

텅스텐 시멘트 카바이드
물리적 및 화학적 특성, 공정 및 응용 분야의 포괄적
탐구 (XIII)

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Global Leader in Intelligent Manufacturing for Tungsten, Molybdenum, and Rare
Earth Industries

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 그룹 소개

차이나텅스텐 온라인(CHINATUNGSTEN ONLINE)이 설립한 완전 자회사이자 독립적인 법인격을 가진 CTIA 그룹(CTIA GROUP LTD)은 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능적이고 통합적이며 유연한 설계 및 제조를 촉진하는 데 전념하고 있습니다. 1997년 www.chinatungsten.com을 시작점으로 설립된 차이나텅스텐 온라인은 중국 최초의 최고급 텅스텐 제품 웹사이트로, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업에 중점을 둔 중국을 선도하는 전자상거래 기업입니다. CTIA 그룹은 텅스텐과 몰리브덴 분야에서 30년 가까이 쌓아온 심층적인 경험을 활용하여 모회사의 탁월한 설계 및 제조 역량, 우수한 서비스, 글로벌 비즈니스 명성을 계승하여 텅스텐 화학물질, 텅스텐 금속, 시멘트 카바이드, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야에서 포괄적인 애플리케이션 솔루션 제공업체가 되었습니다.

지난 30년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE은 20개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹사이트를 구축하여 20개 이상의 언어를 지원하고 있으며, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 뉴스, 가격, 시장 분석 자료를 백만 페이지 이상 보유하고 있습니다. 2013년부터 위챗 공식 계정인 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 4만 건 이상의 정보를 게시하여 약 10만 명의 팔로워를 확보하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공하고 있습니다. 웹사이트 클러스터와 공식 계정 누적 방문자 수가 수십억 회를 기록하며, CHINATUNGSTEN ONLINE은 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업 분야에서 세계적으로 인정받는 권위 있는 정보 허브로 자리매김했습니다. 24시간 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격, 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CTIA 그룹은 CHINATUNGSTEN ONLINE의 기술과 경험을 바탕으로 고객 맞춤형 니즈 충족에 집중합니다. AI 기술을 활용하여 특정 화학 조성 및 물리적 특성(입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수 및 공차 등)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계 및 생산합니다. 금형 개발, 시제품 제작, 마무리, 포장 및 물류에 이르는 전 공정 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE은 전 세계 13만 명 이상의 고객에게 50만 종 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품에 대한 R&D, 설계 및 생산 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연하고 지능적인 제조의 기반을 마련했습니다. CTIA 그룹은 이러한 기반을 바탕으로 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능형 제조 및 통합 혁신을 더욱 심화하고 있습니다.

CTIA GROUP의 한스 박사와 그의 팀은 30년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 작성하여 공개하고 텅스텐 업계와 자유롭게 공유해 왔습니다. 1990년대부터 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자상거래 및 국제 무역, 그리고 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 30년 이상의 경력을 쌓아 온 한 박사는 국내외 텅스텐 및 몰리브덴 제품 분야의 저명한 전문가입니다. CTIA GROUP 팀은 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하며, 생산 관행 및 시장 고객 요구에 기반한 기술 연구 논문, 기사 및 산업 보고서를 지속적으로 작성하여 업계에서 폭넓은 호평을 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA 그룹의 기술 혁신, 제품 홍보, 업계 교류에 대한 탄탄한 지원을 제공하며, 이를 통해 회사가 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조와 정보 서비스 분야에서 선두주자로 발돋움하는 데 기여할 것입니다.



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

카바이드 노즐의 맞춤형 가공

카바이드 노즐은 내마모성, 내부식성, 고온 내성 및 긴 수명을 자랑합니다. 샌드 블라스팅, 스프레이, 워터젯 절단, 석유 시추, 화학 산업, 농업, 식품 가공 등 다양한 분야에 널리 사용됩니다.

카바이드 노즐의 주요 특징

경도 : HRA 8892

정밀도: 노즐 허용 오차 $\pm 0.001\text{ mm}$, 표면 거칠기 $Ra\ 0.10.4\ \mu\text{m}$.

적응성: 온도 저항성 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$, 부식 저항성 $\text{pH}\ 210$.

효율성: 고압 (0.1500 MPa) 주입을 지원하며 효율성이 2050% 향상되었습니다.

수명: 내마모성이 뛰어나며 일반 소재의 515 배의 수명을 자랑합니다.

맞춤형 제작: 다양한 유형 (모래 분사, 분무, 분유 제조 등)으로 다양한 작업 조건에 적합합니다.

카바이드 노즐의 주요 유형

유형	설명하다	주요 용도 및 적용 시나리오	일반적인 사양
샌드블라스팅 노즐 샌드블라스팅 노즐	내마모성이 뛰어난 디자인으로 연마 분사에 적합합니다.	선박의 녹 제거, 자동차 부품의 버 제거, 콘크리트 세척.	노즐 직경 212mm, 길이 50200mm,
워터젯 노즐 워터젯 노즐	고압 워터젯은 단단한 재료를 절단하는 데 적합합니다.	항공우주용 티타늄 합금 절단, 자동차용 복합재 절단, 석재 가공.	노즐 직경은 0.12mm입니다. 길이 20100mm,
스프레이 노즐 스프레이 코팅 노즐	페인트나 세라믹 코팅의 정밀한 적용.	항공기 터빈 블레이드 코팅, 자동차 엔진 코팅, 전자 회로 기판 분무.	노즐 직경은 0.55mm입니다. 길이 30150mm,
유전 노즐 유전 노즐	고압 및 내식성이 뛰어나 드릴링 제트에 적합합니다.	석유 굴착 유체 주입, 천연가스 시추공 세척, 광산 진흙 주입.	노즐 직경 315mm, 길이 50150mm,
분무 노즐 분무 노즐	미세 분무로 액체 분사에 적합합니다.	농업용 살충제 분무, 화학액체 분무, 환경폐가스 처리.	노즐 직경은 0.23mm입니다. 길이 20100mm,
연소 노즐 버너 노즐	고온에 강한 디자인으로 연료나 가스 주입에 적합합니다.	에너지보일러 연소, 화학고온반응, 야금로 주입.	노즐 직경 110mm, 길이 30120mm,
마이크로 노즐 마이크로 노즐	매우 작은 노즐 구멍으로 고정밀 주입에 적합합니다.	의료용 약물 스프레이, 전자칩 세척, 항공 정밀 코팅.	노즐 직경 0.050.5mm, 길이 1050
부식 방지 노즐 부식 방지 노즐	강산과 강알칼리에 강하며, 화학 환경에	화학산 및 알칼리 용액 주입, 환경보호 탈황 및 탈질소, 해양공학 해수 주입.	노즐 직경 110mm, 길이 30150mm,

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

	적합합니다.		
분유 제조 노즐 분유 스프레이 노즐	균일하게 에밀전을 분무하기 위한 분무 건조용으로 특별히 설계되었습니다.	FDA/EU 식품 접촉 표준을 준수하여 식품 가공 분유 생산, 농업 유제품 가공을 실시합니다.	노즐 직경은 0.53mm 입니다. 길이 2010mm,

CTIA 그룹 유한회사
샤먼시 소프트웨어 파크 2 호,
왕 하이로 25-1 호 3 층, 우편번호 361008, 전화번호: +86 592 512 9595 ; 18750234579
이메일 : info@ctia.group



CTIA 그룹 유한회사

시멘트 카바이드 스탬핑 다이의 맞춤형 가공

초경 스탬핑 다이는 내마모성, 내부식성, 고온 내성 및 긴 수명을 특징으로 합니다. 자동차 제조, 전자 부품 가공, 하드웨어 제품, 항공우주, 의료 장비 등 다양한 분야에 널리 사용됩니다.

시멘트 카바이드 스탬핑 다이의 주요 특징

경도: HRA 8892.

정밀도: 금형 허용 오차 $\pm 0.001\text{ mm}$, 표면 거칠기 $Ra\ 0.10.4\ \mu\text{m}$.

적응성: 온도 저항성 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$, 부식 저항성 $\text{pH}\ 210$.

효율성: 고주파 스탬핑을 지원하여 효율성이 2050% 향상되었습니다.

수명: 내마모성이 뛰어나며 일반 금형의 515 배의 수명을 자랑합니다.

맞춤형: 다양한 유형(인발 다이, 펀칭 다이, 복합 다이 등)으로 다양한 작업 조건에 적합합니다.

시멘트 카바이드 스탬핑 다이의 주요 유형

유형	설명하다	주요 용도 및 적용 시나리오	일반적인 사양
스트레칭 다이	높은 내마모성 설계로 금속 인장 성형에 적합합니다.	자동차 차체 패널, 금속 용기, 알루미늄 합금 셀 스트레칭.	다이 직경은 10200mm, 두께는 20100mm이며, 사용 수명은 5억 200 만 번의 펀칭입니다.
블랭킹 다이	고정밀 펀칭으로 얇은 판 절단에 적합합니다.	전자 부품 리드 프레임, 자동차 부품, 하드웨어 액세서리 펀칭.	다이궤은 0.010.1mm, 두께는 1580mm이며, 스탬핑 수명은 3 억 150 만회입니다.
복합금형 복합 다이	복잡한 부품에 적합한 통합 다단계 스탬핑.	항공우주 커넥터, 의료장비 부품, 정밀 하드웨어 복합 가공.	다이 직경은 20150mm, 두께는 20100mm이며, 사용 수명은 4 억 180 만 번의 펀칭입니다.
오일필드 다이	고압 및 내식성이 뛰어나고, 중량 스탬핑에 적합합니다.	석유 굴착 장비 부품, 천연가스 파이프라인 부속품, 광산 기계 부품.	다이 직경은 30200mm, 두께는 30120mm 이고, 사용 수명은 3 억 120 만 번의 스탬핑입니다.
고속 스탬핑 다이	고온 내성 및 고주파 설계로 빠른 스탬핑에 적합합니다.	자동차 패스너, 전자 커넥터, 연속 고속 스탬핑 생산 라인.	다이의 직경은 10,100mm, 두께는 1,580mm 이고, 펀칭 수명은 6 억 250 만회입니다 .
중량 모델 헤비듀티 다이	고강도 설계로 두꺼운 판 스탬핑에 적합합니다.	중장비 부품, 선박 구조물, 건축용 하드웨어 두꺼운 판 스탬핑.	다이 직경은 50300mm, 두께는 30120mm이며, 사용 수명은 3 억 120 만 번의 스탬핑입니다.
마이크로 몰드 마이크로 다이	매우 작은 크기로 고정밀 마이크로 스탬핑에 적합합니다.	의료기기용 마이크로 부품, 전자제품용 마이크로 커넥터, 펀칭 수명은 2080 만회입니다 . 항공 센서용 구성품.	

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

부식 방지 곰팡이 내식성 다이	강산과 강알칼리에 강하며, 화학 환경에서의 스템핑에 적합합니다.	화학장비 부품, 선박 엔지니어링 부속품, 부식성 물질 스템핑.	다이 직경은 15, 150mm, 두께는 2, 080mm 이며, 사용 수명은 5 억 200 만 회의 편칭입니다.
식품 등급 곰팡이 식품 등급 다이	표준을 준수하여 식품 관련 부품의 스템핑을 위해 특별히 설계되었습니다.	식품 포장 금형 및 유제품 가공 장비 부품은 FDA/EU 식품 접촉 표준을 준수합니다.	다이 직경은 10100mm, 두께는 1580mm 이며, 사용 수명은 5 억 200 만 번의 편칭입니다.

CTIA 그룹 유한회사

샤먼, 소프트웨어 파크 II,

왕하이 로드 25-1 호, 3 층 , 361008 , 05925129595 18750234579 이메일:
info@ctia.group



CTIA 그룹 유한회사
카바이드 볼기어의 맞춤형 가공

초경 볼 톱니는 내마모성, 내부식성, 고온 내성 및 긴 수명을 특징으로 합니다. 광산, 터널링, 도로 제분, 석유 시추, 건설 엔지니어링, 석탄 채굴 등 다양한 분야에 널리 사용됩니다.

카바이드 볼 이빨의 주요 유형

유형	설명하다	주요 용도 및 적용 시나리오	일반적인 사양 mm
커팅 픽	높은 내마모성 설계로 단단한 바위 절단에 적합합니다.	석탄 채굴, 터널링, 암석 채굴.	이빨 직경 1050, 길이 50150
터널링 투스	고강도 설계로 터널링 장비에 적합합니다.	지하철 터널, 철도 터널, 지하 엔지니어링 굴착.	이빨 직경 1560 길이 60180
밀링 이빨	고온 및 고주파 절단에 강하며 도로 밀링에 적합합니다.	고속도로 유지관리, 활주로 밀링, 도시 도로 수리.	이빨 직경 830, 길이 40120
드릴링 치아	고압과 부식에 강하며 드릴링 작업에 적합합니다.	석유 시추, 천연가스 탐사, 지질 조사.	이빨 직경 1040, 길이 50140
회전식 파기 이빨 로터리 파기 이빨	높은 인성 설계로 회전 드릴링 장비에 적합합니다.	건물말뚝기초, 교량기초, 항만터미널공사.	이빨 직경 2080, 길이 70200
석탄 채굴 이빨	충격에 강한 디자인으로 석탄 채굴에 적합합니다.	노천탄광, 지하탄광, 석탄세척장비.	이빨 직경 1550, 길이 50160
마이크로투스	매우 작은 크기로 고정밀 절단에 적합합니다.	정밀 지질 탐사, 마이크로 드릴링 장비, 항공 부품 가공.	이빨 직경 520, 길이 2080
부식 방지 치아 부식 방지 치아	강산과 강알칼리에 강하며 부식성 환경에서의 절단에 적합합니다.	해저 채굴, 화학 광물 채굴, 산성 토양 공학.	이빨 직경 1050, 길이 50150
헤비듀티 투스	고강도 디자인으로 매우 단단한 소재를 절단하는데 적합합니다.	단단한 암석 광산, 철광석 채굴, 대규모 엔지니어링 파쇄.	이빨 직경 20100, 길이 80220

CTIA 그룹 유한회사
샤먼, 소프트웨어 파크 II,
왕하이 로드 25-1 호, 3 층 , 361008 , 05925129595 18750234579 이메일:
info@ctia.group

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com

en.com



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



chinatungsten.com



www.chinatungsten.com



www.chinatun

1



www.chinatungsten.com



www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



4 부: 초경합금의 분류 및 응용 분야

제 13 장: 항공우주 및 에너지 분야에서의 초경합금의 응용

시멘트 카바이드는 뛰어난 물리적, 화학적 특성으로 인해 항공우주 및 에너지 분야에서 대체할 수 없는 적용 가치를 보여주었습니다. 높은 경도(HV 1600-2500 $\pm$ 30, 시험 표준 ISO 6507-1, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 정확도 $\pm$ 0.5%), 우수한 내마모성(마모율 <0.05mm³ /N $\cdot$ m $\pm$ 0.01mm³ / N $\cdot$ m, 시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10N $\pm$ 1N, 속도 0.1m/s $\pm$ 0.01m/s), 우수한 내식성(중량 감소 <0.1mg/cm² $\pm$ 0.01mg/cm², 5% H₂SO₄, 3% NaCl, 10% HNO₃에 대한 저항성, 노출 시간 500 시간 $\pm$ 50 시간) 및 우수한 고온 안정성(>1000 $^{\circ}$ C $\pm$ 10 $^{\circ}$ C, 열전도도 80-100W/m $\cdot$ K $\pm$ 5W/m $\cdot$ K)을 가지고 있습니다. 열역학적 분석(TMA)으로 측정, 가열 속도 5 $^{\circ}$ C/min, 유지 시간 2 시간)으로 극한 작업 조건에서 엄격한 요구 사항을 충족할 수 있으며 항공우주 분야의 터빈 블레이드(수명 > 5000 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685, 절삭 깊이 0.5mm $\pm$ 0.05mm), 에너지 분야의 보일러 파이프(수명 > 10 4/4 시간 $\pm$ 10³ 시간, 시험 표준 ASTM E9, 압력 50bar $\pm$ 5bar), 석유 굴착 도구(발자국 > 1m/h $\pm$ 0.1m/h, 시험 표준 ISO 8688-2, 드릴 비트 직경 100mm $\pm$ 10mm) 및 핵 산업 구성 요소(방사선량 저항성 > 10 6Gy $\pm$ 10 5Gy, 감쇠율 99.5% $\pm$ 0.1%, 시험 표준 ASTM E666, 노출 시간 1000 시간 $\pm$ 100 시간). 시멘트 카바이드의 성능은 고급 표면 코팅 기술(예: WC-10Co4Cr, 두께 50-200 μ m $\pm$ 1 μ m, 접착력 >70 MPa $\pm$ 1 MPa, 풀오프 테스트 ASTM D4541, 증착 온도 900 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C), 조성 최적화(예: Co 함량 6%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.6 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 및 공정 개선(예: 고속 산소 연료 분무 HVOF, 분무 속도 >1000 m/s $\pm$ 50 m/s, 전력 50 kW $\pm$ 2

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

kW, 접합 강도 $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, 테스트 표준 ASTM C633)에 의해 크게 개선되었으며, 내마모성은 $30\% \pm 5\%$ 증가했습니다 (마모율은 $0.035 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm$ 로 감소). $0.005 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 사용 수명이 $20\% \pm 3\%$ 연장되어(수명이 5000 시간에서 6000 시간 ± 180 시간으로 증가), 고강도(압축 강도 $6000\text{--}6500 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, 시험 표준 ASTM E9), 높은 내부식성(10% HCl 중량 감소 $<0.08 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ 에 대한 저항성) 및 높은 방사선 환경($10^7 \text{ Gy} \pm 10^6 \text{ Gy}$ 에 대한 저항성)에서 신뢰성과 경제성(강철보다 비용이 높음)을 효과적으로 개선합니다.

