

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

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.

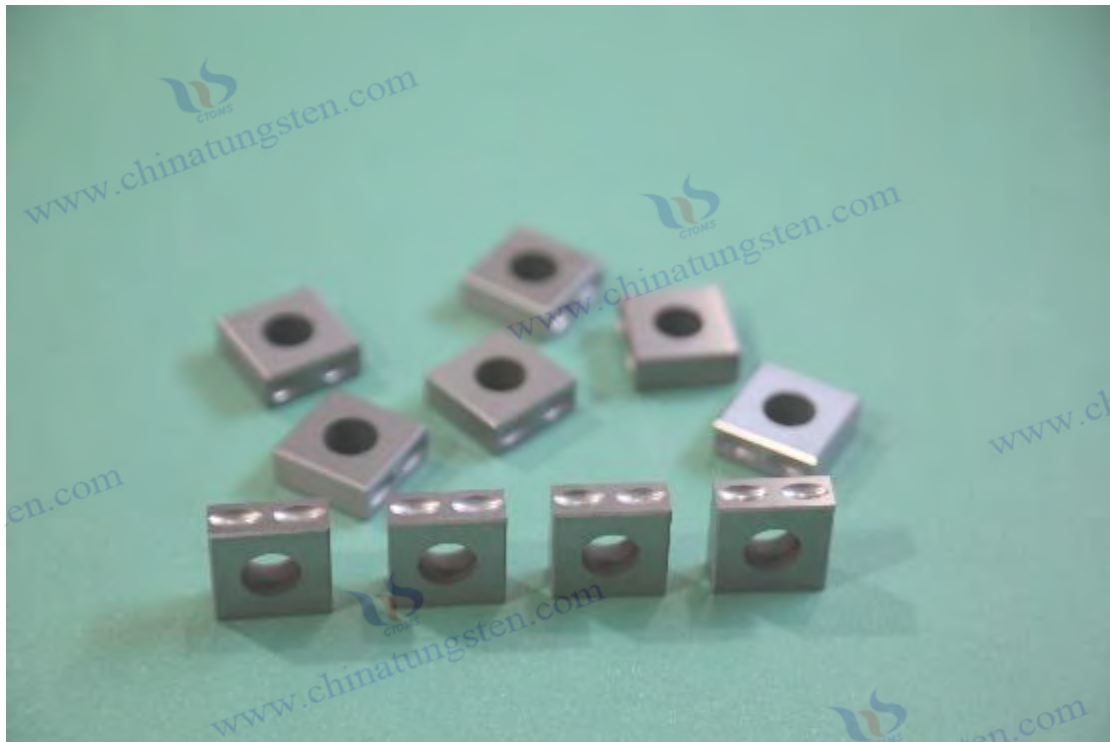
Доктор Ханис и его команда в CTIA GROUP, основываясь на своем более чем 30-летнем опыте работы в отрасли, также написали и опубликовали знания, технологии, анализ цен на вольфрам и рыночных тенденций, связанных с вольфрамом, молибденом и редкоземельными металлами, свободно делясь ими с вольфрамовой промышленностью. 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



Последовательность

Высокая энтропия цементированного карбида, обусловленная искусственным интеллектом

И тенденция развития номера партии твердого сплава

Тенденция развития искусственного интеллекта

Высокоэнтропийный цементированный карбид (HECC) и

Марка цементированного карбида для конкретной партии (BSCCG)

1. Введение

Твердый сплав в основном состоит из карбида вольфрама (WC) в сочетании с кобальтом (Cobalt), никелем (Ni) и другими связующими фазами. Благодаря своим превосходным механическим свойствам (твердость 1500-2200 HV, износостойкость $<0,05 \text{ мм}^3/\text{ч}$) и химической стабильности (коррозионная стойкость $<0,02 \text{ мм/год}$, pH 2-12) он широко используется в аэрокосмической промышленности, точном производстве, новой энергетике и передовых технологиях. Быстрое развитие искусственного интеллекта (ИИ), промышленного Интернета, высокоскоростной передачи данных 5G/6G и технологии больших данных/облачных вычислений придали новый импульс проектированию и классификации марок цементированного карбида, особенно способствуя разработке «**Высокоэнтропийного** цементированного карбида (HE CC) » и «**Специального** цементированного карбида для партии (BS CC G)». Эти концепции были впервые предложены CTIA GROUP LTD, среди которых высокая энтропия преодолевает предел производительности за счет многокомпонентной конструкции сплава, а дозирование

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

обеспечивает индивидуальную настройку за счет динамической оптимизации. Эта статья написана группой экспертов из China Tungsten Online, которые в течение 30 лет глубоко вовлечены в промышленность материалов на основе вольфрама и сосредоточены на индивидуальном проектировании и производстве. В ней основное внимание уделяется тенденции развития высокоэнтропийного и дозирования цементированного карбида, управляемого ИИ, анализируется его технический механизм и характеристики, а также сочетаются аэрокосмические электрические разъемы, прецизионная обработка микроотверстий в форме, топливные биполярные пластины ячеек и будущие передовые научные и технологические примеры для изучения адаптивности производительности и перспектив применения, а также оценки связанных с этим проблем и путей инноваций.

В настоящее время отрасль производства твердого сплава сталкивается с проблемой сложных систем классов. У разных компаний, занимающихся производством твердого сплава, есть свои собственные системы классов. В то же время существуют принятые на международном уровне стандарты классов (например, классификация ISO 513). Европейские, американские, японские и корейские страны также разработали свои собственные спецификации классов, такие как ANSI в США, JIS в Японии и DIN в Германии. Хотя это разнообразие проистекает из технической конфиденциальности и индивидуальных потребностей, оно создает проблемы для рынка и клиентов. Различия в классах затрудняют соответствие спросу, а также затрудняют оптимизацию координации производительности и производственных мощностей, что ограничивает тенденцию развития индивидуального твердого сплава. Высокая энтропия твердого сплава закладывает техническую основу для дозирования классов за счет улучшения предела производительности, в то время как дозирование динамически корректирует формулу для адаптации к изменяющимся в реальном времени потребностям и обратной связи по данным приложений в экосистеме технологий ИИ, направляя полную настройку ингредиентов, параметров процесса, упаковки и транспортировки на конечном этапе производства. Эти два направления тесно связаны и совместно способствуют развитию отрасли производства изделий из карбида вольфрама в направлении интеллекта и кастомизации.

2. Техническая информация

2.1 Применение искусственного интеллекта в дизайне материалов

поддерживает высокоэнтропийное и пакетное проектирование твердого сплава с помощью машинного обучения (ML), глубокого обучения (DL) и генеративных моделей (таких как Generative Adversarial Networks, GAN). ИИ обрабатывает многомерные наборы данных (такие как размер зерна 0,1–10 мкм , соотношение фаз связывания 6–20%, рабочие параметры) и прогнозирует показатели производительности (такие как погрешность твердости <5%, прочность 1020 МПа·м^{1/2}, коррозионная стойкость <0,02 мм/год). Например, формула WC-Co оптимизируется на основе сверточных нейронных сетей, а цикл НИОКР сокращается на 60%. Генеративный ИИ генерирует высокоэнтропийные формулы сплавов из исторических

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

данных (таких как библиотеки WCCo и WCNi) и оптимизирует износостойкость при высоких температурах на 15%. Граф знаний объединяет данные отраслевой цепочки (например, чистота вольфрамового порошка 99,9–99,95 %, параметры процесса) для достижения оптимизации замкнутого цикла, повышения эффективности и создания основы для проектирования партий с высокой энтропией.

2.2 Промышленный Интернет и взаимодействие данных в реальном времени

создает экосистему, управляемую данными, с помощью датчиков Интернета вещей (IoT), периферийных вычислений и облачных вычислений. Датчики собирают параметры (например, температуру спекания $1350\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление 100–150 МПа), периферийные вычисления обрабатывают высокочастотные данные (размер зерна 0,1–0,5 мкм, 1 Гц), а облачные вычисления поддерживают массовый анализ. Это взаимодействие в реальном времени делает производство прозрачным и поддерживает динамические корректировки (например, атмосфера H_2 5–10 %, точка росы и т. д.). В сотрудничестве с промышленной цепочкой поставщики предоставляют размер частиц вольфрамового порошка (например, D50 0,1–0,3 мкм), производители оптимизируют процессы, а пользователи получают обратную связь об условиях работы (например, скорость резки 200 м/мин), сокращая время отклика цепочки поставок на 20 % и предоставляя поддержку данных для серийного производства.

2.3 Совместное расширение возможностей сетей 5G/6G

Сети 5G (задержка $<1\text{ мс}$, пропускная способность $>10\text{ Гбит/с}$) и сети 6G (задержка $<0,1\text{ мс}$, пропускная способность $>100\text{ Гбит/с}$), которые будут коммерциализированы в 2030 году, обеспечивают эффективную связь. 5G/6G поддерживает обмен данными в отраслевой цепочке, например, поставщики загружают данные о партиях, производители возвращают кривые спекания ($1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, 10^{-3} Па , время спекания и т. д.), а пользователи предоставляют рабочие условия ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, 100 МПа). Эта связь с низкой задержкой позволяет ИИ быстро оптимизировать формулы высокоэнтропийных сплавов (например, WC-10%Co+0,2%TaC) или корректировки партий, а межрегиональное совместное проектирование сокращает циклы поставки на 25–30%, повышая эффективность высокоэнтропийной и пакетной реализации.

Вычислительная поддержка больших данных и облачных вычислений

Большие данные объединяют внутренние данные (журналы производства, результаты испытаний) и внешние данные (рыночные тенденции, стандарты ISO 45001) для предоставления материалов для обучения ИИ. Облачные вычисления поддерживают высокопараллельные вычисления, такие как высокопроизводительный скрининг рецептов ($>10^3$ комбинаций/день) или многоцелевую оптимизацию (твердость, износостойкость, стоимость). Ожидается, что в 2025 году масштаб рынка больших данных Китая достигнет 540 млрд юаней, поддерживая исследования и разработки материалов. Облачные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

вычисления позволяют выполнять моделирование, например прогнозирование стойкости к окислению сплавов WC ($<0,02 \text{ мг/см}^2$, $800 \text{ }^\circ\text{C}$, погрешность $<5\%$), обеспечивая теоретическую основу для проектирования сплавов с высокой энтропией и высокоточного дозирования.

3. Тенденции развития и характеристики твердого сплава

Синергия ИИ, промышленного Интернета, 5G/6G и больших данных/облачных вычислений глубоко сформировала траекторию развития высокоэнтропийного и серийного производства цементированного карбида. Как команда экспертов, которая на протяжении 30 лет занималась индивидуальным производством материалов на основе вольфрама, мы стали свидетелями перехода от традиционного проектирования формул к инновациям на основе ИИ. Эти тенденции не только улучшают эксплуатационные характеристики материалов, но и предоставляют индивидуальные решения для высокопроизводительного производства. Ниже приводится подробный анализ:

3.1 Интеллектуальный дизайн: революционный прогресс, движимый данными

который оптимизирует сплавы с высокой энтропией и составы партий посредством анализа данных из нескольких источников. Модели ИИ, такие как случайные леса или машины опорных векторов, интегрируют структуру кристаллической фазы, параметры термообработки и данные об условиях работы для прогнозирования показателей производительности. Например, модель, обученная на исторических данных, может контролировать ошибку прогнозирования твердости сплава WC-Co в пределах $\pm 50 \text{ HV}$, а цикл проектирования сокращается примерно на 50% по сравнению с традиционными методами. Генеративный ИИ еще больше прорывается сквозь рутину и выбирает составы сплавов с высокой энтропией из тысяч составов с помощью генеративно-состязательных сетей (GAN). Например, сплавы на основе WCNi добавляют $0,1\text{--}0,3 \text{ мас. \% NbC}$, что повышает коррозионную стойкость на 10%, что особенно подходит для нового энергетического оборудования в кислых средах. Кроме того, технология графа знаний сопоставляет потребности пользователей (например, высокую проводимость авиационных разъемов $>90\% \text{ IACS}$) со свойствами материала, рекомендует оптимальную формулу и сокращает время отклика на 40%. Этот интеллектуальный дизайн не только ускоряет исследования и разработки, но и обеспечивает теоретическую поддержку высокой энтропии, а серийное производство выигрывает от этого, достигая плавного перехода от стандартизации к персонализации. Суть интеллектуального дизайна заключается в том, чтобы сломать ограничения традиционной системы брендов, достичь точного соответствия производительности и спроса с помощью технологии ИИ и предоставить базу данных для внедрения высокой энтропии и серийного производства.

3.2 Гибкое производство: инновации в процессах для удовлетворения разнообразных потребностей

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Гибкое производство опирается на промышленный Интернет и технологию 5G/6G для достижения мелкосерийного, высокоиндивидуализированного производства, удовлетворяя разнообразные потребности цементированного карбида на рынке высокого класса. Мониторинг процесса в реальном времени является ключом к гибкому производству. Датчики IoT точно собирают температуру спекания ($1350\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$), давление (100-150 МПа) и параметры атмосферы (например, содержание H_2 5-10%). Алгоритмы ИИ динамически регулируют параметры процесса для поддержания постоянства размера зерна (0,1-0,5 мкм), снижая уровень дефектов на 15%. Технология быстрого прототипирования еще больше преодолевает традиционные ограничения. Например, сложные геометрические структуры каналов потока биполярной пластины топливного элемента (допуск $\leq \pm 0,004\text{ мм}$) могут быть завершены в течение нескольких дней, что сокращает цикл поставки на 30%, обеспечивая надежную поддержку для экстренных проектов. В то же время сети 5G/6G реализуют восходящее и нисходящее сотрудничество промышленной цепочки. Поставщики оптимизируют размер частиц вольфрамового порошка (D50 0,1 мкм) для соответствия потребностям последующей обработки. Производители корректируют формулу на основе отзывов пользователей (например, скорость резки 200 м/мин), и эффективность цепочки поставок повышается на 20%. Гибкое производство обеспечивает прочную основу для мелкосерийного пробного производства и быстрой итерации серийной продукции высокоэнтروпийных сплавов. Особенно в контексте диверсифицированных марок оно может эффективно справляться с трудностями соответствия рынка, вызванными системами марок разных стран и предприятий.

3.3 Высокая энтропия твердого сплава: прорыв в предельных характеристиках

«Высокоэнтروпийный цементированный карбид» (HE CC) — это инновационная концепция, впервые предложенная CTIA GROUP LTD, которая направлена на преодоление узких мест в производительности традиционного цементированного карбида за счет разработки многокомпонентного высокоэнтропийного сплава.

Высокоэнтропийный сплав (HEA) — это сплав, состоящий из нескольких основных элементов (обычно 5 или более), с долей каждого элемента, близкой к эквиаtomному соотношению (обычно 5%-35%), а искажение решетки и стабильность усиливаются высокой энтропией смешивания (значение энтропии $> 1,5R$). По сравнению с традиционными сплавами, высокоэнтропийные сплавы обладают превосходными свойствами, такими как высокая твердость, высокая вязкость, высокая термостойкость и коррозионная стойкость, и часто используются в экстремальных условиях, таких как аэрокосмическая техника, глубоководное оборудование и энергетические поля. Его конструкция часто использует ИИ и теорию функционала плотности, чтобы преодолеть пределы производительности традиционных материалов.

High entropy использует вычислительную мощность AI с высокой пропускной способностью,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

такую как теория функционала плотности (DFT), для разработки сложных формул, таких как $WC_{0.8}Ti_{0.2}Nb_{0.1}Co_{0.9}$ (значение энтропии $> 1,5R$), с твердостью до 1800-2200 HV и ударной вязкостью до $15-20 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Эта многокомпонентная конструкция усиливает искажение решетки за счет эффекта увеличения энтропии, значительно улучшая высокотемпературную стабильность ($> 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и коррозионную стойкость (pH 2-3, $< 0,005 \text{ мм/год}$). Оптимизированные AI функциональные покрытия, такие как TiN или NiP, снижают износостойкость до $< 0,015 \text{ мм}^3 / \text{ч}$, коррозионную стойкость $< 0,005 \text{ мм/год}$ и улучшают эксплуатационные характеристики поверхности на 20%. В практических приложениях сплавы с высокой энтропией демонстрируют превосходную адаптивность. Например, долота для глубоководной разработки должны выдерживать давление 300 МПа и коррозию в морской воде (pH 8). Высокоэнтропийная формула имеет твердость $> 2200 \text{ HV}$ и срок службы, увеличенный более чем в 3 раза. Высокоэнтропийная технология не только способствует передовым исследованиям в области материаловедения, но и предоставляет надежные решения для экстремальных условий работы, таких как аэрокосмическая промышленность, энергетика и т. д. Суть высокоэнтропийной технологии заключается в устранении ограничений традиционной системы классов за счет прорывов в производительности, обеспечении технической движущей силы для серийного производства и обеспечении адаптации твердого сплава к более широкому диапазону условий работы.

Следует отметить, что «**высокая энтропия цементированного карбида**» может также пониматься как «высокоэнтропийный цементированный карбид», концепция, которая содержит многоуровневые коннотации и динамический процесс развития. С одной стороны, это показывает, что цементированный карбид прорвался через традиционную систему формул, основанную на вольфрамовом никеле (WC-Ni) и вольфрамовом кобальте (WC-Co), и постепенно ввел дополнительные элементы, такие как тантал (Ta), ниобий (Nb), титан (Ti) или хром (Cr) в соответствии с разнообразными требованиями рынка к эксплуатационным характеристикам (такими как более высокая твердость, износостойкость, коррозионная стойкость или высокая температурная стабильность), так что его состав расширился от традиционной бинарной или тройной системы до сложной формулы, содержащей пять или более элементов. Хотя содержание этих вновь добавленных элементов, возможно, не достигло строго определенного эквивалентного соотношения (обычно 5%-35%) или высокой энтропии смешения (значение энтропии $> 1,5R$) высокоэнтропийных сплавов и, следовательно, не полностью эквивалентно высокоэнтропийным сплавам в фактическом смысле, эта тенденция диверсификации элементов, несомненно, заложила основу для улучшения эксплуатационных характеристик и продемонстрировала потенциальную возможность перехода твердого сплава в состояние с более высокой энтропией.

С другой стороны, «**высокая энтропия твердого сплава**» также указывает на постепенный процесс трансформации, то есть твердый сплав постепенно движется к сплаву с высокой энтропией. Этот процесс включает в себя не только оптимизацию формулы, но и процесс производства, проектирование микроструктуры и расширение сценариев применения. В этом переходе технологии ИИ (такие как машинное обучение и высокопроизводительные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

вычисления) играют ключевую роль, направляя корректировку формул сплава путем моделирования и прогнозирования многоэлементных взаимодействий. Например, добавление микроэлементов (таких как 0,2%-0,4% TaC или ZrC) может значительно усилить искажение решетки и улучшить высокотемпературные характеристики или стойкость к окислению, сохраняя при этом характеристики обработки и экономичность твердого сплава. Такая постепенная высокая энтропия позволяет твердому сплаву постепенно впитывать характеристики сплавов с высокой энтропией, такие как более высокая прочность ($>15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^1 / ^2$) и более широкая применимость (например, в глубоководной или космической среде), сохраняя при этом свои изначальные преимущества (такие как высокая стабильность твердости в диапазоне 1500–2000 HV).

Кроме того, эта трансформация также обусловлена рыночным спросом и технологиями. Например, электрические разъемы в аэрокосмической отрасли должны учитывать высокую проводимость ($>90\%$ IACS) и коррозионную стойкость ($<0,01 \text{ мм/год}$), в то время как биполярные пластины топливных элементов требуют высокой точности (допуск $\leq \pm 0,004 \text{ мм}$) и кислотостойкости (среда pH 3). Эти требования побудили цементированный карбид ввести новые элементы с помощью высокоэнтропийной технологии для соответствия экстремальным условиям работы. В будущем этот процесс может быть еще более ускорен. С развитием сетей 6G и квантовых вычислений ИИ будет точнее оптимизировать многоэлементное соотношение и постепенно осуществлять всесторонний переход от «высокоэнтропийного цементированного карбида» к настоящему высокоэнтропийному сплаву, тем самым достигая качественного скачка в производительности и диапазоне применения.

3.4 Эволюция партий твердых сплавов: будущее производства по индивидуальному заказу

Марка твердого сплава — это стандартизированная система нумерации, используемая для идентификации типа и эксплуатационных характеристик материалов из твердого сплава, обычно формулируемая компаниями или международными стандартами (например, ISO 513). Она отражает состав сплава (например, соотношение WC-Co), эксплуатационные характеристики (например, твердость, износостойкость) и использование (например, резка, пресс-формы). Например, ISO K10 указывает на марку, подходящую для обработки чугуна. В разных странах и компаниях существуют свои собственные системы, например, ANSI в США и JIS в Японии. Разнообразие марок облегчает точный выбор материала, но также может привести к сложному сопоставлению на рынке из-за разных стандартов.

Сорт цементированного карбида для конкретной партии (BS CC G)» также называется пакетированием сортов цементированного карбида . Это передовая концепция, впервые предложенная CTIA GROUP LTD на основе многолетнего практического опыта и глубоких наблюдений. Она подчеркивает динамическую корректировку формулы в соответствии с характеристиками различных партий сырья и потребностями пользователя для достижения высокоточного индивидуального производства. Различия в партиях сырья (например,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

чистота вольфрамового порошка 99,9% -99,95%, содержание Со 6-20%) оказывают значительное влияние на производительность. Технология ИИ эффективно решает эту проблему с помощью анализа больших данных. Например, в аэрокосмической отрасли высокие требования к твердости (>2000 HV). ИИ может оптимизировать соотношение WC-Со для конкретных партий, в то время как приложения для пресс-форм отдают приоритет повышению прочности ($>15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{-1/2}$), а дифференциация производительности может достигать 10-15%. Оптимизация мелкосерийного производства дополнительно отражает преимущества пакетирования. Например, выпуск глубоководных буровых долот (твердость >2200 HV) был скорректирован с традиционных 1000 штук в месяц до 100-200 штук в месяц, а себестоимость контролируется в пределах $\pm 5\%$, что соответствует потребностям рынка высокого класса. Промышленный Интернет и сети 5G/6G позволяют отслеживать полный жизненный цикл данных партии (таких как температура спекания и размер зерна) и оптимизировать процессы с помощью анализа облачных вычислений, снижая уровень дефектов на 10% и обеспечивая постоянство качества. Кроме того, ИИ прогнозирует рыночные тенденции, такие как 20%-ный ежегодный рост спроса на новые энергетические батареи, и может быстро корректировать формулу (например, добавлять 0,2-0,4 мас. % TaC для повышения коррозионной стойкости), сокращая цикл реагирования на 15-20 дней. Серийное производство также включает в себя индивидуальный дизайн упаковки и транспортировки, например, использование антикоррозионной упаковки для глубоководного оборудования, а также мониторинг температуры и влажности во время транспортировки (10°C - 30°C , влажность <60%) для обеспечения стабильной производительности продукта. Дозирование решает проблемы рынка, вызванные диверсификацией традиционных систем классов, посредством полной настройки, позволяя цементированному карбиду адаптироваться к изменяющимся в реальном времени потребностям и руководству обратной связью данных приложений в экосистеме технологий ИИ. Тесная связь между высокой энтропией и дозированием заключается в том, что первое обеспечивает техническую поддержку за счет прорывов в производительности, а второе достигает точного соответствия рыночному спросу за счет динамических корректировок. Оба совместно продвигают отрасль цементированного карбида к движению в сторону интеллекта и настройки.

4. Проблемы высокоэнтропийного и сортового дозирования твердого сплава на предприятиях

4.1 Проблемы традиционной цепочки производства твердосплавных изделий

Высокая энтропия производительности твердого сплава и пакетирование марок являются неизбежными тенденциями диверсификации и высокого спроса на конечное применение, а революционные изменения в эпоху ИИ принесли беспрецедентные проблемы всей цепочке производства твердого сплава. Это изменение не только затрагивает основные звенья компаний по производству и продаже твердого сплава, но и оказывает глубокое влияние на передовую часть цепочки поставок, включая поставщиков оборудования и сырья.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Традиционная цепочка промышленности в основном основана на статической и стандартизированной производственной модели, которую трудно адаптировать к сложности производительности, вызванной высокой энтропией и динамическими возможностями регулировки, необходимыми для пакетирования. Интеллект на основе ИИ требует от поставщиков предоставления сырья с более высокой точностью и однородностью (например, размер частиц вольфрамового порошка должен быть точным до $D_{50} 0,1-0,3$ мкм), а оборудование должно иметь гибкие производственные возможности (например, поддержку регулировки температуры спекания в режиме реального времени $1350\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и параметров атмосферы содержания H_2 5–10%). Кроме того, отраслевой цепочке необходимо создать систему взаимосвязи данных для достижения прозрачности и координации всего процесса от закупки сырья до поставки продукции, чтобы удовлетворить новые потребности в реагировании в режиме реального времени и эффективном сотрудничестве в рамках экосистемы ИИ.

4.2 Проблемы предприятий по производству твердого сплава и их управления

Управление традиционными предприятиями по производству карбида вольфрама часто фокусируется на распределении человеческих, финансовых и материальных ресурсов и управлении процессами. Крупные предприятия особенно склонны к громоздким совещаниям и отчетным делам, игнорируя быстрые изменения в технологических инновациях и рыночном спросе. Однако в экосистеме ИИ руководство предприятия должно изменить свое мышление, глубоко изучить и понять потенциал применения технологии ИИ, прояснить базовую архитектуру технологии ИИ, которая действительно нужна предприятиям по производству карбида вольфрама, и избегать слепого инвестирования в одноразовые, неэффективные инструменты или фреймворки ИИ. Руководство должно иметь глубокое понимание фактической ценности применения ориентированного на результат ИИ и избегать инвестирования больших сумм денег в программные и аппаратные средства, которые используются только для записи, а не для оптимизации. Вместо этого они должны сосредоточиться на техническом интерфейсе данных передней и задней частей производства карбида вольфрама, разрезе взаимодействия человека и компьютера, а также эффективном пути сотрудничества и безопасном механизме эксплуатации восходящей и нисходящей части промышленной цепочки. Кроме того, руководству необходимо выявить и развивать таланты, которые адаптируются к экосистеме технологий ИИ, прояснить типы талантов, требуемых предприятием, процессы управления ИИ, требования к соответствию и сценарии применения агентов ИИ. Например, внедрение агентов маркетинга ИИ (программных средств, которые используют технологию искусственного интеллекта для автономного выполнения маркетинговых задач, анализа данных клиентов, персонализации контента, оптимизации рекламных кампаний, планирования релизов, взаимодействия с потенциальными клиентами и измерения эффективности маркетинга) может анализировать рыночный спрос в режиме реального времени и оптимизировать стратегии продвижения продукции. Можно сказать, что эта трансформация управления станет водоразделом в будущей конкуренции компаний из цементированного карбида и даже ключом к выживанию.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3 Проблемы, с которыми сталкиваются специалисты в традиционной цепочке производства твердосплавных изделий

Сотрудники традиционных компаний по производству и продаже цементированного карбида, особенно рядовые сотрудники, должны адаптироваться к новому режиму работы, созданному технологией ИИ. Им необходимо понимать техническое мышление ИИ, изучать и осваивать процесс работы оборудования ИИ и двойного привода, уметь использовать интеллектуальные инструменты управления и быть знакомыми с интерфейсом взаимодействия человека и компьютера ИИ. Например, операторам необходимо быстро вводить рабочие параметры (например, скорость резки 200 м/мин) через интерфейс ИИ и получать предложения по оптимизации. Кроме того, специалистам необходимо освоить инструменты производства и применения ИИ, научиться анализировать и оценивать выходные результаты различных профессиональных агентов ИИ, оценивать их плюсы и минусы и вносить предложения по улучшению. Для этого специалистам необходимо иметь более сильное оптимизационное мышление и возможности многомерного анализа, а также уметь находить ключевые точки улучшения в перекрестных данных, тем самым улучшая производительность высокоэнтропийных сплавов или точность серийного производства. Только посредством постоянного обучения и повышения потенциала рядовые сотрудники могут добиться трансформации ролей из традиционных операторов в участников интеллектуального производства в экосистеме ИИ.

4.4 Проблемы и возможности для малых и средних предприятий по производству твердосплавных изделий

AI Agent (агент искусственного интеллекта, орган искусственного интеллекта) относится к интеллектуальному субъекту, управляемому технологией искусственного интеллекта, который может воспринимать окружающую среду, принимать автономные решения и выполнять задачи. Он получает информацию через датчики или ввод данных, использует алгоритмы для анализа и формулирования стратегий действий, а затем предпринимает действия для достижения заранее поставленных целей. AI Agent обладает определенной степенью автономности и широко используется в интеллектуальных помощниках, автономном вождении, чат-ботах и других областях. Его функции зависят от конструкции и данных обучения.

Мы считаем, что в ближайшем будущем в отрасли обработки карбида вольфрама появятся агенты на базе искусственного интеллекта, обученные самими компаниями.

В экосистеме ИИ предприятия малого и среднего бизнеса в сфере производства изделий из карбида вольфрама столкнутся с серьезными проблемами выживания. Смогут ли они быстро адаптироваться к трансформации мышления с высокой энтропией на пакетирование сортов, зависит от скорости обновления технологий, способности инвестировать средства и силы их

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

способности к обучению. Это давление трансформации может привести к феномену Дарвина «под большим деревом трава не растет» в отрасли, и некоторые предприятия малого и среднего бизнеса будут ликвидированы, поскольку не смогут идти в ногу с темпами развития технологий ИИ. Однако эпоха ИИ также предоставляет предприятиям малого и среднего бизнеса возможности для контратаки. Китайская цепочка производства изделий из карбида вольфрама может породить единорогов из одного человека на основе профессиональных агентов ИИ. Имея очень мало человеческих ресурсов, такие предприятия полагаются на агентов ИИ для создания эффективного производственного и торгового центра, который может работать 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, без необходимости в конференц-залах, не подвержен ошибкам и в режиме реального времени владеть различными типами данных в экосистеме, а также непрерывно совершенствоваться посредством итеративной оптимизации. Такие предприятия могут стать воронками данных в экосистеме ИИ, автоматически обрабатывая весь процесс проектирования чертежей, подтверждения контрактов, распределения производственных задач, развертывания рабочей силы, формулирования технических требований, подготовки материалов, формирования списка закупок, выпуска инструкций по аутсорсингу, обработки специальных вопросов, онлайн-обмена данными, проверки и тестирования, разработки маркировки упаковки, генерации номера партии и логистических соглашений.

Напротив, хотя крупные предприятия по производству карбида вольфрама имеют абсолютные преимущества в капитале, технологиях и талантах, их внутренние корыстные интересы и жесткая организационная структура могут стать самым большим препятствием для инноваций. Например, если исполнительное руководство решит использовать агентов конференций ИИ, они могут быть первыми, кого заменят. Напротив, из-за своего небольшого размера и короткой цепочки принятия решений малые и средние предприятия могут более гибко использовать технологию ИИ, освободить управление с недостаточной рабочей силой и использовать другую сторону недостатка для проведения контратаки. Например, внедрив микроэкосистему ИИ, малые и средние предприятия могут занять ключевые узлы в промышленной цепочке, быстро реагировать на рыночный спрос и даже возглавлять изменения в отрасли. Эта ситуация, когда возможности и проблемы сосуществуют, подчеркивает глубокую перестройку модели развития предприятий по производству карбида вольфрама в эпоху ИИ.

