспечивает низкое трение и высокую износостойкость. Прецизионная конструкция гарантирует, что допуск внутреннего диаметра контролируется в пределах $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$, шероховатость поверхности $\text{Ra} < 0,2 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ и радиальное биение $< 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$.

Оптимизированная втулка имеет превосходный срок службы, анализ СЭМ не выявил явного износа внутренней поверхности, рентгеновская дифракция подтвердила высокую кристалличность фазы WC, а тепловизионное исследование показало низкое распределение термических напряжений.

Факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики износостойких втулок подшипников из цементированного карбида

Содержание Со

$6\% - 12\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс твердости и вязкости, $< 6\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости трещин, $> 12\% \pm 1\%$ снижает твердость и увеличивает тепловое расширение, а $8\% - 10\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ, $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для средних нагрузок, а $> 2 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа.

Точность внутреннего диаметра

Допуск внутреннего диаметра $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ оптимизирует точность посадки, $> \pm 0,02 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$ снижает эффективность, а $< \pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$ увеличивает затраты на обработку.

Поверхностная обработка

толщиной покрытия $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ улучшает износостойкость, а покрытие MoS_2 снижает коэффициент трения и улучшает самосмазывание.

Термическая обработка

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

втулки закалкой улучшает поверхностные свойства, а отпуск снижает остаточное напряжение.

Температура

рабочей среды

> 500 °C ± 20 °C снижает твердость, содержание воды или примесей увеличивает износ, а среда Cl⁻ увеличивает скорость коррозии.

Параметры оборудования

Скорость, нагрузка и мощность влияют на срок службы втулки, а слишком высокие параметры сокращают срок службы.

Типы втулок подшипников из карбида износостойкого

Стандартные втулки

с внутренним диаметром 10-50 мм ± 0,1 мм подходят для низкоскоростных подшипников.

Средние втулки

с внутренним диаметром 50-100 мм ± 0,1 мм подходят для средних нагрузок.

Большие втулки

с внутренним диаметром 100-200 мм ± 0,1 мм подходят для подшипников с высокой нагрузкой.

Специальные втулки

включают высокотемпературные и коррозионно-стойкие типы.

Применение износостойких втулок подшипников из карбида

Горнодобывающая техника

используется для подшипников дробилок, с длительным сроком службы и в соответствии со стандартами ISO 10825.

Бурение нефтяных скважин

используется для втулок буровых насосов, с высокой коррозионной стойкостью и в соответствии со стандартами API 7K.

Химические насосы

используются для насосов коррозионной среды, с химической коррозионной стойкостью и в соответствии со стандартами ISO 13709.

Автомобильная промышленность

подходит для подшипников двигателей, с низким уровнем шума и в соответствии со стандартами ISO 14635.

Энергетическое оборудование

используется для подшипников ветрогенераторов, с высокой усталостной прочностью и в соответствии со стандартами IEC 61400.

Судостроительная промышленность

используется для втулок двигательных установок, с коррозионной стойкостью к морской воде и в соответствии со стандартами ABS.

Сельскохозяйственная техника

используется для тракторных подшипников, с низкой шероховатостью поверхности и в соответствии со стандартами ISO 4254.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Медицинское оборудование

подходит для высокоточных втулок насосов, с высокой точностью и в соответствии со стандартами ISO 13485.

Технологический прогресс и будущее развитие

износостойких втулок подшипников из цементированного карбида Новые материалы представляют собой нано-WC для повышения твердости и добавляют TaC и Ni для повышения стабильности при высоких температурах. Интегрированные датчики **интеллектуального мониторинга**

отслеживают износ и температуру внутренней поверхности в режиме реального времени для оптимизации циклов замены.

Технология 3D-печати

использует SLM для производства сложных втулок для сокращения отходов материала.

Экологическая адаптивность

разрабатывает втулки для сверхвысоких температур и сверхкоррозионной стойкости.