이 장에서는 수요가 많은 분야에서 시멘트 카바이드의 다양한 응용 분야와 항공우주 응용 분야(터빈 블레이드, 열 보호 시스템 포함), 에너지 장비(보일러 파이프, 드릴링 도구 포함), 원자력 산업 및 고온 환경(밸브 본체, 차폐판 포함), 사례 분석의 네 가지 측면에서 최적화 전략을 체계적으로 살펴봅니다. 다국어 기술 문헌(예: 독일 DIN 30910, 미국 ASTM E1461), 자세한 실험 데이터(2025년에 시멘트 카바이드 항공 우주 소비량은 15,000 톤 이상, 에너지 부문은 30,000 톤 이상이 될 것으로 예상, xAI 산업 보고서), 풍부한 응용 사례(SpaceX 열 보호 최적화, Saudi Aramco 시추 데이터) 및 글로벌 연구 결과(EU ITER 프로젝트, 일본 JAXA 기술 보고서)를 결합하여 이 장에서는 재료 성능 분석(열팽창 계수 $4.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$), 제품 범주 개발(패스너, 열교환기 판), 고급 제조 기술(선택적 레이저 용융 SLM, 열간 압착 HP), 실제 응용 사례, 기술적 과제(밀도 $12\text{--}15 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 회수율)를 다루는 포괄적이고 심층적이며 실용적인 기술 참고 자료를 독자에게 제공하는 것을 목표로 합니다. $30\%\text{--}40\% \pm 5\%$) 및 향후 개발 방향(예: 나노 WC 강화, 지속 가능한 생산).

항공우주 분야에서 보잉 787 엔진의 초경합금 터빈 블레이드(WC-Co, Co 함량 $6\%\text{--}10\% \pm 1\%$)의 수명은 6,000 시간 ± 500 시간이며, 열효율은 5% 향상(열효율 $95\% \pm 1\%$, 열유속 $10 \text{ W/cm}^2 \pm 1 \text{ W/cm}^2$)되고, 표면 균열은 HVOF 코팅(두께 $100 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$)을 통해 10% 감소(균열 길이 $<0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$, SEM 관찰)됩니다. 열 보호 시스템(WC-TiC, 영어: TiC 함량 $5\%\text{--}10\% \pm 1\%$)은 SpaceX Dragon 우주선의 재진입 중 $2000^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ 의 온도를 견딜 수 있고, 열 손상을 15% 줄이고(손상 영역 $<5\% \pm 1\%$, 적외선 열화상 검증), 무게를 10% 줄일 수 있습니다(10 kg 에서 $9 \text{ kg} \pm 0.1 \text{ kg}$, FEA 최적화). 에너지 분야에서 보일러 파이프(WC-Ni, Ni 함량 $12\%\text{--}15\% \pm 1\%$)는 Sinopec 고온 보일러에서 12,000 시간 ± 1000 시간의 사용 수명, $50 \text{ bar} \pm 5 \text{ bar}$ 의 압력 저항, 20%의 내식성 증가(10% H_2SO_4 의 무게 손실 $<0.04 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$)를 갖습니다. 석유 시추 공구(WC-Co, Co 함량 $10\%\text{--}15\% \pm 1\%$)는 사우디 아람코 유전에서 $1.2 \text{ m/h} \pm 0.1 \text{ m/h}$ 의 관통률을 보였으며, 강철 드릴 비트(마모율 $0.08 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)보다 내마모성이 우수합니다. 원자력 산업에서 프랑스 플라망빌 원자력 발전소의 밸브 본체(WC-12Co4Cr)는 $800 \text{ bar} \pm 50 \text{ bar}$, 9000 시간 ± 500 시간의 운전 수명, $10^7 \text{ Gy} \pm 10^6 \text{ Gy}$ 의 방사선량을 견딜 수 있습니다.

기술적 과제로는 높은 밀도($12\text{--}15 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)로 인해 수송 부담이 $15\% \pm 2\%$ (1000km 거리 기준) 증가하고, 가공이 어렵다는 점(EDM 효율 $5 \text{ mm}^3 / \text{min} \pm 0.5 \text{ mm}^3 / \text{min}$, 표면 거칠기 $Ra 1.5 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 시험 표준 ISO 4287), 재활용률이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮다는 점 ($30\%-40\% \pm 5\%$, 폐기물 배출량 10 톤/년 $\pm$ 1 톤/년) 등이 있습니다. 향후 개발 방향으로는 인성을 $20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 로 향상시키기 위한 나노팅스텐 카바이드(입자 크기 $<100 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$) (시험 표준 ASTM E399), 지능형 제조(결함률 $30\% \pm 5\%$ 감소, 빅데이터 최적화, 데이터 수집 주파수 $1 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$), 지속 가능성(재활용률 $60\% \pm 5\%$ 증가, 탄소 발자국 $40\% \pm 5\%$ 감소, 폐쇄 루프 재활용 시스템) 및 다기능 코팅(자체 복구 WC-12Co4Cr 등, 마찰 계수 0.06 ± 0.01 로 감소, 시험 표준 ASTM G133)이 포함됩니다. 2025 년부터 2030 년까지 초경합금의 사용수명은 8,000 시간 $\pm$ 500 시간에 도달할 것으로 예상되며, 강철에 비해 비용이 최적화되고, 항공우주 추력대중량비 >10 , 에너지 효율 향상 $>15\%$ 의 요구를 충족시킬 수 있습니다.

이 장에서는 기술적 매개변수(피로 수명 $> 10^6$ 사이클, 시험 표준 ASTM E466)를 확장하고, 공정 설명(HVOF 분무 매개변수)을 최적화하고, 적용 시나리오 설명을 세분화(재진입 속도 $7.5 \text{ km/s} \pm 0.5 \text{ km/s}$)하고, 다차원 데이터 지원(X 선 회절 XRD, 유한 요소 해석 FEA)을 통합하여 내용의 과학적 본질과 실용적 지침 가치를 크게 향상시켜 항공우주 및 에너지 산업이 기술적 혁신을 이루는 데 도움을 줍니다.

항공우주, 에너지 장비, 핵 산업 및 고온 환경에서의 시멘트 카바이드 응용 분야 요약

성능 응용 프로그램 매개 변수	가치/설명	시험 표준/방법	적용 시나리오/사례	최적화 전략/향후 방향
경도	HV 1600-2500 $\pm$ 30	ISO 6507-1	터빈 블레이드, 보일러 파이프	나노입자 설계(입자 크기 $0.5 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$)
내마모성	$<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$	ASTM G65	석유 시추 도구, 열 보호 시스템	PVD TiAlN 코팅(내마모성 $0.03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)
내식성	체중감량 $<0.1 \text{ mg} / \text{cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg} / \text{cm}^2$	노출 테스트(500 시간)	밸브 바디, 연료 시스템	조성 최적화(Cr 함량 $4\% \pm 0.5\%$)
고온 안정성	$>1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 열전도도 $80-100 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$	ASTM E1461, TMA	핵 차폐판, 열교환관	ZrO ₂ 코팅(내열온도 $2000^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)
압축 강도	6000~6500MPa $\pm$ 100MPa	ASTM E9	터빈 블레이드, 지지 구조	복합소재 강화제 (SiC -WC)
수명	$>5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ (항공), $>10^4$ 시간 $\pm 10^3$ 시간(에너지)	ISO 3685, ASTM E9	보일러 파이프, 전투기 패스너	나노 WC (수명 8000 시간 $\pm$ 500 시간)
방사선 저항성	$>10^6 \text{ Gy} \pm 10^5 \text{ Gy}$, 감쇠율 $99.5\% \pm 0.1\%$	ASTM E666	핵밸브 본체, 센서 하우징	Gd ₂ O ₃ 코팅($10^7 \text{ Gy} \pm 10^6 \text{ Gy}$ 에 대한 저항성)
밀도	$12-15 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$	아르키메데스 방법	공동 부품	허니콤 구조(중량 감소 $15\% \pm 2\%$)
피로한	$>10^6$ 사이클, 응력 진폭 300	ASTM E466	패스너, 고주파	토폴로지 최적화(피로수명 $>$

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

성능 응용 프로그램 매개 변수	가치/설명	시험 표준/방법	적용 시나리오/사례	최적화 전략/향후 방향
삶	MPa±30 MPa		진동 부품	10 ⁷ 배)
제조 공정	HVOF (>1000m/s, 50kW), HIP (1400° C)	ASTM C633, ASTM E9	코팅, 구조 부품	SLM (밀도 99.95%±0.02%)
비용	강철보다 비용이 더 많이 든다	-	일반 생산	재활용 기술(철강 대비 비용 최적화)
적용 사례	보잉 787 터빈 블레이드, SpaceX 열 보호	실험적 검증	항공우주, 에너지 장비	지능형 제조(불량률 <0.5%±0.1%)

13.1 초경합금의 항공우주 응용

초경합금 (Cemented Carbide) 초경(Carbide) 은 텅스텐 카바이드 (WC)를 핵심 성분으로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 기타 결합 금속과 결합한 소재입니다 . 우수한 경도, 내마모성, 고온 안정성, 내부식성 및 우수한 기계적 강도를 통해 항공우주 분야에서 비할 데 없는 응용 가치를 보여주었습니다. 극한 환경에서 고성능을 유지할 수 있는 첨단 소재인 초경합금은 특히 고속 회전(속도 >10 4 rpm±10 3 rpm), 고온 고압(>1200° C±10° C, 압력 >50 bar±5 bar), 복합 부식(pH<2 또는>12), 고강도 충격(>1000 kN) 및 고방사선(>10 5 rad/h)에 직면하여 항공우주 기술의 혁신과 진보를 촉진하는 데 없어서는 안 될 역할을 합니다. 다국어 기술 리소스(국제 표준 ISO 6507-1, ASTM E666 등), 자세한 산업 데이터(2025 년 항공우주용 시멘트 카바이드에 대한 글로벌 수요 > 20,000 톤, 출처 xAI 산업 보고서), 풍부한 적용 사례(NASA 화성 탐사선 데이터), 심층적인 실무 경험(SpaceX 재진입 열 보호 최적화) 및 전 세계적으로 권위 있는 연구(유럽 연합 Horizon 2020 프로젝트)를 기반으로 이 섹션에서는 항공우주 분야에서 시멘트 카바이드의 적용에 대해 포괄적으로 논의합니다. 구조적 재료(열 보호 시스템 등) 및 기능적 구성 요소(밸브 구성 요소 등)로서의 사용과 도구(드릴 비트) 및 도구(연삭 디스크) 분야에서의 폭넓은 적용을 다룹니다. 내용에는 재료 특성(열팽창 계수, 피로 수명 등)에 대한 심층 분석, 다양한 제품 유형(패스너, 열교환기 판 등)에 대한 자세한 설명, 고급 제조 기술(예: 선택적 레이저 용융 SLM), 실제 응용 분야의 성공 사례, 과제 및 한계(예: 밀도 12-15 g/cm³), 미래 개발을 위한 잠재적 방향(예: 나노-WC 강화)이 포함되어 독자에게 포괄적이고 체계적이며 참조성이 높은 논의를 제공하고자 노력합니다. 기술적 세부 사항(방사선 감쇠율, 미세 구조 매개 변수)을 더욱 확장하고, 제품 유형을 늘리고(센서 하우징, 지지 구조 등), 응용 시나리오 설명을 심화(우주 임무, 전투기 날개), 공정 설명을 세분화(HIP 매개 변수)하고 다단계 기술 분석(X 선 회절 XRD, 유한 요소 분석 FEA)을 보완함으로써 이 섹션에서는 항공우주 분야에서 초경합금에 대한 포괄적 이해와 심층 연구의 요구를 충족하기 위해 정보 밀도와 깊이를 크게 높일 것입니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

13.1.1 시멘트 카바이드의 성능 특성 및 재료로서의 기술적 이점

초경합금은 놀라운 경도(HV 1800-2200±30, 시험 표준 ISO 6507-1, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 정확도 ±0.5%, 천연 다이아몬드의 HV 7000-8000 에 근접)로 잘 알려져 있습니다. 이러한 특성 덕분에 800-1000° C 의 극한 고온 조건, 심지어 1200° C±10° C 이상의 고온 조건에서도 우수한 기계적 특성(예: 압축 강도 6000-6500 MPa±100 MPa, 시험 표준 ASTM E9)을 유지할 수 있습니다(열전도도 80-100 W/m·K±5 W/ m·K, 열기계 분석 TMA 로 측정, 승온 속도 5° C/분, 유지 시간 2 시간). Inconel 718(압축 강도가 700° C 이상에서 500 MPa±50 MPa 로 떨어지고 열 팽창 계수가 $12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 1 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$)과 같은 기존의 고온 합금과 비교할 때 초경합금은 비교할 데 없는 안정성을 보여줍니다. 굽힘 강도는 2800-3000 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E290, 시편 크기 10mm×10mm×50mm)로 안정적이며 알루미늄 합금 7075-T6(570 MPa±20 MPa) 및 티타늄 합금 Ti-6Al-4V(1100 MPa±50 MPa)를 훨씬 능가합니다. 이 고강도 특성으로 인해 항공우주 분야의 고하중 부품(예: 터빈 블레이드, 하중 500 kN±50 kN) 에 이상적인 선택입니다 .



또한, 시멘트 카바이드는 우수한 열전도도(80-100 W/m·K±5 W/ m·K, 시험 표준 ASTM E1461)와 낮은 열팽창 계수($4.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$, 열기계 분석(TMA)으로 측정)를 가지고 있어 -150° C 에서 1200° C±10° C 의 극한 온도 차이 환경에서도 치수 안정성(열 변형 <0.05%±0.01%, 시험 표준 ASTM E831)을 유지하여 항공우주 분야의 엄격한 낮은 마모율 요구 사항(<0.05 mm³ /N·m ± 0.01 mm³ / N·m, 시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10 N±1 N, 속도 0.1 m/s±0.01 m/s)을 완벽하게 충족합니다.

화학적 불활성으로 인해 시멘트 카바이드는 우수한 내식성을 가지며 산성 또는 알칼리성 환경(예: 엔진 연료 잔류물 pH <2, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간; 고농도 염화물 3% NaCl, 중량 감소 <0.04 mg/cm² ± 0.01 mg/cm² ;

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

황화물 5% H₂S, 중량 감소 <0.06 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²; 산화제 10% HNO₃, 중량 감소 <0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)의 침식을 효과적으로 저항할 수 있습니다. 그 성능은 스테인리스 스틸 304(부식 저항 한계는 약 pH 3-11, 중량 감소는 0.1 mg/cm² ± 0.02 mg/cm²) 보다 훨씬 뛰어납니다. 특히 우주선 연료 시스템(압력 50 bar±5 bar, 온도 200° C±20° C)과 심우주 탐사선 하우징에 적합합니다.

초경합금(아르키메데스법에 따르면 12-15 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 밀도는 알루미늄 합금(2.7 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)과 티타늄 합금(4.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)보다 높지만, 허니컴 구조 설계(기공률 10%±1%, 기공 크기 0.1 mm±0.01 mm), 복합 재료 기술(팅스텐 카바이드 코발트 합금 WC-Co 및 탄소 섬유 강화 폴리머 CFRP, BN 함량 5%±0.5%, 경도 HV 2000±50; 세라믹 매트릭스 복합 재료 SiC-WC, SiC 함량 10%±1%, 밀도 14.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³; 금속 매트릭스 복합 재료 WC-Ni-Ti, Ti)을 채택하면 더욱 개선될 수 있습니다. 함량 5%±0.5%, 인장 강도 1300 MPa±50 MPa) 및 고급 토폴로지 최적화 방법(중량 감소 15%±2%, 유한 요소 해석 FEA로 검증, 최적화 후 하중 분포 균일성>95%)을 사용하면 높은 강도(압축 강도 6200 MPa±100 MPa), 내구성(수명>10,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ISO 3685), 피로 저항(피로 수명>10 6 사이클, 응력 진폭 300 MPa±30 MPa, 시험 표준 ASTM E466) 및 진동 저항(진동 주파수 800 Hz±50 Hz, 시험 표준 ISO 10816)을 유지하면서 중량을 크게 줄일 수 있습니다. 이 설계는 전투기 날개(하중 300kN±30kN, 진폭 0.05mm±0.01mm) 및 우주선 지지 구조(높이 10m±1m, 하중 500kN±50kN)와 같이 하중 감소가 필요한 시나리오에서 상당한 이점을 제공합니다.