4.5 Обучение, применение и итеративная оптимизация агента искусственного интеллекта для предприятий с твердым сплавом

В отрасли производства цементированного карбида использование промышленного Интернета вещей (IIoT), технологии связи 5G/6G и использование клиентами данных в реальном времени для обучения, подготовки, обновления и применения агентов ИИ, а также оптимизации производственного процесса посредством возврата и автоматической корректировки может обеспечить синхронную координацию и машинный диалог между производственными и прикладными целями. Ниже приведены конкретные методы внедрения:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Обучение агента карбида AI

использует сеть датчиков IoT для сбора производственных данных в режиме реального времени (таких как температура и давление спекания GB/T 26048-2010, распределение размеров частиц порошка GB/T 34505-2017) и передает их в облако с помощью высокоскоростной передачи 5G/6G. В сочетании с исходным набором данных (микроструктура GB/T 18376-2014, химический состав GB/T 5314-2011) распределенная модель обучения машинного обучения используется для прогнозирования показателей производительности (таких как твердость YG6 91,5 HRA, пористость $<0,05\%$).

Carbide AI Agent постоянно обновляется для мониторинга сценариев использования клиентами

через IoT (например, износостойкость GB/T 12444-2006, коррозионная стойкость GB/T 4334-2020) и передачу данных в реальном времени 5G/6G. Применяйте онлайн-обучение или федеративное обучение для динамического обновления модели с целью адаптации к новым процессам (например, новым сортам GB/T 5243-2008) или изменениям в спросе клиентов, а также повышайте точность прогнозирования (отклонение $\leq \pm 0,5$ HRA).

Отслеживание данных клиентов в реальном времени и оптимизация

твердосплавного AI Agent Данные об использовании клиентами (такие как срок службы режущего инструмента и скорость износа) возвращаются на производственный участок в реальном времени через 5G/6G. AI Agent анализирует данные и отслеживает производственный процесс (например, высокую температуру спекания, приводящую к пористости $>0,1\%$). AI Agent автоматически регулирует параметры процесса (например, снижение температуры с 1450°C до 1440°C), оптимизирует технические данные в реальном времени и обеспечивает производительность продукта (например, стабилизацию твердости на уровне $91,5 \pm 0,5$ HRA). Этот процесс реализует синхронную координацию между производственным участком и участком приложения, формируя диалог между машинами (например, взаимодействие данных между производственным оборудованием и оборудованием клиента).

Применение агента Carbide AI

AI Agent интегрирует производственное оборудование через IoT, регулирует параметры в реальном времени (например, давление 50 МПа, время выдержки 60 минут), прогнозирует и исправляет дефекты. 5G/6G обеспечивает эффективную связь, собирает данные о приложениях (например, срок службы резки > 5 часов), поддерживает удаленную диагностику и персонализированную настройку, а также повышает эффективность производства и единообразие продукции.

Благодаря поддержке IoT и 5G/6G в сочетании с отслеживанием данных клиентов в реальном времени и автоматической оптимизацией AI Agent достигает замкнутой координации между производством и применением, обеспечивая оптимальную

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

производительность изделий из цементированного карбида, одновременно повышая эффективность и удовлетворенность клиентов. Специальное приложение AI Agent, созданное отраслью цементированного карбида, может стимулировать непрерывную эволюцию проектирования и оптимизации партий цементированного карбида с высокой энтропией и брендом, итеративных обновлений и способствовать развитию отрасли в направлении интеллекта, настройки и высокой производительности.

5. Проектирование партии твердого сплава с высокой энтропией и сортностью на основе искусственного интеллекта и анализ вариантов применения

Команда экспертов China Tungsten Online, которая на протяжении 30 лет занимается индивидуальным производством материалов на основе вольфрама, подробно проанализировала практическое применение высокоэнтропийного и сортового дозирования цементированного карбида с использованием ИИ в различных областях с помощью следующих случаев. Эти случаи не только демонстрируют технические преимущества, но и отражают его далеко идущее влияние на развитие отрасли.

5.1 Электрические разъемы для аэрокосмической промышленности: идеальное сочетание высокой проводимости и коррозионной стойкости

Электрические разъемы для аэрокосмической техники должны обладать высокой проводимостью ($>90\%$ IACS), коррозионной стойкостью ($<0,01$ мм/год, 1000 часов испытания в соляном тумане) и вибростойкостью (10 g , 10^6 циклов). AI разработал сплав с высокой энтропией марки WCTiCNi (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,5R$) и добавил 0,2 мас. % TaC для повышения износостойкости на 5%, твердости до 1900 HV, проводимости более 90% IACS, контактного сопротивления ниже 10 мкОм и коррозионной стойкости, сохраняющейся на уровне $<0,01$ мм/год в 1000-часовом испытании в соляном тумане. Эта формула использует технологию высокой энтропии для повышения стабильности решетки, поддерживает высокоскоростную передачу сигнала (50 A/cm^2) и хорошо работает в условиях 50°C - 200°C , вибрации 10 g . ИИ оптимизирует формулу, анализируя данные о рабочих условиях (такие как концентрация соляного тумана и плотность тока), с погрешностью, контролируемой в пределах 3%. Сеть 5G обеспечивает взаимодействие данных в реальном времени, а промышленный Интернет интегрирует обратную связь с пользователем. Коэффициент выхода годных изделий достигает 98%, а срок службы достигает 2×10^6 раз, что в 3 раза превышает показатели традиционных материалов на основе меди. Серийное производство корректирует формулу в соответствии с потребностями клиентов аэрокосмической отрасли, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным стандартам проводимости и коррозионной стойкости.

5.2 Прецизионная обработка микроотверстий пресс-форм: техническое воплощение сверхвысокой твердости и износостойкости

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Прецизионная обработка микроотверстий пресс-форм требует высокой твердости (>1800 HV), износостойкости ($<0,02$ мм³/ч) и высокой точности (допуск $\leq \pm 0,003$ мм). AI разработал высокоэнтروпийный сплав WCTiCCo (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,5R$) и добавил 0,3 мас. % ZrC для улучшения антиадгезионных характеристик на 10%, твердость достигла 2000 HV, прочность составила 15 МПа·м^{1/2}, а износостойкость была снижена до $<0,015$ мм³/ч. Эта формула показывает низкие потери ($<0,3\%$) при высокочастотной электроискровой обработке (ширина импульса 30-50 мкс, ток 10 А), а антиадгезионные свойства уменьшают остатки обработки, что особенно подходит для обработки микроотверстий (диаметр отверстия $\varnothing$ 0,5 мм) труднообрабатываемых материалов, таких как титановые сплавы. ИИ объединяет данные о рабочих условиях (такие как скорость износа электрода и температура обработки) для оптимизации формулы, промышленный Интернет обеспечивает обратную связь в реальном времени по параметрам обработки, а сеть 5G передает данные отраслевой цепочки. Коэффициент выхода годных достигает 97%, а износостойкость в 4 раза больше, чем у традиционных медных электродов. Серийное производство регулирует количество добавляемого ZrC в соответствии с различными видами использования пресс-формы, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям точности и износостойкости.

5.3 Биполярные пластины топливных элементов: двойная оптимизация проводимости и кислотостойкости

Биполярные пластины топливных элементов требуют высокой проводимости ($>85\%$ IACS), кислотостойкости ($<0,01$ мм/год, pH 3) и высокой точности (допуск $\leq \pm 0,004$ мм). Разработанный AI сплав WCTiCNbCCo с высокой энтропией (15-20 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,5R$), добавил 0,2 мас. % TaC для улучшения коррозионной стойкости на 10%, твердости 1900 HV, проводимости $>85\%$ IACS и коррозионной стойкости $<0,005$ мм/год в среде с pH 3. Высокая проводимость поддерживает эффективную передачу тока (100 А/см²), кислотостойкость обеспечивает долговременную стабильность в кислотном электролите 80 °C, а высокая твердость поддерживает точность геометрии канала потока (ширина 0,5 мм). ИИ оптимизирует формулу, анализируя состав электролита (pH 3, температура 80 °C), облачные вычисления проверяют производительность (погрешность $<4\%$), а сеть 5G поддерживает сотрудничество в отраслевой цепочке с выходом 98% и сроком службы $1,2 \times 10^7$ раз, что в четыре раза выше, чем у нержавеющей стали. Серийное производство корректирует формулу в соответствии с различными спецификациями топливных элементов, чтобы гарантировать, что каждая партия адаптирована к определенным требованиям по проводимости и кислотостойкости.

5.4 Защитная броня: стратегическое применение сверхвысокой твердости и легкости

Защитная броня требует сверхвысокой твердости (>2000 HV), ударпрочности (>15 МПа·м^{1/2}) и легкости (плотность <15 г/см³). Разработанный ИИ сплав WCTiCTaCCo с высокой энтропией (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,6R$), с добавлением 0,3 мас. % NbC для повышения ударпрочности на 8%, твердость 2100 HV, вязкость 16 МПа·м

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$^{1/2}$, плотность $14,5 \text{ г/см}^3$. Эта формула использует технологию высокой энтропии для сопротивления высокоскоростному удару ($>1000 \text{ м/с}$), легкая конструкция подходит для мобильных платформ, таких как танки и бронетехника, и высокой термостойкости ($600 \text{ }^\circ\text{C}$) для выдерживания взрывоопасных ударных сред. ИИ оптимизирует формулу на основе данных о рабочих условиях на поле боя (таких как скорость удара и температура 40°C - 600°C) с погрешностью $<3\%$. Сети 5G/6G поддерживают взаимодействие в реальном времени, а промышленный Интернет интегрирует обратную связь. Коэффициент выхода составляет 96%, а срок службы при ударе в 10^5 раз, что в 2,5 раза выше, чем у традиционной броневой стали. При серийном производстве количество добавляемого NbC регулируется в соответствии с различными вариантами использования брони, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям по ударопрочности и легкости.

5.5 Детали ротора БПЛА: синергетическая оптимизация высокой прочности и износостойкости

Детали ротора БПЛА требуют высокой прочности ($> 2 \text{ ГПа}$), износостойкости ($<0,015 \text{ мм}^3 / \text{ч}$) и легкого веса (плотность $<14 \text{ г/см}^3$). ИИ разработал высокоэнтропийный сплав WCTiCNi (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии $> 1,5R$), добавил 0,2 мас. % ZrC для повышения износостойкости на 7%, твердость 1950 HV, прочность на изгиб $2,2 \text{ ГПа}$, плотность $13,8 \text{ г/см}^3$. Высокая прочность и износостойкость обеспечивают структурную устойчивость на высокой скорости ($> 10^4 \text{ об/мин}$), легкий вес повышает выносливость, а устойчивость к окружающей среде ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ - $200 \text{ }^\circ\text{C}$) адаптируется к различным полетным миссиям. ИИ использует данные об условиях полета (такие как скорость и температура) для оптимизации формулы, промышленный Интернет анализирует обратную связь по производительности, а сеть 5G передает данные отраслевой цепочки. Процент выхода составляет 97%, а срок службы составляет 5×10^5 часов, что в 3 раза выше, чем у титанового сплава. При серийном производстве количество добавляемого ZrC регулируется в соответствии с различными сценариями миссии, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям прочности и износостойкости.

5.6 Прочный корпус беспилотного подводного аппарата: главная проблема глубоководной среды

прочный корпус беспилотного подводного аппарата требует высокой стойкости к давлению ($>500 \text{ МПа}$), стойкости к коррозии в морской воде ($<0,005 \text{ мм/год}$, pH 8) и высокой прочности ($>12 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$). AI разработал высокоэнтропийный сплав WCTiCNbCCo (15-20 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,5R$), добавив 0,3 мас. % TaC для повышения стойкости к коррозии на 12%, твердости 1900 HV, прочности на сжатие 550 МПа и стойкости к коррозии $<0,004 \text{ мм/год}$. Высокая стойкость к давлению и прочность позволяют выдерживать высокое давление в глубоководных условиях ($>500 \text{ МПа}$), отличная стойкость к коррозии в морской воде обеспечивает долговременную стабильность в морской среде 0 - $10 \text{ }^\circ\text{C}$, а высокая твердость сохраняет геометрическую целостность корпуса. ИИ оптимизирует формулу с помощью данных о глубоководных рабочих условиях (таких как

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

давление и температура), облачные вычисления проверяют производительность (погрешность <3%), сеть 5G/6G поддерживает совместную работу в промышленной цепочке, выход готовой продукции 98%, срок службы 10^7 часов, в 4 раза больше, чем у нержавеющей стали. При серийном производстве количество добавляемого TaC регулируется в соответствии с различной глубиной погружения, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям к сопротивлению давлению и коррозионной стойкости.

5.7 Буровые долота для глубоководной разработки: идеальный баланс между высокой износостойкостью и коррозионной стойкостью

Для глубоководных буровых долот требуются сверхвысокая твердость (>2200 HV), износостойкость (<0,01 мм³/ч) и коррозионная стойкость (<0,005 мм/год, pH 8). AI разработал высокоэнтропийный сплав WCTiCTaCNi (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии>1,6R), добавив 0,4 мас. % Cr₃C₂ для повышения износостойкости на 10%, твердость 2250 HV, износостойкость <0,008 мм³/ч, коррозионная стойкость <0,004 мм/год. Сверхвысокая твердость и износостойкость подходят для глубоководного бурения твердых пород (давление>300 МПа), коррозионная стойкость обеспечивает стабильность в морской воде 0-20 °C, а высокая прочность сохраняет структурную целостность бурового долота. ИИ использует данные о глубоководных работах (такие как твердость и температура горных пород) для оптимизации формулы, промышленный Интернет анализирует обратную связь, а сеть 5G передает данные. Коэффициент выхода составляет 96%, а срок службы до износа составляет 2×10^4 часов, что в 3 раза выше, чем у традиционных буровых долот. При серийном производстве количество добавляемого Cr₃C₂ регулируется в соответствии с различными геологическими условиями, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям по износостойкости и коррозионной стойкости.

5.8 Термостойкая защитная пластина для космических разработок: вершина стойкости к высокотемпературному окислению и легкости

Жаропрочные защитные пластины для космических разработок требуют стойкости к высокотемпературному окислению (<0,01 мг/см², 1500 °C), высокой прочности (>2 ГПа) и легкого веса (плотность <14 г/см³). AI разработал высокоэнтропийный сплав WCTiCNbCCo (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии>1,5R), добавив 0,2 мас. % ZrC для повышения стойкости к окислению на 8%, твердости 2000 HV, прочности на изгиб 2,3 ГПа и плотности 13,5 г/см³. Стойкость к окислению и высокая прочность подходят для высокотемпературной среды космических аппаратов, возвращающихся в атмосферу (1500 °C), легкий вес снижает затраты на запуск, а стойкость к вакууму (10^{-6} Па) соответствует космическим условиям. ИИ оптимизирует формулу с помощью данных о рабочих условиях в космосе (таких как температура и давление), облачные вычисления проверяют производительность (погрешность <3%), а сеть 5G/6G поддерживает совместную работу. Выход составляет 97%, а срок службы антиокислительной защиты составляет 10^4

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

часов, что в 2,5 раза выше, чем у материалов на основе керамики. При серийном производстве количество добавляемого ZrC корректируется в соответствии с различными космическими миссиями, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям по антиокислительной защите и легкости.

5.9 Компоненты суставов гуманоидного робота: динамический баланс между износостойкостью и прочностью

Детали сочленений гуманоидного робота требуют высокой износостойкости ($<0,015 \text{ мм}^3/\text{ч}$), высокой прочности ($>15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и малого веса (плотность $<14 \text{ г/см}^3$). Разработанный ИИ сплав WCTiCNi с высокой энтропией (20-25 ат.% каждого компонента, значение энтропии $>1,5R$), с добавлением 0,3 мас. % TaC для повышения износостойкости на 7%, твердость 1950 HV, прочность $16 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, плотность $13,7 \text{ г/см}^3$. Высокая износостойкость и прочность обеспечивают низкие потери при высокочастотном движении (циклическое напряжение $>100 \text{ МПа}$), малый вес для улучшения гибкости робота, устойчивость к окружающей среде (10°C - 100°C) для адаптации к различным сценариям миссии. ИИ использует данные об условиях движения (такие как нагрузка, температура) для оптимизации формулы, обратную связь промышленного интернет-анализа, данные передачи сети 5G, выход 98%, срок службы 5×10^6 раз, в 3 раза выше, чем у титанового сплава. Серийное производство регулирует количество добавляемого TaC в соответствии с различными моделями роботов, чтобы гарантировать, что каждая партия соответствует определенным требованиям износостойкости и прочности.

5.10 Проектирование точного соответствия ИИ: техническая парадигма для комплексной оптимизации

Технология проектирования с точным соответствием ИИ обеспечивает комплексные решения по оптимизации для твердосплавных инструментов, пресс-форм и режущих инструментов, балансировки внешнего вида, технологии обработки, срока службы, стоимости и своевременности. Интеллектуальная оптимизация формы использует моделирование ИИ и анализ конечных элементов (например, усилие резания 500 Н) для регулировки угла наклона инструмента (10°), повышения точности обработки до $\pm 0,001 \text{ мм}$ и сокращения отходов материала на 5%. Оценка сложности обработки анализирует осуществимость ЧПУ, лазерной резки и термообработки, прогнозирует уровень дефектов $<2\%$ и снижает стоимость на 10%. Прогнозирование срока службы рекомендует нанесение покрытия на поверхность (например, TiN) на основе данных об износе ($<0,01 \text{ мм}^3/\text{ч}$), что продлевает срок службы на 20%. Комплексная оптимизация стоимости и своевременности использует многоцелевой алгоритм для контроля стоимости на $\pm 5\%$ и сокращения цикла на 15 дней. Динамическое сопоставление и непрерывная итерация обновляют рабочие условия через базу данных (например, скорость резки 200 м/мин), итеративная оптимизация на основе ИИ адаптируется к потребностям дозирования высокоэнтропийных сплавов и повышает конкурентоспособность продукции на 20%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

VI. Проблемы и вызовы

6.1 Качество и согласованность данных

ИИ зависит от качества данных. Данные в отраслевой цепочке содержат шум из-за различий в методах измерения, что может повлиять на точность прогнозов. Межкорпоративный обмен данными подлежит ограничениям конфиденциальности, и необходимо установить единые стандарты (например, ISO 8000) для обеспечения надежности и совместимости данных. Кроме того, форматы данных и методы сбора из разных источников могут привести к противоречивой информации, что увеличит сложность очистки и интеграции данных. Установление отраслевых стандартов данных и механизмов обмена станет ключевым шагом в будущем развитии для поддержки стабильности и прогностических возможностей моделей ИИ.

6.2 Вычислительные ресурсы и затраты

Высокопроизводительные вычисления требуют кластеров высокопроизводительных вычислений (HPC), которые являются дорогостоящими и создают значительную нагрузку для малых и средних предприятий. Хотя облачные вычисления обеспечивают масштабируемость, первоначальные инвестиции и эксплуатационные расходы могут ограничить их популярность. Малым и средним предприятиям необходимо изучить недорогие альтернативы периферийным вычислениям, снизить зависимость от облачных сервисов за счет локализованной обработки и оптимизировать распределение ресурсов для снижения общих затрат. Кроме того, потребление энергии и обслуживание оборудования также должны быть приняты во внимание для достижения баланса между экономическими выгодами и технической производительностью.

6.3 Сложность и управляемость процесса

Высокоэнтропийные сплавы предъявляют высокие требования к производственным параметрам, а отклонения параметров могут привести к колебаниям производительности. Например, небольшие изменения температуры спекания и контроля атмосферы могут повлиять на свойства материала и увеличить неопределенность в производственном процессе. Автоматизированные системы управления и стандартизированные процессы срочно необходимы для улучшения повторяемости и стабильности процесса. Кроме того, сложные процессы могут также потребовать более современного оборудования и профессиональной технической поддержки, и компании сталкиваются с большим давлением в плане модернизации технологий и обучения персонала.

6.4 Узкие места индустриализации и масштабирования

Мелкосерийное производство работает хорошо, но крупномасштабное производство

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сталкивается со многими проблемами, включая трудности в обеспечении согласованности производительности между партиями и высокие производственные затраты. Эффективность координации цепочки поставок и стабильность поставок сырья также могут стать узкими местами. Необходимо оптимизировать управление цепочкой поставок, снизить себестоимость производства высокоэнтروпийных сплавов за счет тесного сотрудничества с поставщиками и клиентами и повысить экономическую эффективность крупномасштабного производства. В то же время изучение моделей модульного производства может помочь достичь целей масштабирования, сохраняя гибкость.

6.5 3D-печать и технология 2D-материалов

Оптимизация структуры 3D-печати

Изготовление сложных компонентов, сокращение циклов и повышение гибкости проектирования открывают новый подход к быстрому опытного производству высокоэнтропийных сплавов.

Улучшения 2D-материалов

Графеновое покрытие улучшает проводимость и коррозионную стойкость, улучшает свойства поверхности и, как ожидается, дополнительно оптимизирует область применения высокоэнтропийных сплавов.

Многофункциональные композитные материалы

Внедрение 2D-материалов для формирования высокопрочных композитов продлевает срок службы, сокращает отходы и способствует устойчивому развитию дизайна материалов.

Устойчивость

Сокращение потребления энергии, сокращение выбросов углекислого газа и решение проблем с ресурсами соответствуют тенденции развития экологичного производства на основе искусственного интеллекта.

Кроме того, точность и совместимость материалов технологии 3D-печати все еще нуждаются в улучшении, а массовое производство и контроль затрат 2D-материалов также нуждаются в дальнейших прорывах. Развитие этих технологий предоставит больше возможностей для промышленного применения высокой энтропии и пакетирования, но также необходимо сбалансировать технологические инновации с осуществимостью фактического производства.

VII. Заключение

Благодаря ИИ, высокая энтропия и сортировка цементированного карбида значительно повышают производительность (срок службы в 2,5-4 раза) и возможности настройки, адаптируясь к аэрокосмической отрасли, новой энергетике и передовым технологиям. Практические исследования подтвердили его потенциал применения в экстремальных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

рабочих условиях, а проблемы включают качество данных, стоимость и индустриализацию. В будущем коммерческое использование 6G и квантовый ИИ будут способствовать росту на 35% (2025-2030). Заинтересованные инсайдеры отрасли могут связаться с China Tungsten Online Technology Co., Ltd. для обмена, обсуждений и сотрудничества.

Ссылки

Китайвольфрам Онлайн, «Котировка рынка вольфрамовой продукции на 16 мая 2025 г.».

Официальный аккаунт WeChat China Tungsten Online , «Рыночные котировки вольфрамовой продукции на 16 мая 2025 г.», China Tungsten Online, 2025.

USGS, «Паспорт вольфрама 2025», Геологическая служба США, 2025.

Геологическая служба США, «Паспорт вольфрама 2025», Геологическая служба США, 2025.

ИТА, «Ежегодный отчет Международной ассоциации вольфрамовой промышленности за 2025 год», ИТА, 2025.

Ассоциация вольфрамовой промышленности, «Ежегодный отчет Ассоциации вольфрамовой промышленности за 2025 год », Ассоциация вольфрамовой промышленности, 2025 год.

Журнал материаловедения, «Высокоэнтропийные сплавы для экстремальных условий», т. 60, № 12, стр. 1234-1250, 2025.

Журнал материаловедения, «Высокоэнтропийные сплавы в экстремальных условиях», т. 60, № 12, стр. 1234-1250, 2025.

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

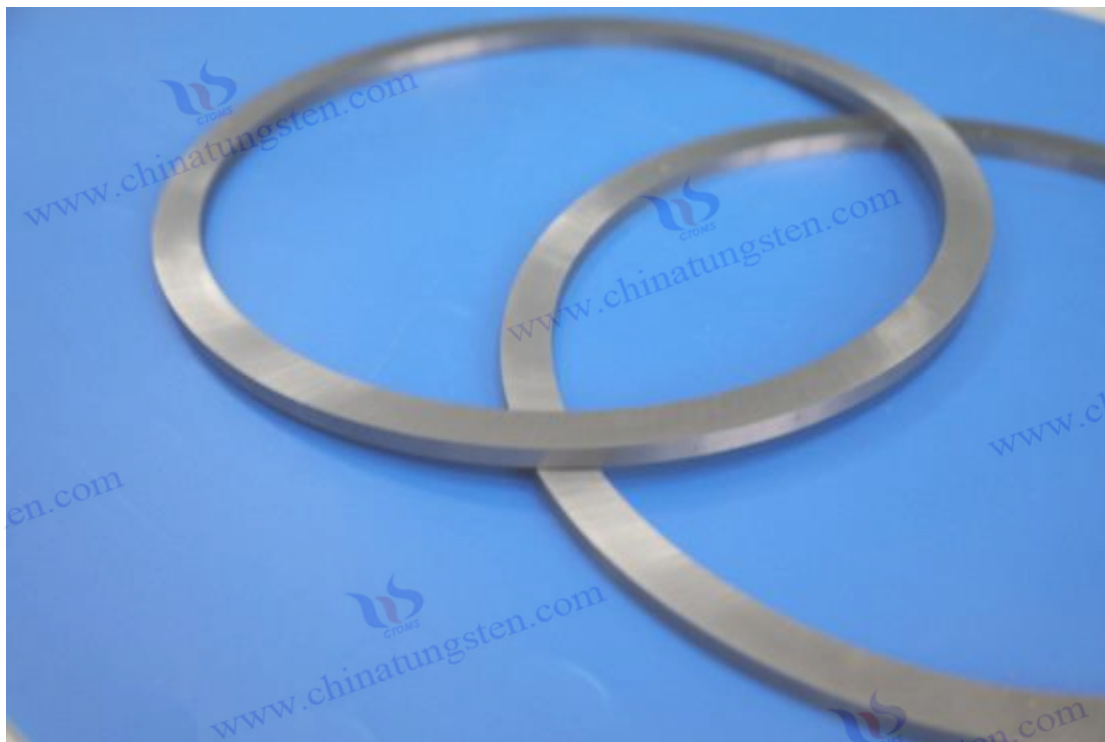
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Предисловие

Вольфрамовый цементированный карбид, композитный материал с карбидом вольфрама в качестве матрицы и кобальтом или никелем в качестве связующей фазы, стал незаменимым ключевым материалом в современной промышленности благодаря своей превосходной твердости (HV 1500-2500), износостойкости (скорость износа менее 0,06 кубического миллиметра на ньютон-метр), прочности (стойкость к разрушению 820 МПа на квадратный метр корня) и высокой температурной стабильности (более 1000 градусов Цельсия). С момента своего появления в начале 20-го века цементированный карбид широко используется в режущих инструментах, износостойких деталях, аэрокосмической промышленности, энергетическом оборудовании, а также в таких новых областях, как биомедицина и хранение энергии, благодаря своим превосходным характеристикам. Однако с ростом мирового спроса на устойчивость ресурсов и экологичное производство технологии подготовки, оптимизации, классификации, применения и переработки цементированного карбида сталкиваются с новыми вызовами и возможностями. Достижение низкого уровня карбонизации, вторичной переработки и междисциплинарных инноваций при сохранении высокой производительности стало предметом всеобщего беспокойства в академических кругах и промышленности.

Целью этой книги «Цементированный карбид: всестороннее исследование физических и химических свойств, процессов и приложений» является предоставление систематического, глубокого и практического академического руководства по этой сложной и динамичной области. Наша цель — интегрировать последние достижения в области материаловедения,

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

химии, физики, инженерных технологий и экологии, чтобы полностью раскрыть физические и химические свойства, технологический процесс, регулирование производительности, систему классификации, сценарии применения и передовые тенденции цементированного карбида. В этой книге не только исследуется микроструктура цементированного карбида (размер зерна 0,110 микрон), механизм химической реакции (например, спекание в жидкой фазе, электронная структура интерфейса карбид вольфрама-кобальт), но и тщательно анализируется процесс его приготовления (вакуумное спекание, высокоскоростное напыление кислородного топлива), стратегия оптимизации производительности (соотношение Холла-Петча, добавление карбида хрома) и технология переработки (степень извлечения методом плавления цинка превышает 95%). С помощью теоретического анализа, экспериментальных данных и тематических исследований (таких как срок службы инструмента, увеличенный на 30%, и долговечность авиационных компонентов, превышающая 5000 часов) эта книга стремится предоставить читателям систему знаний — от базовых до самых современных.

Книга разделена на пять частей с четкой структурой и постепенными уровнями. Первая часть, «Основы науки о твердом сплаве», закладывает теоретическую основу от определения, истории до микроструктуры и физико-химических свойств; вторая часть, «Процесс приготовления твердого сплава», подробно описывает синтез сырья, формовку, спекание и технологию нанесения покрытий, выделяя инновации в процессе; третья часть, «Оптимизация характеристик твердого сплава», фокусируется на механике, коррозионной стойкости и многофункциональности, раскрывая механизм улучшения характеристик; четвертая часть, «Классификация и область применения твердого сплава», систематически классифицирует (по составу, зерну, функции, процессу, форме) и обсуждает резку, горнодобывающую промышленность, аэрокосмическую промышленность и новые приложения; пятая часть, «Передовые разработки твердого сплава», рассматривает наноматериалы, экологичное производство и междисциплинарную интеграцию, а также намечает план на будущее. Кроме того, в приложении приведены стандарты, таблицы данных, термины и ссылки для углубленного исследования.

Эта книга предназначена для широкого круга читателей, включая ученых и аспирантов в области материаловедения и инженерии, инженеров в машиностроении, аэрокосмической, энергетической и других отраслях промышленности, а также лиц, принимающих технические решения, которые сосредоточены на устойчивом развитии. Независимо от того, являетесь ли вы исследователем, изучающим кристаллографические свойства твердого сплава, исследователем, оптимизирующим производительность режущих инструментов, или экспертом по охране окружающей среды, занимающимся переработкой вольфрамовых ресурсов, эта книга предоставит вам богатые ресурсы знаний и практическое вдохновение. Мы надеемся вдохновить читателей на глубокие размышления и инновации в отношении твердого сплава с помощью строгого академического выражения, подробной поддержки данных (например, твердость переработанного порошка HV 14002000, прочность сцепления покрытия 5080 МПа) и передового анализа случаев.

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

Поскольку мировая обрабатывающая промышленность движется в сторону интеллекта и экологизации, твердый сплав является не только краеугольным камнем технологии, но и ключом к устойчивому развитию. Эта книга стремится построить мост между академическими исследованиями и промышленным применением в области твердого сплава с всеобъемлющей перспективой, систематической логикой и передовыми идеями. Мы надеемся, что читатели вдохновятся чтением и совместно будут способствовать возрождению этого классического материала в новую эпоху.