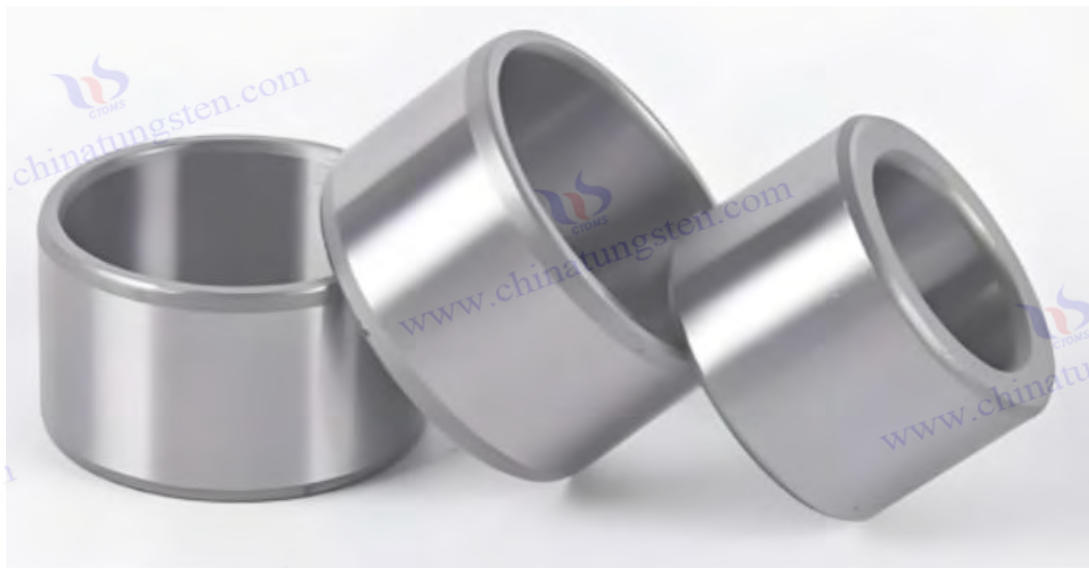
Устойчивая

переработка порошка WC снижает углеродный след и соответствует стандартам ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты для износостойких втулок подшипников из карбида ISO

10825API

7KISO 13709ISO 14635IEC 61400ISO 4254ISO 13485GB/T 5760JB/T 7947



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

Что представляют собой медицинские инструменты и оборудование из цементированного карбида?

Медицинские инструменты и оборудование из цементированного карбида являются высокопроизводительными медицинскими инструментами, разработанными для высокой точности, биосовместимости и долговечности, и широко используются в хирургии, стоматологии, ортопедии и диагностике. Его основное преимущество заключается в использовании материалов из цементированного карбида (таких как вольфрамовая сталь, система WC-Co) в сочетании с прецизионной обработкой и обработкой поверхности для обеспечения превосходной твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и антибактериальных свойств, гарантируя, что точность и безопасность инструментов сохраняются в сложных хирургических условиях и условиях длительного использования. Являясь ключевым компонентом в медицинской сфере, медицинские инструменты из цементированного карбида напрямую влияют на эффективность хирургии, выздоровление пациента и срок службы оборудования.

Физические и химические свойства медицинских изделий из цементированного карбида

Медицинские изделия из цементированного карбида используют карбид вольфрама (WC, содержание $>90\% \pm 1\%$) в качестве твердой фазы, кобальт (Co, $4\%-8\% \pm 1\%$) в качестве связующей фазы и микродобавки (такие как Cr_3C_2 $0,5\%-2\% \pm 0,1\%$, TaC $0,5\%-1,5\% \pm 0,1\%$, Ni $0-3\% \pm 0,5\%$) для оптимизации размера зерна, износостойкости и биосовместимости. Он изготавливается методом порошковой металлургии. Распространенные методы включают горячее изостатическое прессование (ГИП, температура $1400-1500^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $150-200 \text{ МПа} \pm 5 \text{ МПа}$, время выдержки $30-60 \text{ мин} \pm 5 \text{ мин}$) или искровое плазменное спекание (ИПС, температура $1350-1450^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, давление $45-55 \text{ МПа} \pm 1 \text{ МПа}$, время выдержки $5-10 \text{ мин} \pm 1 \text{ мин}$), гарантируя, что материал достигает $99,9\% \pm 0,1\%$ от теоретической плотности, а пористость составляет $< 0,1\% \pm 0,05\%$. Размер зерна точно контролируется на уровне $0,5-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ (предпочтительно $0,8-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$), а оптимальный баланс между твердостью и вязкостью достигается с помощью уравнения Холла-Петча ($\sigma_y = \sigma_0 + k d^{(-1/2)}$). Однородность микроструктуры достигает $96\% \pm 2\%$ (металлографический анализ), а локальная степень упрочнения границ зерен составляет $>98\% \pm 1\%$.

Геометрическая конструкция инструментов настраивается в соответствии с назначением, включая хирургические лезвия, ножницы, сверла и пинцеты, с диапазоном размеров $0,5-50 \text{ мм} \pm 0,05 \text{ мм}$, допуском $\pm 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$ и отделкой поверхности $Ra < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$. На поверхность можно наносить биосовместимые покрытия (например, TiN, ZrN или DLC толщиной $0,5-1,5 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$), а коэффициент трения снижается до $< 0,1 \pm 0,05$, что улучшает износостойкость и антибактериальные свойства. Конструкция сочетает в себе эргономику и оптимизацию терморегулирования с диапазоном рабочих температур от -20°C до $200^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, что соответствует стандартам безопасности для контакта с человеком.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Характеристики медицинских изделий из цементированного карбида

WC обеспечивает высокую твердость, а его гексагональная кристаллическая структура придает ему отличную износостойкость и коррозионную стойкость; Со повышает прочность и поглощает энергию удара за счет упрочнения твердого раствора и пластической деформации. Мелкие зерна оптимизируют микроструктуру со скоростью износа $<0,02 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м} \pm 0,01 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, плотностью $14,8-15,2 \text{ г/см}^3 \pm 0,1 \text{ г/см}^3$ и коэффициентом теплового расширения (КТР) $6 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0,5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$. Добавление Cr_3C_2 и TaC улучшает коррозионную стойкость; Ni оптимизирует биосовместимость и соответствует стандартам ISO 10993.