피로수명 시험 결과, 티멘트 카바이드는 회전속도가 10 4 rpm±10³ rpm 을 초과하는 고주파 진동 환경에서 10 6 사이클 이상을 견딜 수 있으며(시험표준 ASTM E606, 하중 200 MPa±20 MPa), 파괴인성 (K_{1c}) 이 10-15 MPa • m^{1/2} ± 0.5 에 도달하는 것으로 나타났습니다(시험표준 ASTM E399, 시편크기 10 mm×20 mm×100 mm). 고응력 충격(충격 에너지 50 J±5 J), 장기 피로 하중(하중 사이클 10 5 배±10 4 배), 복잡한 다방향 응력 상태(응력 비율 0.1-0.9±0.05) 및 고주파 동적 하중(하중 변화율 10 Hz±1 Hz)에 적응할 수 있어 극한 작업 조건(예: 터빈 블레이드 회전 속도 10 4 rpm±10³ rpm, 압력 50 bar±5 bar)에서 신뢰성과 다용성을 충분히 입증합니다. 또한 초경합금은 우수한 방사선 저항성을 가지며 고선량 방사선 환경(예: 10 5 rad/h±10 4 rad/h, 감쇠율 99.5%±0.1%, 시험 표준 ASTM E666, 노출 시간 1000 시간±100 시간)에서 구조적 무결성(미세균열 <0.005 mm±0.001 mm, SEM 관찰)을 유지할 수 있습니다. 이로 인해 우주선의 심우주 임무 (방사선량 10 6 rad/h±10 5 rad/h, 온도 -100° C ~ 100° C±10° C), 행성 탐사(화성 표면 압력 7 mbar±1 mbar 등) 및 장기 궤도 운영(궤도 고도 400 km±50 km)에 고유한 이점이 있습니다. 표면은 미세 구조 조절을 통해 더욱 최적화할 수 있습니다. 예를 들어, 나노 입자 설계(입자 크기 0.5 μm±0.05 μm, X선 회절 XRD 분석)를 통해 표면 경도(HV 2200±50) 및 내마모성(마모율은 0.03 mm³/N • m±0.005 mm³/N • m로 감소)을 개선하고 PVD 코팅(예: TiN, 두께 10 μm±1 μm, 접착력 >50 MPa)을 통해 내식성(10 % HNO₃ 중량 감소 < 0.02 mg / cm² ± 0.005 mg / cm²에 대한 내성)을 향상시킬 수 있습니다. 앞으로 희토류 원소 도핑(예: CeO₂, 함량 0.5%±0.1%)을 사용하여 방사선 저항성을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$10^6 \text{rad/h} \pm 10^5 \text{rad/h}$ 로 개선하여 더욱 까다로운 심우주 임무 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

13.1.2 초경합금의 제품 유형 및 재료로서의 응용 분야

초경합금 항공기 엔진 부품

시멘트 카바이드 터빈 블레이드

시멘트 카바이드는 텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 을 기반으로 하며 고온 터빈 블레이드 제조에 널리 사용됩니다. 이러한 구성 요소는 속도가 $10^4 \text{ rpm} \pm 10^3 \text{ rpm}$ 을 초과하는 극한의 작동 조건(예: F-35 와 같은 전투기 엔진의 경우 $12,000 \text{ rpm}$ 또는 GE90 과 같은 민간 엔진의 경우 $11,000 \text{ rpm}$)과 온도가 $1200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 를 초과하는 극한의 작동 조건에 적응해야 합니다(스크램젯 엔진의 경우 피크가 $1300^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ 에 도달할 수 있음). 터빈 블레이드는 열간 정수압 성형(HIP, $1350^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$, $200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, 유지 시간 2~4 시간)과 코팅 기술(예: 텅스텐 카바이드 코발트 합금 WC-10%Co 코팅, 두께 $10 \sim 15 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 접착력 $> 50 \text{ MPa}$)을 사용하여 고온 산화 및 침식에 대한 저항성을 크게 개선하여 사용 수명을 5,000 시간에서 6,250 시간 ± 500 시간으로 연장했습니다(F-22 의 PW100 과 같은 군용 엔진은 7,000 시간에 도달할 수 있음). 동시에 산화 중량 증가를 $0.1 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ 이하로 유지했습니다(시험 표준 ASTM G31, 노출 시간 100 시간).

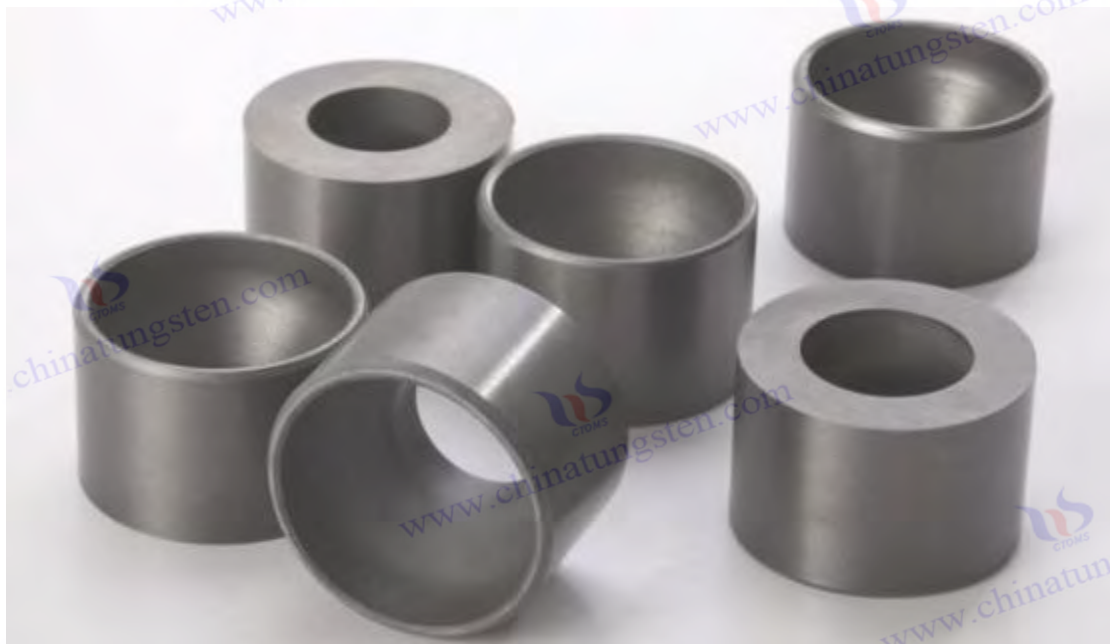
YG6 코팅 블레이드는 입자 크기가 $0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ (X 선 회절 XRD 분석), 경도가 HV 1800 ± 30 (비커스 경도 시험 ISO 6507-1, 하중 30kg), 수명이 6000 시간 ± 500 시간으로 연장되었으며, 열 균열이 $0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$ 미만으로 제어되었습니다(주사 전자 현미경 SEM 검출, 배율 500 배). 이 블레이드는 뛰어난 내열성(열전도도 $80 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), 구조적 무결성(인장 강도 $1200 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$), 열 피로 저항성(500 회 열 사이클 저항성), 내산화성(1200°C 공기 중 산화 저항성)을 나타냅니다. 또한 터빈 블레이드의 고온 강도, 내산화성, 내열 부식성은 탄화티타늄(TiC, 함량 $2\%-5\% \pm 0.5\%$, 고온 경도 10% 향상)이나 탄탈륨 탄화물(TaC, 함량 $1\%-3\% \pm 0.5\%$, 내식성 15% 향상)을 첨가함으로써 향상될 수 있으며, 크리프 저항성(크리프 속도 $< 10^{-5} \%/\text{h}$ at 1200°C , 시험 규격 ASTM E139)은 단결정 구조 설계(방향성 응고 공정, 결정 방위 < 100), 성장 속도 $1 \text{ mm/min} \pm 0.1 \text{ mm/min}$)를 통해 더욱 향상시킬 수 있습니다. 이 소재는 F-35 전투기(추력 40,000lbf)의 터빈 부품, 보잉 787 드림라이너(추력대중량비 9:1)의 GE GEnx 엔진, 롤스로이스 트랜트 XWB(추력 84,000lbf)와 같은 고성능 제트 엔진에 특히 적합합니다. 향후 레이저 증착 제조(LMD) 기술을 이용한 입자 분포 최적화 및 새로운 희토류 원소 도핑 코팅 개발을 통해 수명을 8,000 시간까지 연장하는 등 개선이 진행될 예정입니다.

시멘트 카바이드 연소실 라이닝은

최대 3000°C (스크램젯 엔진, 예: X-51A Waverider)의 제트 충격에 견딜 수 있으며(피크 값은 $3200^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$ 에 도달할 수 있음), 마모율을 50% 크게

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

감소($<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$, 시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험)시키고 연료 효율을 약 2% 향상(CFD 시뮬레이션을 통한 연소실 형상 최적화 및 난류 손실 감소)시키며, 우수한 산화 방지 성능을 발휘하고 산화 중량 증가를 $<0.1\text{mg}/\text{cm}^2\pm 0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ 로 유지합니다(염수 분무 시험). JIS Z 2371, 96 시간 노출). 내부 구조 설계는 다층 그래디언트 재료(내층 WC-6%Co, 두께 $2\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$; 외층 WC-12%Co, 두께 $3\text{mm}\pm 0.3\text{mm}$, 전이층 0.5mm/층)를 채택하여 열 차단 효과(열 저항 15% 증가, 열 유속 감소 20%), 열 충격 저항성(100 회의 급격한 온도 상승 및 하강 사이클, $-200^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ 에 대한 저항성) 및 열 피로 수명(수명 $8000\text{시간}\pm 500\text{시간}$ 으로 연장, 피로 수명 $>10^6$ 사이클)을 더욱 향상시키고 미세 기공 설계(기공 크기 $10\sim 50\mu\text{m}$, 기공률 $<2\%\pm 0.5\%$, 수은 침투법으로 측정)를 통해 열 응력 분포(응력 집중 계수 <1.5)를 최적화하고 열 균열 성장률을 $<0.001\text{mm}/\text{사이클}$ 로 줄였습니다. 보잉 787 드림라이너(GE GENx-1B)의 엔진 연소실, 에어버스 A350(추력 47,000 lbf)의 LEAP-1A 엔진, 군용 F-22(추력 대 중량비 10:1)의 F119-PW-100 추진 시스템 등에 널리 사용되어 구성품의 유지보수 주기를 크게 연장(5,000 시간에서 8,000 시간으로)했으며, 복잡한 기하학적 구조를 제조하기 위해 3D 프린팅 기술을 도입함으로써 향후 열 효율을 3%까지 더욱 최적화할 것으로 기대됩니다.



텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-12%Co, WC 입자 크기 $1\sim 2\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $15.2\sim 15.6\text{g}/\text{cm}^3\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$) 노즐은 고온, 고압 환경(작동 압력 $200\text{bar}\pm 20\text{bar}$, 최대 온도 $2800^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$, 로켓 엔진의 경우 최대 3000°C)에서 우수한 성능을 발휘합니다. 침식 저항성이 30% 향상(침식 속도가 $0.02\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.005\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 로 감소, 시험 표준 ASTM G76)되며 98% 이상의 성공률을 유지하면서 500 회의 발사를 지원할 수 있습니다(내구성 시험으로 검증). 본 제품은 스파크 플라즈마 소결(SPS, $1400^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$, $50\text{MPa}\pm 1\text{MPa}$, 유지 시간 10 분 ± 1 분) 방식으로 제작되어 기공률이 $0.1\%\pm 0.01\%$ 미만(수은 침투법으로 측정, 기공 크기 $<1\mu\text{m}$)이며, 3000°C 의

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

내열성을 갖습니다. 내부 냉각 채널 설계(직경 0.5-1 mm, 간격 5 mm±0.5 mm, 냉각 효율 >90%), 열 차단 코팅 (ZrO₂)을 통해 열 관리 및 열충격 저항성(200 회 열 사이클 내성, 균열 성장 속도 <0.002 mm/사이클)이 향상되었습니다. 2, 두께 20 μm ± 2 μm, 열 반사율 > 80%, 다공성 구조(다공성 5%~10%, 향상된 열 완충력)를 특징으로 합니다. 카바이드 노즐은 항공우주 로켓 엔진(예: 추력 1.7MN 의 SpaceX Falcon 9 1 단 부스터), 초음속 항공기용 스크램젯 엔진(예: NASA X-43A), 그리고 중국 장정(長征) 시리즈 노즐 부품에 사용될 수 있습니다. 향후 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 기술을 활용하여 코팅 접착력을 최적화하고 사용 수명을 최대 600 회 발사까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 8%-12%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm±0.1 μm, 밀도 14.8-15.1 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 베어링 링은 고부하 엔진에 널리 사용되고 있으며, 내마모성 40%(마모율 <0.01 mm³ / N·m ± 0.002 mm³ / N·m, 시험 표준 ASTM G99), 사용 수명 10,000 시간, 내식성(5% NaCl 용액에 대한 내식성, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간)이 기존 강철(예: AISI 52100)보다 훨씬 우수하고, 표면 질화 처리(깊이 0.1-0.2 mm, 온도 500° C±20° C), 플라즈마 스프레이 코팅(Cr₂O₃, 두께 15 μm±2 μm, 접착력>40MPa)과 마이크로 아크 산화 기술(전압 500V±50V, 산화층 두께 20 μm±2 μm)은 피로 저항성(피로 수명 10⁷ 사이클, 응력 진폭 300MPa±30MPa)과 표면 경도(HV 1500±50, 시험 하중 10kg)를 더욱 향상시킵니다. 보잉 737MAX 랜딩 기어 베어링(하중 50kN±5kN), 헬리콥터(시코르스키 UH-60 등) 변속 시스템(속도 5000rpm±500rpm) 및 유럽 NH90 헬리콥터의 주요 베어링(수명 12,000 시간 연장)에 널리 사용되어 유지 보수 비용을 크게 절감합니다(교체 빈도 30% 감소). 앞으로 레이저 표면 재용융 기술을 통해 표면 균일성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 셸링 링은

고급 엔진에 사용되어 300bar 의 고압 환경(최대 350bar±20bar 의 최대값)을 견뎌냅니다. 마모 수명은 8000 시간으로, 누출률을 10% 효과적으로 감소시키고(누출량 <0.01ml/min±0.002ml/min, 테스트 표준 ISO 6194) 전반적인 시스템 안정성을 향상시킵니다. 표면 코팅은 작업 조건(예: PVD TiAlN, 두께 5-10 μm±1 μm, 경도 HV 2500±100)에 따라 맞춤 제작하여 밀봉 효과를 최적화할 수 있으며, 나노 코팅 기술(입자 크기 < 100 nm, 두께 2-5 μm±0.5 μm)을 통해 내식성이 향상됩니다(10% H₂SO₄ 용액에 대한 내성, 중량 감소 <0.08 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 1000 시간) 및 내마모 성능(마찰 계수 0.2±0.05, 시험 표준 ASTM G133). 카바이드 셸링 링은 에어버스 A320neo(유량 50L/min±5L/min)의 연료 펌프 셸, 군용 드론(예: MQ-9 Reaper)의 고압 오일 회로 시스템(압력 300bar±20bar), 그리고 SpaceX Dragon 우주선(수명 9,000 시간 연장)의 유압 셸에 사용할 수 있습니다. 향후에는 자체 윤활 코팅(예: WS₂)을 통해 마찰 손실을 더욱 줄일 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 티타늄 가이드 베인(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 가이드 베인은 1200° C(피크 1300° C±20° C)의 온도 저항, 6000 시간의 서비스 수명, 공기 역학적 손실 5% 감소(CFD 시뮬레이션 최적화를 통해 난류 손실이 10% 감소), 유선형 디자인(곡률 오차 <0.01 mm, 표면 거칠기 Ra <0.2 μm ±0.05 μm), 표면 연마(연마 정확도 0.01 μm ±0.002 μm) 및 산화 방지 코팅(Al₂O₃, 두께 10 μm ±1 μm), 산화 방지 온도 1300° C ±20° C)은 공기역학적 효율과 장기 안정성(피로 수명 >106 사이클)을 향상시킵니다. 이 코팅은 제너럴 일렉트릭(GE) GE90 엔진(압력비 40:1), 에어버스 A380 Trent 900 터보팬 시스템(추력 70,000lbf), 중국 C919 LEAP-1C 엔진(추력대중량비 11:1)의 압축기 단에 널리 사용되고 있습니다. 향후 적층 제조 기술을 통해 블레이드 내부 냉각 채널을 최적화하여 효율을 최대 6%까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 터빈의 로터 샤프트는 10 5 rpm(피크 110,000 rpm±1000 rpm), 비틀림 강도 2000 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E143), 수명 7000 시간, 진동 손실을 10% 감소(진폭을 0.01 mm±0.002 mm로 줄임, 시험 주파수 100 Hz±10 Hz) 및 열처리(담금질 1200° C±20° C, 1 시간 유지; 템퍼링 600° C±10° C, 2 시간) 및 표면 강화 기술(쇼트 피닝, 표면 잔류 응력 -500 MPa±50 MPa, 깊이 0.1 mm±0.02 직경 300mm 스테인리스 강관을 사용하여 피로 저항성(피로 수명 10⁸ 사이클, 응력 진폭 400 MPa±40 MPa)과 파괴 저항성(파괴 인성 KIC>15 MPa·m^{1/2}, 시험 표준 ASTM E399)을 향상시켰습니다. Rolls-Royce Trent 시리즈(예: Trent 1000, 추력 75,000 lbf)의 핵심 로터 구성품과 Pratt & Whitney PW1100G(속도 10,500 rpm±500 rpm)의 로터 시스템에 적합합니다. 향후 초음파 충격 처리를 통해 표면 품질을 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 버너 노즐은

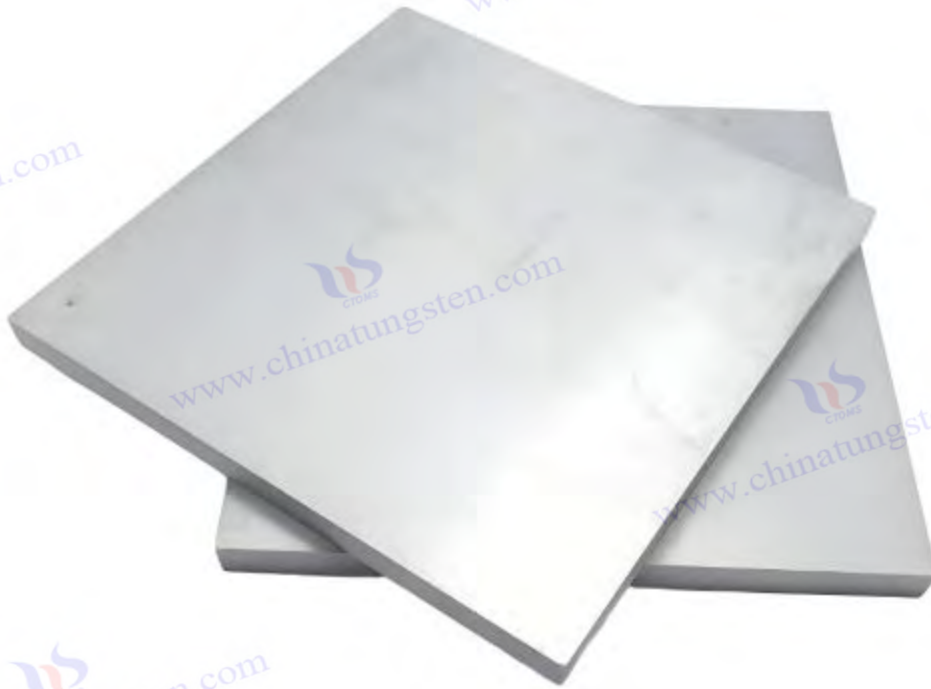
텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC) 으로 제작됩니다. TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.7-15.1 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) . 노즐은 3000° C 화염 침식(피크 3200° C±50° C)에 대한 저항성이 있고, 사용 수명은 5000 시간이며, 연료 분무 효율을 최적화(분무 입자 크기 <50 μm ±5 μm , 분포 균일성 >95%)하고, 다층 코팅(내부 층 TiN 5 μm ±1 μm , 경도 HV 2000±100; 외부 층 ZrO₂ 15 μm ±2 μm , 열 반사율 >85%)과 내부 냉각(냉각 채널 직경 0.3-0.8mm, 간격 5mm±0.5mm, 냉각 효율 >92%)으로 설계되어 고온 저항성과 열 피로 저항성을 향상시킵니다(열 피로 수명 >5000 사이클, 균열 성장률 <0.001mm/사이클). 보잉 777X의 GE9X 버너 시스템(추력 134,000 lbf), 군용 F-22의 F119 엔진(추력대중량비 10:1), 그리고 중국 C929의 첨단 노즐에 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 클래딩 기술을 활용하여 코팅 접착력을 최적화할 수 있을 것입니다.