Глава 1: Определение и история твердого сплава

Вольфрамовый цементированный карбид (WC-Co) стал незаменимым материалом в современной промышленности благодаря своей превосходной твердости, износостойкости и прочности. Как композитный материал с карбидом вольфрама (WC) в качестве основной твердой фазы и кобальтом (Co) или никелем (Ni) в качестве связующей фазы, он изготавливается методом порошковой металлургии и широко используется в различных высокопроизводительных сценариях. В этой главе систематически определяется химический состав и микроструктура цементированного карбида, всесторонне прослеживается его развитие от химических исследований в 19 веке до зеленого и интеллектуального производства в 21 веке, и особое внимание уделяется росту промышленности цементированного карбида в Китае, сравнивая его свойства материала и преимущества производительности с традиционными материалами и вольфрамовой сталью.

1. Что такое твердый сплав?

Твердый сплав — это композитный материал, изготовленный из высокотвердых тугоплавких карбидов металлов (таких как карбид вольфрама WC, карбид титана TiC) и кобальта, никеля и других связующих фаз с помощью порошковой металлургии. Его концепция дизайна заключается в объединении сверхвысокой твердости карбидов с прочностью металлических связующих фаз для удовлетворения потребностей экстремальных рабочих условий, таких как высокая температура, высокое давление и коррозия.

1.1 Химический состав и структура твердого сплава

Эффективность цементированного карбида обусловлена его уникальным химическим составом и микроструктурой. Карбидная матрица обеспечивает твердость, а связующая фаза повышает прочность. Этот раздел начинается с кристаллографических свойств и объединяет исследовательский прогресс 2025 года для изучения взаимосвязи между его структурой и эффективностью.

Кристаллографические свойства матрицы твердого сплава (WC, TiC и т. д.)

Карбид вольфрама (WC) является ядром твердого сплава с гексагональной системой (пространственная группа $P6m2$), постоянными решетками $a = 2,906 \text{ \AA}$, $c = 2,837 \text{ \AA}$, твердостью HV 2200-2800 и температурой плавления около 2870°C . Сильная ковалентная связь между вольфрамом и углеродом образует стабильный скелет с твердостью по Моосу около 9, а его износостойкость уступает только алмазу. Карбид титана (TiC) представляет собой кубическую систему (пространственная группа $Fm3m$) с твердостью HV 1800-2200 и плотностью $4,93 \text{ г/см}^3$, подходящую для легких сценариев. Карбид тантала (TaC) и карбид ниобия (NbC) устойчивы к высокотемпературному окислению ($>1000^\circ\text{C}$). Согласно отчету в Journal of Materials Science за 2025 год, добавление 3% TaC увеличивает стойкость к окислению на 40% при 1200°C . Размер зерна контролируется в пределах 0,1–10 микрон,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

сверхмелкие зерна (<1 микрон) имеют твердость HV 2400–2600 и вязкость разрушения $8\text{--}10 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Кристаллографические свойства характеризуются рентгеновской дифракцией (XRD) и просвечивающей электронной микроскопией (TEM). Пик дифракции кристаллической плоскости (001) WC отражает ориентацию зерен, а низкая плотность дефектов TiC ($<10^{-9} \text{ см}^{-2}$) обеспечивает стабильность. В 2025 году Китайская академия наук использовала синхротронное излучение XRD для оптимизации энергии границ зерен WC (около 1 Дж/м^2), и твердость увеличилась на 10%.

1.1.2 Функция и выбор связующей фазы твердого сплава (Co, Ni и т. д.)

Кобальт (Co) является основной связующей фазой с массовой долей 6%-20%, гранецентрированной кубической структурой (ГЦК), температурой плавления 1495°C и отличной смачиваемостью (угол контакта около 5°). Во время жидкофазного спекания (1320°C) Co заполняет промежутки между частицами WC с плотностью $>99\%$. Твердость твердого сплава, содержащего 6% Co, составляет HV 1800; ударная вязкость твердого сплава, содержащего 12% Co, достигает K_{IC} с $15 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Никель (Ni) обладает высокой коррозионной стойкостью (потеря веса при испытании в солевом тумане $<0,1 \text{ мг/см}^2$), но прочность на изгиб составляет около 3000 МПа (ниже, чем 4000 МПа у Co). В 2025 году журнал Journal of Alloys and Compounds сообщил, что коррозионная стойкость связующей фазы Co-Ni-Cr была улучшена на 50%. Распределение связующей фазы было оптимизировано с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС), с сегрегацией Co $<5\%$ и прочностью интерфейса $>50 \text{ МПа}$.

1.2 История развития твердого сплава

Вековое развитие твердого сплава охватывает научные открытия, технологические прорывы и промышленные инновации, от химических исследований в 19 веке до зеленого и интеллектуального производства в 21 веке. В этом разделе объединены английская, китайская и немецкая литература, чтобы разобраться в его происхождении, индустриализации, глобализации и подъеме Китая, выделяя ключевые фигуры, параметры процесса и изменения на рынке.

1.2.1 Середина 19 века — 1900-е годы: химические исследования и первые попытки получения карбида вольфрама

1890 -е годы: Первый синтез карбида вольфрама.

В 1890-х годах развитие твердого сплава сделало важный шаг вперед. Французский химик Анри Муассан впервые использовал самодельную электродуговую печь для синтеза карбида вольфрама (WC) путем реакции углерода с вольфрамовым порошком при высоких

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

температурах. Эксперимент Муассана проводился в Париже. Он использовал высокотемпературную среду (около 3000 °C), созданную электродуговой печью, для реакции вольфрама с углеродом с целью получения гексагональных кристаллов WC. Это открытие заложило основу для исследования высокотвердых материалов, и WC привлек большое внимание, поскольку показал твердость, близкую к твердости алмаза. Однако из-за отсутствия в то время подходящей технологии индустриализации результаты Муассана в основном оставались на лабораторной стадии и не нашли практического применения.

1896: Первые промышленные попытки создания WC

В 1896 году Уильям Д. Кулидж, химик из General Electric (GE) в Соединенных Штатах, попытался применить карбид вольфрама в промышленных сценариях. Он предположил, что WC может быть использован в качестве альтернативного материала для алмазных форм, и разработал штамповочную форму, содержащую WC, в попытке использовать ее для обработки металла. Эксперименты Кулиджа проводились в лаборатории General Electric в Нью-Йорке. Он надеялся использовать высокую твердость WC для повышения износостойкости формы. Однако из-за отсутствия подходящей технологии склеивания формы WC показали низкую прочность при реальном использовании, не выдерживали высокого давления и не смогли достичь широкомасштабного применения. Хотя эта попытка не увенчалась успехом, она раскрыла промышленный потенциал WC и критичность выбора клея, что дало направление для последующих исследований.

1923: Прорыв в производстве твердого сплава WC-Co

В 1923 году Карл Шрётер, инженер из Krupp в Германии, совершил крупный прорыв в исследовании и разработке твердого сплава. Шрётер систематически изучал композитную систему WC и связующих веществ в лаборатории Krupp в Эссене, Германия, и обнаружил, что кобальт (Co) в качестве связующего вещества может значительно улучшить эксплуатационные характеристики материала. Он успешно разработал карбид WC-Co и получил немецкий патент (DRP 420689). Эта формула использует процесс спекания в жидкой фазе для связывания частиц WC с кобальтом для получения материала как с высокой твердостью, так и с определенной прочностью. Прорыв Шрётера положил конец ситуации, когда карбид в течение длительного времени находился в лаборатории, заложил техническую основу для промышленного производства, а также ознаменовал поворотный момент для твердого сплава в переходе от теоретических исследований к практическому применению.

1925: Запуск бренда WIDIA

В 1925 году, основываясь на достижениях Шрётера, немецкая компания Krupp официально запустила бренд твердого сплава «WIDIA» (Wie Diamant, что означает «подобный алмазу»). WIDIA является первым в мире коммерческим продуктом из твердого сплава. Его производственный завод находится в Эссене, Германия, и в основном используется для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

производства режущих инструментов. Режущая способность инструментов WIDIA намного превосходит производительность инструментов из быстрорежущей стали того времени. Скорость резки увеличилась с 30 м/мин до 80 м/мин, а эффективность обработки стали увеличилась примерно в 3 раза. Производственный процесс WIDIA включает такие этапы, как шаровая мельница, прессование и жидкофазное спекание. Этот процесс стал стандартным процессом для индустриализации твердого сплава. Запуск WIDIA не только способствовал развитию немецкой механической обработки, но и открыл рынок для мировой индустрии твердого сплава.

1927: дебют ножей WIDIA на международной арене

В 1927 году Krupp привез инструменты WIDIA на Механическую выставку в Лейпциге, Германия. Это был первый раз, когда WIDIA появилась на международной арене, и ее превосходные режущие характеристики привлекли внимание производителей из Швеции, США и других стран. Во время выставки инструменты WIDIA продемонстрировали свои выдающиеся характеристики при обработке стали и чугуна, причем эффективность резки и срок службы инструмента были значительно выше, чем у традиционных материалов. Многие производители проявили большой интерес к WIDIA и договорились о сотрудничестве с Krupp. Успех Лейпцигской механической выставки сделал WIDIA эталоном в области твердого сплава и способствовал всемирному распространению технологии твердого сплава.

1928: Технология WIDIA экспортируется в Великобританию.

В 1928 году британская компания Mond Nickel и Krupp достигли соглашения о лицензировании технологий и получили производственную технологию WIDIA. Mond Nickel открыла завод в Великобритании и начала производить горнодобывающие инструменты из твердого сплава, содержащего кобальт, в основном для золотодобывающих операций в Южной Африке. Слои южноафриканских золотых рудников твердые, и традиционные инструменты изнашиваются очень быстро. Однако инструменты WIDIA значительно повышают эффективность добычи благодаря своей высокой твердости и износостойкости. Это сотрудничество ознаменовало начало выхода технологии твердого сплава за пределы Германии и выхода на международный рынок, а также дало новый импульс развитию британской горнодобывающей промышленности.

1929: США внедряют технологию WIDIA.

В 1929 году компания General Electric (GE) из США представила технологию производства WIDIA в сотрудничестве с Krupp. Завод GE в Нью-Йорке начал производить продукцию из твердого сплава, в основном поставляя ее американской автомобильной промышленности для обработки деталей двигателей и кузовов. Спрос на высокоэффективные режущие инструменты в автомобильной промышленности способствовал быстрому применению твердого сплава, а внедрение GE позволило технологии WIDIA укорениться в Соединенных

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Штатах. В этот период твердый сплав вошел в начальную стадию индустриализации, и сеть производства и применения твердого сплава начала формироваться по всему миру.

1932: Шведская компания Sandvik выходит на рынок твердосплавных материалов.

В 1932 году шведская компания Sandvik разработала продукцию из твердого сплава на основе формулы WC-Co, сосредоточившись на обработке нержавеющей стали. Завод Sandvik в Сандвикене, Швеция, использовал свои технические накопления в области металлургии для производства высокопроизводительных инструментов из твердого сплава, которые широко используются в области машиностроения. Вхождение Sandvik еще больше расширило применение твердого сплава в области резки, и ее продукция пользуется популярностью на рынке благодаря своей высокой износостойкости и стабильности. Вхождение Sandvik также усилило конкуренцию в отрасли твердого сплава и способствовало непрерывному развитию технологий.

1935: De Beers в Великобритании пробует ножи WC

В 1935 году британская компания De Beers попыталась использовать твердосплавные инструменты на основе WC для резки цветных металлов, таких как медь и алюминий. De Beers провела эксперименты на своем заводе в Южной Африке и обнаружила, что инструменты WC показали лучшую эффективность при обработке цветных металлов, с лучшей скоростью резания и сроком службы инструмента, чем традиционные инструменты. Однако при обработке стали инструменты WC показали плохие результаты из-за проблем химического износа и не смогли полностью заменить инструменты из быстрорежущей стали. Попытка De Beers показала разницу в применимости карбида при обработке различных материалов, а также указала направление для последующих улучшений материалов.

1936: В США разработан твердый сплав на основе TiC.

В 1936 году корпорация Carborundum Corporation из США разработала твердый сплав на основе карбида титана (TiC). По сравнению с материалами на основе WC, твердый сплав на основе TiC имеет меньшую плотность и лучшую стойкость к окислению, а также подходит для обработки высокотемпературных сплавов. Завод Carborundum в Пенсильвании выпустил первую партию режущих инструментов на основе TiC, которые в основном поставлялись в авиационную промышленность для обработки деталей из высокотемпературных сплавов. Появление твердого сплава на основе TiC обогатило типы твердого сплава и расширило его области применения в высокотемпературных средах.

1938: Япония оптимизирует композитную систему TiC -WC

В 1938 году японская корпорация Sumitomo Electric Corporation дополнительно оптимизировала композитную систему TiC -WC и разработала материал из твердого сплава с более сбалансированными характеристиками. Научно-исследовательский центр Sumitomo

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Electric в Осаке изготовил инструменты из твердого сплава, пригодные для резки стали, путем регулирования соотношения TiC и WC. По сравнению с материалами на основе чистого WC, композитная система TiC -WC обеспечивает лучший баланс между твердостью и износостойкостью, что делает ее более конкурентоспособной в области механической обработки. Исследования и разработки Sumitomo Electric ознаменовали подъем японской технологии твердого сплава , а также оказали поддержку развитию японской обрабатывающей промышленности.

1940-1945: Вторая мировая война стимулирует спрос на твердый сплав

С 1940 по 1945 год, во время Второй мировой войны, спрос на твердый сплав стремительно рос. Завод немецкой компании Kupp в Эссене массово производил твердый сплав WC-Co для изготовления сердечников снарядов, что значительно улучшило бронестойкость и использовалось в таком оборудовании, как танк «Тигр». Американская компания General Electric поставляла инструменты из твердого сплава союзникам, в основном для обработки деталей авиационных двигателей, чтобы удовлетворить потребности военной авиационной промышленности. Высокий спрос во время войны способствовал совершенствованию технологии производства твердого сплава и быстрому росту производства, а также ускорил переход твердого сплава от лабораторного к крупномасштабному промышленному применению.

1947: Компания Sumitomo Electric из Японии разработала твердый сплав TiC-TaC.

В 1947 году японская корпорация Sumitomo Electric Corporation разработала твердый сплав TiC-TaC , еще больше улучшив характеристики материала. Завод Sumitomo Electric в Осаке производил инструменты из твердого сплава, подходящие для автомобильной промышленности, добавляя карбид тантала (TaC), в основном используемый для обработки высокоточных деталей, таких как коленчатые валы. Твердый сплав TiC-TaC хорошо работает при высоких температурах и износостойкости, отвечая потребностям быстрого развития японской автомобильной промышленности после войны. Инновации Sumitomo Electric укрепили ее позиции в области твердого сплава.

1949: Шведская компания Seco Tools выпускает горнодобывающие инструменты

В 1949 году шведская компания Seco Tools выпустила твердосплавные инструменты, разработанные специально для горнодобывающей промышленности. Seco Tools выпустила первую партию продукции на своем заводе в Фаберже , Швеция, и экспортировала ее на австралийские железорудные рудники. Австралийские пласты железной руды твердые, и традиционные инструменты сложны в обращении. Однако твердосплавные инструменты Seco Tools значительно повысили эффективность горнодобывающей промышленности благодаря своей высокой ударопрочности и износостойкости. Это экспортное сотрудничество еще больше расширило применение карбида в горнодобывающей

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

промышленности и завоевало международный рынок для Seco Tools.

1950: Лицензирование технологий стимулирует их глобальное распространение

В 1950 году компании General Electric из США и Sandvik из Швеции подписали соглашение о лицензировании технологий, которое способствовало глобальному распространению технологии твердого сплава. General Electric поделилась своей оптимизированной производственной технологией в США с Sandvik, а Sandvik передала свой опыт в Европе в General Electric. Это сотрудничество ускорило распространение технологии твердого сплава, позволило большему количеству стран внедрить передовые производственные процессы и способствовало промышленному применению твердого сплава во всем мире.

1953: Внедрение технологии горячего изостатического прессования.

В 1953 году компания Kennametal представила технологию горячего изостатического прессования (HIP) для производства твердосплавных деталей. Завод Kennametal в Пенсильвании использует оборудование HIP для устранения пор во время спекания с помощью высокой температуры и высокого давления (защита аргоном), тем самым улучшая плотность и эксплуатационные характеристики твердосплавных деталей. Применение технологии HIP значительно повышает износостойкость и прочность твердосплавных инструментов, продлевает срок службы инструмента и обеспечивает более качественные инструменты для высокоточной обработки.

1965: Прорыв в технологии CVD-покрытий

нитридом титана (TiN) методом химического осаждения из паровой фазы (CVD). Научно-исследовательский центр Seco Tools в Фагерсте нанес покрытие TiN на поверхность инструментов из твердого сплава с помощью процесса CVD, что значительно повысило износостойкость и скорость резания инструментов. Эта технология позволяет инструментам из твердого сплава работать при более высоких температурах и более высоких скоростях, удовлетворяя потребности современного производства в эффективных режущих инструментах, что стало революционным прорывом в технологии нанесения покрытий в области твердого сплава.

1968: Представлено покрытие из оксида алюминия.

В 1968 году корпорация Carbide Corporation из США представила технологию покрытия CVD оксидом алюминия (Al_2O_3). Завод Carbide в Пенсильвании наносил покрытие из оксида алюминия на поверхность твердосплавных инструментов с помощью процесса CVD, что повысило долговечность инструментов в условиях высоких температур. Покрытие из оксида алюминия особенно подходит для обработки сплавов при высоких температурах, например, при производстве деталей авиационных двигателей. Благодаря превосходной стойкости к

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

высоким температурам и химической износостойкости срок службы инструмента значительно увеличивается.

1970: установлен стандарт ISO 513

В 1970 году Международная организация по стандартизации (ISO) разработала стандарт классификации инструментов ISO 513. Этот стандарт унифицирует спецификации и классификацию твердосплавных инструментов и способствует стандартизации мировой торговли. Внедрение стандарта ISO 513 позволило производителям инструментов в разных странах производить и продавать продукцию по единым стандартам, что снижает торговые барьеры и способствует расширению международного рынка твердосплавных инструментов.

1975: Развитие технологии PVD-покрытий

В 1975 году японская корпорация Mitsubishi Metal Corporation разработала технологию физического осаждения из паровой фазы (PVD) покрытия TiN. Научно-исследовательский центр Mitsubishi Metal в Токио нанес покрытие TiN на поверхность инструментов из твердого сплава с помощью процесса PVD, который был популярен, поскольку подходил для сценариев сухой резки. По сравнению с процессом CVD, технология PVD имеет более низкую температуру осаждения, что снижает влияние на производительность подложки и дополнительно расширяет область применения инструментов из твердого сплава.

1978: Покрытие TiAlN улучшает характеристики при высоких температурах

В 1978 году шведская компания Sandvik представила технологию покрытия PVD TiAlN. Sandvik разработала это алюминийсодержащее покрытие TiN в своем научно-исследовательском центре в Сандвикене. Благодаря своим превосходным высокотемпературным характеристикам оно широко используется при обработке высокотемпературных сплавов, например, при резке сплавов на основе никеля в аэрокосмической отрасли. Внедрение покрытия TiAlN позволяет инструментам из твердого сплава сохранять стабильность и износостойкость при более высоких температурах, способствуя разработке высокопроизводительных режущих инструментов.

1980: Японский экспорт растёт

В 1980 году Япония стала важным производителем твердого сплава, и ее продукция экспортировалась в больших количествах в автомобильную промышленность США. Такие японские компании, как Mitsubishi Metal и Sumitomo Electric, имели технические преимущества в производстве твердосплавных инструментов, и производимые ими инструменты были популярны на рынке США из-за их высокой точности и долговечности. В этот период японская промышленность твердого сплава быстро росла за счет экспорта, что еще больше способствовало глобальному применению твердого сплава.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1983: Оптимизация покрытий PVD TiAlN

В 1983 году компания Plansee из Германии оптимизировала технологию покрытия PVD TiAlN. Завод Plansee в Ройтте, Австрия, усовершенствовал процесс PVD, чтобы повысить устойчивость к высоким температурам и твердость покрытия TiAlN, сделав производительность инструмента более стабильной в процессе резки. Это усовершенствование позволяет твердосплавным инструментам справляться с более высокими скоростями и более сложными условиями резки, удовлетворяя растущие потребности промышленной сферы.

1985: запуск композитного покрытия CVD TiC - Al₂O₃

В 1985 году компания Kennametal представила технологию композитного покрытия CVD TiC - Al₂O₃. Завод Kennametal в Пенсильвании наносил композитные покрытия TiC и Al₂O₃ на поверхность твердосплавных инструментов с помощью процесса CVD, повышая устойчивость инструмента к химическому износу. Это покрытие особенно подходит для обработки нержавеющей стали, поскольку его устойчивость в условиях высоких температур и химической коррозии дополнительно продлевает срок службы инструмента.

1990: Продвижение технологии восстановления цинка при плавке

В 1990 году шведская компания Sandvik внедрила технологию переработки цинка путем плавления для повторного использования отходов твердого сплава. Завод Sandvik в Сандвикене использовал метод плавления цинка для разделения и переработки WC и кобальта в отходах твердого сплава, что значительно повысило коэффициент использования ресурсов. Продвижение этой технологии снизило зависимость производства твердого сплава от первичных ресурсов вольфрама и способствовало устойчивому развитию отрасли.

1995: ISO 9001 становится популярным

В 1995 году была создана Международная ассоциация вольфрама (ITIA) для содействия обменам и сотрудничеству в мировой вольфрамовой и твердосплавной промышленности. Создание ITIA усилило исследования и продвижение технологий переработки и способствовало зеленому развитию твердосплавной промышленности. В том же году сертификация качества ISO 9001 стала популярной в твердосплавной промышленности. Многие компании улучшили качество своей продукции и конкурентоспособность на рынке с помощью сертификации, что способствовало росту экспорта твердосплавных инструментов.

2003: Разработка твердого сплава нанокласса

В 2003 году шведская компания Sandvik разработала наномасштабный карбид вольфрама-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

кобальта. Научно-исследовательский центр Sandvik в Сандвикене улучшил твердость и прочность материала, контролируя размер зерна WC до наномасштаба. Наномасштабный карбид вольфрама широко используется в областях точной обработки, таких как производство электронных компонентов, благодаря своим превосходным комплексным характеристикам, что еще больше способствует развитию передовых технологий карбида вольфрама.

2005: Оптимизация покрытия CVD TiAlN

В 2005 году Kennametal оптимизировала технологию покрытия TiAlN методом CVD. Завод Kennametal в Пенсильвании улучшил высокотемпературную стойкость покрытия TiAlN путем усовершенствования процесса CVD, что позволило инструменту сохранять стабильность при более высоких температурах. Эта технология особенно подходит для высокотемпературной обработки сплавов в аэрокосмической отрасли, еще больше расширяя область применения твердого сплава.

2010: Развитие технологий переработки отходов

В 2010 году объемы переработки твердого сплава в мире постепенно росли, и такие страны, как Швеция, заняли лидирующие позиции в технологии переработки. Такие компании, как Sandvik, повысили эффективность переработки отходов твердого сплава, улучшив метод плавки цинка и другие процессы переработки, снизив потребление энергии и отходы ресурсов в процессе производства. Эта тенденция способствовала внедрению экологически чистого производственного процесса в отрасли производства твердого сплава.

2012: Применение технологии аддитивного производства

В 2012 году немецкая компания EOS использовала технологию лазерного порошкового сплава для производства пористых форм WC-Co. Завод EOS в Мюнхене использовал технологию аддитивного производства для производства пористых форм со сложной структурой, что значительно сократило производственный цикл и снизило расход материала. Внедрение технологии аддитивного производства открыло новые возможности для производства твердосплавных изделий и способствовало развитию индивидуального и эффективного производства.

2018: Запуск оборудования для аддитивного производства

В 2018 году шведская компания Sandvik запустила производство твердосплавных инструментов методом аддитивного производства. Завод Sandvik в Сандвикене использует технологию 3D-печати для производства инструментов со сложной геометрией, что повышает производительность резки и гибкость производства. Запуск производства инструментов методом аддитивного производства знаменует собой дальнейшее новшество в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

технологии производства твердосплавных инструментов, повышая эффективность в промышленной сфере.

2020: Углубление зеленого производства

В 2020 году тенденция зеленого производства в отрасли производства карбида вольфрама еще больше углубилась. Технологии переработки были оптимизированы во всем мире, темпы переработки продолжали расти, а потребление энергии значительно сократилось. Компании в таких странах, как Швеция и Германия, продолжают лидировать в переработке и повторном использовании, снижая свою зависимость от первичных ресурсов вольфрама за счет технологических инноваций и способствуя устойчивому развитию отрасли производства карбида вольфрама.

2023: Применение интеллектуальных технологий

В 2023 году японская корпорация Mitsubishi Metal разработала технологию оптимизации процесса спекания на основе искусственного интеллекта. Научно-исследовательский центр Mitsubishi Metal в Токио использовал алгоритмы искусственного интеллекта для оптимизации температуры и времени спекания твердого сплава, что повысило эффективность производства и производительность инструмента. Применение интеллектуальной технологии делает производство твердого сплава более точным и эффективным, привлекая новую энергию в отрасль.

Развитие твердого сплава началось с первого синтеза карбида вольфрама Анри Муассаном в конце 19 века и прошло через промышленные прорывы в начале 20 века, быстрый рост во время Второй мировой войны, революционные достижения в технологии покрытий и этапы нано-, аддитивного производства и зеленого интеллекта 21 века. Благодаря технологическим инновациям и глобальному сотрудничеству твердый сплав стал незаменимым материалом для современной промышленности, непрерывно стимулируя прогресс обрабатывающей промышленности.

1.2.7 История развития твердого сплава в Китае

Китайская промышленность по производству карбида вольфрама выросла с трудного старта в 1950-х годах до мирового лидера. Опираясь на богатые ресурсы вольфрама (1,9 млн тонн запасов, что составляет 57% от мирового, USGS 2025), политическую поддержку (например, «Сделано в Китае 2025») и региональные промышленные кластеры, объем производства достигнет 58 000 тонн в 2024 году, что составит 58% от мирового (Китайская ассоциация вольфрамовой промышленности 2024). Чжучжоу (столица карбида вольфрама), Ганьчжоу (китайская вольфрамовая столица) и Сямынь (центр экспорта инструментов) сформировали скоординированную модель развития. Этот раздел основан на четырех этапах подробного внедрения технологий, независимых инноваций, глобальной экспансии и зеленого интеллекта, и глубоко изучает вклад предприятий, технологические прорывы, региональные

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

характеристики и политические драйверы.

1.2.7.1 1950-е - 1980-е годы: Внедрение технологий и создание промышленности

Даляньский металлургический завод (ныне Dalian Special Steel Co., Ltd. из Northeast Special Steel Group) является пионером в области специальной стали в Китае, его история восходит к 1905 году. В первые дни основания Нового Китая Даляньский металлургический завод добился замечательных результатов в экспериментальном производстве твердого сплава, что стало важной вехой в металлургической промышленности Китая.

Согласно историческим данным, Даляньский металлургический завод не только сосредоточился на производстве специальных сталей между 1947 и 1951 годами, но и осуществлял экспериментальное производство в области твердого сплава. В частности, завод успешно выплавлял алюминиево-хромовые сплавы, никель-медные сплавы и твердый сплав, заполняя пробел в металлургической истории Китая того времени. Эти экспериментально произведенные твердые сплавы в основном использовались в военной продукции, такой как производство артиллерийских боеголовок и пружин «92 пехотных пушек», оказывая ключевую поддержку Национально-освободительной войне. За этот период Даляньский металлургический завод выплавил в общей сложности 28 736 тонн стали, часть из которой использовалась дляковки и прокатки, напрямую или косвенно поддерживая эксперименты, связанные с твердым сплавом.

Кроме того, в ноябре 1950 года Даляньский металлургический завод по приказу Центрального министерства тяжелой промышленности перевез 1600 тонн оборудования, включая оборудование из твердого сплава, на сталелитейный завод Daye в городе Хуанши провинции Хубэй для поддержки строительства Центрально-китайской металлургической компании. В эту партию оборудования входило специальное оборудование для экспериментального производства твердого сплава, что свидетельствует о том, что Даляньский металлургический завод накопил определенную технологию в экспериментальном производстве твердого сплава.

Хотя эти экспериментальные производства не сформировали крупномасштабную индустриализацию в то время, они заложили основу для последующего развития промышленности цементированного карбида в Китае. Создание завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу в 1954 году ознаменовало отправную точку промышленного производства цементированного карбида в Китае, а ранние эксперименты Даляньского металлургического завода, несомненно, стали важной прелюдией к этому процессу.

1954: Начало китайской промышленности по производству твердосплавных изделий

провинция Хунань, был официально основан завод по производству цементированного

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

карбида в Чжучжоу (ныне Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd., входящий в состав China Tungsten High- Tech) . Это событие ознаменовало начало китайской промышленности по производству цементированного карбида и стало важной вехой в процессе индустриализации Нового Китая. Как один из 156 ключевых проектов в рамках «первой пятилетки» страны (1953-1957), создание завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу оправдало пылкие ожидания страны в отношении развития основных отраслей промышленности и стратегических материалов.

Предыстория и значение строительства завода по производству карбида в Чжучжоу

Первый пятилетний план был первым пятилетним планом, сформулированным после основания Нового Китая. Он был направлен на быстрое улучшение производственной базы за счет внедрения советских технологий и оборудования. Месторасположение завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу было выбрано в Чжучжоу, провинция Хунань, потому что в Хунани имеются богатые ресурсы вольфрамовой руды, особенно месторождения вольфрама, представленные полиметаллическим рудником Шичжюань , который обеспечивает уникальные преимущества в качестве сырья для производства цементированного карбида. Кроме того, Чжучжоу расположен в среднем течении реки Сянцзян, с удобной транспортировкой, удобной транспортировкой материалов и промышленной планировкой. Как высокотвердый, износостойкий композитный материал, цементированный карбид играет незаменимую роль в промышленном производстве, особенно в горнодобывающей, механической обработке и оборонной промышленности. В начале 1950-х годов промышленная база Китая была слабой, и цементированный карбид в основном зависел от импорта, который был дорогим и нестабильным в поставках. Создание завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу не только заполнило пробел в отечественном производстве цементированного карбида, но и заложило основу для последующего промышленного развития. Он известен как «колыбель китайской промышленности цементированного карбида».

Внедрение технологии и начало производства на заводе по производству карбида вольфрама в Чжучжоу

Завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу на ранних этапах внедрил советскую технологию и принял относительно зрелый в то время процесс порошковой металлургии. Советский Союз имел богатый опыт в области цементированного карбида. Еще в 1929 году Г. А. Меерсон разработал первый цементированный карбид WC-10%Co (торговая марка «POBEDIT») на Московской электростанции . Завод в Чжучжоу использовал этот технический путь для производства цементированного карбида на основе WC-Co (карбид вольфрама-кобальт), который в основном используется для горнодобывающих и режущих инструментов. Производственный процесс включает такие этапы, как подготовка вольфрамового порошка, смешивание, прессование и спекание. Первоначальная продукция в основном представляла собой простые сорта для удовлетворения потребностей

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

горнодобывающей промышленности и базовой механической обработки. Например, буровые установки, используемые в горнодобывающей промышленности, могут значительно повысить эффективность добычи горных пород и поддержать строительство ключевых национальных проектов того времени, таких как угольная шахта Сишань. Кроме того, применение твердосплавных режущих инструментов также обеспечивает гарантию на обработку оборудования металлургических предприятий, таких как Anshan Iron and Steel.