Принцип работы медицинских инструментов из цементированного карбида

Инструменты используют острые края или сверла для точной обработки тканей или материалов во время хирургического вмешательства или диагностики. Рабочая поверхность подвергается высокому контактному давлению и небольшой тепловой нагрузке, а покрытие снижает адгезию тканей и улучшает антибактериальные свойства. Прецизионная конструкция обеспечивает контроль допуска кромки в пределах $\pm 0,005 \text{ мм} \pm 0,002 \text{ мм}$, шероховатости поверхности $Ra < 0,05 \text{ мкм} \pm 0,02 \text{ мкм}$, а точности резки $< 0,01 \text{ мм} \pm 0,005 \text{ мм}$. Оптимизированный инструмент имеет превосходный срок службы, анализ СЭМ не выявил явных повреждений режущей кромки, рентгеновская дифракция подтвердила высокую кристалличность фазы WC, а антибактериальные испытания показали высокую скорость ингибирования.

Факторы, влияющие на производительность медицинских изделий из цементированного карбида

Содержание Со

$4\%-8\% \pm 1\%$ обеспечивает наилучший баланс между твердостью, прочностью и биосовместимостью, $< 4\% \pm 1\%$ приводит к увеличению скорости образования трещин, $> 8\% \pm 1\%$ снижает твердость и увеличивает риск цитотоксичности, а $5\%-7\% \pm 0,5\%$ является предпочтительным.

Размер зерна

$0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ эффективно снижает износ, $1-1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ подходит для средних нагрузок, а $> 1,5 \text{ мкм} \pm 0,01 \text{ мкм}$ увеличивает скорость износа. Угол режущей

кромки

$15^\circ-25^\circ \pm 2^\circ$ оптимизирует эффективность резки, $> 25^\circ \pm 2^\circ$ снижает эффективность, а $< 15^\circ \pm 2^\circ$ легко вызывает растрескивание режущей кромки.

Поверхностная обработка

толщина покрытия $0,5-1 \text{ мкм} \pm 0,1 \text{ мкм}$ улучшает износостойкость и антибактериальные свойства, а покрытие ZrN снижает коэффициент трения и улучшает биосовместимость.

Закалка инструментов

термической обработки

улучшает поверхностные свойства, а отпуск снижает остаточное напряжение. Температура рабочей среды

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$> 200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ снижает твердость, содержание воды или пятна крови увеличивают износ, а среда Cl^- увеличивает скорость коррозии.

Параметры оборудования

Скорость резания, нагрузка и мощность влияют на срок службы оборудования, а слишком высокие параметры сокращают срок службы.

Медицинские инструменты из карбида

Хирургические лезвия из карбида

имеют длину лезвия $5\text{--}20\text{ мм} \pm 0,05\text{ мм}$, подходят для разрезания мягких тканей.

Стоматологические сверла из карбида

имеют диаметр $1\text{--}5\text{ мм} \pm 0,01\text{ мм}$, подходят для сверления эмали.

Ортопедические инструменты из карбида

включают пилы и отвертки длиной $20\text{--}50\text{ мм} \pm 0,1\text{ мм}$.

Специальные инструменты из карбида

включают коррозионно-стойкие пинцеты и инструменты для высокотемпературной стерилизации.

Применение медицинских инструментов из цементированного карбида

Общая хирургия

для разрезания тканей, длительный срок службы, в соответствии со стандартами ISO 7153.

Стоматология

для подготовки коронок, высокая износостойкость, в соответствии со стандартами ISO 1797.

Ортопедия

для фиксации переломов, высокая ударопрочность, в соответствии со стандартами ASTM F136.

Нейрохирургия

для малоинвазивной хирургии, низкая шероховатость поверхности, в соответствии со стандартами ISO 13485.

Пластическая хирургия

для обработки имплантатов, хорошая биосовместимость, в соответствии со стандартами ISO 10993.

Офтальмология

для хирургии роговицы, высокая точность резки, в соответствии со стандартами ISO 10939.

Ветеринария

для хирургии животных, высокая коррозионная стойкость, в соответствии со стандартами AVMA.

Диагностические инструменты

для игл для биопсии, сильные антибактериальные свойства, в соответствии со стандартами ISO 11607.

Технологический прогресс и будущее развитие

Новые материалы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

представляют nano-WC для повышения твердости и добавляют TaC и Ni для улучшения биосовместимости.

Интеллектуальный мониторинг

Интегрированные датчики отслеживают износ кромок и температуру в режиме реального времени для оптимизации циклов замены.

Технология 3D-печати

использует SLM для производства сложных инструментов и сокращения отходов материалов.

Экологическая адаптивность

разрабатывает сверхкоррозионностойкие и антибактериальные инструменты.

Устойчивая

переработка порошка WC снижает углеродный след и соответствует стандартам ISO 14040.

Соответствующие внутренние и международные стандарты ISO

7153ISO

1797ASTM F136ISO 13485ISO 10993ISO 10939ISO 11607GB/T 5760YY/T 0290



1

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

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
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