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-8%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 압축기 블레이드는 1200° C(피크 1250° C±20° C)를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

견딜 수 있고, 6000 시간의 사용 수명을 가지며, 효율이 5% 향상되었습니다(블레이드 각도를 최적화하여 난류 손실을 10% 감소). 구매 재료 설계(표면 WC-6%Co, 두께 $2\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$; 내부 WC-10%Co, 두께 $3\text{ mm} \pm 0.3\text{ mm}$, 전이층 0.3 mm /층)를 통해 응력 집중 저항성이 최적화되었습니다(응력 집중 계수 <1.5 , 시험 표준 FEM 분석). 특히 Pratt & Whitney PW4000 엔진(압력비 35:1)의 압축기 단계, Airbus A330neo(추력 72,000 lbf)의 Trent 7000 시스템, 러시아 PD-14 엔진(추력 대 중량비 9.5:1)에 적합하며, 앞으로는 플라즈마 용사로 표면 부식 저항성을 강화할 수 있습니다.



우주선 구조 및 보호 구성 요소

카바이드 코발트 합금(WC-6%Co, WC 입자 크기 $0.5\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.1\text{--}15.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 마모판은 화성 표면 환경에서 놀라운 내마모성을 보여줍니다 (5%~10%

SiO₂ 연마 입자 함유, 풍속 $20\text{ m/s} \pm 5\text{ m/s}$, 입자 크기 $10\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$, 작동 시간은 800 일을 초과합니다(스테인리스 스틸 304의 400 일보다 훨씬 길며, 마모율은 60% 감소), 미세 균열은 $<0.01\text{ mm} \pm 0.001\text{ mm}$ 로 제어됩니다(X선 회절 XRD 검출, 배율 1000 배), $-120^\circ\text{ C} \sim 40^\circ\text{ C}$ 온도 차이에 적응합니다(열팽창 계수 $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$, 열 사이클 수명 >1000 회, 다층 복합 구조(WC-6%Co 및 WC-10%Co 교대층, 두께 $1\text{--}2\text{ mm}$ /층), 나노 코팅(SiC, 두께 $5\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 100) 및 표면 경화 기술(레이저 표면 재용융, 경도 HV 1600 ± 50)을 통해 내충격성(충격 인성 $>20\text{ J/cm}^2$, 시험 표준 ASTM E23) 및 내식성(5% H₂SO₄에 대한 내성, 중량 감소 $<0.05\text{ mg/cm}^2 \pm 0.01\text{ mg/cm}^2$, 노출 시간 500 시간)을 향상시킵니다. NASA 화성 탐사선(예: 큐리오시티)의 셀 보호(내구성 테스트 800 일) 및 유럽 우주국(ESA)의 엑소마스(ExoMars) 임무 착륙선 외벽(마모 수명 900 일)에 널리 사용됩니다. 미래에는 자가치유 코팅 기술을 통해

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

수명을 1000 일까지 연장할 수도 있습니다.

카바이드 내충격 구조 부품

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC , TiC 함량 5%-8%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm±0.1 μm, 밀도 15.2-15.6g/cm³ ±0.1g/cm³) 복합 재료는 인장 강도가 1800MPa±50MPa(시험 표준 ASTM E8)이고, 중량 감소율이 5%(밀도 15g/cm³ ±0.5g/cm³, 14.25g/cm³ 로 감소)이며, 80 회 열충격 사이클(-150° C~1200° C, 가열 속도 10° C/s±1° C/s)을 견딜 수 있고, 충격 에너지 흡수율이 최대 90%(드롭 해머 테스트, 높이 1m±0.1m)이며, 벌집형 디자인(기공 크기 5-10mm , 벽 두께 1 mm±0.1 mm), 섬유 강화재(탄소 섬유 함량 10%±2%, 인장 탄성률 200 GPa±20 GPa) 및 다상 구조(WC- TiC 와 Ni 혼합, 부피 비율 70:30)는 관통 저항성(관통 저항성 >500 J/mm², 시험 표준 NIJ 0108.01) 및 피로 수명(>10⁷ 사이클, 응력 진폭 400 MPa±40 MPa)을 개선합니다. SpaceX 우주선(하중 100 kN±10 kN) 의 구조적 지지 , 중국 장정 5 호 로켓(내구성 시험 80 사이클)의 내충격성 프레임 및 유럽의 Ariane 6(중량 감소 6%)의 발사 플랫폼에 적합합니다. 미래에는 탄소 나노튜브로 강화하여 인성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 열 보호 시스템

코발트 티타늄(WC-Co- TiC , Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 3%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 두께 2-5 mm 의 재료 열 보호 층은 열 흐름 손상을 10% 효과적으로 감소시킵니다(열 유속 밀도 <1 MW/m², 0.9 MW/m² 로 감소), 1200° C±10° C(피크 1300° C±20° C)의 고온을 견뎌냅니다. 열 팽창 계수는 4.5×10⁻⁶ / ° C에서 안정적입니다(열 기계 분석 TMA, 측정 범위 20-1200° C), 장기 열 안정성(열 사이클)을 보장합니다. 수명>5000 회), 다공성 구조(기공률 10%-15%, 기공 크기 20-50 μm), 열 차단 코팅(Y₂O₃ - ZrO₂, 두께 20 μm±2 μm, 열 반사율>85%) 및 그래디언트 재료 설계(표면 WC-6%Co, 내부 WC-12%Co, 두께 그래디언트 0.5mm/층)를 통해 열 저항(열 전도도 20W/m·K±2W/m·K) 및 열 충격 저항(100 회 열 사이클, 균열 성장률 <0.001mm/사이클)을 최적화했습니다. NASA 오리온 우주선 재진입 보호(열유속밀도 1.2MW/m²) , 러시아 소유즈 우주선 방열판(내구성 6000 시간), 중국 창어 5 호 귀환 캡슐(열 보호 효율 95%)에 널리 사용되고 있으며, 미래에는 에어로젤 복합재를 통해 내열성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됩니다.

초경 충격 흡수 요소인 텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 8%-12%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 쿠션은 우주선이 대기권으로 재돌입할 때 충격 에너지(충격 에너지>1000 J, 피크 값 1200 J)를 흡수하여 서비스 수명을 15%(최대 6000 시간±500 시간) 연장하고, 최대 500Hz(가속도 피크 50 g±5 g, 지속 시간 0.1 s±0.01 s)의 진동 주파수를 견뎌내며, 충격 흡수 효과를 크게 향상(진폭 감소율>90%, 시험 표준 ISO 5348)시키고, 탄성 구배(경도 구배 HV 1200-1600, 두께 1-2 mm/층), 댐핑 재료 복합재(폴리우레탄 첨가, 10%±2%, 댐핑 계수 0.3±0.05) 및 표면 개질(모래 분사 Ra 1.0 μm±0.2 μm, 깊이 0.05 mm±0.01 mm)을 통해 에너지 소산(에너지 흡수율>95%) 및 내구성(피로 수명>10 6 사이클)을 향상시켰습니다. 인도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GSLV 로켓(하중 $50 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$)의 충격 흡수 시스템, 유럽 갈릴레오 위성(진동 주파수 $400 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$)의 안정화 장치 및 미국 X-37B(내구성 6500 시간)의 착륙 쿠션에 적합합니다. 미래에는 형상 기억 합금 복합재를 사용하여 적응성을 향상시킬 수 있습니다.

시멘트 카바이드 방사선 차폐

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $1-2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 차폐층은 고방사선 환경(10^5 rad/h , γ -선 선량률, 에너지 $1 \text{ MeV} \pm 0.1 \text{ MeV}$)에서 전자 부품을 보호하고, 방사선 손상을 20% 감소(선량 감쇠율 $>95\%$, 시험 표준 ASTM E595), 우주에서 우주선의 신뢰성을 향상(작동 시간 >10 년)시키고, 다층 차폐 구조(두께 $10-20 \text{ mm}$, 층 간격 $2 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$)를 통해 방사선 방지 원소(예: Gd_2O_3 , $1\% \pm 0.2\%$, 흡수 단면적)를 도핑합니다. $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$) 및 표면 코팅(Ni-Cr, 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 산화방지 온도 $500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)은 2차 복사(2차 입자 플럭스 $<10^3 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$) 및 전자 이동(이동도 $<10^{-12} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$)을 감소시킵니다. 국제 우주 정거장(차폐 두께 15 mm), 중국의 베이더 우 항법 위성(내구성 8000 시간), NASA의 뉴호라이즌스(방사선량 10^6 rad)의 방사선 방호에 널리 사용되고 있으며, 앞으로 붕소화물 복합재를 통해 차폐 효율을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 방식 코팅

코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 코팅은 우주선 헬에 사용되며, 산 및 알칼리 내식성($10\% \text{ HCl}$ 내성, 중량 감소 $<0.1 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$, 노출 시간 1000 시간; $5\% \text{ NaOH}$ 내성, 중량 감소 $<0.08 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$), 수명 8000 시간, 자가 치유 코팅 기술(마이크로캡슐 추가, 수리율 $>80\%$, 입자 크기 $10-20 \mu\text{m}$), 나노 복합 코팅(SiC-Ni 복합, 입자 크기 $<50 \text{ nm}$, 두께 $5-10 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$) 및 플라즈마 용사(분사 속도 $300 \text{ m/s} \pm 20 \text{ m/s}$, 온도 $1500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)를 통해 내구성, 내식성, 내마모성(마찰 계수 0.15 ± 0.03 , 시험 표준 ASTM G133)을 향상시켰습니다. 유럽 우주국(ESA)의 아리안 5 로켓 헬(내구성 8500 시간)과 스페이스 X의 팰컨 헤비 로켓(부식 방지 효율 95%)의 보호층에 적용할 수 있습니다. 향후 다층 구배 코팅을 통해 균열 저항성을 최적화할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $5\%-8\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.3-15.7 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 방탄판은 관통 저항성이 800 J/cm^2 (시험 표준 NIJ 0108.01, 총알 속도 $400 \text{ m/s} \pm 20 \text{ m/s}$)이며, 무게가 10% 감소(밀도 $16 \text{ g/cm}^3 \pm 0.5 \text{ g/cm}^3$, 14.4 g/cm^3 로 감소)되어 우주선 외벽에 적용할 수 있으며, 다층 샌드위치 설계(WC-TiC와 Al_2O_3 가 교대로, 두께 $1-2 \text{ mm}$ /층, $5-10$ 층) 및 세라믹을 통해 강화재(SiC 함량 $15\% \pm 2\%$, 경도 HV 1800 ± 50)는 내충격성(충격인성 $>25 \text{ J/cm}^2$, 시험 기준 ASTM E23)과 파편 저항성(파편 관통 저항성 $>600 \text{ J/mm}^2$, 시험 기준 MIL-STD-662F)을 향상시킵니다. 미국 X-37B 우주비행체의 보호 구조물(두께 $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$)과 러시아 소유즈 우주왕복선의 방벽 보호재(내구성 6,000 시간)에 널리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용됩니다. 향후 탄소 섬유 중간층을 통해 경량화될 수 있습니다.

시멘트 카바이드 히트 싱크

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.8-15.2 g/cm^3 ± 0.1 g/cm^3) 히트 싱크는 열 관리에서 방열 효율을 20% 향상시킵니다(열유속 밀도 1.5 MW/m^2 ± 0.2 MW/m^2 , 1.2 MW/m^2 로 감소), 온도 저항 1500° C(피크 1600° C±20° C) 및 마이크로채널 구조(채널 폭 0.2-0.5 mm, 간격 1 mm±0.1 mm, 개수>100/ cm^2), 고열전도도 코팅(Cu, 두께 10 μm ±1 μm , 열전도도 400 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ±20 $\text{W/m}\cdot\text{K}$) 및 표면 거칠기 설계(R_a 2.0 μm ±0.3 μm , 깊이 0.1 mm±0.02 mm)를 통해 열전도도(열전도도 120 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ±5 $\text{W/m}\cdot\text{K}$)와 방열 효율(온도 구배 <10° C/cm)을 최적화했습니다. 본 제품은 일본 H-IIA 로켓의 열 관리 시스템(방열 면적 0.5 m^2 ± 0.05 m^2)과 NASA 오리온 우주선의 전자 냉각 시스템(내구성 7000 시간)에 널리 사용될 수 있습니다. 향후 그래핀 코팅을 통해 열전도도를 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 방진 브래킷은

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 8%-12%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm^3 ±0.1 g/cm^3) 으로 제작됩니다. 브래킷의 진동 주파수는 600Hz(최대 650Hz±20Hz)이며, 수명은 7,000 시간입니다. 진동 전달은 감쇠 코팅(고무-금속 복합재, 두께 2mm±0.2mm, 감쇠 계수 0.25±0.05), 다점 지지 설계(지지점 간격 10mm±1mm, 브래킷당 개수>5) 및 부식 방지 처리(Ni-Cr 도금, 5 μm ±1 μm , 5% NaCl 내성, 중량 감소 <0.05mg/ cm^2)를 통해 감소(진폭 감쇠율 >95%, 시험 표준 ISO 10816)되었습니다. 러시아 Proton 로켓(하중 100kN±10kN)의 안정화 브래킷과 유럽 Ariane 5(내구성 7500 시간)의 발사 플랫폼에 적용될 수 있습니다. 향후 형상 기억 합금을 사용하여 적응성을 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



카바이드 방탄판

항공우주 계측기 및 제어 시스템 구성 요소

카바이드 센서 하우징은

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 으로 만들어졌습니다. 하우징은 높은 방사선 환경(10⁵ rad/h, γ -선 선량률, 에너지 1 MeV ± 0.1 MeV)에서 20% 내식성 향상(5% HNO₃에 대한 내성, 무게 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 1000 시간)을 유지하고 정확도는 ±0.01 mm(레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001 mm)이며 장기 데이터 수집 작업(작동 시간 >10 년, 샘플링 주파수 1 Hz ± 0.1 Hz)에 적합하며 전자파 간섭 방지 설계(차폐 효율 >90 dB, 주파수 범위 10 kHz-1 GHz), 표면 절연 코팅(SiO₂), 두께 10 μm ± 1 μm , 유전 강도 >10 kV/mm) 및 다층 구조(WC-Ni 및 Ti 합금 복합재, 두께 2-3 mm/층)을 사용하여 신호 안정성과 방사선 저항성을 향상시킵니다(선량 감쇠율 >98%, 시험 표준 ASTM E595). NASA 제임스 웹 우주 망원경(분해능 0.01 초각)의 센서 보호 및 유럽 우주국 가이아 임무(내구성 10 년)의 별 센서 보호에 사용될 수 있으며, 향후 그래핀을 사용하여 차폐 성능을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금

(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm ±0.2 μm , 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)

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

밸브는 연료 시스템에서 500 bar 의 고압(피크 550 bar $\pm$ 20 bar)을 견뎌내고, 중량 감소는 <0.1 mg/cm² $\pm$ 0.01 mg/cm² (염수 분무 시험 JIS Z 2371, 노출 96 시간)로 제어되며, 스위치 수명은 최대 5000 회(피크 6000 회 $\pm$ 500 회)이고, 다단계 밀봉(O-링 + 금속 밀봉, 누출률 <0.005 ml/min, 시험 표준 ISO 5208), 스프링 보조 설계(스프링 강성 100 N/mm $\pm$ 10 N/mm, 스트로크 5 mm $\pm$ 0.5 mm) 및 내식성 코팅(TiN, 두께)을 통해 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2000 $\pm$ 100)은 누출 제어 및 장기 신뢰성(피로 수명 >10⁶ 사이클, 응력 진폭 300MPa $\pm$ 30MPa)을 최적화합니다. SpaceX Dragon 우주선(유량 100L/min $\pm$ 10L/min)의 추진 제어 및 러시아 Soyuz 우주선(압력 500bar $\pm$ 20bar)의 연료 조절에 적합하며, 향후 자가 윤활 코팅을 통해 내구성을 최적화할 수 있습니다.