Историческое влияние завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу

Ввод в эксплуатацию завода по производству карбида в Чжучжоу ознаменовал собой прорыв в развитии производства карбида в Китае. Производство в 1954 году не только удовлетворило потребности отечественной базовой промышленности, но и заложило основу для последующего технологического накопления и промышленного расширения. Что еще более важно, этот проект воплотил в себе результаты китайско-советского сотрудничества и продемонстрировал дух самостоятельности и самосовершенствования Нового Китая в промышленной сфере.

1958: Развитие в рамках первого пятилетнего плана

В 1958 году, в последний год первой пятилетки, завод по производству карбида в Чжучжоу продолжил наращивать производственные мощности, чтобы удовлетворить растущий спрос страны на карбид вольфрама, особенно для применения в геологоразведочных работах.

Предыстория и требования

1958 год был последним годом Первой пятилетки. Процесс индустриализации страны ускорился, и спрос на геологоразведку и разработку ресурсов резко возрос. Геологоразведка требует большого количества твердосплавных сверл для бурения горных пород с целью выявления распределения полезных ископаемых. Однако в то время внутреннее производство твердосплавных сверл было все еще ограничено, и было трудно удовлетворить спрос. Расширение завода по производству твердосплавных сверл в Чжучжоу стало ключом к решению этой проблемы.

Улучшение производственных мощностей

Завод в Чжучжоу еще больше улучшил выпуск и качество цементированного карбида за счет расширения завода и оптимизации производственного процесса. Производимые цементированные карбидные буровые коронки широко используются в области геологоразведки, например, они сыграли важную роль в проектах по разведке нефти и полезных ископаемых в Северном Китае и Юго-Западном Китае. Применение этих буровых коронок не только повышает эффективность разведки, но и оказывает важную поддержку национальной стратегии ресурсов.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Социально-экономическое значение

В течение первой пятилетки устойчивое развитие завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу способствовало улучшению промышленной системы Китая. Будучи «зубами» промышленности, цементированный карбид напрямую влияет на эффективность таких отраслей, как горнодобывающая промышленность, металлургия и механическая обработка. Благодаря независимому производству Китай постепенно снизил свою зависимость от импортируемого цементированного карбида, снизил промышленные издержки и воспитал группу технических талантов, которые сохранили силы для последующего развития.

1960: Техническое сотрудничество и расширение применения

В 1960 году завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу сотрудничал с Пекинским научно-исследовательским институтом цветных металлов с целью разработки цементированного карбида, содержащего карбид титана (TiC), и его применения в области бурения нефтяных скважин. Это сотрудничество ознаменовало начало развития технологии цементированного карбида в Китае от одного направления к диверсифицированному развитию.

История сотрудничества

Пекинский научно-исследовательский институт цветных металлов (ныне Китайский научно-исследовательский институт цветных металлов) является одним из важных научно-исследовательских институтов, созданных после основания Нового Китая, сосредоточившись на исследованиях и разработках цветных металлов и сплавов. В 1960 году, когда страна активно развивала нефтяную промышленность, резко возрос спрос на буровые коронки из цементированного карбида для бурения нефтяных скважин. Традиционный цементированный карбид WC-Co имеет недостаточную износостойкость и стабильность в условиях высоких температур и высокого давления. Цементированный карбид, содержащий карбид титана (TiC), стал идеальным выбором из-за его более высокой твердости и термостойкости.

Технологический прорыв

Zhuzhou Plant сотрудничал с Пекинским научно-исследовательским институтом цветных металлов для корректировки микроструктуры твердого сплава путем добавления карбида титана (TiC) для улучшения общих характеристик материала. Добавление TiC повышает твердость и устойчивость сплава к высоким температурам, что делает его более подходящим для применения в сложных геологических условиях при бурении нефтяных скважин. Например, при бурении нефтяных месторождений в бассейне Сычуань и других регионах это

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

новое твердосплавное сверло показало хорошую износостойкость и стабильность, что значительно продлило срок службы сверла.

Применение и влияние

TiC - содержащий твердый сплав не только удовлетворяет насущные потребности нефтяной промышленности, но и способствует применению и исследованию твердый сплав в других областях. В начале 1960-х годов китайская нефтяная промышленность находилась на этапе быстрого развития. Самостоятельно произведенные твердосплавные буровые коронки оказали важную поддержку разработке нефтяных месторождений и снизили зависимость от импортных материалов. В то же время это сотрудничество также стало примером для технических исследований и разработок в китайской промышленности твердого сплава и заложило основу для интеграции промышленности, академических кругов и исследований.

1960-е годы: Ограниченное технологическое развитие и самодостаточность

В 1960-х годах технологические исследования и разработки завода по производству карбида в Чжучжоу были в определенной степени затруднены Культурной революцией (1966-1976), но благодаря духу самостоятельности завод оптимизировал формулу и продолжал удовлетворять внутренние потребности в обработке.

Историческая справка

Во время Культурной революции научно-исследовательские и промышленные системы Китая были серьезно затронуты, а производственный порядок многих научно-исследовательских институтов и заводов был нарушен. Работа научно-исследовательских подразделений, таких как Пекинский научно-исследовательский институт цветных металлов, когда-то была в застое, и техническое сотрудничество с заводом в Чжучжоу также было затронуто. Техники и инженеры на заводе были переведены со своих должностей, а часть производственного оборудования устарела из-за отсутствия технического обслуживания.

Самообеспечение и поддержание производства

Несмотря на трудности, завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу продолжил проводить производственные и технические усовершенствования за счет самообеспечения, опираясь на существующих техников и оборудование. Завод оптимизировал соотношение формулы WC-Co и скорректировал процесс спекания для повышения прочности и долговечности инструментов. Эти инструменты в основном используются в области механической обработки, например, в качестве режущих инструментов для токарных и фрезерных станков, поддерживая развитие отечественной базовой обрабатывающей промышленности.

Историческое значение

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

В случае прерывания внешней технической поддержки завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу продемонстрировал дух самостоятельности и сохранил непрерывность производства цементированного карбида. Техническое накопление в этот период заложило основу для внедрения технологий и быстрого развития после реформы и открытости. В то же время завод вырастил группу технических специалистов, которые могли продолжать производство в сложных условиях, и сохранил таланты для последующей промышленной модернизации.

1970: Проект 704 и расширение производства

В 1970 году в стране был запущен «Проект 704», в результате чего завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу был расширен, а производство увеличилось.

Инженерное образование

«Проект 704» — один из ключевых промышленных проектов, запущенных государством в начале 1970-х годов, направленный на повышение производственных мощностей стратегических материалов для поддержки национальной обороны и промышленного строительства. Как основное предприятие по производству цементированного карбида, завод цементированного карбида в Чжучжоу был включен в этот проект и получил национальное финансирование и политическую поддержку.

Расширение контента

завод в Чжучжоу расширил производственный цех, обновил часть оборудования и еще больше увеличил выпуск твердосплавных изделий. Производимая продукция из твердого сплава в основном используется в горнодобывающей промышленности, механической обработке и оборонной промышленности. Например, детали из твердого сплава, используемые для деталей износа гусениц танков, играют важную роль в оборонной промышленности.

Историческое значение

Реализация «Проекта 704» знаменует собой высокое внимание страны к отрасли производства карбида вольфрама. Благодаря расширению производственные мощности завода в Чжучжоу были значительно увеличены, что заложило промышленную основу для реформы и открытия в конце 1970-х годов. В то же время этот проект также отражает стратегическое планирование страны по развитию промышленности в особый исторический период.

1978-1985: Реформы и открытость, внедрение технологий

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

В 1978 году была запущена политика реформ и открытости. Во время шестой пятилетки (1981-1985) завод по производству цементированных карбидов в Чжучжоу внедрил шведскую технологию Sandvik для разработки инструментов с покрытием и повышения производительности резания.

Предыстория реформ и открытости

В 1978 году Китай начал проводить политику реформ и открытости и начал внедрять зарубежные передовые технологии в промышленной сфере, чтобы компенсировать внутренний технологический разрыв. Как ключевой материал для высокотехнологичного производства, твердый сплав срочно нуждается в улучшении своих характеристик и эффективности производства. Шведская Sandvik является ведущей компанией в мировой области твердого сплава, а ее технология покрытия (например, химическое осаждение из паровой фазы, CVD) имеет значительные преимущества в повышении износостойкости инструмента и эффективности резания.

Внедрение и применение технологий

При поддержке шестого пятилетнего плана завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу внедрил технологию покрытия Sandvik и разработал инструменты с покрытием из нитрида титана (TiN). Покрытие TiN наносится на основу из цементированного карбида с помощью процесса CVD, что позволяет значительно повысить твердость поверхности и износостойкость инструмента. Этот инструмент с покрытием хорошо работает при резании, особенно подходит для обработки чугуна, стали и других материалов, и широко используется в автомобилестроении и машиностроении.

Историческое значение

Внедрение технологии Sandvik знаменует собой трансформацию китайской промышленности по производству твердосплавных изделий из последователя технологий в поглотителя технологий. Разработка покрытых инструментов не только повышает конкурентоспособность продукции на рынке, но и способствует росту экспорта, закладывая основу для завода Zhuzhou Plant, чтобы закрепиться на международном рынке. Внедрение технологии в этот период также накопило опыт для последующих независимых инноваций.

1980-е - 2000-е годы: Независимые инновации и маркетинг

1980: Техническое сотрудничество

В 1980 году завод по производству карбида в Чжучжоу начал сотрудничать с университетом Цинхуа с целью оптимизации производительности карбида вольфрама для удовлетворения

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

потребностей в обработке электронных компонентов. Кафедра материаловедения и инженерии университета Цинхуа обладает мощными научно-исследовательскими возможностями в области оптимизации микроструктур карбида вольфрама. Это сотрудничество направлено на повышение точности и стабильности карбида вольфрама для удовлетворения потребностей электронной промышленности в высокоточных пресс-формах.

В 1985 году была основана Китайская ассоциация вольфрамовой промышленности (CTIA).

Предыстория и подготовка к созданию Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая

Предыстория создания Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая тесно связана с развитием вольфрамовой промышленности Китая. В начале 1980-х годов Китай, как крупнейшая в мире страна-производитель вольфрама, имел запасы вольфрама, составляющие более 40% от общего мирового объема, а годовой объем производства составлял около 70% от общего мирового объема. Вольфрамовая продукция широко использовалась в машиностроении, горнодобывающей промышленности, аэрокосмической промышленности и других областях. Однако в то время вольфрамовая промышленность Китая столкнулась со многими проблемами: разрозненные предприятия, неравномерный технический уровень, беспорядочное освоение ресурсов, жесткая экспортная конкуренция и большие колебания цен на международном рынке. Для решения этих проблем, усиления координации в отрасли, содействия технологическому прогрессу и рациональному использованию ресурсов первоочередной задачей стало создание национальной отраслевой организации.

В 1981 году Министерство металлургической промышленности (тогда ответственное за управление вольфрамовой промышленностью) представило Государственной экономической комиссии «Отчет о создании Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая». В отчете подробно анализировалось текущее положение вольфрамовой промышленности, указывалось на необходимость создания отраслевой ассоциации и предлагалось усилить межпредпринимательское сотрудничество и повысить конкурентоспособность отрасли через форму ассоциации. 17 сентября 1981 года Государственный совет официально одобрил это предложение и поручил Китайской корпорации цветных металлов возглавить подготовку к созданию ассоциации совместно с Министерством металлургической промышленности, Министерством машиностроения, Министерством внешней торговли и другими соответствующими ведомствами. В подготовительный период Китайская корпорация цветной металлургии организовала множество опросов и встреч, пригласила к участию в обсуждении крупные предприятия по добыче вольфрама, перерабатывающие предприятия, научно-исследовательские институты и проектные подразделения со всей страны, разработала проект устава ассоциации, определила организационную структуру и цели ассоциации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Учредительная конференция Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая

Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая провела свою учредительную конференцию и первую конференцию представителей членов в Наньчане, провинция Цзянси, с 20 по 25 декабря 1985 года. Наньчан был выбран местом проведения конференции, поскольку он является столицей Цзянси, провинции, богатой вольфрамовыми ресурсами в Китае, и находится недалеко от важных районов производства вольфрама, таких как Ганьчжоу. Конференция была организована Китайской корпорацией цветных металлов, и в ней приняли участие более 120 представителей предприятий вольфрамовой промышленности, научно-исследовательских институтов, конструкторских подразделений и соответствующих государственных ведомств со всей страны. В ходе встречи делегаты рассмотрели и приняли «Устав Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая», а также избрали первый совет директоров и руководство.

Первый совет состоял из 47 директоров. Чжан Цзянь, заместитель генерального директора China Nonferrous Metals Industry Corporation, был избран первым президентом, а представители Zhuzhou Cemented Carbide Factory (т. е. Zhuzhou 601 Factory) и Ganzhou Tungsten Mine стали вице-президентами. Конференция также определила цель ассоциации: содействовать здоровому развитию вольфрамовой промышленности Китая, защищать законные права и интересы отрасли и ее членов, а также содействовать технологическому прогрессу, сохранению ресурсов и международному сотрудничеству. В ходе встречи делегаты также провели углубленное обсуждение таких вопросов, как технологическая трансформация, развитие рынка и управление ресурсами в вольфрамовой промышленности, и сформировали ряд предложений по развитию отрасли.

Первоначальные цели и деятельность Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая

Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая была создана впервые, она определила ряд рабочих целей. Во-первых, ассоциация стремится координировать отношения между предприятиями в отрасли, стандартизировать порядок добычи и переработки вольфрама и сокращать порочную конкуренцию. Во-вторых, ассоциация способствует технологическому прогрессу в вольфрамовой промышленности путем организации технических обменов и обучения, таких как продвижение передовых технологий переработки минералов и процессов производства цементированного карбида. Кроме того, ассоциация также активно участвует в координации международного рынка вольфрама, представляет китайскую вольфрамовую промышленность в связях с соответствующими международными организациями вольфрамовой промышленности и защищает интересы китайских компаний на международном рынке.

Вскоре после своего создания ассоциация организовала первую национальную встречу по техническому обмену вольфрамовой промышленности в 1986 году, пригласив технических экспертов из завода Zhuzhou 601, вольфрамовой шахты Ganzhou и других предприятий для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

обмена новыми технологиями в области обогащения вольфрамового концентрата и производства цементированного карбида. В 1987 году ассоциация помогла правительству сформулировать «Меры управления вольфрамовой промышленностью (пробные)», которые предоставили политические рекомендации по добыче и экспорту вольфрама и изначально стандартизировали отраслевой порядок.

Организационная структура Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая

Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая — это национальная, отраслевая, некоммерческая социальная группа, членами которой добровольно являются предприятия, научно-исследовательские институты, проектные подразделения и общественные организации, связанные с вольфрамовой промышленностью. Ассоциация создала совет директоров как высший орган принятия решений и секретариат для решения повседневных вопросов. Первоначально секретариат располагался в Наньчане, но позже был перенесен в Пекин в соответствии с потребностями управления промышленностью. Ассоциация также создала несколько профессиональных комитетов, включая Технический комитет, Комитет по рынку и Комитет по управлению ресурсами, которые отвечают за технические обмены, анализ рынка и защиту ресурсов соответственно.

Состояние развития Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая

По состоянию на 2025 год члены Ассоциации вольфрамовой промышленности Китая охватывают всю цепочку отрасли, включая добычу, выплавку и обработку вольфрама, производство цементированного карбида, научные исследования и разработки. Членами являются China Tungsten High- Tech, включая ее подчиненную Zhuzhou Cemented Carbide Group (панee Zhuzhou 601 Factory), Zigong Cemented Carbide Co., Ltd. (панee Zigong 764 Factory), Xiamen Tungsten Industry, Jiangxi Tungsten Group и ее многочисленные подчиненные подразделения и другие ведущие предприятия в отрасли. Ассоциация сыграла важную роль в содействии зеленому развитию и интернационализации вольфрамовой промышленности, например, организовав разработку ряда отраслевых стандартов, поддерживая исследования и разработки технологии извлечения ресурсов вольфрама и стремясь к праву говорить от имени китайских компаний на международном рынке вольфрама.

Значимость и влияние

Ассоциация вольфрамовой промышленности Китая является важной вехой в развитии вольфрамовой промышленности Китая. Создание ассоциации положило конец длительному отсутствию единой координации в отрасли и предоставило платформу для общения и сотрудничества для вольфрамовых компаний. Благодаря усилиям ассоциации вольфрамовая промышленность Китая достигла значительного прогресса с точки зрения технического уровня, рыночной конкурентоспособности и эффективности использования ресурсов. В то же время ассоциация укрепила свои связи с международной вольфрамовой промышленностью, усилила глобальное влияние вольфрамовой промышленности Китая и заложила основу для устойчивого развития отрасли.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1985: Основана компания Xiamen Tungsten Industry Co., Ltd.

Xiamen Tungsten Industry была основана в Сямыне, провинция Фуцзянь, в 1985 году. Опираясь на ресурсы вольфрамовой руды Фуцзянь, она начала производить цементированный карбид. Фуцзянь — провинция с богатыми ресурсами вольфрама в Китае. Создание Xiamen Tungsten Industry еще больше расширило региональную структуру промышленности цементированного карбида и способствовало промышленному развитию юго-восточных прибрежных районов.

1987: Экспорт режущих инструментов с покрытием

В 1987 году завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу запустил производство режущих инструментов с покрытием, и доля экспорта увеличилась. Экспорт режущих инструментов с покрытием в основном осуществлялся на рынок Юго-Восточной Азии, что способствовало развитию местной обрабатывающей промышленности и накоплению иностранной валюты для китайской промышленности цементированного карбида.

1990-е годы: Технологические прорывы и промышленная экспансия

1990-е годы, Zhuzhou Cemented Carbide Factory сотрудничал с Central South University для разработки сверхмелкозернистого твердого сплава для использования в прецизионных формах. Central South University имеет ведущее преимущество в области порошковой металлургии, и это сотрудничество способствовало индустриализации сверхмелкозернистой технологии. В 1994 году Xiamen Tungsten Industry сотрудничала с Kyocera из Японии для внедрения технологии физического осаждения из паровой фазы (PVD) для разработки покрытых инструментов, что еще больше повысило устойчивость продукции к высоким температурам.

1997: Основана Jiangxi Tungsten Group.

В 1997 году была создана Jiangxi Tungsten Industry Holding Group (Jiangxi Tungsten Group) для интеграции ресурсов вольфрамовой руды Ганьчжоу и производства цементированного карбида. Ганьчжоу является крупнейшим районом добычи вольфрамовой руды в Китае. Создание Jiangxi Tungsten Group знаменует собой интеграцию и модернизацию цепочки вольфрамовой промышленности Цзянси.

1998: Развитие вольфрамовых технологий в Сямыне

В 1998 году компания Xiamen Tungsten разработала новый тип твердого сплава для использования в морской технике, удовлетворяя спрос на коррозионно-стойкие материалы в морской среде.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1999: Технология переработки отходов

В 1999 году завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу совместно со шведской компанией Seco Tools провел исследование технологии переработки, что позволило повысить уровень переработки вольфрамовых ресурсов.

2000: Промышленный парк цементированного карбида в Чжучжоу

В 2000 году начал формироваться промышленный парк по производству цементированного карбида в Чжучжоу, сформировавший промышленный кластер с заводом по производству цементированного карбида в Чжучжоу в качестве ядра, что способствовало развитию региональной экономики.

2000-е - 2020-е годы: Глобализация и технологическое лидерство**2002: Вступление в ВТО**

В 2002 году Китай вступил во Всемирную торговую организацию (ВТО), и Zhuzhou Cemented Carbide Factory (China Tungsten High-Tech) увидела рост экспорта. В том же году China Tungsten High-Tech интегрировала Zhuzhou Diamond Cutting Tool Company для расширения производственных мощностей лезвий с ЧПУ для удовлетворения потребностей таких высокотехнологичных отраслей, как автомобилестроение.

2002: China Minmetals Group и Jiangxi Rare Earth Metals Tungsten Industry Group Corporation начали сотрудничество.

В 2002 году China Minmetals Nonferrous Metals Co., Ltd., дочерняя компания China Minmetals Group, сотрудничала с Jiangxi Rare Earth Metals Tungsten Industry Group Corporation (предшественник Jiangxi Tungsten Industry Holding Group) для создания Jiangxi Tungsten Industry Group Co., Ltd. Это совместное предприятие совместно контролируется обеими сторонами, при этом China Minmetals Nonferrous Metals владеет 51%, а Jiangxi Rare Earth Metals Tungsten Industry Group владеет 49% (согласно информации на веб-сайте муниципального правительства Ганьчжоу). Штаб-квартира совместного предприятия находится в Ганьчжоу, Цзянси, и его бизнес охватывает добычу вольфрама, обогащение, выплавку, глубокую переработку и торговлю. Оно объединяет несколько ресурсов вольфрамовой руды и перерабатывающих предприятий в провинции Цзянси, образуя относительно полную промышленную цепочку. Это сотрудничество является важным шагом для China Minmetals Group для входа в вольфрамовую промышленность Цзянси, что соответствует политической ориентации страны в то время на содействие центрально-местному сотрудничеству.

2005: Xiamen Tungsten Industry достигла технологического прорыва

В 2005 году компания Xiamen Tungsten Co., Ltd. разработала сверхтонкие режущие инструменты для использования в фотоэлектрической отрасли, что способствовало быстрому развитию фотоэлектрической промышленности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2008: Экспорт во время финансового кризиса

В 2008 году на фоне мирового финансового кризиса экспорт твердосплавных изделий из Китая продолжал расти, что отражало международную конкурентоспособность отрасли.

2010-2015: Технологии и переработка

В 2010 году China Tungsten High-Tech сотрудничала с Пекинским университетом науки и технологий с целью разработки нано-твердого сплава для точной обработки. Xiamen Tungsten выпустила инструменты с покрытием PVD, и доля экспорта увеличилась. В 2012 году Jiangxi Tungsten Group разработала новый тип твердого сплава для использования в авиационной сфере. В 2013 году Jiangxi Tungsten Group продвигала метод биовыщелачивания для повышения эффективности переработки. В 2015 году Ganzhou построила базу экономики замкнутого цикла вольфрама для содействия переработке ресурсов.

Региональные кластеры

В 2010 году Zhuzhou Cemented Carbide Industrial Park быстро развивался. В 2015 году Ganzhou построила высокотехнологичную линию по производству инструментов, опираясь на Jiangxi Tungsten Group. В 2016 году Xiamen Tungsten Industry создала базу вторичной переработки ресурсов в Южной Корее с годовым объемом производства 1500 тонн оксида вольфрама. В 2018 году Xiamen стал центром экспорта инструментов.

2020-е годы — настоящее время: зеленая разведка и глобальное лидерство

2020–2024: Экологичное и интеллектуальное развитие

В 2020 году «14-й пятилетний план» будет поддерживать развитие отрасли производства твердосплавных изделий.

В 2021 году компания China Tungsten High-Tech разработала технологию аддитивного производства.

В 2022 году будет запущен проект глубокой переработки вольфрамовой цепи Цзюцзян на предприятии Xiamen Tungsten Industry.

В 2023 году компания Xiamen Tungsten Co., Ltd. внедрила искусственный интеллект для оптимизации производства, а China Tungsten High-tech разработала высокоэнтропийный твердый сплав.

В 2024 году Jiangxi Tungsten Group запустила проект по производству карбида в Ганьчжоу, запуск которого запланирован на 2025 год. Xiamen Tungsten Industry создала базу по производству сплавов в Таиланде, а Zhuhai Tungsten Group запустила в эксплуатацию интеллектуальную линию по производству сверхтонкого карбида вольфрама.

Интеграция ресурсов

С 2020 года Jiangxi Copper Group участвует в разработке вольфрамового рудника Бакута в Казахстане через свои дочерние компании, и проект достиг значительного прогресса в 2024

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

году. Вольфрамовый рудник Бакута расположен в Янбекшказахском районе Алматинской области Казахстана, примерно в 150 километрах от города Алматы, недалеко от порта Хоргос в Китае, и имеет удобную транспортную развязку. Район добычи занимает площадь 1,16 квадратных километров, максимальная глубина добычи составляет 300 метров. Период права добычи — с 2 июня 2015 года по 2 июня 2040 года. По состоянию на 30 июня 2024 года запасы руды составляют 70,8 млн тонн со средним содержанием 0,205% WO₃, что эквивалентно 145 400 тонн WO₃; общие ресурсы составляют 110,4 млн тонн, включая около 233 200 тонн WO₃. Общие инвестиции в проект составляют около 270 млн долларов США (около 1,8922 млрд юаней). Мощность переработки первой фазы составляет 10 000 тонн в день, которая будет увеличена до 15 000 тонн в день на более позднем этапе. Ожидается, что он будет введен в эксплуатацию в первом квартале 2025 года с годовым объемом производства около 15 000 тонн 65% концентрата WO₃, что составит около 10% от мирового объема производства. Проект совместно разрабатывается Jiangxi Copper Group, Hengzhao International, China Railway Construction Group и China Civil Engineering Group. В структуре акционерного капитала Hengzhao принадлежит 43,35%, Jiangxi Copper Hong Kong — 41,65%, а China Railway Construction Group — 15%. Ожидается, что будет создано около 1000 рабочих мест, а сумма контракта составит 1,328 млрд юаней.

В 2024 году China Tungsten High-Tech приобретет вольфрамовую шахту Hunan Shizhuoyuan с запасами в 560 000 тонн. Jiangxi Tungsten Group будет владеть контрольным пакетом акций Anyuan Coal Industry, а Xiamen Tungsten будет сотрудничать с японской Mitsubishi Materials.

Региональное сотрудничество

В 2020 году продолжилось развитие промышленного парка цементированного карбида в Чжучжоу.

В 2024 году цепочка вольфрамовой промышленности Ганьчжоу будет интегрирована, а экспорт инструментов из Сямыня продолжит расти.

1.3 Сравнение твердого сплава и традиционных материалов

Твердый сплав значительно превосходит традиционные материалы по твердости, износостойкости, прочности и экологической адаптивности и сформировал конкурентное преимущество с новыми материалами в определенных областях. В этом разделе твердый сплав сравнивается с высокопрочной сталью, керамикой, кубическим нитридом бора (CBN) и поликристаллическим алмазом (PCD) с помощью количественных параметров производительности, сценариев применения и анализа жизненного цикла, чтобы проиллюстрировать его уникальные преимущества.

1.3.1 Различия в эксплуатационных характеристиках высокопрочной стали и керамики

Высокопрочная сталь (например, AISI 4340) имеет предел прочности на растяжение около 1100-1300 МПа (отчет ITIA 2024), твердость HV 400-500, скорость износа около 0,5 мм³ /

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Н · м, коэффициент теплового расширения $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, и является относительно низкой по стоимости и подходит для изготовления конструкционных деталей. Однако ее эксплуатационные характеристики снижаются при высоких температурах, а ее твердость падает до HV 200-250 при 600°C (Journal of Materials Science 2025). Твердый сплав (например, WC-6%Co) имеет твердость HV 1800–2200, скорость износа $0,06\text{--}0,08 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$, коэффициент теплового расширения $4,5\text{--}5,5 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, прочность на сжатие 3500–4000 МПа и сохраняет твердость HV 900–1000 при 1000°C (Журнал Китайского общества цветных металлов, 2024 г.). Например, годовой отчет China Tungsten High-Tech за 2024 год показывает, что срок службы ее горнодобывающих буровых коронок WC-6%Co при бурении гранита составляет 1800–2000 метров, в то время как срок службы буровых коронок из высокопрочной стали AISI 4340 составляет около 300–400 метров, а срок службы твердого сплава увеличивается примерно в 4–5 раз. Низкий коэффициент теплового расширения твердого сплава снижает деформацию обработки и подходит для прецизионных форм (допуск $<0,01 \text{ мм}$).

Керамика (например, оксид алюминия Al_2O_3) имеет твердость HV 1800-2000, термостойкость 1200°C и теплопроводность $25\text{--}30 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, что подходит для высокотемпературной резки, но имеет вязкость разрушения $3\text{--}5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, плохую ударопрочность и склонна к скалыванию (ITIA 2024). Твердый сплав имеет прочность $8\text{--}15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, теплопроводность $80\text{--}100 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ и более устойчив к тепловому удару. Например, годовой отчет компании Xiamen Tungsten за 2024 год показывает, что ее инструменты WC-Co с покрытием PVD TiAlN имеют показатель стойкости к сколам примерно на 50–60 % выше, чем инструменты без покрытия при высокоскоростном фрезеровании (200 м/мин).

1.3.2 Сравнение с новыми материалами

Кубический нитрид бора (CBN) имеет твердость HV 4000-5000 и теплопроводность $150\text{--}200 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. Он подходит для резки высокотемпературных сплавов (таких как Inconel 718) со скоростью резки 250-300 м/мин, но имеет вязкость разрушения $4\text{--}6 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ и слабую ударную стойкость (ITIA 2024). Поликристаллический алмаз (PCD) имеет твердость HV 7000-8000 и скорость износа $0,01\text{--}0,02 \text{ мм}^3/\text{Н} \cdot \text{м}$. Он подходит для обработки цветных металлов (таких как алюминиевые сплавы), но имеет плохую термостойкость. Твердость падает примерно на 40%-50% при $>700^\circ\text{C}$ (Journal of Materials Science 2025). Твердый сплав имеет PVD-покрытие TiAlN (твердость HV 2500–3000), которое приближается по эксплуатационным характеристикам к CBN, и прочность на сжатие 3500–4000 МПа, что выше, чем у PCD (около 3000 МПа), что делает его пригодным для глубоководного бурения (давление $> 100 \text{ МПа}$).

С точки зрения сценариев применения, CBN и PCD имеют преимущества в сверхточной обработке (например, оптические линзы, шероховатость поверхности $<0,01 \text{ мкм}$), но твердый сплав имеет более широкую универсальность. Например, годовой отчет Jiangxi Tungsten за 2024 год показывает, что ее сопла из твердого сплава TaC-WC-Co могут выдерживать температуру 1200°C в авиационных газовых турбинах и имеют срок службы около 4000-5000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

часов, в то время как срок службы сопел из PCD составляет около 1500-2000 часов. Технология покрытия PVD из твердого сплава снижает химический износ и повышает эффективность резки стали примерно на 20%-30% по сравнению с материалами без покрытия (Журнал Китайского общества цветных металлов 2024).

1.3.3 Преимущества в экстремальных условиях

Твердый сплав хорошо работает в экстремальных условиях, таких как высокая температура, высокое давление и коррозия. При 1000 °C карбид WC-6%Co сохраняет HV 900-1000, в то время как высокопрочная сталь (AISI 4340) падает до HV 200-250. Хотя керамика устойчива к высоким температурам, она имеет низкую вязкость разрушения ($3-5 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$) и склонна к растрескиванию. Твердый сплав, содержащий связующую фазу Ni (такой как Co-Ni-Cr), имеет скорость коррозии $<0,1 \text{ мм/год}$ в среде солевого тумана, а срок службы морской техники (такой как клапаны Xiamen Tungsten Industry) составляет >5 лет, в то время как высокопрочная сталь AISI 4340 составляет около 1-2 лет (Ежегодный отчет Xiamen Tungsten Industry 2024). При глубоководном бурении (глубина воды 5000 метров, давление около 50 МПа) срок службы твердосплавных буровых коронок составляет 800–1000 часов, а высокопрочной стали — около 150–200 часов (ITIA 2024).