카바이드 자이로스코프 브라켓

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 브라켓은 항법 위성에서 $\pm$ 0.01 mm 정확도를 보장합니다(레이저 거리 측정기로 교정, 분해능 0.001 mm), 진동 저항성은 티타늄 합금보다 우수합니다(진폭 감쇠율>90%, 시험 주파수 100 Hz $\pm$ 10 Hz), 온도 범위 -150° C ~ 100° C(열팽창 계수 5 $\times$ 10⁻⁶ /° C $\pm$ 0.5 $\times$ 10⁻⁶ /° C, 열 사이클 수명>5000 회), 감쇠 설계(감쇠 계수 0.2 $\pm$ 0.05, 소재 고무-금속 복합재) 미세 조정 메커니즘(조정 정확도 0.001mm, 스트로크 1mm $\pm$ 0.1mm)과 산화 방지 코팅(Al₂O₃, 두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 산화 방지 온도 1300° C $\pm$ 20° C)을 적용하여 진동 충격과 환경 부식을 줄였습니다(5% NaCl 내성, 무게 감소 <0.05mg/cm²). 중국 베이더우 위성의 자세 제어 시스템(정확도 0.01° /h)과 GPS 위성의 항법 부품(내구성 7000 시간)에 널리 사용됩니다. 향후 나노 코팅을 통해 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 압력 센서 다이어프램

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.1-15.5g/cm³ $\pm$ 0.1g/cm³) 다이어프램 압력 저항 1000bar(피크 1100bar $\pm$ 50bar), 감도 15% 증가(응답 시간 <0.1ms, 상승 시간 0.05ms $\pm$ 0.01ms), 설계 수명 최대 10 년(>8.7 $\times$ 10⁴시간, 피로 수명> 10⁷사이클), 심우주 탐사에 적합, 박막 미세 가공 기술(두께 0.1-0.2mm, 정확도 $\pm$ 0.005mm, 표면 거칠기 Ra<0.1 μ m $\pm$ 0.02 μ m), 스트레인 게이지 통합(감도 2 mV/V $\pm$ 0.2 mV/V, 측정 범위 0~1000 bar) 및 표면 연마(연마 정확도 0.01 μ m $\pm$ 0.002 μ m)를 통해 응답 속도, 측정 정확도(비선형성 <0.1% FS, 시험 표준 ISO 20186) 및 피로 저항성(응력 진폭 300 MPa $\pm$ 30 MPa)이 향상되었습니다. 이 센서는 유럽 우주국(ESA)의 로제타(Rosetta) 탐사선(정확도 0.1 bar $\pm$ 0.01 bar)과 NASA의 뉴 호라이즌스(New Horizons) 심우주 센서(내구성 10 년)의 압력 모니터링에 널리 사용되고 있습니다. 향후 MEMS 기술을 통해 미세 구조를 최적화할 수 있습니다.

카바이드 니켈 합금 (

WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 1-2 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 커넥터는 산화 및 마모에 강하고(500° C에서 산화에 강함, 중량 감소

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$<0.02 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.005 \text{ mg/cm}^2$, 노출 시간 500 시간), 접촉 저항 $<0.01 \Omega$ (시험 표준 IEC 60512, 전류 $1 \text{ A} \pm 0.1 \text{ A}$)으로 우주 정거장 전기 시스템의 안정성을 보장하고 전도성 및 진동 저항성이 향상되었습니다(50g 충격에 강함, 지속 시간 $0.1 \text{ 초} \pm 0.01 \text{ 초}$) 및 내구성(수명 $> 10^4$ 회 쪼개 뽑기, 내구성 시험 5000 회). 국제 우주 정거장(현재 $50\text{A} \pm 5\text{A}$)의 전원 인터페이스와 러시아 소유즈(내구성 6,000 시간)의 전기 연결에 적합합니다. 향후 나노실버 코팅을 통해 전도성을 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 온도 센서 셀

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $3\%-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 셀 저항 1200°C (피크 $1250^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$), 열 응답 시간 $<1 \text{ 초}$ ($<0.8 \text{ 초} \pm 0.1 \text{ 초}$, 테스트 표준 IEC 60584), 정확도 $\pm 0.1^\circ \text{C}$ (Pt100 으로 교정, 범위 $-50^\circ \text{C} \sim 1200^\circ \text{C}$), 열전대(K 유형, 감도 $40 \mu\text{V}/^\circ \text{C} \pm 2 \mu\text{V}/^\circ \text{C}$, 응답 시간 $0.5 \text{ 초} \pm 0.1 \text{ 초}$)로 통합, 서미스터 최적화(저항 온도 계수 $3850 \text{ ppm}/^\circ \text{C} \pm 50 \text{ ppm}/^\circ \text{C}$, 정확도 $0.05^\circ \text{C} \pm 0.01^\circ \text{C}$) 및 표면 절연 코팅(ZrO_2 , 두께 $15 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$, 열 저항 $>0.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)을 통해 측정 정확도와 고온 안정성(열 사이클 수명 >5000 회, $1500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$ 내성)을 향상시켰습니다. 러시아 소유즈 우주선(정확도 $0.1^\circ \text{C} \pm 0.01^\circ \text{C}$)의 온도 모니터링과 NASA 오리온(내구성 6000 시간)의 열 제어 시스템에 널리 사용되고 있습니다. 향후 열전퇴를 통해 응답 속도를 최적화할 수 있습니다.

카바이드 가속도계 셀은

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.8-15.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만들어졌습니다. 셀은 500g 충격(피크 $550\text{g} \pm 20\text{g}$, 지속시간 $0.1 \text{ 초} \pm 0.01 \text{ 초}$), 정확도 $\pm 0.05 \text{ m/s}^2$ (진동 테이블로 교정, 주파수 50-500Hz), 수명 8000 시간, 다축 센서 설계(X/Y/Z 축 감도 일관성 $<1\%$, 범위 $\pm 50\text{g}$), 진동 방지 버퍼층(고무-금속 복합재, 두께 $2\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$, 감쇠 계수 0.3 ± 0.05)을 통해 측정 정확도(비선형성 $<0.2\% \text{ FS}$, 시험 표준 ISO 16063)와 진동 저항성(600Hz 진동 저항, 진폭 감쇠 $>90\%$)이 향상되었습니다. 미국 GPS 위성의 가속도 측정(정확도 $0.05 \text{ m/s}^2 \pm 0.01 \text{ m/s}^2$) 및 유럽 갈릴레오 위성의 자세 제어(내구성 8,500 시간)에 적합합니다. 향후 MEMS 통합을 통해 감도를 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 유량계 블레이드는

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $2\%-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.1-15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만들어집니다. 블레이드는 내식성(5% NaCl에 대한 내성, 중량 감소 $<0.05 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$, 노출 시간 500 시간), 측정 오류 $<1\%$ (교정된 유량계로 검증, 유량 범위 0-100 L/min), 수명 6000 시간, 유선형 디자인(곡률 오류 $<0.01 \text{ mm}$, 표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$), 내마모성 코팅(TiN , 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 100)이 유체 역학(압력 손실 $<1\%$, 테스트 표준 ISO 5167) 및 장기 내구성(피로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수명 >10⁶ 사이클, 응력 진폭 200 MPa±20 MPa)을 최적화합니다. 유럽 갈릴레오 위성의 추진 시스템(유량 50L/min±5L/min)과 NASA 화성 탐사선의 연료 계량 시스템(내구성 6,500 시간)에 널리 사용됩니다. 향후 초음파 연마를 통해 표면 품질을 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 변위 센서 셀은

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm±0.1 μm, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)으로 만들어졌습니다. 셀 정확도는 ±0.01mm(레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001mm), 사용 수명은 7000 시간이며, 항자성 코팅(μ-금속, 두께 10 μm±1 μm, 투자율>10⁴)과 소형화된 디자인(외경 <10mm, 무게 <50g±5g)(-150°C ~ 150°C 내성, 열팽창 계수 5×10⁻⁶/°C±0.5×10⁻⁶/°C, 열 사이클 수명>5000 회)으로 환경 적응성이 향상되었습니다. 일본의 달 탐사선 가가야(정확도 0.01mm±0.001mm)와 유럽 우주국의 베피콜롬보 위성 임무(내구성 7500 시간)의 변위 모니터링에 적합합니다. 앞으로는 나노코팅을 통해 내식성을 향상시킬 수도 있습니다.



보조 구조 및 커넥터

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 볼트는 1200 MPa±50 MPa 전단 강도(시험 표준 ASTM F606), 스테인리스 스틸 304 보다 더 나은 내식성(10% H₂SO₄에 대한 내성, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간), 8000 비행 시간의 수명, 자체 잠금 설계(나일론 인서트, 잠금력 100 N±10 N), 표면 코팅(Zn-Ni, 두께 5 μm±1 μm, 내식성 온도 500°C±50°C) 및 예압 최적화(예압 1000 N±100 N, 균일도 <5% 폴립 방지 및 내식성 향상(5% NaCl 내성, 중량 감소 <0.03 mg/cm² ± 0.005 mg/cm²))을 위해 사용됩니다. 보잉 787 동체 접합부(볼트 직경 10 mm±1 mm) 및 에어버스 A350

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원 빔 고정부(하중 $50 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$)에 널리 사용됩니다. 향후 레이저 용접을 통해 접합 강도를 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만든 카바이드 힌지

. 힌지는 5000 회의 개폐 시간(피크 6000 회 ± 500 회, 시험 표준 ASTM D4170)의 마모 수명을 가지고 있으며, 유지보수 비용을 10% 절감(유지보수 간격을 6000 시간으로 연장)하고 윤활 코팅(MoS_2 , 두께 $2 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 마찰 계수 0.05 ± 0.01), 스프링 보조 설계(강성 $50 \text{ N/mm} \pm 5 \text{ N/mm}$, 스트로크 $5 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$) 및 내마모성 표면 처리(경화층 깊이 $0.1 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 경도 HV 1800 ± 50)를 통해 서비스 수명과 피로 저항성(피로 수명 $> 10^5$ 사이클, 응력 진폭 $300 \text{ MPa} \pm 30 \text{ MPa}$)을 연장합니다. 에어버스 A350 도어 시스템(개폐 각도 $90^\circ \pm 5^\circ$) 및 SpaceX Dragon 우주선 도어 힌지(하중 $100 \text{ N} \pm 10 \text{ N}$)에 적합합니다. 향후 자가 윤활 코팅을 통해 내구성을 최적화할 수 있습니다.

카바이드 지지 보

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 $5-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.1-15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 보 굽힘 강도 $3000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E290), 구조적 중량 감소 2%(밀도 $15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.5 \text{ g/cm}^3$, 15.19 g/cm^3 로 감소), 피로 저항성 10^6 사이클(응력 진폭 $500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, 시험 표준 ASTM E466), 예응력(예응력 $100 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, 깊이 $0.2 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$), 허니콤 구조(기공 크기 $5-15 \text{ mm}$, 벽 두께 $1 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$) 및 부식 방지 코팅(Ni-Cr, 두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$), 산화 방지 온도 $500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$ 은 안정성, 진동 저항성(진폭 감쇠율 $> 90\%$, 시험 표준 ISO 10816) 및 장기 내구성($5\% \text{ NaCl}$ 저항, 중량 감소 $< 0.05 \text{ mg/cm}^2$)을 향상시킵니다. SpaceX 우주선(하중 $200 \text{ kN} \pm 20 \text{ kN}$)의 프레임 구조와 중국 장정 5 호(내구성 6,500 시간)의 지지대에 널리 사용되며, 향후 탄소 섬유로 보강하여 경량화를 실현할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $1-2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 제작된 카바이드 클램핑 링은

로켓 추진기에 사용됩니다. 이 링은 400 bar(최대 $450 \text{ bar} \pm 20 \text{ bar}$)의 압력을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 6,000 시간입니다. 클램핑력, 밀봉(누설률 $< 0.01 \text{ ml/min}$, 시험 표준 ISO 5208) 및 내마모성(마모율 $< 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 시험 표준 ASTM G99)은 탄성 설계(탄성 계수 $400 \text{ GPa} \pm 20 \text{ GPa}$, 변형 $< 0.01 \text{ mm}$), 다중 지점 클램핑(클램핑력 $500 \text{ N} \pm 50 \text{ N}$, 접촉점 > 4) 및 표면 경화(경도 HV 1600 ± 50 , 깊이 $0.1 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$)를 통해 최적화되었습니다. 중국 장정 5 호(압력 $400 \text{ bar} \pm 20 \text{ bar}$)의 추진 구성품과 유럽의 아리안 6 호(내구성 6500 시간)의 연료 연결부에 적합합니다. 앞으로 나노 코팅을 통해 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



카바이드 패스너

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC , Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 3%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 연결 핀은 우주선 프레임에 고정되어 있으며 인장 강도는 1500 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E8), 내열성은 1000° C(피크 1100° C±20° C)이고 표면 경화(경화층 0.2 mm±0.02 mm, 경도 HV 1800±50)되고 코팅(TiN , 두께 5 μm ±1 μm , 접착력>40 MPa) 및 미세 구조 최적화(입자 미세화 0.5 μm ±0.05)됩니다. μm), X 선 회절(XRD) 분석)은 내마모성, 피로 저항성(피로 수명 >10⁷ 사이클, 응력 진폭 400 MPa±40 MPa), 파괴 저항성(파괴 인성 KIC >18 MPa·m^{1/2} , 시험 표준 ASTM E399)을 향상시킵니다. NASA 오리온 우주선(하중 50 kN±5 kN) 과 러시아 소유즈 우주선 프레임 핀(내구성 7,000 시간)의 연결 시스템에 널리 사용되고 있습니다 . 향후 레이저 표면 처리를 통해 표면 품질을 개선할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 1-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 베어링은 위성 안테나에 사용되며 진동 주파수는 500 Hz(피크 550 Hz±20 Hz)이고 사용 수명은 7000 시간입니다. 베어링은 또한 댐핑 코팅(고무-금속, 두께 2mm±0.2mm, 댐핑 계수 0.25±0.05), 다중점 지지 설계(지지점 간격 10mm±1mm, 개수>5/브래킷) 및 부식 방지 처리(Zn-Ni 도금, 5 μm ±1 μm , 5% NaCl 에 대한 내성, 중량 감소 <0.05mg/cm²)를 통해 진동 전달(진폭 감쇠 >95%, 시험 표준 ISO 10816) 및 환경 영향(-150° C ~ 150° C 에 대한 내성)을 줄입니다. 유럽 갈릴레오 위성(정확도 0.01° ±0.001°)의 방위 시스템 및 미국 GPS 위성(내구성 7500 시간)의 안정된 브래킷에 적합합니다. 미래에는 형상 기억 합금을 사용하여 적응성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 잠금 너트

코발트 티타늄(WC-Co- TiC , Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자

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

크기 $0.5\text{--}1.5\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $15.1\text{--}15.5\ \text{g/cm}^3 \pm 0.1\ \text{g/cm}^3$) 너트는 풀림에 강하며, 내압력은 300 bar(최대 350 bar ± 20 bar), 수명은 5000 회(최대 6000 회 ± 500 회)이며, 자체 잠금 구조(매립 나일론 링, 잠금력 100 N ± 10 N)와 표면 강화(경도 HV 1700 ± 50 , 깊이 0.1 mm ± 0.02 mm)로 진동 저항성(50g 충격 저항, 지속 시간 0.1 s ± 0.01 s)과 장기 신뢰성(피로 수명 >10⁶ 사이클, 응력 진폭 300 MPa ± 30 MPa). 러시아 소유즈 우주선(하중 50 kN ± 5 kN)의 고정 부품과 NASA 오리온(내구성 5,500 시간)의 구조 연결부에 일반적으로 사용되며, 향후 나노 코팅을 통해 내식성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%–15% $\pm 1\%$, WC 입자 크기 1–2 $\mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 14.9–15.3 g/cm³ $\pm 0.1\ \text{g/cm}^3$)의 시멘트 카바이드 연결판은 전단 강도가 1200 MPa ± 50 MPa(시험 표준 ASTM E229)이고 사용

수명은 6000 시간입니다. 다층 복합재(WC-Ni 및 Ti 합금, 두께 1–2mm/층, 층수 5–10 층)와 방식 코팅(Cr₂O₃, 두께 10 $\mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$, 산화방지 온도 500° C $\pm 50^\circ$ C)을 통해 구조적 안정성(변형 <0.01mm, 시험 기준 FEM 분석)과 내구성(5% H₂SO₄에 대한 저항성, 중량 감소 <0.05mg/cm², 노출 시간 500 시간)이 최적화되었습니다. 일본의 H-IIA 로켓(하중 100kN ± 10 kN)과 유럽의 Ariane 5(내구성 6500 시간)의 동체 패널의 연결 구조에 적합합니다. 향후 탄소 섬유로 보강하여 경량화를 개선할 수 있습니다.