Твердый сплав имеет значительные зеленые преимущества. В 2024 году глобальный уровень переработки твердого сплава составит около 25–30%, в Китае он достигнет 35–40% (ITIA 2024), а China Tungsten High-Tech переработает около 2000–2200 тонн (Годовой отчет China Tungsten High-Tech 2024). Уровень переработки высокопрочной стали составляет около 85–90%, но потребление энергии высокое, уровень переработки керамики составляет $<10\%$, а переработка CBN и PCD сложна. Жизненный цикл твердого сплава соответствует цели «двойного углерода» (Журнал Китайского общества цветных металлов 2024). В 2025 году China Tungsten High-Tech оптимизирует конструкцию инструментов WC-Co с помощью аддитивного производства для повышения долговечности (Годовой отчет China Tungsten High-Tech 2024).

1.4 Сравнение твердого сплава и вольфрамовой стали

между цементированным карбидом (композитный материал WC-Co) и вольфрамовой сталью (быстрорежущая сталь или инструментальная сталь, содержащая вольфрам) с точки зрения состава материала, микроструктуры, эксплуатационных параметров и производственного процесса. В этом разделе характеристики этих двух материалов подробно сравниваются с помощью количественных данных и научного анализа, подчеркивая преимущества цементированного карбида в твердости, износостойкости и высокотемпературной стабильности, а характеристики вольфрамовой стали в прочности и гибкости обработки, уделяя особое внимание материалам и производительности, не затрагивая экономические или прикладные уровни.

1.4.1 Состав и микроструктура материала

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Твердый сплав содержит карбид вольфрама (WC, массовая доля 70%-94%) в качестве твердой фазы и кобальт (Co, 6%-20%) или никель (Ni) в качестве связующей фазы. WC имеет гексагональную структуру (пространственная группа $R\bar{6}m2$, $a=2,906 \text{ \AA}$, $c=2,837 \text{ \AA}$) с твердостью HV 2200-2500, Co имеет гранецентрированную кубическую структуру (ГЦК), а угол контакта составляет около 5° - 10° (Журнал Китайского общества цветных металлов 2024). Микроструктура состоит из частиц WC (зерна 0,2-5 микрон), внедренных в матрицу Co, с плотностью >98%-99%. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) показывают, что прочность интерфейса WC-Co составляет >40-50 МПа, а сегрегация Co составляет <5% (Журнал материаловедения 2025). Добавление TiC или TaC (3%-10%) повышает стойкость к окислению, а прирост веса после окисления при 1200°C составляет менее $0,1 \text{ мг/см}^2$ (Ежегодный отчет China Tungsten High-Tech 2024). Рентгеновская дифракция (XRD) подтверждает, что ориентация кристаллической плоскости WC (001) оптимизирована, а энергия границ зерен составляет около $0,8\text{-}1 \text{ Дж/м}^2$.

Вольфрамовая сталь — это легированная сталь, содержащая вольфрам (W, 5%-18%), например, быстрорежущая сталь HSS M2 (содержащая 6% W, 5% Mo, 4% Cr) или инструментальная сталь. Матрица представляет собой сплав железа (Fe) и углерода (C, 0,8%-1,2%) с объемно-центрированной кубической (ОЦК) или мартенситной структурой. Вольфрам существует в состоянии твердого раствора или карбида ($\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$) с размером зерна 10-30 микрон. Анализ SEM показывает, что распределение карбида неравномерно, скорость сегрегации составляет 5%-15%, а прочность интерфейса составляет около 20-30 МПа (Journal of Materials Science 2025). Прочность ковалентной связи вольфрамовой стали составляет около 400-450 кДж/моль, что ниже, чем у WC (600-700 кДж/моль), а твердость составляет HV 600-800.

Композитная структура твердого сплава обеспечивает низкий коэффициент термического расширения ($4,5\text{-}5,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$), что лучше, чем у вольфрамовой стали ($11\text{-}12 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$), что снижает высокотемпературную деформацию. Вольфрамовая сталь имеет более высокую вязкость (K_1 с $20\text{-}25 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$), чем твердый сплав ($8\text{-}15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$).

1.4.2 Сравнение параметров производительности

Твердый сплав (WC-6%Co) имеет твердость HV 1800-2200, скорость износа $0,06\text{-}0,08 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, прочность на сжатие 3500-4000 МПа, теплопроводность $80\text{-}100 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$ и коэффициент теплового расширения $4,5\text{-}5,5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$. При 1000°C потеря веса в соляном тумане твердого сплава, содержащего связующую фазу Co-Ni-Cr, составляет $<0,1 \text{ мг} / \text{см}^2$ при сохранении HV 900-1000 (Журнал Китайского общества цветных металлов 2024). Вольфрамовая сталь имеет твердость HV 600-800, скорость износа $0,4\text{-}0,5 \text{ мм}^3 / \text{Н} \cdot \text{м}$, прочность на сжатие 1500-2000 МПа, теплопроводность $20\text{-}30 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$, коэффициент теплового расширения $11\text{-}12 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$, падение твердости до HV 350-400 при 600°C и скорость коррозии около $0,5\text{-}1 \text{ мг/см}^2$.

Износостойкость твердого сплава примерно в 6-8 раз выше, чем у вольфрамовой стали, а его

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

прочность на сжатие в 1,8-2 раза выше, что делает его пригодным для сред с высоким давлением (>100 МПа). С точки зрения тепловых характеристик, прирост веса твердого сплава после окисления при 1200°C составляет $<0,1$ мг/см², и он не имеет трещин после >100 циклов термоудара; прирост веса вольфрамовой стали после окисления при 800°C составляет около $0,8-1$ мг/см², и микротрещины появляются после 50-60 циклов термоудара. Циклическая усталостная прочность твердого сплава ($>1800-2000$ МПа, в 10^7 раз) лучше, чем у вольфрамовой стали ($900-1000$ МПа, в 10^7 раз) (Ежегодный отчет China Tungsten High-Tech 2024).

1.4.3 Характеристики производственного процесса

В цементированном карбиде применяется процесс порошковой металлургии: шаровая мельница из порошка WC и Co (размер частиц 0,5-5 микрон), прессование ($50-100$ МПа), спекание в жидкой фазе ($1320-1400^{\circ}\text{C}$, степень вакуума 10^{-3} Па), плотность $>98\%$. Горячее изостатическое прессование (HIP, $120-150$ МПа, $1350-1400^{\circ}\text{C}$) устраняет поры и увеличивает твердость на $5\%-10\%$ (Годовой отчет China Tungsten High-tech 2024). Процесс должен контролировать температуру ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) и содержание Co ($\pm 0,5\%$) для достижения субмикронных зерен (0,2-1 микрон).

Вольфрамовую сталь производят методом плавки в дуговой печи ($1600-1800^{\circ}\text{C}$), литья в слитки, горячей прокатки/ковки ($1100-1200^{\circ}\text{C}$) и термической обработки (закалка 850°C , отпуск $500-600^{\circ}\text{C}$). Карбиды распределены неравномерно, а размер зерна составляет 10-30 микрон. Термическая обработка оптимизирует твердость и вязкость, но сегрегация карбидов ($5\%-15\%$) влияет на консистенцию (Journal of Materials Science 2025).

1.4.4 Экологическая адаптивность и характеристики переработки

Скорость коррозии твердого сплава, содержащего связующую фазу Ni (например, Co-Ni-Cr), в среде соляного тумана составляет $<0,1$ мм/год, и он обладает высокой стойкостью к окислению при 1200°C . Скорость коррозии вольфрамовой стали составляет около $0,5-1$ мм/год, а окисление становится очевидным выше 800°C . Теплопроводность ($80-100$ Вт/м·К) и низкий коэффициент теплового расширения ($4,5-5,5 \times 10^{-6}$ / $^{\circ}\text{C}$) твердого сплава обеспечивают стойкость к тепловому удару и подходят для сред с высокой температурой и высоким давлением ($>1000^{\circ}\text{C}$, >100 МПа). Теплопроводность ($20-30$ Вт/м·К) и высокий коэффициент теплового расширения ($11-12 \times 10^{-6}$ / $^{\circ}\text{C}$) вольфрамовой стали приводят к термической деформации.

Что касается переработки, то степень извлечения твердого сплава методом плавки цинка достигает $90-95\%$, а в Китае к 2024 году она составит $35-40\%$ (ITIA 2024). Степень извлечения вольфрамовой стали составляет около $85-90\%$, но потери вольфрама при плавке и переплавке составляют $5-10\%$. Переработка твердого сплава более эффективна и соответствует цели по низкому уровню выбросов углерода (Годовой отчет China Tungsten High-tech 2024).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.4.5 Комплексное сравнение производительности

Твердый сплав превосходит вольфрамовую сталь по твердости, износостойкости, стабильности при высоких температурах, коррозионной стойкости и прочности на сжатие. Покрытие PVD TiAlN (HV 2500-3000) улучшает производительность и подходит для экстремальных условий работы. Вольфрамовая сталь обладает высокой ударной вязкостью (K_{IC} с 20-25 МПа·м^{1/2}) и гибкостью обработки, подходит для обработки с низкой нагрузкой, но ее твердость (HV 600-800) и износостойкость недостаточны. В 2025 году нано WC-Co (размер зерна 0,05-0,1 мкм) компании China Tungsten High-Tech дополнительно оптимизирует производительность (Годовой отчет China Tungsten High-Tech 2024).

Ссылки

Годовой отчет China Tungsten & High-Tech Materials Co., Ltd. за 2024 год.
Годовой отчет Xiamen Tungsten Co., Ltd. за 2024 год.
Тенденции рынка вольфрама в 2024 году. www.ctia.com.cn
CTIA GROUP LTD. Профиль компании и представление продукции в 2024 году. ctia.group
вольфрамовой промышленности Китая. Отчет о конференции по развитию вольфрамовой промышленности Китая 2024 года. www.ctia.net.cn
Национальная комиссия развития и реформ. 2021. План 14-го пятилетнего плана. www.ndrc.gov.cn
Государственное архивное управление. 1958. Строительные архивы завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу. Пекин: Государственное архивное управление
Китайский журнал цветных металлов. 1965-2024. Различные выпуски. www.cnki.net
Редкометаллические материалы и инженерия. 2023-2024. Несколько выпусков. www.cnki.net
USGS. 2025. Обзоры минерального сырья:
вольфрам. www.usgs.gov
ИТИА. 2024. Отчет о переработке вольфрама. www.itia.infoМеждународная
вольфрамовая ассоциация. 2024. Отчет о переработке вольфрама.
Журнал материаловедения. 2024-2025. www.springer.comЖурнал
материаловедения. 2024-2025.
Журнал сплавов и соединений. 2025. www.elsevier.comЖурнал
сплавов и соединений. 2025.
Труды Королевского общества. 1868.
Лондон: Королевское общество.
Аннален дер Хими. 1875. Лейпциг: Wiley-VCH.
Аннален дер Хими. 1875. Лейпциг: Wiley-VCH.
Станьте гражданином Германии Chemischen Gesellschaft. 1900. Берлин: Wiley-VCH.
Отчеты Немецкого химического общества. 1900. Берлин: Wiley-VCH.
Технический отчет Osram. 1908.
Берлин: Osram GmbH.
Архив Круппа. 1912-1943. Эссен: ThyssenKrupp AG.
Архив Круппа. 1912-1943. Эссен: ThyssenKrupp AG.
Технический бюллетень Круппа. 1925. Эссен: Krupp AG.

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

Технический отчет Фарбен. 1931. Франкфурт: IG Farben.
Технический отчет Фарбен. 1931. Франкфурт: IG Farben.
Сандвик Коромант История. 1932-2003. Сандвикен : Sandvik AB.
Патент США. 1896-1936.
Вашингтон, округ Колумбия: USPTO.
Технический отчет Kennametal. 1953. Latrobe: Kennametal Inc.
Технический отчет Kennametal. 1953. Latrobe: Kennametal Inc.
Патент Seco Tools. 1965. Фагерста : Seco Tools AB.
Отчет Mitsubishi Materials. 1975.
Токио: Mitsubishi Materials Corp.
Plansee Technical Bulletin. 1983. Reutte: Plansee Group.
Plansee Technical Bulletin. 1983. Reutte: Plansee Group.
Отчет Sandvik Sustainability. 1990. Sandviken : Sandvik AB.
of Biomedical Materials Research. 1985. Hoboken: Wiley.
Журнал аддитивного производства. 2012.
Амстердам: Elsevier.

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

Приложение :

Метод перевода на английский язык термина «твердый сплав» и его применение

Как композитный материал, состоящий из твердой фазы (например, карбида вольфрама) и связующей фазы (например, кобальта), цементированный карбид имеет множество переводов или названий на английском языке в зависимости от контекста, отраслевых стандартов или привычек в технической области. Ниже приводится подробное резюме английских названий цементированного карбида и их переводов, охватывающее общие термины, сценарии применения и тонкие различия.

Как перевести английское название цементированного карбида

1. Английское название твердого сплава - Hardmetal

Определение: Наиболее стандартное английское название, широко используемое в международных стандартах (таких как ISO 513, ASTM B886) и академической литературе, относится к материалам, состоящим из твердых карбидов (таких как WC, TiC) и металлических связующих (таких как кобальт, никель). Сценарии использования:

Промышленные стандарты: ISO 3326 (Твёрдые сплавы — Определение магнитного насыщения кобальта), GB/T 3849.

Академические исследования: в статьях ScienceDirect часто упоминаются « твердые сплавы », используемые для изготовления режущих инструментов и форм.

Особенности: акцент на композитных свойствах материалов (твердая фаза + фаза металлической связи), высокая универсальность, подходит для мировой индустрии твердосплавных материалов.

Пример: Твердые сплавы широко используются в режущих инструментах благодаря своей высокой твердости и износостойкости.

2. Твердый сплав

Определение: Распространенный перевод, подчеркивающий характеристики твердых карбидов (таких как WC), «скрепленных» металлическими связующими веществами (такими как кобальт), широко используемый в североамериканской и европейской технической литературе.

Стандарт ASTM: ASTM B886 (Стандартный метод испытаний для определения магнитного насыщения твердых сплавов).

Отраслевой термин: обычно используется североамериканскими производителями инструментов (например, Kennametal и Sandvik).

Особенности: Акцент на процессе «цементации», то есть металлическое связующее вещество объединяет частицы карбида в процессе спекания.

как Hardmetal , но чаще встречается в американских стандартах и корпоративной рекламе.

Пример: Твердые сплавы предпочтительны для обработки благодаря своей прочности и

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

долговечности.

3. Карбид вольфрама

Определение: относится конкретно к твердому сплаву с карбидом вольфрама (WC) в качестве основной твердой фазы, часто используется для нетехнических или упрощенных описаний, но, строго говоря, не является исчерпывающим (не охватывает другие карбиды или связующие вещества). Сценарии использования:

Бизнес и рынок: часто встречается в рекламе ножей, сверл и ювелирных изделий (колец из вольфрамовой стали).

Научно-популярная статья: Википедия часто представляет твердый сплав как «карбид вольфрама».

Особенности: Он относится только к твердому сплаву на основе WC и не распространяется на сплавы, содержащие другие карбиды, такие как TiC и TaC .

Используется как синоним твердого сплава в непрофессиональных целях (например, на потребительском рынке).

Ограничения: не очень точный, так как твердый сплав может содержать карбиды на основе не вольфрама (например, TiC) или различные связующие вещества.

Пример: Инструменты из карбида вольфрама известны своей чрезвычайной твердостью.

4. Карбид

Определение: Упрощенное название, которое относится к цементированному карбиду в целом, опуская «цементированный» или «вольфрам», которые обычно используются в промышленности или в разговорной речи. Сценарии использования:

Инструментальная промышленность: рабочие и инженеры часто называют их «твердосплавными инструментами» или «твердосплавными пластинами».

Техническая документация: Например, в брошюре о продукции Sandvik упоминаются «марки твердого сплава».

Особенности: кратко, но может вызывать двусмысленность, поскольку «карбид» также относится к другим карбидам (например, карбид кальция CaC_2) .

для четкого указания на цементированный карбид в контексте.

Пример: твердосплавные пластины повышают эффективность обработки стали.

5. Видиаметалл (менее распространен)

Определение: Термин, использовавшийся в ранней Европе (особенно в Германии), произошел от слова «Widia» (Wie Diamant, что означает «подобный алмазу»), которое является торговым названием твердого сплава.

Исторические документы: немецкая компания Krupp первой начала коммерческое производство твердого сплава в 1920-х годах и назвала его Widia.

Некоторые регионы Европы: до сих пор иногда встречается в старых технических

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

документах или на традиционных предприятиях.

Особенности: Подчеркивает высокую твердость твердого сплава (близкую к алмазу), но в настоящее время он используется реже и заменен твердым сплавом или твердым сплавом.

Только в определенных исторических или брендовых контекстах.

Пример: Widiametal стал прорывом в технологии ранних режущих инструментов.

6. Спеченный карбид (менее распространен)

Определение: Подчеркивает, что твердый сплав изготавливается методом спекания в порошковой металлургии, выделяя производственный процесс. Сценарии применения:

Научные исследования: используется при описании процесса производства твердого сплава.

Техническое руководство: как описано в инструкции по процессу спекания.

Характеристики: Похож на цементированный карбид, но больше ориентирован на процесс спекания.

Используется реже, чем твердый сплав и карбид вольфрама.

Пример: Детали из спеченного карбида демонстрируют превосходную износостойкость.

7. Другие нестандартные переводы

Вольфрамовая сталь

Неправильный перевод, часто встречается в непрофессиональных случаях (например, на платформах электронной коммерции). Твердый сплав — это не сталь, а композитный материал из карбида металла.

Пример: В ювелирной промышленности их ошибочно называют «кольцами из вольфрамовой стали», хотя на самом деле это твердый сплав на основе вольфрама .

Твердый сплав

В переводе с китайского языка это слово означает «твердый сплав», но в английском языке оно используется редко и может встречаться в китайско-английской литературе, но не является общепринятым.

Пример: Твердый сплав не является стандартным термином в английской технической литературе.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Сравнение и предложения по выбору методов перевода на английский язык цементированного карбида

Английское имя	Применимые сценарии	преимущество	ограничение
Твердый металл	Международные стандарты, академические исследования, мировая промышленность	Высокая универсальность, стандартная терминология	Нет очевидных ограничений
Твердый сплав	Североамериканские стандарты, промышленность режущих инструментов, техническая документация	Акцент на технологии склеивания, широко признанной	Немного длинный
Карбид вольфрама	Коммерческое продвижение, популяризация науки, потребительский рынок	Кратко и понятно даже непрофессионалам	Недостаточно полный, игнорирует другие карбиды и связующие вещества
карбид	Отраслевые разговорные выражения, Производство инструментов	Простой и универсальный в отрасли	Может вызывать неоднозначность (путаницу с другими карбидами)
Видиаметал	Исторические документы, традиционные европейские предприятия	Историческое значение, специфичное для бренда	Устаревший, в настоящее время используется редко
Спеченный карбид	Академическое исследование, описание процесса	Выделите процесс спекания	Низкая частота использования
Вольфрамовая сталь	Неспециализированные рынки (например, ювелирные изделия)	Нет (неправильный термин)	Неточный и вводящий в заблуждение
Твердый сплав	Литература на языке чинглиш	Нет (нестандартный)	Не стандартизирован, не признан на международном уровне

Предложение по выбору:

Официальные мероприятия (стандарты, документы, международный обмен): используйте твердый сплав или карбид вольфрама, поскольку они соответствуют стандартам ISO, ASTM, GB/T и являются весьма универсальными.

В отрасли (производство ножей, пресс-форм): «Carbide» — лаконичное название, подходящее для разговорной речи или наименования продукции, но убедитесь, что контекст ясен.

Коммерческая пропаганда (для потребителей): Карбид вольфрама более понятен непрофессионалам, но следует отметить, что это твердый сплав.

Избегайте: вольфрамовой стали и твердых сплавов из-за неточностей или несоответствия.

Данные и поддержка

Стандартная основа: ISO 3326:2013 и ASTM B88624 используют термины «Hardenmetal» и «Cemented Carbide» (официальный сайт ISO, официальный сайт ASTM).

В стандарте GB/T 38492015 используется термин «твердый сплав», который на английский язык переводится как «Hardmetal» (Китайская национальная сеть запросов по стандартам).

Отраслевая практика: мировые компании-производители инструмента (например, Sandvik и Kennametal)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

часто используют термин «твердый сплав» или «карбид» в своих каталогах продукции.

В статье Википедии о «карбиде вольфрама» указано, что это подвид твердого сплава (Википедия, 2005).

Научная литература: В статьях ScienceDirect для описания сплавов WCCo часто используются термины «твердые сплавы» или «твердые сплавы» (ScienceDirect, 2020).

Историческая справка: «Widia» возникло в 1920-х годах в честь немецкой компании Krupp и в настоящее время используется редко.

Английские названия цементированного карбида в основном включают Hardmetal, Cemented Carbide, Tungsten Carbide и Carbide, среди которых Hardmetal и Cemented Carbide являются наиболее стандартными терминами, широко используемыми в международных стандартах и отраслевых обменах. Tungsten Carbide подходит для коммерческого продвижения, но недостаточно всеобъемлюще; Carbide является кратким, но необходимо учитывать неоднозначность. Widiometal и Sintered Carbide менее распространены и ограничены конкретными историческими или технологическими сценариями. Следует избегать названий Tungsten Steel и Hard Alloy, поскольку они неточны. При выборе английских названий следует выбирать наиболее подходящий термин в соответствии с контекстом (академический, промышленный, коммерческий).

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Приложение :

Краткое введение в основные предприятия по производству твердого сплава в моей стране на раннем этапе и их нынешнее состояние

1. Завод Zhuzhou 601 (завод по производству цементированного карбида в Чжучжоу)

История происхождения и строительства

Завод Zhuzhou 601, а именно завод Zhuzhou Cemented Carbide (ныне Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd., филиал China Tungsten High- tech) , был основан в 1954 году и расположен в Чжучжоу, провинция Хунань. Это отправная точка китайской промышленности по производству карбида вольфрама. Завод был одним из 156 ключевых проектов во время «первой пятилетки» страны (1953-1957) и известен как «колыбель китайской промышленности по производству карбида вольфрама». Предыстория его создания заключалась в том, что промышленная база была слабой в первые дни основания Нового Китая, и карбид вольфрама как стратегический материал в основном зависел от импорта. Чтобы изменить эту ситуацию, страна решила построить завод в Чжучжоу, провинция Хунань, опираясь на местные богатые ресурсы вольфрамовой руды (например, полиметаллический рудник Шичжюань) и удобные транспортные условия (Чжучжоу расположен в среднем течении реки Сянцзян и имеет развитый железнодорожный транспорт).

Имя, число, значение и происхождение

Номер «601» возник из правил конфиденциального наименования промышленных предприятий в первые дни основания Нового Китая. В то время, чтобы обеспечить конфиденциальность национальной оборонной промышленности и ключевых проектов,

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

государство использовало цифры вместо прямых названий для многих заводов. «601» принадлежит к серийному номеру, находящемуся в юрисдикции Министерства металлургической промышленности (позже объединенного с Министерством машиностроения), в частности, представляя «Первый завод Шестого министерства металлургической промышленности». «6» представляет металлургическую промышленность, а «01» указывает на то, что это первый ключевой проект в системе, отражая особый статус завода по производству цементированного карбида в Чжучжоу как начала китайской промышленности по производству цементированного карбида.

Строительство и развитие

Завод Zhuzhou 601 на раннем этапе своего создания внедрил советскую технологию, используя порошковую металлургию для производства твердого сплава, в основном состоящего из карбида вольфрама-кобальта (WC-Co), который в основном использовался для горнодобывающих и режущих инструментов. В 1958 году, когда «первая пятилетка» подошла к концу, завод Zhuzhou расширил свой завод и оптимизировал производственный процесс. Производимые твердосплавные сверла начали удовлетворять потребности геологоразведки. В 1960 году завод сотрудничал с Пекинским научно-исследовательским институтом цветных металлов для разработки твердого сплава, содержащего карбид титана (TiC), для использования в области бурения нефтяных скважин. В 1960-х годах, несмотря на влияние Культурной революции, завод Zhuzhou поддерживал свои поставки в области механической обработки, оптимизируя формулу за счет самообеспечения. В 1970 году страна запустила «Проект 704», и завод Zhuzhou еще больше расширился, а его выпуск увеличился. После реформ и открытости в 1978 году, в период «Шестой пятилетки» (1981-1985), на заводе в Чжучжоу была внедрена шведская технология покрытия Sandvik и разработаны инструменты с покрытием из нитрида титана (TiN), что значительно улучшило производительность резания.

Основные характеристики

Завод Zhuzhou 601 является местом рождения китайской промышленности по производству карбида вольфрама и заложил основу для этой отрасли. Его характеристики:

Внедрение технологий и инноваций : Начав с советских технологий, мы позднее сотрудничали с Университетом Цинхуа, Центральным южным университетом и т. д. с целью разработки сверхмелкозернистого и наноразмерного твердого сплава для применения в прецизионной обработке.

Эффект промышленного кластера : в 2000 году начал формироваться промышленный парк цементированного карбида в Чжучжоу, образовавший промышленный кластер с заводом в Чжучжоу в качестве ядра, что способствовало региональному экономическому развитию.

Широко используется : продукция охватывает горнодобывающую промышленность, механическую обработку, национальную оборону, электронную промышленность и другие области. Они экспортируются в Юго-Восточную Азию с 1980-х годов, и экспорт еще больше увеличился после вступления в ВТО в 2002 году.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

статус-кво

Zhuzhou Cemented Carbide Plant в настоящее время является основным предприятием China Tungsten High-tech Materials Co., Ltd. и одной из крупнейших баз по производству карбида вольфрама в Китае. В 2024 году China Tungsten High-tech приобрела вольфрамовый рудник Hunan Shizhuoyuan (с запасом 560 000 тонн), что повысило ее самообеспеченность сырьем. Компания продолжает фокусироваться на исследованиях и разработках высокоэнтропийного карбида вольфрама и технологии аддитивного производства. Ее продукция широко используется в аэрокосмической, автомобильной и других областях, активно продвигая при этом экологичное производство и интеллектуальное производство.

2. Завод Zigong 764 (завод по производству цементированного карбида Zigong)

История происхождения и строительства

Zigong 764 Factory, а именно Zigong Cemented Carbide Factory (сейчас Zigong Cemented Carbide Co., Ltd.), был основан в 1965 году и расположен в городе Zigong провинции Сычуань. Как известный соляной город в Китае, Zigong имеет долгую промышленную историю, особенно технологию бурения соляных скважин, которая обеспечивает основу для развития его промышленности по производству цементированного карбида. Создание Zigong 764 Factory совпало с периодом «Строительства третьей линии» страны с целью создания стратегической тыловой промышленной базы в юго-западном регионе для борьбы с потенциальными угрозами во время холодной войны.

Имя, число, значение и происхождение

Номер «764» — типичный метод конфиденциального наименования в период «Строительства третьей линии». «7» обычно представляет предприятия, находящиеся под юрисдикцией Министерства машиностроения, «6» может представлять региональный код юго-западного региона, а «4» — серийный номер завода в регионе. Этот метод нумерации предназначен для сокрытия истинного назначения и географического положения завода для обеспечения безопасности в военное время. Номер завода Цзыгун 764 отражает его статус как важной производственной базы из цементированного карбида, созданной Министерством машиностроения в юго-западном регионе.

Отношения с заводом Zhuzhou 601

Zhuzhou 764 Factory имеет косвенные связи с Zhuzhou 601 Factory в технологии производства твердого сплава. Будучи пионером отрасли, Zhuzhou 601 Factory экспортировала стандарты процесса и производственный опыт на предприятия «третьей линии», включая Zhuzhou 764 Factory, через национальные проекты распространения технологий в 1960-х годах. Процесс порошковой металлургии, принятый Zhuzhou 764 Factory на ранней стадии его создания, соответствует технической системе Zhuzhou 601 Factory. Кроме того, два завода дополняют друг друга в национальном распределении ресурсов вольфрама и отраслевом сотрудничестве. Технологические инновации Zhuzhou 601 Factory обеспечивают основу для развития Zhuzhou 764 Factory, в то время как Zhuzhou 764 Factory дополняет промышленную планировку

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Zhuzhou 601 Factory в юго-западном регионе за счет региональных ресурсных преимуществ.

Строительство и развитие

В первые дни завод Zigong 764 в основном производил инструменты из цементированного карбида для горнодобывающей промышленности и геологоразведки, полагаясь на богатые ресурсы природного газа Zigong (используемого в качестве топлива для спекания) и вольфрамовые ресурсы Сычуани. В 1970-х годах, по мере увеличения спроса страны на цементированный карбид, завод Zigong постепенно расширил свою линейку продукции, включив в нее режущие инструменты и износостойкие детали. В 1980-х годах, после реформ и открытости, завод Zigong начал сотрудничать с иностранными компаниями, внедрял передовое оборудование и технологии и улучшал качество продукции.

Основные характеристики

Завод Zigong 764 хорошо известен своей продукцией из цементированного карбида в области горного дела и геологоразведки, обладающей следующими характеристиками:

Преимущества ресурсов : Ресурсы природного газа в районе Цзыгун обеспечивают дешевую энергию для спекания цементированного карбида, что снижает производственные затраты.

Региональное влияние : Являясь важной базой по производству твердого сплава в юго-западном регионе, продукция завода Цзыгун широко используется при разработке месторождений в Сычуани, Юньнани и других местах.

Технический прогресс : в 1990-х годах на заводе в Цзыгуне были разработаны высокопроизводительные твердосплавные стержни и пластины для удовлетворения потребностей нестандартных режущих инструментов.

статус-кво

Zigong Cemented Carbide Co., Ltd. стала одним из важных предприятий в отрасли твердосплавных изделий в Китае и является филиалом China Minmetals Corporation. Компания специализируется на производстве прутков, пластин и режущих инструментов из твердого сплава, а ее продукция используется в горнодобывающей промышленности, бурении нефтяных скважин и механической обработке. Город Zigong также стал одной из важных баз отрасли твердосплавных изделий в Китае, продолжая ее промышленные традиции в юго-западном регионе.

Анализ взаимосвязи между заводами Zhuzhou 601 и Zigong 764

Историческая справка и позиционирование в отрасли

Завод Zhuzhou 601 (Zhuzhou Cemented Carbide Factory) был основан в 1954 году. Он является отправной точкой китайской промышленности по производству карбида вольфрама и известен как «колыбель китайской промышленности по производству карбида вольфрама». Как ключевой проект «первой пятилетки» страны, завод Zhuzhou 601 занимает лидирующие позиции в области технологии производства карбида вольфрама, освоил процесс порошковой

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

металлургии, внедренный в Советском Союзе, и постоянно внедряет инновации посредством сотрудничества с отечественными научно-исследовательскими институтами. Завод Zigong 764 (Zigong Cemented Carbide Factory) был основан в 1965 году в период «строительства третьей линии» и является важной производственной базой по производству карбида вольфрама в юго-западном регионе. Опираясь на ресурсы вольфрамовой руды и энергию природного газа Сычуани, завод Zigong 764 фокусируется на производстве инструментов из карбида вольфрама для горнодобывающей промышленности и геологоразведки.

Контакты по технологиям и ресурсам

Будучи пионером отрасли, Zhuzhou Factory 601 накопил богатый опыт в технологии производства твердого сплава, технологических стандартах и исследованиях и разработках оборудования. В 1960-х годах, с развитием «Строительства третьей линии», государство поощряло ключевые предприятия экспортировать технологии во внутренние районы для поддержки развития новых заводов. В первые дни своего основания Zigong Factory 764 извлек большую выгоду из распространения технологий Zhuzhou Factory 601. Например, процесс производства твердого сплава карбида вольфрама-кобальта (WC-Co), разработанный Zhuzhou Factory 601, стал отраслевым стандартом, а Zigong Factory 764 использует аналогичный процесс порошковой металлургии при производстве горнодобывающих инструментов, что показывает, что два завода имеют традиционную связь с точки зрения технологических систем.

3. Наньчанский завод 603 (Наньчанский завод по производству цементированного карбида)

История происхождения и строительства

Фабрика Nanchang 603, а именно Nanchang Cemented Carbide Factory (сейчас Nanchang Cemented Carbide Co., Ltd.), была основана в 1966 году и расположена в Наньчане, провинция Цзянси. Это еще одна важная база по производству цементированного карбида, созданная в период «Строительства третьей линии». Провинция Цзянси является одной из провинций с самыми богатыми ресурсами вольфрама в Китае, с высококачественными ресурсами вольфрамовой руды в Ганьжжоу и других местах. Создание завода Nanchang 603 направлено на использование этого преимущества ресурсов и поставку цементированных карбидных материалов для национальной промышленности и строительства национальной обороны.

Имя, число, значение и происхождение

Номер «603» также соответствует конфиденциальным правилам наименования в период «Строительства третьей линии». «6» может быть продолжением последовательности нумерации Министерства металлургической промышленности («6» в названии завода Zhuzhou 601 означает именно это), в то время как «03» указывает на то, что это третий ключевой проект в системе. Нумерация завода Nanchang 603 отражает его важное положение в системе металлургической промышленности, а также отражает стратегическое расположение Цзянси, внутренней провинции, в период «Строительства третьей линии».

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Строительство и развитие

В первые дни Наньчанский завод 603 в основном производил инструменты из цементированного карбида для горнодобывающей промышленности, такие как буровые коронки и инструменты для проходки туннелей, для поддержки разработки шахт в Цзянси и близлежащих районах. В 1970-х годах завод начал разрабатывать режущие инструменты для удовлетворения потребностей обрабатывающей промышленности. В 1980-х годах, с развитием реформ и открытости, Наньчанский завод внедрил иностранное оборудование и разработал высокопроизводительные продукты из цементированного карбида.

Основные характеристики

Завод Nanchang 603 славится своим применением в горнодобывающей промышленности и машиностроении. К его особенностям относятся:

Ресурсная поддержка : Ресурсы вольфрамовой руды Цзянси обеспечивают стабильные поставки сырья для завода в Наньчане, что снижает производственные затраты.

Разнообразие продукции : от горнодобывающего инструмента до режущего инструмента, завод в Наньчане постепенно расширяет линейку своей продукции, чтобы удовлетворить различные промышленные потребности.

Техническое сотрудничество : В 1990-х годах завод в Наньчане сотрудничал с отечественными университетами с целью разработки коррозионно-стойкого твердого сплава для использования в области химического оборудования.

статус-кво

Nanchang Cemented Carbide Co., Ltd. теперь является филиалом China Minmetals Corporation и является важным предприятием по производству твердосплавных изделий в провинции Цзянси. Компания продолжает фокусироваться на производстве горнодобывающих инструментов и режущих инструментов, одновременно разрабатывая новые твердосплавные материалы для использования в аэрокосмической и химической промышленности. Завод в Наньчане играет важную роль в цепочке вольфрамовой промышленности Цзянси.

4. Завод Муданьцзян 212 (Муданьцзянский завод по производству цементированного карбида)

История происхождения и строительства

Mudanjiang Factory 212, или Mudanjiang Cemented Carbide Factory, был основан в 1969 году и расположен в Муданьцзяне, провинция Хэйлунцзян. Это одна из баз по производству цементированного карбида, развернутых на северо-востоке в период «Строительства третьей линии». Создание Mudanjiang Factory 212 направлено на поддержку возрождения старой промышленной базы на северо-востоке, одновременно поставляя цементированные карбидные материалы для оборонной промышленности. Муданьцзян расположен на северо-востоке, недалеко от китайско-советской границы (примерно в 248 километрах от Владивостока), и его стратегическое расположение делает его важным местом в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

«Строительстве третьей линии». В середине 1960-х годов, когда китайско-советские отношения ухудшились, а напряженность холодной войны усилилась, Китай начал «Строительство третьей линии» для переноса промышленных баз во внутренние и отдаленные районы. Муданьцзян был выбран для строительства завода по производству карбида вольфрама из-за его железнодорожной сети и горнодобывающих ресурсов.

Имя, число, значение и происхождение

Номер «212» является типичным методом наименования для Северо-Восточного региона в период «Строительства третьей линии». «2» может представлять региональный код Северо-Восточного региона, а «12» — серийный номер завода в регионе. Этот метод нумерации призван скрыть истинное назначение завода и защитить безопасность национальной оборонной промышленности. Номер завода Муданьцзян 212 указывает на то, что он является важной частью производства цементированного карбида в Северо-Восточном регионе, что соответствует его миссии по поддержке национальной оборонной промышленности.

Строительство и развитие

В первые дни Mudanjiang Factory 212 в основном производил инструменты из цементированного карбида для горнодобывающей промышленности и геологической разведки, обслуживая разработку месторождений в Хэйлунцзяне и Цзилине. В 1970-х годах завод начал разрабатывать военные детали из цементированного карбида, такие как детали для износа гусениц танков и материалы для боеголовок, для поддержки строительства национальной обороны. В 1980-х годах, с развитием реформ и открытости, Mudanjiang Factory постепенно перешел на гражданский рынок, разрабатывая режущие инструменты и износостойкие детали, а также еще больше расширяя свою линейку продукции.

Основные характеристики

Завод Mudanjiang 212 хорошо известен своими применениями в оборонной и горнодобывающей промышленности, среди которых:

Вклад в национальную оборону : В 1970-х годах детали из цементированного карбида, произведенные на заводе в Муданьцзяне, широко применялись в военной продукции, поддерживая строительство национальной обороны.

Географические преимущества : Муданьцзян расположен на северо-востоке, недалеко от границы с Россией, что облегчает технический обмен с Советским Союзом, а позднее с Россией.

Морозостойкость продукции : Учитывая холодный климат Северо-Восточного Китая, твердосплавные инструменты, разработанные на заводе в Муданьцзяне, обладают высокой прочностью при низких температурах и могут адаптироваться к экстремальным условиям.

статус-кво

Mudanjiang Cemented Carbide Factory теперь включен в China North Industries Group Corporation и стал одним из ее дочерних предприятий. Компания продолжает производить горнодобывающие инструменты и военные детали из цементированного карбида,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

одновременно разрабатывая новые износостойкие материалы для использования в секторах энергетики и машиностроения. Mudanjiang Factory по-прежнему имеет определенное влияние в отрасли цементированного карбида в Северо-Восточном Китае.

5. Пекинский завод по производству карбида вольфрама

История происхождения и строительства

Beijing Cemented Carbide Factory был основан в 1970 году в Пекине. Это предприятие по производству твердосплавных изделий, созданное для удовлетворения промышленных и научно-исследовательских потребностей столицы. Будучи политическим и технологическим центром Китая, Пекин имеет множество научно-исследовательских институтов (таких как Пекинский научно-исследовательский институт цветных металлов) и высокотехнологичных производственных отраслей. Целью создания Beijing Cemented Carbide Factory является обеспечение высокопроизводительных материалов из твердого сплава для этих областей.

Строительство и развитие

В первые годы Пекинский завод по производству твердосплавных инструментов в основном производил режущие инструменты и прецизионные формы, обслуживая механическую обработку и электронную промышленность в Пекине и близлежащих районах. В 1970-х годах завод сотрудничал с Пекинским научно-исследовательским институтом цветных металлов для разработки высокоточных форм из твердого сплава для производства электронных компонентов. В 1980-х годах, после реформ и открытости, Пекинский завод внедрил зарубежные технологии и разработал инструменты из твердого сплава с покрытием.

Основные характеристики

Пекинский завод по производству твердосплавных изделий известен своими изделиями для прецизионной обработки, в том числе:

Технологические исследования и разработки : сотрудничество с Пекинским научно-исследовательским институтом цветных металлов и другими учреждениями с целью разработки высокоточных твердосплавных материалов.

Области применения : Продукция в основном используется в высокотехнологичных отраслях производства, таких как электронная промышленность и аэрокосмическая промышленность, удовлетворяя высокотехнологичные потребности Пекина.

Географические преимущества : Расположен в столице, легко получить политическую поддержку и технические ресурсы.

статус-кво

Пекинский завод по производству цементированного карбида теперь интегрирован в Китайский научно-исследовательский институт цветных металлов, сосредоточившись на исследованиях, разработках и производстве высококачественных цементированных карбидных материалов. Продукция компании в основном используется в области аэрокосмической промышленности, электронной промышленности и точного производства,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

а также она участвует в ключевых национальных научно-исследовательских проектах, таких как сплавы с высокой энтропией и наноматериалы.

6. Хубэй Цзянцзуань (Hubei Jiangnan Petroleum Drill Bit Co., Ltd.)

История происхождения и строительства

Компания Hubei Jiangzuan , или Hubei Jiangnan Oil Drill Bit Co., Ltd., была основана в 1973 году и расположена в г. Город Цзинчжоу , провинция Хубэй. Это важное предприятие по производству карбида вольфрама, созданное в период «Строительства третьей линии» для поддержки развития нефтяной промышленности. Цзинчжоу расположена на равнине Цзянхань , недалеко от важного нефтяного месторождения Китая, Цзянханьского нефтяного месторождения, с превосходным географическим положением, что удобно для обслуживания нефтяной промышленности. Предпосылкой создания Хубэй Цзянцзуань было быстрое развитие нефтяной промышленности Китая в 1970 - х годах, особенно разработка нефтяных месторождений Дацин и Цзянхань , что привело к резкому росту спроса на высокопроизводительные твердосплавные буровые коронки.

Строительство и развитие

Hubei Jiangzuan изначально сосредоточилась на производстве твердосплавных буровых долот и инструментов для бурения нефтяных скважин. Опираясь на реальные потребности месторождения Цзянхань , она разработала ряд износостойких, высокопрочных твердосплавных изделий. В конце 1970-х годов завод сотрудничал с отечественными научно-исследовательскими институтами для разработки твердосплавных буровых долот, подходящих для сложных геологических условий. В 1980-х годах, после реформ и открытости , Hubei Jiangzuan внедрила передовые зарубежные технологии и разработала алмазные композитные буровые долота (PDC), что еще больше повысило эффективность бурения.

Основные характеристики

Компания Hubei Jiangzuan хорошо известна своей профессиональной продукцией в области бурения нефтяных скважин, обладающей следующими особенностями:

Отраслевые направления : основное внимание уделяется твердосплавным инструментам для бурения нефтяных скважин, а продукция напрямую поставляется на крупные отечественные нефтяные месторождения, такие как нефтяные месторождения Цзянхань и Дацин.

Технологические инновации : Технология изготовления алмазных композитных деталей была внедрена в 1980-х годах, и разработанные буровые долота PDC хорошо зарекомендовали себя при бурении глубоких скважин и твердых пород.

Географические преимущества : близость к нефтяному месторождению Цзянхань , удобство сотрудничества с нефтедобывающими предприятиями и быстрое реагирование на спрос рынка.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

статус-кво

Hubei Jiangzuan в настоящее время является важным предприятием China Petrochemical Corporation (Sinopec) и одним из ведущих отечественных производителей нефтяных буровых долот и твердосплавных инструментов. Продукция компании охватывает области нефтяного и газового бурения и экспортируется на Ближний Восток, в Северную Америку и другие регионы. Hubei Jiangzuan продолжает продвигать интеллектуальное производство и разрабатывать высокопроизводительные буровые долота для удовлетворения потребностей глубоководного бурения и разработки нетрадиционных нефтяных и газовых ресурсов.

7. Завод по производству карбида в Чэнду (исследовательский институт инструментов в Чэнду)

История происхождения и строительства

Chengdu Cemented Carbide Factory, основанный на Chengdu Tool Research Institute, был основан в 1965 году и расположен в Чэнду, провинция Сычуань. Это еще одна важная база по производству твердосплавных изделий в юго-западном регионе в период «Строительства третьей линии». Chengdu Tool Research Institute был основан Министерством машиностроения для разработки высокопроизводительных режущих инструментов и материалов из твердого сплава, а Chengdu Cemented Carbide Factory является его производственной базой.

Строительство и развитие

В первые годы Chengdu Cemented Carbide Factory в основном производил режущие инструменты и формы, обслуживая машиностроение и авиационную промышленность в юго-западном регионе. В 1970-х годах завод разработал высокоточные инструменты из цементированного карбида для обработки авиационных двигателей. В 1980-х годах, после реформ и открытости, Chengdu Factory сотрудничал с иностранными компаниями, внедрял технологию нанесения покрытий и разрабатывал высокопроизводительные инструменты с покрытием.

Основные характеристики

Завод по производству твердосплавных изделий в Чэнду хорошо известен своими технологическими исследованиями и разработками в области режущих инструментов, обладающих следующими особенностями:

Поддержка научных исследований : опираясь на Чэндуский научно-исследовательский институт инструментов, предприятие обладает мощными возможностями для технических исследований и разработок.

Применение в авиации : продукция широко используется в авиационной промышленности, например, для обработки лопаток авиационных двигателей.

Техническое сотрудничество : С 1980-х годов мы сотрудничаем с зарубежными компаниями с целью разработки инструментов с покрытием, повышающим эффективность резки.

статус-кво

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

Chengdu Tool Research Institute в настоящее время является дочерней компанией China National Machinery Industry Corporation, а ее бизнес по производству твердосплавных изделий был интегрирован в Chengdu Tool Co., Ltd. Компания специализируется на исследованиях, разработках и производстве высокопроизводительных режущих инструментов и твердосплавных форм, а ее продукция используется в таких областях, как аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и т. д. Chengdu Tool Research Institute по-прежнему является одним из центров НИОКР в отечественной инструментальной промышленности.

8. Шанхайский завод по производству карбида вольфрама

История происхождения и строительства

Shanghai Cemented Carbide Factory был основан в 1958 году и расположен в Шанхае. Это одно из первых предприятий по производству карбида вольфрама, созданных после основания Нового Китая. Будучи промышленным центром Китая, Шанхай развил машиностроение и электронную промышленность. Создание Shanghai Cemented Carbide Factory направлено на удовлетворение спроса на материалы из карбида вольфрама в Восточном Китае.

Строительство и развитие

В первые годы Шанхайский завод по производству твердосплавных инструментов в основном производил режущие инструменты и износостойкие детали, обслуживая обрабатывающую промышленность в Шанхае и близлежащих районах. В 1960-х годах завод сотрудничал с Шанхайским университетом Цзяотун для разработки высокоточных форм из твердосплавных инструментов для использования в электронной промышленности. В 1970-х годах завод начал производить горнодобывающие инструменты для поддержки развития горнодобывающей промышленности в Восточном Китае. В 1980-х годах, после реформ и открытости, шанхайский завод внедрил зарубежные технологии и разработал покрытые инструменты из твердосплавных инструментов.

Основные характеристики

Шанхайский завод по производству цементированного карбида славится своей продукцией, применяемой в режущих инструментах и электронной промышленности, и имеет следующие особенности:

Промышленная база : Опираясь на промышленную базу Шанхая, наша продукция широко используется в машиностроении и электронной промышленности.

Техническое сотрудничество : сотрудничество с Шанхайским университетом Цзяотун и другими университетами с целью разработки высокоточных форм из цементированного карбида.

Экспортные возможности : С 1980-х годов продукция шанхайского завода начала экспортироваться в Юго-Восточную Азию, что повысило его международную конкурентоспособность.

статус-кво

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Shanghai Cemented Carbide Factory теперь интегрирована в Shanghai Tool Factory Co., Ltd., которая является филиалом Shanghai Electric Group. Компания специализируется на производстве режущих инструментов и форм из цементированного карбида, а ее продукция используется в автомобильной промышленности, электронной промышленности и других областях. Shanghai Tool Factory продолжает играть важную роль в отрасли цементированного карбида в Восточном Китае, одновременно продвигая интеллектуальное производство.

9. Сианьский завод по производству цементированного карбида

История происхождения и строительства

Xi'an Cemented Carbide Factory был основан в 1969 году и расположен в городе Сиань провинции Шэньси. Это производственная база из цементированного карбида, заложенная на северо-западе в период «Строительства третьей линии». Будучи важным промышленным городом на северо-западе, Сиань имеет развитую авиационную промышленность и машиностроительную промышленность. Создание Xi'an Cemented Carbide Factory направлено на поддержку промышленного развития северо-западного региона.

Строительство и развитие

Xi'an Cemented Carbide Factory изначально производил горнодобывающие инструменты и режущие инструменты, обслуживая горнодобывающую и машиностроительную промышленность в Шэньси и близлежащих районах. В 1970-х годах завод разработал инструменты из цементированного карбида для авиационной промышленности.

Основные характеристики

Региональные услуги : продукция в основном предназначена для горнодобывающей и авиационной промышленности северо-западного региона.

Накопление технологий : сотрудничество с Сианьским университетом Цзяотун и другими университетами с целью разработки высокопроизводительных твердосплавных инструментов.

статус-кво

Завод по производству твердосплавных инструментов в Сиане в настоящее время интегрирован в дочернюю компанию China Aviation Industry Corporation, специализирующуюся на производстве твердосплавных инструментов для авиации.

10. Чаншаский завод по производству цементированного карбида

История происхождения и строительства

Changsha Cemented Carbide Factory был основан в 1960-х годах и расположен в городе Чанша, провинция Хунань. Опираясь на ресурсы вольфрамовой руды Хунани, это еще одна база по производству цементированного карбида, созданная в Хунани после завода Zhuzhou 601.

Строительство и развитие

Changsha Cemented Carbide Factory изначально производил горнодобывающие инструменты

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

и износостойкие детали для поддержки горнодобывающей промышленности в Хунани и близлежащих районах. В 1980-х годах завод разработал режущие инструменты для обслуживания машиностроительной промышленности.

Основные характеристики

Поддержка ресурсов : совместное использование ресурсов вольфрамовой руды Хунань с заводом Чжучжоу 601.

Региональное сотрудничество : дополнение завода в Чжучжоу и поддержка развития отрасли по производству твердосплавных изделий в Хунани.

статус-кво

Завод по производству цементированного карбида в Чанше в настоящее время входит в состав Zhuzhou Cemented Carbide Group и становится одной из ее подчиненных производственных баз, специализируясь на производстве горнодобывающего инструмента.

Завод Zhuzhou 601, завод Zigong 764, завод Nanchang 603, завод Mudanjiang 212, завод Beijing Cemented Carbide, Hubei Jiangzuan , завод Chengdu Cemented Carbide, завод Shanghai Cemented Carbide, завод Xi'an Cemented Carbide и завод Changsha Cemented Carbide являются важными представителями в развитии промышленности по производству цементированного карбида в Китае и внесли свой вклад в развитие отрасли в различные исторические периоды и региональные условия. Завод Zhuzhou 601 и завод Zigong 764 имеют косвенные связи в технологическом наследовании и отраслевом сотрудничестве и совместно способствовали развитию промышленности по производству цементированного карбида в Китае. Завод Zhuzhou 601 заложил основу для отрасли, завод Zigong 764, завод Nanchang 603, Hubei Jiangzuan и завод Chengdu Cemented Carbide полагаются на ресурсы и региональные преимущества для обслуживания юго-западной и нефтяной промышленности, Beijing Cemented Carbide Factory и Shanghai Cemented Carbide Factory сосредоточены на высокотехнологичных приложениях, Mudanjiang 212 Factory поддерживает северо-восточную промышленность и национальное оборонное строительство, а Xi'an Cemented Carbide Factory и Changsha Cemented Carbide Factory обслуживают северо-запад и регионы Хунань. Строительство и развитие этих заводов отражают путь Китая от внедрения технологий к независимым инновациям, и в настоящее время они продолжают играть важную роль в зеленом интеллектуальном производстве и глобальной конкуренции.

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

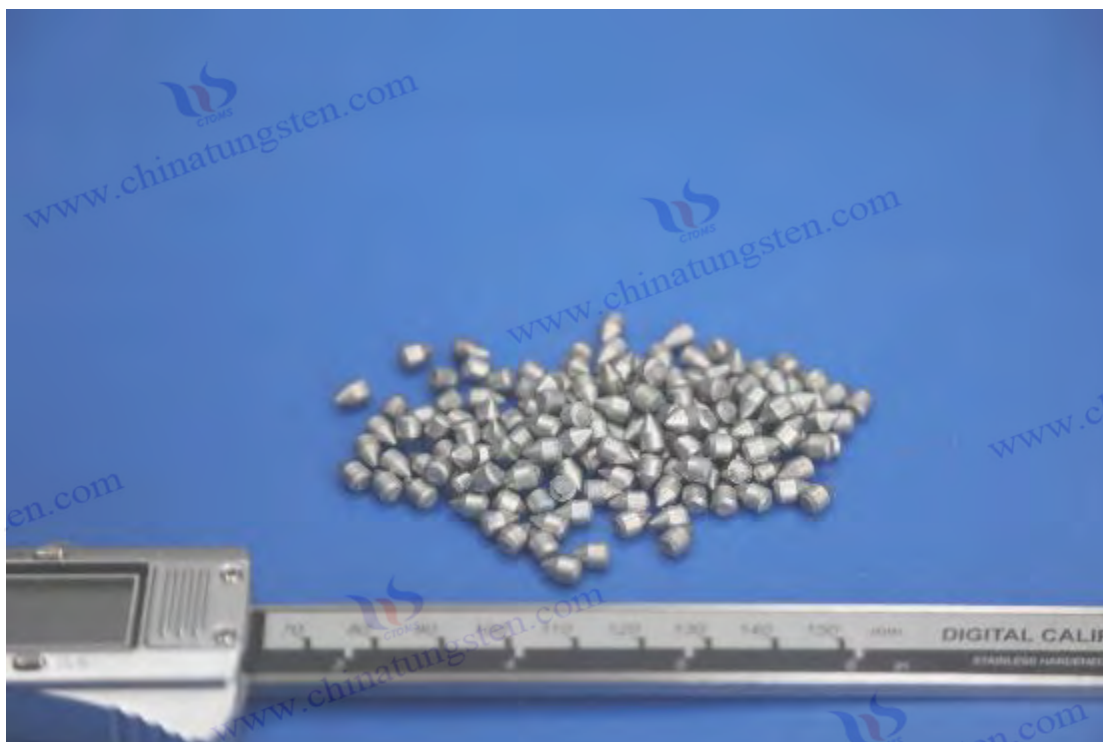
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Приложение :

Развитие вольфрамовой и карбидной промышленности в Китае

1. Предыстория и процесс создания

Создание Китайской корпорации цветных металлов (далее именуемой «Корпорация цветных металлов») является ключевым шагом в трансформации цветной металлургии Китая из плановой экономики в рыночную экономику. После основания Китайской Народной Республики в 1949 году цветная металлургия находилась под централизованным управлением государства, а вольфрамовые ресурсы высоко ценились как стратегические полезные ископаемые. После реформ и открытости в 1978 году государство постепенно скорректировало систему экономического управления и перешло от плановой экономики к рыночной. В октябре 1981 года Государственная экономическая комиссия создала Государственное управление цветных металлов в соответствии с инструкциями Государственного совета, которое отвечало за координацию развития национальной цветной металлургии (согласно «Избранным экономическим архивам Китайской Народной Республики · 1981»). 25 сентября 1982 года Государственный совет издал «Решение о корректировке системы управления цветными металлами» (Guofa [1982] № 169), решив реструктурировать Государственное управление цветными металлами в юридическое лицо и создать Китайскую корпорацию цветной металлургии. 15 апреля 1983 года Государственный совет официально утвердил «Отчет Государственной экономической комиссии о создании Китайской корпорации цветной металлургии» (Guo Jing [1983] № 45), и Корпорация цветных металлов была официально создана и напрямую находилась под управлением Комиссии по надзору и управлению государственными активами Государственного совета (SASAC). Как

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

центральное предприятие, она отвечает за производство, торговлю и международное сотрудничество в области цветных металлов.

Создание Nonferrous Metals Company тесно связано с развитием вольфрамовых ресурсов Китая и интернационализацией промышленности по производству твердого сплава. В феврале 1983 года Государственный совет издал «Несколько положений о расширении внешнеэкономических и технологических обменов» (Guofa [1983] № 28), требуя от Nonferrous Metals Company пилотировать в особых экономических зонах, таких как Шэньчжэнь, Чжухай, Шаньтоу и Сямынь, и предоставляя местную и корпоративную автономию в импорте и экспорте. С этой целью Nonferrous Metals Company открыла свой первый зарубежный филиал в Гонконге в июне 1983 года, а затем открыла офисы в Шэньчжэне, Чжухае и Сямыне, а также представительства в Японии, США, Южной Корее, Австралии и других местах, создав торговую сеть, которая поддерживает интернационализацию вольфрамовой и твердосплавной продукции.

2. Организационная структура

Организационная структура компании по производству цветных металлов разработана вокруг потребностей управления вольфрамовой и карбидной промышленности. Она разделена на штаб-квартиру и подчиненные ей подразделения, охватывающие производство, торговлю и технологические исследования и разработки (согласно «Ежегоднику промышленности цветных металлов Китая 1985 года»):

Штаб-квартира

находится в Пекине и состоит из:

Департамент управления производством: отвечает за планирование добычи вольфрама и производства карбида вольфрама, а также за управление ключевыми проектами по добыче вольфрама по всей стране.

Департамент импорта и экспорта: отвечает за распределение экспортных квот и развитие международного рынка вольфрамовой продукции и твердого сплава.

Отдел исследований и разработок в области технологий: координирует внедрение и разработку технологий вольфрама и твердого сплава.

Финансовый отдел: управляет фондами и расходами.

Отдел кадров: отвечает за управление персоналом.

Подразделения

, занимающиеся вольфрамом и цементированным карбидом, включают:

Чжучжоуский завод по производству цементированного карбида

Завод был основан в 1954 году и является филиалом Nonferrous Metals Company. Это крупнейшая в моей стране база по производству твердосплавных изделий, выпускающая режущие инструменты WC-Co и износостойкие материалы.

Наньчанский завод по производству цементированного карбида

Завод был основан в 1965 году для производства порошка карбида вольфрама и изделий из

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

твердого сплава.

Китайская национальная корпорация по импорту и экспорту цветных металлов

Основанная в 1983 году, компания отвечает за экспорт вольфрама и твердого сплава, а также импорт сырья.

Научно-исследовательский центр технологий вольфрамовой промышленности

Он был основан в 1988 году совместно с Институтом исследований металлов Китайской академии наук с целью разработки жаропрочных сплавов на основе вольфрама.

Зарубежные филиалы

Филиал в Гонконге (открыт в июне 1983 года) является основным экспортным окном для вольфрама и твердого сплава, а представительства в Японии, США, Южной Корее и Австралии поддерживают международную торговлю.

3. Развитие вольфрамовых ресурсов и промышленности по производству твердого сплава

Компании цветной металлургии доминируют в разработке вольфрамовых ресурсов и производстве твердого сплава в Китае, полагаясь на богатые запасы вольфрама и передовые технологии.

Разработка ресурсов вольфрама

Запасы вольфрама в Китае составляют около 2 миллионов тонн эквивалента триоксида вольфрама, что составляет 47% от мировых (данные ITIA 2023), а на Цзянси приходится более 60% страны. В 1980-х годах компания цветных металлов интегрировала вольфрамовый рудник Сихуашань в Цзянси (открыт в 1907 году, с запасами 200 000 тонн), вольфрамовый рудник Дацзишань в Ганьчжоу (разработан в 1958 году, с запасами 150 000 тонн) и вольфрамовый полиметаллический рудник Шичжюань в Хунани (разработан в 1980-х годах). В 1984 году «Шестой пятилетний план для цветной металлургической промышленности» (1981-1985) предполагал, что годовой объем добычи вольфрамовой руды должен контролироваться в пределах 35 000 тонн для защиты устойчивости ресурсов. В 1990 году годовой объем производства вольфрамового концентрата дочерними предприятиями цветной металлургической компании составил около 30 000 тонн, что составляет 70% от объема производства страны (Национальное бюро статистики, 1990 г., Промышленный статистический ежегодник).

Производство твердого сплава

Компании цветной металлургии способствуют развитию промышленности твердого сплава. В 1985 году завод твердого сплава в Чжучжоу внедрил советскую технологию порошковой металлургии, а стойкость режущих инструментов из твердого сплава WC-6%Co была в три раза выше, чем у быстрорежущей стали (Технический архив Китайской ассоциации цветной металлургии). В 1987 году завод твердого сплава в Наньчане построил производственную линию с годовым объемом производства 500 тонн порошка карбида вольфрама, с годовым объемом производства около 80 миллионов юаней (Промышленная статистика Национального бюро статистики за 1987 год). В 1990 году национальный объем производства

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

твердого сплава составил около 15 000 тонн, из которых дочерние компании компании Nonferrous Metals внесли около 60% (Данные Национального бюро статистики за 1990 год). В 1988 году Центр технологических исследований и разработок разработал жаропрочные сплавы на основе вольфрама для использования в двигателях ракет-носителей.

Управление импортом и экспортом

Nonferrous Metals Company является основным каналом импорта и экспорта вольфрама и твердого сплава. В июне 1983 года Государственный совет издал «Уведомление о корректировке положений об экспортном управлении цветными металлами» (Guofa [1983] № 87), назначив Nonferrous Metals Company ответственной за управление квотами. В 1985 году было экспортировано около 15 000 тонн вольфрамовой продукции (твердый сплав и вольфрамовая проволока), что составило 85% от объема страны (Статистика Главного таможенного управления за 1985 год), а основными рынками сбыта были Япония (Mitsui & Co.), США (General Electric) и Канада (Noranda). В 1986 году гонконгский филиал зарегистрировался на Лондонской бирже металлов, котировал вольфрамовую продукцию и участвовал в переговорах по Международному соглашению по вольфраму. В начале 1990-х годов ежегодно импортировалось около 500 тонн высокочистого вольфрамового сырья для поддержки производства высококачественных твердых сплавов (данные Министерства торговли за 1992 год).

Политика и техническая поддержка

В 1988 году Центр технологических исследований и разработок разработал высокотемпературные сплавы на основе вольфрама для использования в аэрокосмической промышленности. В 1992 году «Меры по управлению вольфрамовой промышленностью» (Государственный экономический и торговый [1992] № 123) регулировали добычу и экспорт и ограничивали беспорядочную добычу на небольших шахтах.