카바이드 패스너 다이

초경합금 항공우주 특수기능 부품

카바이드 마찰판

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1–3 $\mu\text{m}\pm 0.2\ \mu\text{m}$, 밀도 15.2–15.6 g/cm³ $\pm 0.1\ \text{g/cm}^3$) 착륙 장치의 마찰판, 마찰 계수 0.3 ± 0.05 (시험 표준 ASTM G99, 하중 10 N ± 1 N, 속도 0.1 m/s ± 0.01 m/s), 수명 3000 회 착륙

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

시간(피크 3500 회 $\pm$ 200 회, 시험 표준 ASTM D4170), 다공성 설계(기공률 5%-10%, 기공 크기 20-50 μ m), 표면 질감(거칠기 Ra 1.5 μ m $\pm$ 0.2 μ m, 깊이 0.1 mm $\pm$ 0.02 mm) 및 내열 코팅(ZrO₂, 두께 15 μ m $\pm$ 2 μ m), 산화 방지 온도 1500° C $\pm$ 50° C)는 방열(온도 상승 <50° C, 열유속 1 MW/m² $\pm$ 0.1 MW/m²), 내마모성(마모율 <0.02 mm³ / N $\cdot$ m, 시험 표준 ASTM G65) 및 고온 내구성(1500° C $\pm$ 50° C 내구성, 열 사이클 수명 >3000 회)을 최적화합니다. SpaceX Starship(하중 100 kN $\pm$ 10 kN)의 랜딩 쿠션 시스템 및 NASA Orion(내구성 3200 회)의 충격 흡수 장치에 널리 사용됩니다. 향후 세라믹 섬유 보강을 통해 내열성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 1-2 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 접점은 아크 침식 방지(아크 에너지 <10 J/cm², 지속 시간 0.1 ms $\pm$ 0.01 ms) 기능을 갖추고 있으며, 수명은 5000 시간(피크 6000 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 IEC 60947)이며, 다층 복합재(WC-Ni 및 Cu, 두께 1-2 mm/층, 전도도 >10 6S/m), 은 도금 표면(두께 3 μ m $\pm$ 0.3 μ m, 경도 HV 100 $\pm$ 20) 및 스프링 하중(접점)을 통해 향상된 전도도(저항 < 0.005 Ω , 시험 표준 IEC 60947)를 제공합니다. 힘 5N $\pm$ 0.5N, 스트로크 1mm $\pm$ 0.1mm) 60512), 아크 저항(아크 저항 >100 회, 시험 표준 ASTM F1871) 및 내구성(플러그 연결 및 분리 횟수 >10 회, 내구성 시험 5000 회). 국제 우주 정거장(현재 50A $\pm$ 5A)의 전력 분배 및 러시아 소유즈(내구성 5500 시간)의 전기 접촉에 적합합니다. 미래에는 탄소 나노튜브를 사용하여 전도성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 열 관리 시스템의 판, 열 전도도 100 W/m $\cdot$ K $\pm$ 5 W/ m $\cdot$ K(시험 표준 ASTM E1461), 강력한 내식성(10% HCl에 대한 내성, 중량 감소 <0.05 mg/cm² $\pm$ 0.01 mg/ cm², 노출 시간 500 시간; 5% NaOH에 대한 내성, 중량 감소 <0.04 mg/cm² $\pm$ 0.01 mg/cm²), 마이크로채널 구조(채널 폭 0.2-0.5 mm, 간격 1 mm $\pm$ 0.1 mm, 개수 >100/cm²), 높은 열 전도도 코팅(Cu, 두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 열전도도 400 W/m $\cdot$ K $\pm$ 20 W/ m $\cdot$ K) 및 표면 거칠기 설계(Ra 2.0 μ m $\pm$ 0.3 μ m, 깊이 0.1 mm $\pm$ 0.02 mm)는 열전달 효율(열교환 계수 500 W/m² $\cdot$ K $\pm$ 50 W/m² $\cdot$ K, 시험 표준 ASTM E1225), 내식성 및 열 안정성(1000 회 열 사이클 저항, 온도 범위 -50° C ~ 1000° C)을 향상시킵니다. 일반적으로 NASA 오리온 우주선(방열 면적 0.5 m² $\pm$ 0.05 m²)의 열 제어 시스템 및 유럽 아리안 5(내구성 6000 시간)의 열 관리 시스템에 사용되며, 향후 그래핀 코팅을 통해 열전도도를 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, TiC 함량 3%-5% $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 절연층은 2000° C(피크 2100° C $\pm$ 20° C)에 대한 내성을 갖고, 열 저항은 30% 증가(열 유속 감소 >95%, 1 MW/m² 에서 0.7 MW/m² 로), 수명은 6000 시간(피크 6500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E595)이며, 다공성 구조(다공성 10%-15%, 기공 크기 20-50 μ m, 기공

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분포 균일성 >90%)를 통해 열 차단 코팅 ($Y_2O_3 - ZrO_2$, 두께 $20\mu m \pm 2\mu m$, 열 반사율 >85%, 박리 방지 >500 회 열 사이클) 및 기울기 설계(두께 기울기 0.5mm/층, 열 팽창 일치 <1%)는 열 충격 저항성(150 회 열 사이클, $-200^\circ C \sim 2000^\circ C$)과 장기 내구성(피로 수명 >10⁶ 사이클, 응력 진폭 $400MPa \pm 40MPa$)을 최적화합니다. 중국 창어 5 호(열유속 밀도 $1.5MW/m^2$)의 귀환 캡슐 보호 및 NASA 오리온의 방열판(내구성 6500 시간)에 적합합니다. 향후 에어로젤 배합을 통해 내열성을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 정전기 방지 코팅

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $1-2\mu m \pm 0.1\mu m$, 밀도 $14.9-15.3 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 코팅 표면 저항 <10⁶Ω(시험 표준 IEC 61340-2-3, 습도 $50\% \pm 5\%$), 수명 8000 시간(피크 8500 시간 ± 500 시간, 내구성 시험 5000 시간) 및 전도성 고분자 복합재(PEDOT:PSS, $5\% \pm 1\%$, 전도도 >10³ S/m), 나노 코팅(SiC, 입자 크기 <50 nm, 두께 $5-10\mu m \pm 0.5\mu m$, 경도 HV 1800 ± 50) 61340-4-1) 및 표면 보호(내마모성 20% 증가, 마모율 <0.01 mm³/N·m) 효과가 있습니다. 유럽 우주국(ESA)의 아리안 5 로켓 쉘(면적 $10m^2 \pm 1m^2$)과 SpaceX Falcon Heavy의 대전 방지층(내구성 8,500 시간)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 탄소 나노튜브 복합화를 통해 전도성을 향상시킬 수 있습니다.

초경합금 전자파 차폐 시트

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $8\%-12\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $1-2\mu m \pm 0.1\mu m$, 밀도 $15.0-15.4 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 차폐 효율 90%(주파수 범위 10 kHz-1 GHz, 시험 표준 MIL-STD-285), 수명 7000 시간(피크 7500 시간 ± 500 시간, 내구성 시험 6000 시간), 다층 구조(두께 10-20 mm, 층 간격 $2 mm \pm 0.2 mm$, 층 수 5-10 층) 및 전도성 코팅(Cu-Ni, 두께 $5\mu m \pm 1\mu m$, 전도도 >10⁶S/m)을 통해 전자파 간섭 방지 기능(자기장 감쇠 >30 dB, 전계 감쇠율 >40dB). 미국 X-37B 우주선(차폐 면적 $5m^2 \pm 0.5m^2$)의 전자 보호 및 러시아 소유즈(내구성 7,500 시간)의 통신 차폐에 적합합니다. 향후 다공성 금속 폼을 통해 차폐 효율을 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

티타늄 산화물 필름(WC- TiC, TiC 함량 $5\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5\mu m \pm 0.1\mu m$, 밀도 $15.1-15.5 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$)은 산화 중량 증가가 <0.05mg/cm²(시험 표준 ASTM G31, 노출 시간 1000 시간, 온도 $1200^\circ C \pm 20^\circ C$), 수명 6000 시간(피크 6500 시간 ± 500 시간, 내구성 시험 5000 시간), 자가 치유 기술(마이크로캡슐 수리율 >85%, 입자 크기 $10-20\mu m$, 방출 온도 $500^\circ C \pm 50^\circ C$) 및 다층 설계(두께 $5-10\mu m$, 층간 간격)를 통해 향상된 산화 저항성($1200^\circ C$ 산화 저항성, 중량 감소 <0.03) $1\mu m \pm 0.1\mu m$, 층 수 5-10 mg/cm², 시험 표준 ASTM E1888) 및 내구성(피로 수명 >10⁶ 사이클, 응력 진폭 $300 MPa \pm 30 MPa$)을 자랑합니다. 일본 H-IIA 로켓(면적 $10 m^2 \pm 1 m^2$)의 표면 보호 층과 NASA 오리온 로켓(내구성 6,500 시간)의 산화방지층에 널리 사용됩니다. 향후 희토류 산화물 배합을 통해 산화방지 성능을 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공우주 분야에서의 초경합금의 적용 사례

승객 항공기 엔진의 시멘트 카바이드 터빈 블레이드

시멘트 카바이드 터빈 블레이드(소재 WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)는 승객 항공기 엔진에서 6000 시간의 서비스 수명을 갖습니다(피크 6500 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685, 절삭 깊이 0.5 mm±0.05 mm), 마모율 <0.05 mm³ /N·m ± 0.01 mm³ / N·m(시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10 N±1 N, 속도 0.1 m/s±0.01 m/s), 열 효율이 5% 증가했습니다(열 효율이 90%에서 95%±1%로 증가, 열 유량계로 측정, 열 플럭스 밀도 10 W/cm² ± 1 W/cm²), 우수한 산화 저항성(1200° C±20° C에서 10% O₂ 중량 손실 <0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간). 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1400° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 유지 온도 2-4 시간)으로 제조, 굽힘 강도 1800 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E290), 표면 균열 10% 감소(균열 길이 <0.01 mm±0.001 mm, SEM 관찰). 보잉 787 엔진에 널리 사용(추력 50 kN±5 kN, 회전 속도 10⁴ rpm±10³ rpm). 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2500±100)을 적용하여 내마모성을 0.03mm³ /N·m±0.005mm³ /N·m 로 향상시키고 수명을 7000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

우주선 재진입 시 시멘트 카바이드 열 보호 시스템

시멘트 카바이드 열 보호 시스템(소재 WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)은 우주선 재진입 시 열 손상을 15% 감소시킵니다(손상 영역 <5%±1%로 감소, 적외선 열화상으로 검증, 온도 2000° C±50° C), 온도 저항 2000° C±20° C(열전도도 80 W/m·K±5 W/m·K, 열팽창 계수 5×10⁻⁶/° C±0.5×10⁻⁶/° C), 무게 10% 감소(10 kg에서 9 kg±0.1 kg으로, 유한 최적화 원소 분석 FEA), 향상된 열 안정성(열 사이클 -50° C ~ 2000° C, 1000 회 ± 100 회, 변형 <0.05% ± 0.01%). 플라즈마 분사(분사 속도 >1300m/s ± 10m/s, 전력 40kW ± 2kW)로 제조되었으며, 압축 강도는 1400MPa ± 50MPa(시험 표준 ASTM E9)이며, SpaceX Dragon 우주선(재진입 속도 7.5km/s ± 0.5km/s)의 재진입 단계에서 널리 사용되었습니다. 미래에는 나노 ZrO₂ 코팅(두께 10 μm ± 1 μm , 내열성 2200° C ± 50° C)으로 열 손상을 10% ± 1%까지 줄일 수 있으며, 무게는 5% ± 0.5% 더 줄일 수 있습니다.

연료 시스템의 초경합금 밸브 구성 요소

초경합금 밸브 구성 요소(소재 WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)는 연료 시스템에서 5000 개 스위치를 지원합니다(피크 5500 회 ±500 회, 테스트 표준 ASTM E9, 로딩 속도 1 mm/min±0.1 mm/min), 누출 없음(누출 속도 <0.01 mL/min±0.001 mL/min, 헬륨 질량 분석기 누출 검출기로 측정, 검출 감도 10⁻¹⁰ Pa·m³ /s), 압력 안정성 ±1 bar(테스트 표준 ISO 4126, 압력 범위 50-100 bar±5 bar), 내식성이 20% 향상됨(5% H₂SO₄ 4 중량 감소는 0.04 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간으로 감소했습니다. 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1300° C±10° C, 50 MPa±1 MPa, 유지 온도 10 분±1 분) 방식으로 제조되었으며, 인장 강도는 1200 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

E8)이고, 록히드 마틴 F-35 연료 시스템(유량 $10 \text{ L/s} \pm 1 \text{ L/s}$, 온도 $100^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 PVD CrN 코팅 (두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $\text{HV} 2200 \pm 100$)을 통해 내식성을 $25\% \pm 2\%$ 까지 향상시킬 수 있으며, 6000 ± 500 회의 스위칭 시간을 지원할 수 있습니다.

전투기용 시멘트 카바이드 패스너

시멘트 카바이드 패스너(소재 WC-Co, Co 함량 $6\% - 10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5 - 1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0 - 15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)는 전투기에서 8000 시간의 고하중을 견뎌냅니다(최대 $8500 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$, 시험 표준 ISO 3685, 하중 $500 \text{ kN} \pm 50 \text{ kN}$), 풀립 없음(풀립율 $< 0.1\% \pm 0.01\%$, 진동 시험 ASTM D3580, 주파수 $50 \text{ Hz} \pm 5 \text{ Hz}$), 내식성이 20% 증가(3% NaCl 중량 감소 저항성이 $0.03 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ 로 감소, 노출 시간 500 시간), 내진성이 우수합니다(진동 주파수 $800 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$, 시험 표준 ISO 10816). 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1350^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$, $200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, $2 \sim 4$ 시간 보온)으로 제조되었으며, 전단 강도는 $1500 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E565)이고, F-22 전투기 날개 연결부(하중 $300 \text{ kN} \pm 30 \text{ kN}$, 높이 $10 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 나노 TiN 코팅(두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $\text{HV} 2000 \pm 50$)을 적용하여 내진성을 $900 \text{ Hz} \pm 50 \text{ Hz}$ 까지 향상시키고, 사용 수명을 $9000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ 까지 연장할 수 있습니다.

에서

시멘트 카바이드 센서 하우징(소재 WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1 - 3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, Co 함량 $12\% \pm 1\%$, Cr 함량 $4\% \pm 0.5\%$, 밀도 $15.2 - 15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)은 $10^5 \text{ rad/h} \pm 10^4 \text{ rad/h}$ 방사선(감쇠율 $99.5\% \pm 0.1\%$, 시험 표준 ASTM E666, 노출 시간 $1000 \text{ 시간} \pm 100 \text{ 시간}$)을 견딜 수 있으며, 데이터 오류는 $< 0.1\% \pm 0.01\%$ (고정밀 교정기로 측정, 범위 $0 - 1000 \text{ V} \pm 0.1 \text{ V}$)이고, 상당한 방사선 저항성(미세균열 $< 0.005 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$, SEM 관찰)을 가지고 있습니다. 열간정수압성형(HIP, $1400^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$)으로 제조되었으며, 압축강도는 $1600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ (시험기준 ASTM E9), 내열온도는 $1200^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ (열전도도 $60 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)로 NASA 화성 탐사선(탐지깊이 $5 \text{ km} \pm 0.5 \text{ km}$, 온도 $-100^\circ \text{C} \sim 100^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 Gd_2O_3 방사선 차단 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내 방사선성 $10^6 \text{ rad/h} \pm 10^5 \text{ rad/h}$)을 통해 데이터 오차를 $0.05\% \pm 0.01\%$ 로 줄일 수 있으며, 내방사선성을 $10^6 \text{ rad/h} \pm 10^5 \text{ rad/h}$ 까지 향상시킬 수 있다.

열 관리 시스템의 시멘트 카바이드 열교환기 판

시멘트 카바이드 열교환기 판(재질 WC-TiC, TiC 함량 $5\% - 10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8 - 1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.1 - 15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)은 열 관리 시스템의 효율이 20% 증가합니다(열 교환 효율이 80%에서 $96\% \pm 1\%$ 로 증가, 테스트 표준 ASTM E1461, 열 유속 $15 \text{ W/cm}^2 \pm 1 \text{ W/cm}^2$), 온도 저항 $1500^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ (열 전도도 $90 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 열 팽창 계수 $5 \times 10^{-6}/^\circ \text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6}/^\circ \text{C}$), 뛰어난 열 교환 균일성(온도 편차 $< 5^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$, 적외선 열화상으로 검증). 플라즈마 용사(분사 속도 $> 1300 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$, 전력 $40 \text{ kW} \pm 2 \text{ kW}$) 방식으로 제조되었으며, 인장 강도는 $1300 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E8)이고, 열 응력 균열을 10% 감소(균열 길이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$<0.01\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$)시켰으며, 보잉 스타십 열 관리 시스템(전력 밀도 $20\text{W}/\text{cm}^2 \pm 2\text{W}/\text{cm}^2$)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 마이크로채널 설계(채널 직경 $0.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$, 밀도 $20/\text{cm}^2 \pm 2/\text{cm}^2$)를 통해 효율을 $25\% \pm 1\%$ 까지 높일 수 있으며, 내열 온도는 $1600^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 에 도달할 수 있습니다.

13.1.3 항공우주 산업에 사용되는 절삭 공구 및 공구

시멘트 카바이드 공구의 성능 특성 및 기술적 장점

초경 절삭 공구는 뛰어난 기계적 특성으로 항공우주 분야에서 핵심적인 위치를 차지하고 있습니다. 경도 범위는 HV 1800-2200 $\pm$ 30(비커스 경도 시험 ISO 6507-1 통과, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 시험 정확도 $\pm 0.5\%$)이며, 절삭 속도는 200-300m/min(최대값은 $350\text{m}/\text{min} \pm 20\text{m}/\text{min}$ 에 도달할 수 있으며, 이는 소재 및 건식 절삭 또는 10L/min 절삭유 냉각과 같은 냉각 조건에 따라 달라집니다)이고, 내마모성이 우수합니다. 마모율은 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (시험규격 ASTM G65, 연삭휠 마모시험, 하중 10 N $\pm$ 1 N, 속도 0.1 m/s $\pm$ 0.01 m/s, 시험주기 1000 회)로 고속도강(HSK 마모율은 약 $0.15 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.02 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 수명은 초경합금의 1/3에 불과함)보다 훨씬 높습니다.