4. Расторжение брака и наследование

16 апреля 1997 года «Решение Госсовета об углублении реформы государственных предприятий» (Guofa [1997] № 5) способствовало реорганизации компании Nonferrous Metals, и высококачественные активы были проданы для формирования China Nonferrous Metals Construction (NFC). 20 ноября 1997 года China Nonferrous Metals Construction была зарегистрирована (биржевой код: 000758) и взяла на себя инженерный бизнес (официальный сайт China Nonferrous Metals Construction www.nfc.com.cn). В октябре 2003 года «Руководящие мнения Государственного совета по реорганизации государственных предприятий» (Guofa [2003] № 96) одобрили роспуск Компании цветных металлов, а бизнес вольфрама и твердого сплава был передан Jiangxi Tungsten Industry и China Minmetals Group, а права на управление импортом и экспортом были возвращены Министерству торговли.

5. Значимость и влияние

Компании цветной металлургии способствовали трансформации китайской вольфрамовой и карбидной промышленности из плановой экономики в рыночную. Их стратегия

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

интернационализации привела к тому, что экспорт вольфрама составил 50% от общемирового объема (отчет ITIA 1990). В 2023 году объем производства вольфрамового концентрата составит 114 000 тонн, а доля глубокой переработки карбида достигнет 40% (данные Национального бюро статистики за 2023 год), что отражает заложенную ими промышленную основу.

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Приложение:

**ISO 513:2012 Классификация и применение твердых режущих материалов,
Кромки для резки металла - Обозначение основных категорий и категорий
применения**

Классификация и применение твердых режущих материалов для обработки металлов
резанием с определенными режущими кромками — Обозначение основных групп и групп
применения

Китайская версия международного стандарта "ISO 513:2012"

Номер стандарта
ИСО 513:2012

Стандартное название (китайский)

Классификация и применение твердых режущих материалов, материалов с определенными
режущими кромками для обработки металлов резанием - Обозначение основных классов и
классов применения

Стандартное название (оригинальное английское)

Классификация и применение твердых режущих материалов для обработки металлов
резанием с определенными режущими кромками — Обозначение основных групп и групп
применения

Издательское Агентство

Международная организация по стандартизации (ИСО)

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

Технический комитет

ISO/TC 29/SC 9 (Технический комитет по малогабаритным инструментам/Подкомитет по твердым режущим материалам)

Первая дата релиза

5 ноября 2012 г.

Текущий статус версии

Дата выпуска: 5 ноября 2012 г.

Последний просмотр и подтверждение: 2018 г.

Текущий статус : Действует в настоящее время (по состоянию на 20 мая 2025 г.)

Языки

Официальные языки: английский, французский.

Перевод на китайский язык: неофициальная языковая версия (этот документ переведен с китайского языка)

Область применения

Настоящий международный стандарт устанавливает классификацию и применение твердых режущих материалов для операций по удалению металлической стружки, включая такие материалы, как цементированный карбид (твердый сплав), керамика, алмаз и кубический нитрид бора, и определяет их основные категории и категории применения. Настоящий стандарт применяется к инструментам с определенными режущими кромками для операций по резке металлических материалов.

Неприменимая область применения:

Горнодобывающие и другие ударные орудия;

Волочильные фильеры;

Инструменты для обработки металлов деформацией;

Контакт компаратора и другие применения.

Система классификации

В настоящем стандарте твердые режущие материалы подразделяются на основные категории и категории применения, а именно:

Основные категории по типу материала:

Твердый сплав (твердый сплав, код: H): на основе карбида вольфрама (WC) или карбида титана (TiC) в сочетании со связующими веществами, такими как кобальт (Co) или никель (Ni).

Керамика (код: C): включая оксид алюминия (Al_2O_3), нитрид кремния (Si_3N_4) и т. д.

Алмаз (код: D): включает природный алмаз и синтетический поликристаллический алмаз

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

(PCD).

Кубический нитрид бора (код: В): включает монокристаллический кубический нитрид бора (CBN) и поликристаллический кубический нитрид бора (PCBN).

Категории заявок (по цели обработки):

Категория Р (подходит для обработки стали): обычная сталь, нержавеющая сталь и легированная сталь.

Класс М (подходит для обработки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов): таких как аустенитная нержавеющая сталь и сплавы на основе никеля.

Класс К (подходит для обработки чугуна): например, серого чугуна и ковкого чугуна.

Категория N (подходит для обработки цветных металлов): таких как алюминий, медь и их сплавы.

Категория S (подходит для обработки жаропрочных сплавов): таких как титановые сплавы и жаропрочные сплавы на основе никеля.

Класс Н (подходит для обработки твердых материалов): таких как закаленная сталь (твердость > 45 HRC) и твердый чугун.

Как указать категорию приложения

Структура кода: Каждая категория приложений представлена комбинацией букв и цифр.

Буква указывает тип обрабатываемого материала (Р, М, К, N, S, H).

Число указывает уровень условий резания или свойств материала (обычно от 01 до 50, причем чем больше число, тем тяжелее условия резания или тверже материал).

Пример: P10 означает резку с низкой нагрузкой, подходящую для обработки стали; K20 означает резку со средней нагрузкой, подходящую для обработки чугуна.

Пример комбинации:

Инструменты из твердого сплава с кодовым названием «НМ Р20»: обозначают материал из твердого сплава (НМ), подходящий для обработки стали (Р) при средних нагрузках резания (20).

Инструмент из кубического нитрида бора, кодовое название «BN Н05»: обозначает материал из кубического нитрида бора (BN), подходящий для обработки твердых материалов (Н) при легких нагрузках при резании (05).

Цель стандарта

Единая классификация: создание единой на глобальном уровне системы классификации твердых режущих материалов, упрощающей производителям и пользователям выбор подходящих режущих материалов.

Руководство по применению: Указывая основные категории и категории применения, оно помогает пользователям выбирать наиболее подходящие твердые режущие материалы в соответствии с обрабатываемыми материалами и условиями резания.

Содействие торговле: стандартизация кодов и классификаций для содействия международной торговле и техническому обмену твердыми режущими материалами.

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

Сопутствующие стандарты

ISO 1832: Система обозначений режущих инструментов, используемая для указания геометрии и материала инструмента.

ISO 5608: Система обозначений токарных и фрезерных инструментов.

ISO 9001: Стандарт системы менеджмента качества (применительно к производству твердых режущих материалов).

Сценарии использования

Этот стандарт широко используется в машиностроительной промышленности, включая, помимо прочего:

Автомобилестроение: обработка деталей двигателей, коленчатых валов, шестерен и т. д.

Аэрокосмическая промышленность: обработка деталей из жаропрочных и титановых сплавов.

пресс-форм : механическая обработка пресс-форм из закаленной стали .

Общее машиностроение: обработка деталей из чугуна и цветных металлов.

Как это получить

Официальный источник: [PDF-файлы или бумажные версии на английском или французском языке доступны для приобретения на официальном сайте ISO \(www.iso.org\).](#)

Другие каналы: Приобретайте через авторизованных дистрибьюторов, таких как ANSI (Американский национальный институт стандартов), BSI (Британский институт стандартов) и т. д.

Примечание: некоторые страны и регионы могут предоставлять переведенные версии, но точность переведенных версий должна быть гарантирована.

История

ISO 513:2004: Предыдущая версия, опубликованная в 2004 году и замененная текущей версией в 2012 году.

ISO 513:1991: более ранняя версия, опубликованная в 1991 году и замененная в 2004 году.

Дополнительные примечания

В этом стандарте не рассматриваются конкретные параметры производительности твердых режущих материалов (такие как твердость, прочность на изгиб и т. д.). Пользователи должны делать выбор на основе данных, предоставленных поставщиком материала.

Код категории применения настоящего стандарта необходимо использовать в сочетании с условиями резания (такими как скорость резания, скорость подачи, метод охлаждения) для обеспечения наилучших результатов обработки.

в заключение

ISO 513:2012 обеспечивает глобально унифицированную спецификацию для классификации и применения твердых режущих материалов, охватывающую различные материалы, такие как цементированный карбид, керамика, алмаз и кубический нитрид бора, и подходит для

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

различных сценариев резки металла. Благодаря четкой системе кодов пользователи могут быстро выбирать подходящие режущие материалы для повышения эффективности обработки и срока службы инструмента. Этот стандарт имеет большое значение в машиностроительной промышленности и способствует стандартизации и международному применению твердых режущих материалов.

Дополнительные примечания

Приведенный выше контент основан на информации с официального сайта ISO и других стандартных баз данных для обеспечения точности и авторитетности.

Китайские названия и некоторые описания переведены и отредактированы, это не официальная китайская версия ISO, и они приведены только для справки.

Если вам необходимо получить оригинальный текст стандарта или более подробную информацию, рекомендуется посетить официальный сайт ISO или обратиться к авторизованному дистрибьютору.

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Классификация и применение твердых режущих материалов для обработки металла с определенными режущими кромками — обозначение основных групп и групп применения
Классификация и применение твердых режущих материалов, материалов с определенными режущими кромками для резки металла
- Обозначение основных категорий и категорий применения

Международный стандарт ISO 513:2012 (английская версия)

Стандартный номер
ИСО 513:2012

Стандартное название (английский)

Классификация и применение твердых режущих материалов для обработки металлов резанием с определенными режущими кромками — Обозначение основных групп и групп применения

Стандартное название (переведено на китайский язык для справки)

Классификация и применение твердых режущих материалов, материалов с определенными режущими кромками для обработки металлов резанием - Обозначение основных классов и классов применения

Издательская организация

Международная организация по стандартизации (ИСО)

Технический комитет

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/TC 29/SC 9 (Технический комитет по малогабаритным инструментам / Подкомитет по твердым режущим материалам)

Дата первой публикации
5 ноября 2012 г.

Текущий статус версии
Дата публикации: 5 ноября 2012 г.

Последний просмотр и подтверждение: 2018 г.
Текущий статус: Активен (по состоянию на 20 мая 2025 г.)

Языковые версии

Официальные языки: английский, французский.

Другие языки: неофициальные переводы могут быть доступны в некоторых регионах (например, китайский, как указано выше)

Объем

Настоящий международный стандарт устанавливает классификацию и применение твердых режущих материалов, используемых для удаления металла с определенными режущими кромками, включая твердые сплавы (карбиды), керамику, алмаз и кубический нитрид бора. Он определяет основные группы и группы применения для этих материалов. Стандарт распространяется на инструменты с определенными режущими кромками, используемые для резки металлических материалов.

Исключения:

Инструменты для горнодобывающей промышленности или других ударных работ;

Волоочильные фильеры;

Инструменты, используемые для обработки металлов давлением путем деформации;

Такие применения, как контактные наконечники компараторов или другие виды применения, не связанные с резкой.

Система классификации

Стандарт классифицирует твердые режущие материалы по основным группам и группам применения следующим образом:

Основные группы (по типу материала):

Твердые сплавы (код: H): на основе карбида вольфрама (WC) или карбида титана (TiC) с кобальтом (Co) или никелем (Ni) в качестве связующих веществ.

Керамика (код: C): включает алюминий (Al_2O_3), нитрид кремния (Si_3N_4) и т. д.

Алмаз (код: D): включает природный алмаз и поликристаллический алмаз (PCD).

Кубический нитрид бора (код: B): включает монокристаллический кубический нитрид бора (CBN) и поликристаллический кубический нитрид бора (PCBN).

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

Группы применения (в зависимости от использования обработки):

Группа Р (для обработки стали): включает обычную сталь, нержавеющую сталь и легированную сталь.

Группа М (для обработки нержавеющей стали и жаропрочных сплавов): Включает аустенитную нержавеющую сталь, сплавы на основе никеля.

Группа К (для обработки чугуна): включает серый чугун, ковкий чугун.

Группа N (для обработки цветных металлов): включает алюминий, медь и их сплавы.

Группа S (для обработки жаропрочных сплавов): Включает титановые сплавы, суперсплавы на основе никеля.

Группа H (для обработки твердых материалов): включает закаленную сталь (>45 HRC), твердый чугун.

Метод обозначения групп применения

Структура кода: Каждая группа приложений представлена комбинацией букв и цифр.

Буква указывает тип обрабатываемого материала (Р, М, К, N, S, H).

Число указывает на условия резания или уровень производительности материала (обычно от 01 до 50; более высокие числа указывают на более сложные условия или более твердые материалы).

Пример: P10 указывает на пригодность для легкой резки стали; K20 указывает на пригодность для средней резки чугуна.

Примеры сочетаний:

из твердого сплава, код «HM P20»: обозначает материал из твердого сплава (HM), подходящий для резания стали (P) со средней нагрузкой (20).

Инструмент из кубического нитрида бора, код «BN H05»: обозначает материал из кубического нитрида бора (BN), подходящий для легкой резки (05) твердых материалов (H).

Цель стандарта

Унифицированная классификация: обеспечивает всемирно признанную систему классификации твердых режущих материалов, облегчая выбор производителями и пользователями.

Руководство по применению: Помогает пользователям выбрать наиболее подходящий режущий материал в зависимости от обрабатываемого материала и условий резания.

Упрощение процедур торговли: стандартизация кодов и классификаций для содействия международной торговле и техническому обмену твердыми режущими материалами.

Сопутствующие стандарты

ISO 1832: Система обозначений режущих инструментов, определяющая геометрию и материал инструмента.

ISO 5608: Система обозначений токарных и фрезерных инструментов.

ISO 9001: Стандарт системы менеджмента качества (применительно к производству)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

твердосплавных материалов).

Сценарии использования

Этот стандарт широко применяется в машиностроительной промышленности, включая, помимо прочего:

Автомобилестроение: обработка деталей двигателей, коленчатых валов, шестерен и т. д.

Аэрокосмическая промышленность: обработка жаропрочных сплавов и титановых сплавов.

Изготовление пресс-форм: механическая обработка пресс-форм из закаленной стали.

Общее машиностроение: обработка деталей из чугуна и цветных металлов.

Доступность

Официальный источник: Доступно для приобретения в формате PDF или на бумажном носителе на официальном сайте ISO (www.iso.org).

Другие каналы: доступны через авторизованных дистрибьюторов, таких как ANSI (Американский национальный институт стандартов), BSI (Британский институт стандартов) и т. д.

Примечание: в некоторых регионах могут предоставляться переведенные версии, но точность следует проверять по официальным версиям на английском или французском языке.

Исторические версии

ISO 513:2004: Предыдущая версия, опубликованная в 2004 году, заменена версией 2012 года.

ISO 513:1991: более ранняя версия, опубликованная в 1991 году, заменена версией 2004 года.

Дополнительные примечания

В этом стандарте не указаны эксплуатационные параметры твердых режущих материалов (например , твердость, прочность на изгиб). Для получения подробных спецификаций пользователи должны обратиться к данным поставщика материала.

Коды групп применения следует использовать в сочетании с условиями резания (например , скоростью резания, скоростью подачи, методом охлаждения) для обеспечения оптимальной производительности обработки.

Заключение

ISO 513:2012 обеспечивает глобально стандартизированную структуру для классификации и применения твердых режущих материалов, охватывающую твердые сплавы , керамику, алмаз и кубический нитрид бора. Он применим к широкому спектру сценариев резки металла. Предлагая четкую систему обозначений, стандарт позволяет пользователям эффективно выбирать подходящие режущие материалы, повышая эффективность обработки и срок службы инструмента. Этот стандарт играет важную роль в отрасли обработки, способствуя стандартизации и международному применению твердых режущих материалов.

Дополнительные примечания

Контент составлен на основе информации с официального сайта ISO и стандартных баз данных, что гарантирует точность и подлинность.

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

Предоставленный ранее перевод на китайский язык носит исключительно справочный характер и не является официальной версией ISO.

Для получения оригинального текста стандарта или более подробной информации рекомендуется посетить официальный сайт ISO или связаться с авторизованным дистрибьютором.

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

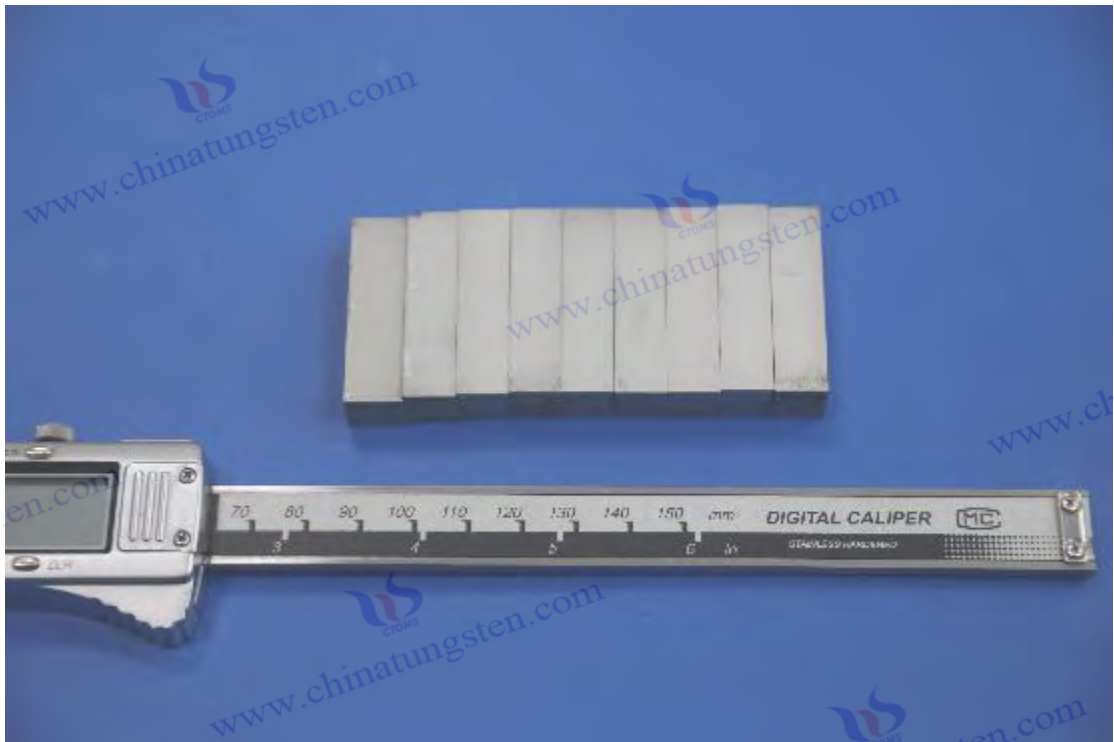
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Приложение :

Сравнение твердого сплава, быстрорежущей стали и сверхтвердых материалов

1. Определение и состав

Тип материала	определение	Основные ингредиенты
Твердый сплав Твердый сплав /твердый сплав	Композитный материал, спеченный из твердых карбидных частиц и металлического связующего, обладающий высокой твердостью и высокой износостойкостью.	Твердая фаза: карбид вольфрама (WC, 70–95%), карбид титана (TiC), карбид тантала (TaC). Связующая фаза: кобальт (Co, 5–15%), никель (Ni).
Быстрорежущая сталь Быстрорежущая сталь, HSS	Высоколегированная инструментальная сталь, содержащая углерод и различные легирующие элементы, пригодная для высокоскоростной резки и обладающая хорошей прочностью.	Сплав на основе железа: углерод (C, 0,71,5%), вольфрам (W, 618%), молибден (Mo, 510%), хром (Cr, 4%), ванадий (V, 15%) и кобальт (Co, 08%).
Сверхтвердые материалы Сверхтвердые материалы	Материалы с твердостью, близкой или превышающей твердость природного алмаза, используются для высокоточной или экстремальной обработки.	Природный алмаз, синтетический алмаз (PCD), кубический нитрид бора (CBN), керамика (например, Si3N4, Al2O3).

Поддержка данных:

Твердый сплав: твердость WC ~1600-2200 HV, содержание кобальта влияет на прочность (ScienceDirect, 2020).

Быстрорежущая сталь: типичные марки включают M2 (W6Mo5Cr4V2), твердость ~6065 HRC (ASTM A600).
Сверхтвёрдые материалы: твёрдость алмаза ~800010000 HV, CBN ~4500 HV (Википедия, 2024).

2. Сравнение производительности

производительность	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	Сверхтвёрдые материалы
твердость	Высокая (1400-2200 HV), уступающая только сверхтвёрдым материалам, с превосходной износостойкостью.	Средняя (6065 HRC, около 700850 HV), ниже, чем у твердого сплава.	Очень высокая (4000-10000 HV), максимальная износостойкость, подходит для экстремальных условий.
прочность	Среднее и высокое содержание кобальта (например, 10–15 %) имеет хорошую прочность, но склонно к скалыванию.	Высокая ударопрочность, подходит для сложной резки.	Низкая, легко становится хрупким и требует матричной поддержки (например, PCD, прикрепленного к твердому сплаву).
Теплостойкость	Хорошая (800-1000°C), пригодна для высокотемпературной резки.	Средняя (500-600°C), при высоких температурах твёрдость снижается.	Превосходно (алмаз ~700°C, CBN ~1400°C), CBN обладает особенно хорошей термостойкостью.
Коррозионная стойкость	Более того, кобальтовая фаза устойчива к коррозии, кислотам и щелочам.	Как правило, он легко окисляется и требует защитного покрытия.	Превосходная, высокая химическая стабильность алмаза/КНБ.
Скорость резки	Высокая (100500 м/мин), подходит для эффективной обработки.	Средняя (30100 м/мин), ниже, чем у карбида.	Очень высокая (500-2000 м/мин), подходит для сверхскоростной обработки .

Поддержка данных:

Твердый сплав: скорость резания в 35 раз выше, чем у быстрорежущей стали (Sandvik, 2023).
Быстрорежущая сталь: после термообработки твёрдость может достигать 65 HRC, но размягчается при температуре выше 600 °C (ScienceDirect, 2020).
Сверхтвёрдые материалы: скорость резания КНБ жаропрочных сплавов может достигать 1000 м/мин (Википедия, 2024).

3. Производственный процесс

Тип материала	Процесс производства	Функции
Твердый сплав	Порошковая металлургия: смешивание карбидного порошка (WC, TiC) и кобальтового порошка, прессование и высокотемпературное спекание (1350-1450 °C).	Процесс отработан, размер зерна контролируется (0,52 мкм) , а содержание кобальта может регулировать производительность.
Быстрорежущая сталь	Плавка, литье, термическая обработка (закалка + отпуск), а также формовка методамиковки и прокатки.	Требует точной термической обработки (например, закалки при 1200°C) и может

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Тип материала	Процесс производства	Функции
		многократно шлифоваться.
Сверхтвердые материалы	Синтез под высоким давлением и при высокой температуре (HPHT, 5000°C, 5 ГПа , например, PCD, CBN), химическое осаждение из газовой фазы (CVD, алмазное покрытие).	Процесс сложный, дорогостоящий и требует поддержки со стороны подложки (например, твердого сплава).

Поддержка данных:

Твердый сплав: время спекания составляет 12 часов, размер зерна влияет на коэрцитивную силу (ISO 3326:2013).

Быстрорежущая сталь: процесс термообработки повторяем и увеличивает срок службы инструмента (ASTM A600).

Сверхтвердые материалы: HPHT-синтез потребляет много энергии, а толщина CVD-покрытия составляет 520 мкм (ScienceDirect, 2020).

4. Области применения

Тип материала	Основные приложения	Типичные сценарии
Твердый сплав	Режущий инструмент (токарные резцы, фрезы), штампы, сверла, горный инструмент.	Обработка стали, чугуна, нержавеющей стали; например, инструменты YG8 для грубой обработки.
Быстрорежущая сталь	Сверла, фрезы, метчики, пильные полотна и инструменты для сложных форм.	Низкоскоростная резка, обработка мягких материалов (таких как алюминий, медь); например, сверла M2.
Сверхтвердые материалы	Инструменты для прецизионной обработки, абразивный инструмент, волочильные матрицы, износостойкие покрытия.	Обработка высокотемпературных сплавов, керамики и композитных материалов; например, использование инструментов из КНБ для обработки авиационных деталей.

Поддержка данных:

Твердый сплав: составляет ~50% мирового рынка инструментов.

Быстрорежущая сталь: низкая стоимость, составляет около 30% рынка бюджетного инструмента.

Сверхтвердые материалы: высококлассный рынок, инструменты из ПКА/КНБ используются в аэрокосмической отрасли .

5. Сравнение преимуществ и недостатков

Тип материала	преимущество	недостаток
Твердый сплав	Высокая твердость, сильная износостойкость. Хорошая термостойкость, подходит для высокоскоростной резки. Регулируемые характеристики (содержание кобальта, размер зерна).	Прочность ниже, чем у быстрорежущей стали, а кромка легко ломается. Стоимость выше, чем у быстрорежущей стали. Не подходит для низкоскоростной и высокоударной обработки.
Быстрорежущая сталь	Высокая прочность, сильная ударопрочность. Повторяемая шлифовка, низкая стоимость. Легко обрабатывать инструменты сложной формы.	Низкая твердость и термостойкость. Низкая скорость резания и низкая эффективность. Легко изнашиваются и требуют частой замены.

Тип материала	преимущество	недостаток
Сверхтвердые материалы	Чрезвычайно высокая твердость и длительный срок службы. Подходит для сверхскоростной и точной обработки. Высокая химическая стабильность и коррозионная стойкость.	Очень хрупкий и склонный к сколам. Чрезвычайно дорогой в производстве. Не подходит для обработки черных металлов (алмаз).

Поддержка данных:

Твердый сплав: срок службы инструмента в 510 раз больше, чем у быстрорежущей стали (Sandvik, 2023).

Быстрорежущая сталь: Стоимость составляет всего 20–30 % от стоимости твердого сплава ().

Сверхтвердые материалы: срок службы инструмента из КНБ может достигать 1050 раз больше, чем у твердого сплава (Википедия, 2024).

6. Стоимость и экономика

Тип материала	расходы	Экономичный
Твердый сплав	Средний (50 100 долл. США за кг).	Высокая экономическая эффективность, подходит для обработки на среднем и высоком уровне, длительный срок службы и сниженная частота замены.
Быстрорежущая сталь	Низкая (520 долл. за кг).	Подходит для недорогой мелкосерийной обработки, но требует высоких затрат на техническое обслуживание (требуется шлифовка).
Сверхтвердые материалы	Высокая (1000–5000 долл. США за кг).	Подходит для высокоточной обработки, имеет высокую первоначальную стоимость, но чрезвычайно долгий срок службы.

7. Выберите предложения

Твердый сплав: подходит для средне- и высокоскоростной резки, общей обработки (сталь, чугун, нержавеющая сталь), сбалансированная твердость и прочность, широко используется в промышленном производстве.

Быстрорежущая сталь: подходит для низкоскоростной резки, обработки мягких материалов (алюминия, меди) или сложных инструментов (метчиков, формовочных инструментов), предпочтительна при ограниченном бюджете.

Сверхтвердые материалы: подходят для сверхскоростной и точной обработки (высокотемпературные сплавы, керамика, композитные материалы), например, детали для аэрокосмической и автомобильной промышленности, требующие высокой точности и длительного срока службы.

Пример:

Обработка чугуна: твердосплавный (YG6) инструмент, скорость 150 м/мин, срок службы 23 часа.

Обработка алюминиевого сплава: сверло из быстрорежущей стали (M2), скорость 50 м/мин, низкая стоимость.

Обработка титанового сплава: лезвие из КНБ, скорость 800 м/мин, срок службы 10 часов.

В заключение

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Твердый сплав, быстрорежущая сталь и сверхтвердые материалы имеют свои преимущества и подходят для различных сценариев обработки:

Твердый сплав /твердый сплав: высокая твердость, износостойкость, подходит для резки на средних и высоких скоростях, высокая экономичность и является основой отрасли.

Быстрорежущая сталь (HSS): высокая прочность, низкая стоимость, подходит для низкоскоростной обработки и изготовления сложных инструментов, но плохая термостойкость.

Сверхтвердые материалы (PCD/CBN): чрезвычайно высокая твердость и долговечность, подходят для точной и высокоскоростной обработки, но высокая стоимость и высокая хрупкость.

Выбор должен основываться на обрабатываемом материале (сталь, алюминий, керамика), скорости резания, требованиях к точности и бюджету. Твердый сплав является общим выбором, быстрорежущая сталь подходит для недорогих сценариев, а сверхтвердые материалы предназначены для высокотехнологичных нужд.

Справочные данные:

Твёрдость: твердый сплав 1400-2200 HV, быстрорежущая сталь 700-850 HV, сверхтвёрдые материалы 4000-10000 HV (ScienceDirect, 2020).

Стандарт: ISO 3326, ASTM B886, GB/T 3849 (испытание магнитного насыщения твердого сплава).

Рынок: На долю твердого сплава приходится около 50% рынка инструментов, а на долю сверхтвердых материалов — около 10% (Sandvik, 2023).

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



Приложение :

Что такое карбид вольфрама ?

1. Что такое вольфрамовая сталь?

Вольфрамовая сталь — это высоколегированная сталь, в которой вольфрам (W) является основным легирующим элементом. Содержание вольфрама обычно составляет 3–18% (массовая доля), дополняется углеродом (C, 0,5–1,5%), хромом (Cr, 1–5%), молибденом (Mo, 0,5–5%), ванадием (V, 0,5–2%) и другими элементами. Это металлический сплав, полученный путем плавки,ковки, прокатки и термической обработки. Он известен своей высокой твердостью (HV600–1000), превосходной износостойкостью, хорошей красностойкостью (сохранение твердости при высокой температуре, $\leq 700^{\circ}\text{C}$) и высокой вязкостью (K_{IC} 20–50 МПа·м^{1/2}), и широко используется в режущих инструментах, формах, ножах, износостойких деталях и в военной сфере.

Вольфрамовая сталь и твердый сплав

Твердый сплав — это композитный материал, изготовленный из карбидов, таких как карбид вольфрама (WC) в качестве матрицы, связанной с кобальтом (Co) или никелем (Ni) посредством процесса порошковой металлургии. Он имеет более высокую твердость (HV1000–1800), но более низкую вязкость. Вольфрамовая сталь — это однородный металлический сплав. Вольфрам существует в матрице железа (Fe) в форме твердого раствора или карбида (например, WC, W₂C). Он имеет лучшую вязкость и обрабатываемость, а его стоимость составляет около 1/3 стоимости твердого сплава. Вольфрамовую сталь также часто рассматривают как подкатегорию быстрорежущей стали (HSS), но ее содержание

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

вольфрама и эксплуатационные характеристики более обширны.

Согласно прогнозу рынка на 2025 год, рынок вольфрамовой стали будет стоить около 22 млрд юаней, что составит 16% рынка легированной стали, с годовым темпом роста (CAGR) около 5,2%. Основными движущими факторами являются рост спроса на промышленное производство, автомобильные формы, новое энергетическое оборудование и медицинские ножи.