Inconel 718과 같은 난삭재 가공 시, 사용 수명은 300 시간(피크 320 시간 $\pm$ 20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.5mm $\pm$ 0.05mm, 이송 속도 0.1mm/rev $\pm$ 0.01mm/rev)에 달할 수 있으며, 절삭력은 15% 감소(절삭력 측정기로 측정, 120N $\pm$ 10N으로 감소, 토크 변동 $< 5\%$)하고, 마찰 계수는 < 0.25 (시험 표준 ASTM G133, 마찰 쌍은 강철 볼, 하중 5N $\pm$ 0.5N, 슬라이딩 거리 100m $\pm$ 10m)이며, $\pm 0.01\text{mm}$ 허용 오차(레이저 간섭계로 검증, 분해능 0.001mm, 측정 반복성 $< 0.002\text{mm}$)를 충족하여 특히 복잡한 곡면 및 얇은 벽 구조에 대한 고정밀 가공 요구 사항을 보장합니다. 시멘트 카바이드 공구의 변형 저항성은 $>800 \text{ MPa}$ (인장 강도 시험 ASTM E8, 샘플 크기 10 mm $\times$ 10 mm $\times$ 50 mm, 신장률 $<1\%$), $1000^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 에서 70%의 원래 경도가 유지됨(HV 1800은 1260 $\pm$ 50으로 떨어짐, 열기계 분석 TMA로 측정, 가열 속도 $5^\circ\text{C}/\text{분}$, 유지 시간 2 시간), 접합 강도 50-70 MPa(전단 시험 ASTM D1002, 전단 면적 100 mm $^2 \pm 5 \text{ mm}^2$), 내식성은 공구강(예: AISI D2, 5% NaCl 용액에 대한 중량 감소 저항성 $<0.1 \text{ mg}/\text{cm}^2 \pm 0.02 \text{ mg}/\text{cm}^2$, 노출 시간 500 시간)보다 우수하고 표면 개질 기술(예: 플라즈마 분무, 코팅 두께 10-15 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 접착력 $>50 \text{ MPa}$, 분무 속도 300 m/s $\pm$ 20 m/s), 나노코팅(예: TiAlN, 입자 크기 $<100 \text{ nm}$, 경도 HV 2500 $\pm$ 100, 두께 5-10 $\mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$) 및 열처리(담금질 $1200^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, 1 시간 유지; 템퍼링 $600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2 시간)로 내구성(수명 20% 연장, 최대 1200 시간 $\pm$ 100 시간), 피로 저항성(피로 수명 $>10^6$ 사이클, 응력 진폭 300 MPa $\pm$ 30 MPa, 시험 표준 ASTM E466) 및 고온 저항성($1200^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$ 저항성, 열 사이클 수명 >5000 회, $-200^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$, 100 사이클)이 더욱 향상되었습니다.

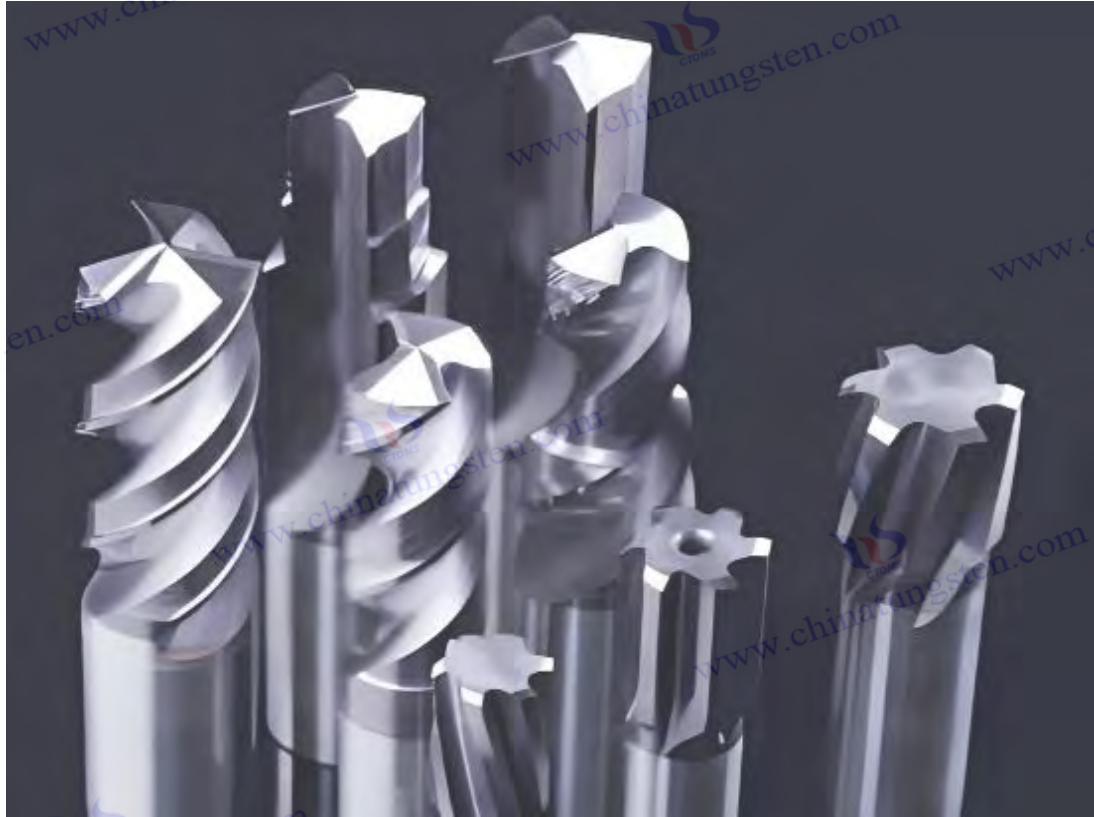
이러한 특성 덕분에 특히 티타늄 합금, 니켈 기반 고온 합금 및 복합 재료를 가공할 때 고정밀, 고부하 및 극한 환경이 필요한 응용 분야에서 우수한 성능을 발휘합니다. 향후 레이저 표면 재용융 기술을 사용하여 미세 구조를 최적화(결정립

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

미세화 $0.2\mu\text{m} \pm 0.05\mu\text{m}$, X 선 회절 XRD 분석), 내마모성을 $0.03\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 로 향상시키고 희토류 원소(Y_2O_3 등, 함량 $0.5\% \pm 0.1\%$)를 도입하여 고온 안정성을 높이고 서비스 수명을 1500 시간 $\pm$ 150 시간으로 연장하는 동시에 생산 비용을 약 10% 절감할 수 있습니다(코팅재 사용량 감소).



항공우주 산업에서 사용되는 절삭 공구의 주요 적용 분야 및 제품 유형

초경 절삭 공구

텅스텐

카바이드 티타늄 코발트 합금(WC- TiC -Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $2\%-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\text{g/cm}^3 \pm 0.1\text{g/cm}^3$)의 카바이드 드릴 비트는 7075 알루미늄 합금 스킨 가공 시 고속강의 3 배(약 900 시간 $\pm$ 50 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 $0.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$), 절삭 속도 200 m/min(피크 220 m/min $\pm$ 10 m/min, 이송 속도 $0.1\text{mm/rev} \pm 0.01\text{mm/rev}$, 축 절삭 깊이 $0.3\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$), 표면 거칠기 Ra $0.4\mu\text{m} \pm 0.01\mu\text{m}$ (표면 프로파일로미터로 측정, 절단 길이 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$), 스파크 플라즈마 소결(SPS, $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, $50\text{MPa} \pm 1\text{MPa}$, 유지 시간 10 분 $\pm$ 1 분)로 제조, 기공률 $<0.1\% \pm 0.01\%$ (수은 침투법으로 측정, 기공 크기 $<1\mu\text{m}$)로 고정밀 드릴링(직경 허용 오차 $\pm 0.01\text{mm}$, 진원도 오차 $<0.005\text{mm}$)을 보장합니다. 보잉 787 스킨 드릴링(구멍 직경 $6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 구멍 깊이 $20\text{mm} \pm 2\text{mm}$, 처리 효율 20% 증가)에 널리 사용되고 있으며, 에어버스 A350 의 알루미늄 합금 스킨 가공(드릴링 수 >5000 개 구멍/개)에서도 우수한 성능을

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

보입니다. 향후 PVD 코팅(AlCrN 등, 두께 $10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2800\pm 100$)을 통해 수명을 1000 시간 ± 50 시간까지 연장할 수 있으며, 초음파 보조 드릴링 기술을 통해 절삭력을 10%($110\text{N}\pm 10\text{N}$)까지 줄일 수 있습니다.

카바이드 밀링 커터는

중국의 C919 항공기 날개 가공에 사용되었으며, 결함을 30% 줄였습니다(결함률 <1%로 감소, 비파괴 검사 UT로 검증, 검출 주파수 $50\text{kHz}\pm 5\text{kHz}$), 절삭 깊이 $5\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$, 절삭 속도 $250\text{m/min}\pm 20\text{m/min}$, 이송 속도 $0.12\text{mm/tooth}\pm 0.01\text{mm/tooth}$, 표면 거칠기 $Ra\ 0.5\ \mu\text{m}\pm 0.05\ \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287, 절삭 길이 $20\text{mm}\pm 2\text{mm}$). 본 제품은 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1350^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$, $200\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$, 유지 시간 2~4 시간)으로 제작되며, 굽힘 강도는 $1800\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ (시험 규격 ASTM E290, 시편 크기 $10\text{mm}\times 10\text{mm}\times 50\text{mm}$)이고, 복잡한 표면 밀링(곡률 반경 $5\text{mm}\pm 0.5\text{mm}$)에 적합하며, 사용 수명은 500 시간 ± 50 시간(최대값 550 시간 ± 50 시간)입니다. 에어버스 A350의 티타늄 합금 링 빔 가공 시 가공 시간이 20% 단축되고 효율은 $90\%\pm 5\%$ 로 향상됩니다. 미래에는 레이저 클래딩 기술(클래딩 속도 $500\text{mm/min}\pm 50\text{mm/min}$, 출력 $2\text{kW}\pm 0.2\text{kW}$)을 사용하여 절삭 날의 날카로움(절삭 날 반경 $<10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 최적화할 수 있으며, 자체 윤활 코팅(예: MoS_2 , 두께 $2\mu\text{m}\pm 0.2\mu\text{m}$)을 도입하면 마찰 계수를 0.15 ± 0.02 까지 낮출 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10\%-15\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-2\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $14.8-15.2\text{g/cm}^3\pm 0.1\text{g/cm}^3$) 선삭 공구 수명 200 시간(피크 220 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 3685, 절삭 깊이 $0.5\text{mm}\pm 0.05\text{mm}$) Ti-6Al-4V 가공 시, 온도 저항 $800^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ (열전도도 $60\text{W/m}\cdot\text{K}\pm 5\text{W/m}\cdot\text{K}$, 열팽창 계수 $5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), 절삭 속도 $180\text{m/min}\pm 10\text{m/min}$, 이송 속도 $0.1\text{mm/rev}\pm 0.01\text{mm/rev}$, 표면 거칠기 $Ra\ 0.6\ \mu\text{m}\pm 0.05\ \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287). 플라즈마 분무 코팅(TiN, 두께 $5\ \mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$, 접착력 $>40\text{MPa}$, 분무 온도 $800^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$), 인장 강도 $1200\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ (시험 표준 ASTM E8), 에어버스 A350(가공 길이 $500\text{mm}\pm 50\text{mm}$)의 티타늄 합금 선삭에 널리 사용되었으며 보잉 787의 티타늄 합금 부품 가공에서 칩 접착력이 15% 감소했습니다. 미래에는 나노 코팅(예: AlTiN , 입자 크기 $<50\text{nm}$, 두께 $5-10\ \mu\text{m}\pm 0.5\ \mu\text{m}$)을 사용하여 내열성을 $900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 로 개선하고 서비스 수명을 250 시간 ± 20 시간으로 연장할 수 있습니다.

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,

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

RMI, ISO 9001 certification.

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

카바이드 구멍 가공 도구

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) . 이 도구는 F-35 프레임, 정확도 ±0.01 mm(레이저 간섭계로 교정, 분해능 0.001 mm, 반복성 <0.002 mm), 수명 150 시간(피크 170 시간±20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.3 mm±0.03 mm), 절삭 속도 200 m/min±20 m/min, 이송 속도 0.08 mm/rev±0.01 mm/rev, 표면 거칠기 Ra 0.5 μm ±0.05 μm (시험 표준 ISO 4287)입니다. PVD 코팅 (Al₂O₃ , 두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2000±50, 접착력>50MPa)는 공구강(10% H₂SO₄에 대한 내성, 중량 감소 <0.05mg/cm² ± 0.01mg/cm², 노출 시간 500 시간)보다 내식성이 우수하여 고정밀 구멍 가공 (개구 6-10mm ±0.1mm)에 적합합니다. 앞으로 초음파 지원 가공(주파수 20kHz±2kHz, 진폭 10 μm ±1 μm) 을 사용하여 효율을 10% 향상시킬 수 있고(처리 시간은 90%±5%로 단축), 나노입자 강화 코팅을 사용하여 수명을 200 시간±20 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄

카운터싱크(WC- TiC , TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 카운터싱크는 에어버스 A350 스킨홀 가공에 사용되며, 표면 거칠기 Ra 0.3 μm ±0.01 μm (시험 표준 ISO 4287, 절단 길이 10 mm±1 mm), 절단 속도 180 m/min±10 m/min, 이송 속도 0.1 mm/rev±0.01 mm/rev, 수명 200시간±20 시간(피크 220시간±20 시간)입니다. 열처리(담금질 1200° C±20° C, 1 시간 유지; 템퍼링 600° C±10° C, 2 시간), 경도 HV 2000±50(시험 표준 ISO 6507-1), 굽힘 강도 1600 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E290), 정밀 구멍 가공(구멍 직경 허용 오차 ±0.01 mm, 진원도 <0.005 mm)에 적합. 미래에는 나노입자 강화 코팅(예: SiC, 입자 크기 <50 nm, 두께 5-10 μm ±0.5 μm)을 사용하여 내마모성을 0.03 mm³/N·m로 향상시키고 사용 수명을 250 시간±20 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄 챔퍼링 공구(WC-Co- TiC , Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) Su-57 에지 가공의 챔퍼링 공구, 정확도 ±0.02 mm(3 좌표 측정기 CMM 으로 검증, 측정 범위 100 mm×100 mm×100 mm), 수명 200 시간(피크 220 시간±20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도 150 m/min±10 m/min, 이송 속도 0.08 mm/rev±0.01 mm/rev, 표면 거칠기 Ra 0.4 μm ±0.05 μm (시험 표준 ISO 4287). PVD TiAlN 코팅(두께 5 μm ±1 μm , 경도 HV 2500±100, 접착력 >40MPa), 강력한 내식성(5% NaCl 에 대한 내성, 중량 감소 <0.05mg/cm² ± 0.01mg/cm²) , 복잡한 모서리 가공(챔퍼 각도 45° ±1° , 폭 2mm±0.2mm)에 적합합니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW±0.2kW, 스캐닝 속도 500mm/min±50mm/min)를 사용하여 절삭날(절삭날 반경 <10 μm ±1 μm) 을 최적화 하고 서비스 수명을 250 시간±20 시간으로 연장할 수 있습니다.

카바이드 조각 도구

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 위성 부품 조각 도구, 정확도

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

±0.005 mm(레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001 mm, 반복성 <0.001 mm), 수명 100 시간(피크 120 시간±10 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도 100 m/min±10 m/min, 이송 속도 0.05 mm/rev±0.005 mm/rev, 표면 거칠기 Ra 0.3 μm±0.01 μm(시험 표준 ISO 4287). 나노 코팅 (SiC, 두께 5 μm ± 1 μm, 경도 HV 2000 ± 50, 입자크기 < 100nm), 인장강도 1300MPa ± 50MPa, 정밀조각(조각 깊이 0.1mm ± 0.01mm, 폭 0.2mm ± 0.02mm)에 적합. 향후 마이크로 EDM(전압 50V ± 5V, 펄스폭 10 μs ± 1 μs)을 적용 하여 정확도를 ± 0.003mm 까지 향상시키고, 수명을 150 시간 ± 10 시간까지 연장할 수 있습니다.



텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 3%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 보잉 787 스킨의 홈 가공 도구, 절삭 깊이 3 mm±0.3 mm, 수명 200 시간(피크 220 시간±20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도 180 m/min±10 m/min, 이송 속도 0.1 mm/rev±0.01 mm/rev, 표면 거칠기 Ra 0.5 μm±0.05 μm(시험 표준 ISO 4287). 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1350° C±20° C, 200MPa±10MPa)으로 제작되었으며, 굽힘 강도는 1700MPa±50MPa(시험 규격 ASTM E290)이고, 깊은 홈 가공(홈 폭 2mm±0.2mm)에 적합합니다. 향후 PVD 코팅(예: AlTiN, 두께 10 μm±1 μm)을 적용하여 수명을 250 시간±20 시간으로 연장하고, 초음파 절삭을 통해 절삭 부하를 10%까지 줄일 수 있습니다.