2. Виды и характеристики вольфрамовой стали

Вольфрамовую сталь можно разделить на множество типов в зависимости от содержания вольфрама, легирующих элементов и применения, каждый тип оптимизирован для определенной производительности. Ниже приведены основные типы и их характеристики, организованные в таблицу для наглядного представления:

Тип вольфрамовой стали	Типичные оценки	Основные ингредиенты	Твёрдость (HV)	Прочность (К _{1с} , МПа)	Твёрдость (HRC, при красном)	Стойкость к истиранию (ASTM G65, мм ³)	Типичные применения
Быстрорежущая вольфрамовая сталь	T1, M2, M35	W 6–12%, Cr 3–5%, V 1–2%, Mo 0,5–5%, C 0,7–1,2%	800–900	25–40	≤650	20–40	Режущие инструменты (например, фрезы, сверла)
Литейная вольфрамовая сталь	D2, A2, H13	W 5–10%, Cr 4–6%, Mo 1–3%, C 1–1,5%	700–850	30–50	≤600	30–50	Штамп для холодной штамповки, штамп для горячейковки
Сверхтвёрдая вольфрамовая сталь	PM-M4, ASP23	W 9–18%, Cr 3–5%, V 1–3%, C 0,8–1,3%	900–1000	20–30	≤700	<30	Высокоточные инструменты, сложные формы
Коррозионнотойкая вольфрамовая сталь	440C, медицинская вольфрамовая сталь	W 5–10 %, Cr 10–15 %, Ni 1–3 %, C 0,5–1 %.	700–850	25–40	≤600	30–50	Медицинские ножи, химическое оборудование
Военная вольфрамовая сталь	Бронебойный сердечник из сплава	W 10–18%, Cr 3–5%, Mo 1–5%, C 0,8–1,2%	800–950	20–35	≤650	20–40	Бронебойные сердечники, детали брони
Порошковая металлургия Вольфрамовая сталь	ASP60, Ванадис Экстра	W 6–12%, Cr 3–4 5%, V 1–3%, C 0,7–1,2%	900–1000	25–35	≤700	<30	Высококачественные режущие инструменты, прецизионные формы

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

проиллюстрировать:

Основные ингредиенты: Перечислите диапазон содержания вольфрама (W) и других основных легирующих элементов (Cr, Mo, V, C).

Эксплуатационные параметры: твердость (твердость по Виккерсу HV), вязкость (трещиностойкость K_{Ic}), красностойкость (температура сохранения твердости при высокой температуре), износостойкость (объем износа ASTM G65).

Типичные области применения: режущие инструменты, пресс-формы, ножи, износостойкие детали и военная промышленность. Сохранены только китайские описания.

3. Химический состав и микроструктура вольфрамовой стали

3.1 Химический состав

Типичные составы вольфрамовой стали включают:

Вольфрам (W): 3–18%, существует в виде твердого раствора или карбида (например, WC, W₂C), улучшает твердость и красностойкость.

Углерод (C): 0,5–1,5%, образует карбиды (WC, Cr₃C₂), повышающие износостойкость.

Хром (Cr): 1–15%, улучшает коррозионную стойкость и стойкость к окислению.

Молибден (Mo): 0,5–5%, повышает жаропрочность.

Ванадий (V): 0,5–2 %, измельчает зерна (размер 5–20 мкм) и повышает прочность.

Железо (Fe): матрица, 60–80%, обеспечивает прочность и обрабатываемость.

Прочее: Co, Ni (в медицинской вольфрамовой стали) повышают прочность и коррозионную стойкость.

3.2 Микроструктура

Матрица: После закалки – мартенсит (твердость HV400-600), после отпуска – отпускаемый мартенсит + остаточный аустенит, при этом вязкость повышается на 10-20%.

Карбидная фаза: частицы WC, W₂C, Cr₃C₂ (1–10 мкм), твердость HV1500–2000, объемная доля 5–15%.

Кристаллическая структура: мартенсит имеет объемно-центрированную кубическую (ОЦК), а карбид — гексагональную (WC) или орторомбическую (Cr₃C₂) кристаллическую систему.

Характеристика: рентгеновская дифракция (XRD) показала кристаллические плоскости (111) и (200) WC, а сканирующая электронная микроскопия (SEM) обнаружила равномерность распределения карбидов (сегрегация <5%).

Микроструктура оптимизируется путем термической обработки: закалка (850–950 °C) формирует твердый мартенсит, отпуск (200–600 °C) снимает напряжения, а выделение карбидов упрочняет матрицу.

4. История развития вольфрамовой стали

Развитие вольфрамовой стали тесно связано с промышленной революцией и современным

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

производством. Ниже приведены основные вехи:

Конец 19 века (1860–1890-е годы)

Предыстория: Промышленная революция потребовала создания высокоизносостойких инструментальных материалов, однако ранние инструментальные стали были недостаточно твердыми (HV200–300).

Прорыв: В 1868 году британский металлург Роберт Мюшет впервые добавил вольфрам в сталь и разработал «самозакаливающуюся сталь» (Mushet Steel), содержащую 2–3 % вольфрама, с твердостью HV400 и вдвое большей износостойкостью, для использования в токарных инструментах.

Ограничения: Низкое содержание вольфрама, недостаточная красностойкость ($<400^{\circ}\text{C}$).

Начало 20 века (1900-е–1920-е годы)

Рождение быстрорежущей стали: в 1900 году Тейлор и Уайт из США разработали быстрорежущую сталь (T1), содержащую 7% вольфрама, с твердостью HV600–700, красностойкостью $\leq 600^{\circ}\text{C}$ и скоростью резания, увеличенной в 3 раза, что заложило основу для вольфрамовой стали.

Промышленное применение: В 1910-х годах режущие инструменты из вольфрамовой стали широко применялись в автомобильной промышленности (например, на производственной линии Ford Model T), повышая эффективность на 50%.

Ключевые события: 1914-1918 гг., Первая мировая война. Спрос стимулирует добычу вольфрама (Китай, Португалия), цены на вольфрам растут до 10 долл./кг.

Середина 20 века (1930-е–1960-е годы)

Оптимизация сплава: в 1930-х годах были добавлены Cr, Mo и V для разработки таких марок, как M2 (6% W) и D2 (8% W), с твердостью HV700-850 и повышением вязкости на 20%.

Технология термообработки: В 1940-х годах был разработан процесс закалки + многоступенчатого отпуска, что позволило снизить внутренние напряжения на 30% и продлить срок службы пресс-формы в 2 раза.

Военное применение: во время Второй мировой войны вольфрамовая сталь использовалась в сердечниках бронебойных пуль (содержащих 12% W), что увеличивало пробивную способность на 30%.

Порошковая металлургия: В 1960-х годах размер зерна порошковой вольфрамовой стали (например, PM-M4) был уменьшен до <10 мкм, твердость достигла HV900, а износостойкость увеличилась на 40%.

Конец 20 века (1970-е–1990-е годы)

Технология нанесения покрытий: В 1980-х годах покрытия TiN и TiAlN, нанесенные методом PVD/CVD (толщиной 2–5 мкм), снижали коэффициент трения до $<0,4$ и увеличивали срок службы инструмента в 3–5 раз.

Сверхтвердая вольфрамовая сталь: 1990-е годы, ASP23, ASP60 и другие марки с твердостью HV950-1000, бросающие вызов рынку недорогих видов твердого сплава.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Медицинская область: Медицинская вольфрамовая сталь, содержащая 6-8% вольфрама, используется в хирургических ножах, а ее коррозионная стойкость увеличивается на 50%.

21 век (2000-е–2025)

Нанопропрочнение: в 2010-х годах вольфрамовая сталь, армированная нанокарбидами (<0,5 мкм), имела твердость, близкую к HV1000, а износостойкость увеличилась на 30%.

Экологичное производство: в 2020-х годах переработка вольфрамовой стали (степень переработки > 85%) позволит сократить затраты на 20%, а углеродный след — на 30%.

Новые области применения: к 2025 году резко возрастет спрос на вольфрамовую сталь для производства форм для новых энергетических транспортных средств (срок службы увеличится на 40%), зубчатых передач ветроэнергетических установок (износостойкость увеличится в 2 раза) и геотермального бурения (стойкость к высоким температурам > 600 °C).
Интеллект: ИИ оптимизирует параметры термообработки (погрешность <3%), повышая эффективность производства на 25%.

5. Применение вольфрамовой стали

Вольфрамовая сталь широко используется в следующих областях из-за ее высокой твердости, красностойкости и вязкости. Конкретные применения и случаи представлены в таблице:

использовать	Типичные продукты	Бренд	Твёрдость (HV)	Ключевые показатели	Типичные применения	Случай
Режущие инструменты	Фреза, сверло	M2	850	Красностойкость ≤650°C, объем износа 20–40 мм³	Обработка стали и алюминиевого сплава	Фреза Sandvik M2, обработка авиационного алюминиевого сплава, эффективность увеличена на 25%, стоимость составляет 40% от стоимости твердого сплава
Изготовление пресс-форм	Штамп для холодной штамповки, штамп для горячейковки	D2	800	Срок службы 1,5 миллиона раз	Штамповка автозапчастей	Пуансон Zhuzhou Diamond D2, штамповочная стальная пластина, срок службы 1,5 миллиона раз
Ножи и режущие инструменты	Скальпель, ножницы	440C	900	Коррозионная стойкость (потеря веса <0,2 мг/см²)	Ортопедическая хирургия, промышленная	Скальпель Aichi Steel, точность резки ±0,005 мм,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

					резка	коррозионная стойкость увеличена на 50%
Износостойкие детали	Вал насоса, втулка подшипника	Сплав содержащий 8%W	750	Износ <50 мм³	Морская техника, химическое оборудование	Вал насоса China First Heavy Industries, срок службы износостойкости увеличен вдвое
Военный	Бронебойный сердечник	Сплав содержащий 15%W	900	Бронепробиваемость: 600 мм брони	Бронебойные снаряды, детали брони	Сердечник американского снаряда M829A4, бронепробиваемость увеличена на 20%
Новая Энергия	Геотермальные буровые коронки, ветроэнергетические редукторы	Сплав содержащий 8%W	850	Высокая термостойкость>600°С	Геотермальное бурение, ветроэнергетическое оборудование	Геотермальное буровое долото Epiroc, на 15% эффективнее
Медицинское и точное производство	Стоматологические сверла, микрофрезы	Содержит 6%W медицинской вольфрамовой стали	850-900	Точность ±0,01 мм, устойчивость к коррозии	Стоматологическая хирургия, прецизионная обработка	Алмазное стоматологическое сверло Zhuzhou, износостойкость увеличилась в 3 раза, экспорт в ЕС увеличился на 25% в 2024 году

проиллюстрировать:

Применение: режущие инструменты, пресс-формы, износостойкие детали, военная промышленность, новая энергетика, медицинское лечение и извлечение количественных данных.

Случай: Каждый случай использования соответствует определенному случаю, перечисляя такие данные, как улучшение производительности и сравнение затрат, и сохраняя только описания на китайском языке.

6. Сходства и различия между вольфрамовой сталью и быстрорежущей сталью

Вольфрамовая сталь и быстрорежущая сталь пересекаются по составу и применению, но есть и существенные различия. В следующей таблице сравниваются их сходства и различия:

характеристика	Вольфрамовая сталь	Быстрорежущая сталь (HSS)
определение	Широкий ассортимент высоколегированных	Подкатегория вольфрамовой стали, содержащая

	сталей, содержащих 3–18% вольфрама, охватывающий широкий спектр применения	6–12% вольфрама, предназначенная для высокоскоростной резки.
Типичные оценки	D2, H13, 440C, ПМ-M4	T1, M2, M35, M42
Основные ингредиенты	W 3–18%, Cr 1–15%, Mo 0,5–5%, V 0,5–2%, C 0,5–1,5%	W 6–12%, Cr 3–5%, Mo 0,5–5%, V 1–2%, C 0,7–1,2%
Твёрдость (HV)	600–1000	800–900
Прочность (K _{1с} , МПа · м ^{^(1/2)})	20–50	25–40
Твёрдость при красном (°C)	≤700	≤650
Коррозионная стойкость	Некоторые марки превосходны (например, 440C, потеря веса в соляном тумане <0,2 мг/см ²)	Общий (низкое содержание Cr)
Процесс производства	Плавка, ковка, термообработка; немного порошковой металлургии	Плавка, ковка, термообработка
Стоимость (долл. США/кг)	10–50	15–30
Типичные применения	Режущие инструменты, пресс-формы, износостойкие детали, военная промышленность, медицина	Режущие инструменты (например, сверла, фрезы)

проиллюстрировать:

Сходства: Оба типа стали представляют собой высоколегированные стали, содержащие вольфрам, Cr, Mo, V и т. д., полученные с использованием процессов плавки и термической обработки, пригодные для резки и формования.

Различия: Вольфрамовая сталь имеет более широкий ассортимент (включая быстрорежущую сталь, штамповую сталь и т. д.) и разнообразные области применения; быстрорежущая сталь оптимизирована для высокоскоростной резки, а ее красностойкость и коррозионная стойкость немного ниже.

Сравнение случаев:

Быстрорежущая сталь: сверло M2 (6%W), твердость HV850, для обработки низкоуглеродистой стали, срок службы в 5 раз больше, чем у обычной стали.

Вольфрамовая сталь: матрица D2 (8% W), твердость HV800, штампованная нержавеющей сталь, срок службы до 1 миллиона раз.

7. Сходства и различия между вольфрамовой сталью и твёрдым сплавом

И вольфрамовая сталь, и цементированный карбид используют вольфрам в качестве ключевого элемента, но их свойства материала и области применения существенно различаются. В следующей таблице сравниваются их сходства и различия:

характеристика	Вольфрамовая сталь	Твердый сплав
определение	Высоколегированная сталь, содержащая 3–18% вольфрама, однородный металлический сплав	Композиты на основе карбида, содержащие 70–94% WC и т. д. + Co/Ni
Основные ингредиенты	W 3–18%, Cr 1–15%, Mo 0,5–5%, V 0,5–2%, C 0,5–	WC, TiC , TaC (70–94%), Co/Ni (6–20%)

	1,5%, Fe основа	
структура	Мартенсит + карбидные частицы (WC, Cr3C2)	Частицы карбида + связующая фаза
Твёрдость (HV)	600–1000	1000–1800
Прочность (K _{1с} , МПа · м ^{^(1/2)})	20–50	8–20
Твёрдость при красном (°C)	≤700	≤1000
Коррозионная стойкость	Некоторые марки превосходны (например, 440C, потеря веса в соляном тумане <0,2 мг/см²)	На основе Ni (например, YN8, потеря веса <0,1 мг/см²)
Плотность (г/см³)	7,8–8,5	12–15,6
Процесс производства	Плавка, ковка, термообработка; немного порошковой металлургии	Порошковая металлургия (смешивание, прессование, спекание)
Стоимость (долл. США/кг)	10–50	50–150
Типичные применения	Режущие инструменты, формы, военные, медицинские, ветроэнергетические приводы	Высокоточные инструменты, горные кирки, распыляемые материалы

проиллюстрировать:

Сходства: Оба материала содержат вольфрам и обладают лучшей твердостью и износостойкостью, чем обычная сталь, что делает их пригодными для изготовления ножей и износостойких деталей.

Различия: Вольфрамовая сталь — это металлический сплав с высокой прочностью и низкой стоимостью; твердый сплав — это композитный материал с высокой твердостью, но также высокой хрупкостью.

Сравнение случаев:

Вольфрамовая сталь: фреза M2 (6%W), твердость HV850, обработка алюминиевого сплава, стоимость 40% от твердого сплава.

Твердый сплав: лезвие YG6 (основа WC, 6% Co), твердость HV1500, обработка нержавеющей стали, срок службы в 3 раза больше, чем у вольфрамовой стали.

8. Процесс производства вольфрамовой стали

Вольфрамовая сталь изготавливается традиционным металлургическим способом, технологический процесс выглядит следующим образом:

Подготовка сырья:

Вольфрам: добавляется в виде ферровольфрама (FeW , содержащий 70–80% W) или вольфрамового порошка с чистотой >99,5%.

Другие элементы: Cr, Mo, V в виде ферросплава, C добавлен в виде графита.

Смешивание: Вакуумная плавильная печь обеспечивает однородность состава (отклонение < 0,5%).

Плавка:

Оборудование: электродуговая печь или среднечастотная индукционная печь, температура плавления 1500–1600°C.

Процесс: раскисление и десульфурация, контроль содержания кислорода до <50 ppm и содержания серы до <0,02%.

Литье и формовка:

Непрерывное литье: формование слитков с отклонением размеров <1%.

Горячая ковка/прокатка: 1000–1200°C, измельчение зерна до 5–20 мкм, повышение прочности на 15%.

Термическая обработка:

Закалка: 850–950°C, охлаждение водой/маслом, образование мартенсита, твердость HV800–1000.

Отпуск: 200–600°C, многоступенчатый отпуск, прочность повышена на 20%, внутренние напряжения снижены на 30%.

Отжиг: 700–800°C (для штамповой стали) для улучшения обрабатываемости.

Обработка поверхности:

Цементация/азотирование: твердость поверхности увеличивается до HV1000, а износостойкость увеличивается на 30%.

Покрытие PVD/CVD: TiN, TiAlN, CrN (толщина 2–5 мкм), коэффициент трения <0,4, срок службы увеличен в 3 раза.

Порошковая металлургия Вольфрамовая сталь

Процесс: Сырой порошок (размер частиц 1–10 мкм) → прессование → спекание (1400–1500°C) → горячее изостатическое прессование (ГИП).

Преимущества: равномерный размер зерна (<10 мкм), твердость HV900–1000, износостойкость повышена на 40%.

9. Стандарты вольфрамовой стали в Китае, США, на международном уровне и во всем мире

Как высоколегированная сталь, эксплуатационные характеристики и применение вольфрамовой стали строго регламентируются стандартами, установленными различными странами и международными организациями по стандартизации. Эти стандарты определяют химический состав, механические свойства, процесс термической обработки и методы испытаний вольфрамовой стали для обеспечения качества продукции и последовательности в трансграничной торговле. Ниже подробно описаны соответствующие стандарты вольфрамовой стали с точки зрения Китая, США, международного (ISO) и других стран мира (Япония, Европейский союз, Австралия и т. д.), а также сравниваются основные стандарты с помощью таблиц.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

9.1 Китайские стандарты

Стандарты вольфрамовой стали Китая разработаны Национальным управлением по стандартизации (SAC) и Китайской национальной системой стандартизации (GB/T), охватывая быстрорежущую сталь, штамповую сталь и специальную легированную сталь. Учитывая, что Китай является крупнейшим в мире производителем вольфрама (67 000 тонн металла в 2024 году, что составляет 83% мирового объема), его стандарты оказывают значительное влияние на мировой рынок вольфрамовой стали.

Основные стандарты вольфрамовой стали в Китае:

GB/T 9943-2008: Быстрорежущая инструментальная сталь

Указан химический состав (например, W 6–18%), твердость (HV800–900) и процесс термической обработки таких марок, как T1 (W18Cr4V) и M2 (W6Mo5Cr4V2).

GB/T 1299-2014: Легированная инструментальная сталь

Охватывает штамповые стали, такие как D2 (Cr12Mo1V1, содержащий 8% W) с заданной прочностью на растяжение (>1500 МПа) и износостойкостью (объем износа ASTM G65 <50 мм³).

GB/T 20878-2007: Нержавеющая сталь и жаропрочная сталь

Стандартная медицинская вольфрамовая сталь (например, 440C, содержащая 5–10% W) должна обладать коррозионной стойкостью (потеря веса в соляном тумане $<0,2$ мг/см²).

Особенности: Особое внимание уделяется высокой твердости и износостойкости, адаптировано к потребностям обрабатывающей промышленности Китая (например, автомобильные формы, геотермальное бурение).

Внедрить стандарты ISO (например, ISO 4957) для обеспечения соответствия экспортной продукции.

ресурсов вольфрама посредством квот на добычу вольфрама (13 582 тонны экспортной квоты в 2024 году) и экспортных пошлин (10% пошлина для США в феврале 2025 года), что влияет на глобальную цепочку поставок.

9.2 Американские стандарты

Стандарты вольфрамовой стали США в основном сформулированы ASTM International и AISI (Американский институт чугуна и стали) и широко используются в Северной Америке и на мировом рынке. Стандарты ASTM широко признаны за их строгость и интернационализацию (12 575 стандартов, принятых более чем в 140 странах).

Основные стандарты американской вольфрамовой стали:

ASTM A600-92a (2021): Быстрорежущая инструментальная сталь

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Стандартизируйте такие марки, как T1 и M2, укажите содержание W (6–18%), твердость (HV800–900) и красностойкость ($\leq 650^{\circ}\text{C}$).

ASTM A681-08 (2022): Легированная инструментальная сталь

Охватывает литейные стали, такие как D2 и H13, требующие ударной вязкости (K_{IC} с 30–50 МПа·м^{1/2}) и износостойкость (потери на износ $< 50 \text{ мм}^3$).

ASTM A276/A276M-23: Прутки и профили из нержавеющей стали

Спецификация медицинской вольфрамовой стали, содержащей W (например, 440C), требующая коррозионной стойкости и точности ($\pm 0,01 \text{ мм}$).

Особенности: Особое внимание уделяется испытаниям механических характеристик (таким как прочность на растяжение ASTM E8, стойкость к истиранию ASTM G65) для обеспечения однородности продукции.

Он часто упоминается в федеральных нормативных актах США (например, в Законе о передаче и продвижении национальных технологий 1995 года) и становится обязательным стандартом.

Применение: Стандарты ASTM широко используются в военной промышленности США (например, сердечник бронебойного снаряда M829A4) и авиационном производстве (фреза Sandvik M2).

9.3 Международные стандарты (ИСО)

Международная организация по стандартизации (ИСО) разрабатывает мировые стандарты вольфрамовой стали, координирует национальные стандарты и содействует торговому и техническому обмену. Китай, США, Япония и т. д. являются членами ИСО, а Китай участвует в деятельности ИСО с 1947 года.

Основные критерии:

ISO 4957:2018: Инструментальные стали, технические условия на быстрорежущие стали (например, T1, M2) и штамповые стали (например, D2)

Указаны содержание W (3–18%), твердость (HV600–1000) и процесс термической обработки.

ISO 683-17:2023: Сталь термообработанная, легированная и нержавеющая

Охватывает медицинские вольфрамовые стали, содержащие W (например, 440C), где требуются коррозионная стойкость и биосовместимость (в соответствии с ISO 10993).

ISO 513:2012: Классификация режущих инструментов из твердого сплава и быстрорежущей стали

Определите свойства режущих инструментов из вольфрамовой стали (например, красностойкость $\leq 700^{\circ}\text{C}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Особенности: обеспечивает общую структуру, позволяющую странам разрабатывать местные стандарты в рамках ISO (например, GB/T, ссылающийся на ISO 4957).

Подчеркивая важность трансграничного взаимного признания, в 2022 году ISO и Европейский комитет по стандартизации (CEN) возобновили свое соглашение о техническом сотрудничестве с целью расширения применения стандартов на карбид вольфрама.

Применение: Стандарты ISO широко используются в мировом производстве режущих инструментов (режущие инструменты Kennametal M2), пресс-форм и нового энергетического оборудования.

9.4 Другие стандарты в мире

Стандарты вольфрамовой стали в других странах (например, Японии, Европейском Союзе, Австралии и Африке) имеют свои особенности, отражающие региональные потребности и промышленный опыт:

Япония (JIS)

JIS G 4403:2021: Быстрорежущая инструментальная сталь

Спецификации для SKH2 (T1) и SKH51 (M2) требуют W 6–18% и твердость HV800–900, что подходит для режущих инструментов в районах, подверженных землетрясениям.

Особенности: Фокус на ударопрочности и высокой точности. В 2025 году JIS планирует обновить G4403 и добавить стандарты медицинской вольфрамовой стали.

Применение: хирургический нож Aichi Steel, соответствующий стандарту JIS G4404 (нержавеющая сталь).

Европейский Союз (EN):

EN ISO 4957:2018: синхронизировано с ISO

Технические характеристики 1.2080 (D2), 1.2379 (включая сталь W для штамповки), требования по износостойкости (износ <50 мм³) и сертификация CE.

Особенности: Упор на защиту окружающей среды и коррозионную стойкость. В 2025 году ЕС планирует пересмотреть EN 10083 и добавить новый стандарт для военной стали, содержащей W.

Применение: Инструмент Bohler ASP60 в соответствии с EN ISO 4957.

Австралия (AS/NZS):

AS 1444:2007: Легированная сталь

Спецификация определяет инструментальную сталь, содержащую W, с твердостью HV600–900, пригодную для горнодобывающего оборудования.

Особенности: В соответствии со стандартами ISO и ASTM в 2025 году планируется обновить стандарт AS 1444, добавив в него стандарты на вольфрамовую сталь для новых энергетических передач.

Африка:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

SANS 50025 (Южная Африка) и ISO 10721

Спецификация на конструкционные и инструментальные стали, включая стали, содержащие W, для использования в горнодобывающей промышленности и геотермальном бурении.
Особенности: Из-за отсутствия единых стандартов Африка в основном принимает ISO. В 2025 году Африканский союз планирует запустить региональные стандарты вольфрамовой стали.

9.5 Стандартное сравнение

В следующей таблице сравниваются стандарты вольфрамовой стали Китая, США, ISO и основных стран, подчеркивая различия в марках, составе и применении:

Организации по стандартизации	Представительный стандарт	Типичные оценки	Содержание вольфрама (%)	Твёрдость (HV)	Основные требования	Типичные применения
Китай GB/T	GB/T 9943-2008	T1 (W18Cr4V), M2 (W6Mo5Cr4V2)	6–18	800–900	Красностойкость ≤650°C, объем износа <40 мм³	Режущие инструменты, формы
Американское общество по испытанию материалов (ASTM)	ASTM A600-92a	T1, M2, D2	6–18	800–900	Прочность K ₁ с 25–50 МПа·м ^{1/2} , прочность на разрыв ASTM E8	Ножи военные
Международный ИСО	ИСО 4957:2018	T1, M2, D2	3–18	600–1000	Процесс термообработки, коррозионная стойкость	Глобальные режущие инструменты и формы
Япония JIS	JIS G4403:2021	CKX2 (T1), CKX51 (M2)	6–18	800–900	Ударопрочность, точность ±0,01 мм	Медицинские ножи и режущие инструменты
ЕС АН	EN ISO 4957:2018	1,2080 (D2), 1,2379	5–10	700–850	Сертификация CE, износостойкость <50 мм³	Формы и режущие инструменты
Австралия AS/NZS	AC 1444:2007	Инструментальная сталь с содержанием W	3–10	600–900	Износостойкость в горнодобывающей промышленности	Горнодобывающее оборудование, геотермальные буровые коронки

Стандартный ассортимент: китайский стандарт GB/T и американский стандарт ASTM подчеркивают твердость и износостойкость, стандарт ISO устанавливает общие рамки, японский стандарт JIS фокусируется на ударопрочности и точности, а стандарт ЕС EN требует экологической сертификации.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Взаимное признание: ISO 4957 является мировым эталоном. GB/T 9943, ASTM A600 и JIS G4403 ссылаются на ISO для обеспечения согласованности в трансграничной торговле.

9.6 Стандартное применение и проблемы

приложение:

Китай: GB/T 9943 регулирует режущие инструменты Zhuzhou Diamond M2, а экспорт в ЕС должен соответствовать стандарту ISO 4957.

США: ASTM A600 гарантирует качество фрез Sandvik M2, а военные стандарты (например, MIL-STD) требуют более высокой проникающей способности.

Международный: ISO 4957 гармонизирует глобальное производство инструментов Kennametal и снижает торговые барьеры.

испытание:

Стандартные различия: Диапазон состава (например, C 0,5–1,5%) и методы испытаний (ASTM E8 и ISO 6892) в разных странах не полностью совпадают, что увеличивает стоимость трансграничной сертификации.

Задержка обновления: Разработка стандартов для новых материалов, таких как порошковая вольфрамовая сталь (PM-M4), идет медленно, и пересмотр в 2025 году необходимо ускорить.

10. Будущие тенденции карбида вольфрама

Сверхтвердая вольфрамовая сталь: содержит 12–18% вольфрама, имеет твердость HV950–1000, заменяет низкокачественный твердый сплав, и ожидается, что ее доля на рынке вырастет до 20%.

Технология покрытия: Нанокompозитное покрытие (например, TiSiN) имеет коэффициент трения <0,3 и продлевает срок службы инструмента в 5 раз.

Экологичное производство: уровень переработки >90%, углеродный след снижен до 15 кг CO₂/кг, себестоимость снижена на 25%.

Интеллект: ИИ оптимизирует процессы термообработки и нанесения покрытий, при этом погрешность параметров составляет менее 2%, а эффективность увеличивается на 30%.

Новые приложения:

Новая энергетика: ветроэнергетические установки (износостойкость увеличена в 2 раза), формы для электромобилей (срок службы увеличен на 40%).

Медицина: режущие инструменты из микровольфрамовой стали, точность ±0,005 мм, рост спроса 15% в год.

Геотермальная/глубоководная промышленность: буровое долото из вольфрамовой стали, устойчивое к высоким температурам и коррозии, эффективность увеличена на 20%.

11. Ограничения и проблемы карбида вольфрама

Предел твердости: HV600–1000, ниже, чем у твердого сплава (HV1000–1800), не подходит для сверхвысоких нагрузок на износ.

Коррозионная стойкость: содержание Cr ограничено, а кислотостойкость (pH <4) не такая хорошая, как у цементированного карбида на основе Ni (YN8).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Высокотемпературные характеристики: красностойкость $\leq 700^{\circ}\text{C}$, ниже, чем у твердого сплава ($\leq 1000^{\circ}\text{C}$), что ограничивает высокотемпературную резку.

Зависимость от ресурсов: колебания цен на вольфрам (мировые запасы 3,4 млн тонн, 70% в Китае) (20–30 долл. США/кг) влияют на себестоимость.

Сложность обработки: После закалки твердость высокая и требуется алмазная шлифовка, а стоимость обработки составляет 20-30%.

12. Заключение

Как высоколегированная сталь, вольфрамовая сталь играет важную роль в режущих инструментах, пресс-формах, режущих инструментах, износостойких деталях, военной промышленности и новых энергетических областях благодаря своей высокой твердости, износостойкости, красностойкости и вязкости. Она имеет различные типы (быстрорежущая вольфрамовая сталь, литейная вольфрамовая сталь, сверхтвердая вольфрамовая сталь и т. д.), и ее характеристики постоянно оптимизируются с помощью термической обработки, нанесения покрытий и технологии порошковой металлургии. По сравнению с быстрорежущей сталью вольфрамовая сталь используется более широко; по сравнению с цементированным карбидом вольфрамовая сталь имеет высокую прочность и низкую стоимость, но ее твердость и стойкость к высоким температурам немного ниже. Китай, США, ISO и другие национальные стандарты (такие как GB/T, ASTM, ISO 4957) регулируют производство вольфрамовой стали для обеспечения качества и постоянства торговли. В будущем сверхтвердая вольфрамовая сталь, экологичное производство и интеллектуальные процессы будут способствовать ее применению в высокоточном производстве и устойчивой промышленности. Несмотря на проблемы, связанные с зависимостью от ресурсов, сложностью обработки и различиями в стандартах, вольфрамовая сталь по-прежнему будет ключевым материалом в эпоху Индустрии 4.0 и новой энергетики.

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

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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