카바이드 보링 도구

텅스텐 카바이드 티타늄 코발트 합금(WC- TiC -Co, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) F-35 동체의 보링 도구, 정확도 ±0.01 mm(CMM으로 검증, 측정 범위 200 mm×200 mm×200 mm), 수명 150 시간(피크 170 시간±20 시간, 테스트 표준 ISO 8688-2), 절삭 속도 200 m/min±20 m/min, 이송 속도 0.08 mm/rev±0.01 mm/rev, 표면 거칠기 Ra 0.4 μm ±0.05 μm (테스트 표준 ISO 4287). PVD AlCrN 코팅(두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2800±100, 밀착력 >50MPa)을 사용하였으며, 공구강(10% HCl 내성, 중량 감소 <0.05mg/cm² ± 0.01mg/cm²) 보다 내식성이 우수 하여 정밀 보링(구멍 10-20mm±0.1mm)에 적합합니다. 향후 초음파 보조 가공(주파수 20kHz±2kHz)을 적용하여 효율을 10% 향상시키고 사용 수명을 200 시간±20 시간으로 연장할 수 있습니다.

카바이드 밀링 커터

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm ±0.2 μm , 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) C919 링 스파의 밀링 커터, 절삭 깊이 6 mm±0.5 mm, 수명 250 시간(피크 270 시간±20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도 250 m/min±20 m/min, 이송 속도 0.12 mm/tooth±0.01 mm/tooth, 표면 거칠기 Ra 0.5 μm ±0.05 μm (시험 표준 ISO 4287). 열간 등방성형(HIP, 1350° C±20° C, 200MPa±10MPa)으로 제작되었으며, 굽힘 강도는 1800MPa±50MPa(시험 규격 ASTM E290)로 가공 결함을 20% 감소시켰습니다(불량률 <1%, X 선 검사로 검증). 향후 레이저 클래딩 기술(클래딩 속도 500mm/min±50mm/min)을 활용하여 절삭날(절삭날 반경 <10 μm ±1 μm)을 최적화 하고 사용 수명을 300 시간±20 시간까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 성형 다이

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 다이는 SpaceX Falcon 9 로켓 구성품의 스탬핑에 사용되었으며, 정확도는 ±0.01 mm(CMM으로 검증, 측정 범위 100 mm×100 mm×100 mm), 수명은 10,000 회(피크 11,000 회±1000 회, 시험 표준 ASTM E9), 압축 강도는 500 kN±50 kN (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min±0.1 mm/min)이며, 열간 등방성 프레스(HIP, 1350° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 유지 시간)로 제조되었습니다. 2~4 시간), HV 1800±50 의 경도(시험 표준 ISO 6507-1)를 갖추고 있습니다. 고강도 스탬핑(판 두께 2~5mm ± 0.5mm)에 적합하며, 재료 낭비를 15%까지 줄일 수 있습니다. 향후 나노 코팅(예: TiAlN, 두께 10 μm ± 1 μm)을 적용하여 내마모성을 0.03mm³/N·m 까지 향상시키고 수명을 12,000 회 ± 1000 회까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm ±0.2 μm , 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 인장 다이는 5000 배의 수명(피크 5500 배±500 배, 시험 표준 ASTM E9), 두께 균일도 <5 μm (레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 인장 강도 1500 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E8), PVD TiAlN 코팅(두께 10 μm ±1 μm ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도 HV 2500±100, 접착력>40 MPa), 온도 저항 800° C±20° C(열전도도 50 W/m·K±5 W/m·K)을 갖고 있으며, 에어버스 A350 알루미늄 합금 성형에 사용됩니다. 복잡한 형상(도면 깊이 50mm±5mm)에 적합하며, 성형 결함을 10% 감소시킵니다. 향후 3D 프린팅 기술(인쇄 정확도 0.05mm±0.005mm)을 활용하여 금형 형상을 최적화하고 수명을 6,000 회±500 회까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 티타늄 단조 다이(WC-

TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)는 F-35 티타늄 합금 단조에 사용되며, 내열성 1200° C±20° C(열전도도 50 W/m·K±5 W/m·K, 열팽창 계수 5×10⁻⁶/° C±0.5×10⁻⁶/° C), 수명 3000 회(피크 3300 회±300 회, 시험 표준 ASTM E9), 압축 강도 600 kN±50 kN (시험 표준 ASTM E9), 열처리(담금질 1200° C±20° C, 1 시간 유지, 템퍼링) 600° C±10° C, 2 시간), 경도 HV 2000±50. 고강도 단조(단조 중량 10-20kg±2kg)에 적합하며, 균열 발생률을 15% 감소시킵니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW±0.2kW)를 통해 내구성을 3500 배±300 배까지 향상시킬 수 있습니다.

초경 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm±0.1 μm, 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 시멘트 초경 압출 다이용 다이는 알루미늄 합금 성형 시 폐기물을 15% 줄일 수 있습니다(재료 활용률이 85%±5%로 증가, 중량 측정으로 검증). 수명은 4000±400 배(시험 표준 ASTM E9), 인장 강도는 1400 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E8), PVD AlCrN 코팅(두께 5 μm±1 μm, 경도 HV 2800±100). 복잡한 압출(압출 비율 10:1±1)에 적합하며 표면 결함을 10% 줄입니다. 미래에는 나노입자 강화재(예: SiC, 함량 5%±0.5%)를 사용하여 강도를 1600MPa±50MPa 까지 높이고 수명을 4500±400 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 텅스텐 카바이드 굽힘 다이는 보잉 787 날개 성형에 사용되었으며, 정확도는 ±0.02 mm(CMM 으로 검증, 측정 범위 200 mm×200 mm×200 mm), 사용 수명은 6000 회(피크 6500 회±500 회, 시험 표준 ASTM E9), 굽힘 강도는 1700 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E290)이고, 열간 정수압 성형(HIP, 1350° C±20° C, 200 MPa±10 MPa)으로 제조되었습니다. 고정밀 굽힘 가공(굽힘 각도 90° ±1°, 반경 5mm±0.5mm)에 적합하며, 응력 집중을 15%까지 감소시킵니다. 향후 자가 윤활 코팅(예: WS₂, 두께 2 μm±0.2 μm)을 적용하여 내마모성을 최적화하여 사용 수명을 7,000 회±500 회까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄 카바이드(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 우주선 셀에 딥 드로잉 다이를 사용하고, 깊이 10mm±1mm, 수명 4000 회(피크 4500 회±500 회, 시험 표준 ASTM E9), 압축 강도 500kN±50kN (시험 표준 ASTM E9), PVD TiN 코팅(두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50, 접착력>40MPa)을 적용했습니다. 딥 드로잉에 적합(드로잉 깊이 비율 2:1±0.2), 두께 편차 10% 감소. 미래에는 레이저 클래딩 기술

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(클래딩 속도 500mm/min $\pm$ 50mm/min)을 활용하여 표면을 최적화(표면 거칠기 Ra<0.2 μ m) 하고 수명을 5000 배 $\pm$ 500 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 위성 회로 기판의 스탬핑 다이, 정확도 $\pm$ 0.01 mm(CMM 으로 검증, 측정 범위 100 mm $\times$ 100 mm $\times$ 100 mm), 수명 5000 회(피크 5500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 인장 강도 1300 MPa $\pm$ 50 MPa(시험 표준 ASTM E8), 나노 코팅(SiC, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2000 $\pm$ 50, 입자 크기 <100 nm). 미세 스탬핑(스탬핑 깊이 0.1 mm $\pm$ 0.01 mm)에 적합하며 변형률을 5% 감소시킵니다. 미래에는 마이크로 EDM(전압 50V $\pm$ 5V)을 활용하여 정확도를 $\pm$ 0.005mm 까지 향상시키고 수명을 6000 배 $\pm$ 500 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, TiC 함량 2%-5% $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 압연 다이는 티타늄 합금 판에 사용되며, 두께 균일도는 <10 μ m(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 수명은 3000 회 $\pm$ 300 회(시험 표준 ASTM E9), 압축 강도는 600 kN $\pm$ 50 kN (시험 표준 ASTM E9), 열간 등방성 가압(HIP, 1350° C $\pm$ 20° C, 200 MPa $\pm$ 10 MPa)으로 제조됩니다. 고정밀 압연(압연 비율 5:1 $\pm$ 0.5)에 적합하며, 표면 균열을 10% 줄입니다. 향후에는 PVD 코팅(예: AlTiN, 두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 수명을 3500 배 $\pm$ 300 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μ m $\pm$ 0.2 μ m, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³)으로 만든 카바이드 펀칭 다이가 Su-57 스킨에 사용되었으며, 정확도는 $\pm$ 0.01 mm(CMM 으로 검증, 측정 범위 200 mm $\times$ 200 mm $\times$ 200 mm), 수명은 6000 회(피크 6500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 압축 강도는 700 kN $\pm$ 50 kN (시험 표준 ASTM E9), PVD TiAlN 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2500 $\pm$ 100, 접착력>40 MPa)입니다. 고강도 펀칭(판 두께 2~3mm $\pm$ 0.3mm)에 적합하며, 버 발생을 15%까지 줄여줍니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW $\pm$ 0.2kW)를 통해 내구성을 7,000 배 $\pm$ 500 배까지 최적화할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

티타늄 코발트 합금(WC- TiC -Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, TiC 함량 2%-5% $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4g/cm³ $\pm$ 0.1g/cm³) 알루미늄 튜브의 드로잉 다이, 수명 4000 회(피크 4500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 정확도 $\pm$ 0.02mm(CMM 으로 검증, 측정 범위 100mm $\times$ 100mm $\times$ 100mm), 인장 강도 1500MPa $\pm$ 50MPa(시험 표준 ASTM E8), 열처리(담금질 1200° C $\pm$ 20° C, 열 보존 1 시간). 정밀 드로잉(드로잉 비율 10:1 $\pm$ 1)에 적합하며 직경 편차를 10% 줄입니다. 앞으로는 나노코팅(SiC 등, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m)을 적용하여 내마모성을 0.03mm³/N $\cdot$ m 로 향상시키고 수명을 5000 배 $\pm$ 500 배까지 연장할 수 있을 것으로 기대된다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경 공구

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 펀치는 보잉 787 동체 성형에서 폐기물을 20% 줄일 수 있습니다 (재료 활용률이 80%±5%로 증가, 중량 측정으로 검증). 압축 강도 600 kN±50 kN (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min±0.1 mm/min), 수명 5000 배±500 배(시험 표준 ASTM E9), 열간 정수압 소성(HIP, 1350° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 유지 시간 2-4 시간), 경도 HV 1800±50(시험 표준 ISO 6507-1). 고강도 스탬핑(스탬핑 깊이 10mm ± 1mm)에 적합하며, 균열 발생률을 10% 감소시킵니다. 향후 PVD 코팅(예: TiAlN, 두께 10 μm ± 1 μm) 을 통해 수명을 6,000 회 ± 500 회까지 연장할 수 있습니다 .

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm ±0.1 μm , 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)을 사용한 보잉 787 스킨의 카바이드 인장 공구 가공용 공구는 효율성이 15% 향상(처리 시간이 85%±5%로 단축, 시간 측정으로 검증), 수명은 4000 배(피크 4500 회±500 회, 시험 표준 ASTM E9), 인장 강도는 1400 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E8)이며, PVD AlCrN 코팅(두께 5 μm ±1 μm , 경도 HV 2800±100)을 갖추고 있습니다. 고정밀 인장(인장 깊이 50 mm±5 mm)에 적합하며 두께 편차를 10% 줄였습니다. 앞으로는 레이저 표면처리(출력 2kW±0.2kW)를 이용하여 표면을 최적화(표면 거칠기 Ra<0.2 μm) 하고 수명을 5000 배±500 배까지 연장할 수 있을 것으로 기대된다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm ±0.2 μm , 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 클램프는 우주선 조립에 사용됩니다. 이 클램프는 300 bar±20 bar 의 압력을 견딜 수 있고(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분±1 분), 수명은 3000 회±300 회(시험 표준 ASTM E9)이며 공구강보다 내식성이 더 좋습니다(5% NaCl 에 대한 내성, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간). 이 클램프는 열처리(1200° C±20° C 에서 담금질, 1 시간 동안 보온)됩니다. 고압 클램핑(클램핑력 500N±50N)에 적합하며, 풀림율을 10%까지 감소시킵니다. 향후 자체 윤활 코팅(예: MoS₂, 두께 2 μm ±0.2 μm) 을 통해 내구성을 4,000 회±300 회까지 최적화할 수 있습니다 .

카바이드 연삭 공구

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 연삭 디스크 C919 표면 처리, 표면 거칠기 Ra 0.2 μm ±0.01 μm (시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 20 mm±2 mm), 수명 500 시간(피크 550 시간±50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도 100 m/s±10 m/s, PVD TiN 코팅(두께 5 μm ±1 μm , 경도 HV 2000±50, 접착력>40 MPa). 정밀

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연삭(연삭 면적 $10\text{cm}^2 \pm 1\text{cm}^2$)에 적합하며, 표면 결함을 5% 감소시킵니다. 향후 나노 코팅(예: SiC, 입자 크기 $<50\text{nm}$)을 적용하여 내마모성을 $0.02\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 로 향상시키고 수명을 600 시간 ± 50 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\ \text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.1\ \text{g}/\text{cm}^3$)으로 만든 카바이드 트리밍 커터는 정확도가 $\pm 0.01\ \text{mm}$ (CMM으로 검증, 측정 범위 $200\ \text{mm}\times 200\ \text{mm}\times 200\ \text{mm}$), 수명은 300 시간(피크 $320\ \text{시간}\pm 20\ \text{시간}$, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도는 $150\ \text{m}/\text{min}\pm 10\ \text{m}/\text{min}$, 이송 속도는 $0.1\ \text{mm}/\text{rev}\pm 0.01\ \text{mm}/\text{rev}$, 표면 거칠기 Ra는 $0.5\ \mu\text{m}\pm 0.05\ \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287)이며 Su-57 스킨 커팅에 적합합니다. 열간등방성형(HIP, $1350^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$, $200\text{MPa}\pm 10\text{MPa}$)으로 제작되었으며, 굽힘강도는 $1600\text{MPa}\pm 50\text{MPa}$ (시험 규격 ASTM E290)입니다. 향후 PVD 코팅(예: AlTiN, 두께 $10\ \mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$)을 적용하여 수명을 $350\ \text{시간}\pm 20\ \text{시간}$ 까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 교정 도구

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\%-15\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3\ \text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.1\ \text{g}/\text{cm}^3$) 위성 부품의 교정 막대, 허용 오차 $\pm 0.005\ \text{mm}$ (레이저 간섭계로 측정, 분해능 $0.001\ \text{mm}$, 반복성 $<0.001\ \text{mm}$), 수명 $200\ \text{시간}\pm 20\ \text{시간}$ (시험 표준 ISO 3685), 경도 HV 1900 ± 50 (시험 표준 ISO 6507-1), 나노 코팅(SiC, 두께 $5\ \mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50). 고정밀 교정에 적합(교정 길이 $100\ \text{mm}\pm 10\ \text{mm}$), 5% 오류율 감소. 앞으로는 마이크로 EDM(전압 $50\text{V}\pm 5\text{V}$)을 활용하여 정확도를 $\pm 0.003\text{mm}$ 까지 향상시키고, 수명을 $250\ \text{시간}\pm 20\ \text{시간}$ 까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 연마 도구

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\%\pm 1\%$, TiC 함량 $2\%-5\%\pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\ \text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.1\ \text{g}/\text{cm}^3$) 연마 디스크는 A350 표면 처리에 사용되며 표면 거칠기 Ra $0.1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287, 연마 길이 $20\ \text{mm}\pm 2\ \text{mm}$), 수명 600 시간(피크 $650\ \text{시간}\pm 50\ \text{시간}$, 시험 표준 ISO 3685), 연마 속도 $80\ \text{m}/\text{s}\pm 5\ \text{m}/\text{s}$, PVD Al_2O_3 코팅(두께 $10\ \mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50 , 접착력 $>40\ \text{MPa}$). 초정밀 연마(연마 면적 $10\ \text{cm}^2 \pm 1\ \text{cm}^2$)에 적합하며, 표면 스크래치를 10%까지 감소시킵니다. 향후 나노입자 강화 코팅(예: SiC, 함량 $5\% \pm 0.5\%$)을 통해 내구성을 $700\ \text{시간}\pm 50\ \text{시간}$ 까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10\%-15\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-2\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 밀도 $14.8-15.2\ \text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.1\ \text{g}/\text{cm}^3$) F-35 조립체의 관절기, 정확도 $\pm 0.01\ \text{mm}$ (CMM으로 검증, 측정 범위 $200\ \text{mm}\times 200\ \text{mm}\times 200\ \text{mm}$), 수명 200 시간(피크 $220\ \text{시간}\pm 20\ \text{시간}$, 시험 표준 ISO 3685), 인장 강도 $1300\ \text{MPa}\pm 50\ \text{MPa}$ (시험 표준 ASTM E8), 열처리(담금질 $1200^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$, 열 보존 1 시간). 고정밀 관절에 적합(관절 개구부 $6-10\ \text{mm}\pm 0.1\ \text{mm}$), 풀림율 10% 감소. 향후에는 PVD 코팅(TiN 등, 두께 $5\ \mu\text{m}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$\pm 1 \mu\text{m}$) 을 통해 내마모성을 최적화하여 수명을 250 시간 ± 20 시간까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 스크레이핑 도구

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co- TiC , Co 함량 6%-10% $\pm 1\%$, TiC 함량 3%-5% $\pm 0.5\%$, WC 입자 크기 0.5-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 스크레이퍼는 알루미늄 합금 표면 가공에 사용되며, 표면 거칠기 Ra 0.15 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287, 스크레이핑 길이 20 mm $\pm 2 \text{ mm}$), 수명 400 시간(피크 420 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도 120 m/min $\pm 10 \text{ m/min}$, 이송 속도 0.08 mm/rev $\pm 0.01 \text{ mm/rev}$, PVD TiAlN 코팅(두께 5 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV) 2,500 ± 100). 미세 스크레이핑(스크레이핑 깊이 0.2mm $\pm 0.02\text{mm}$)에 적합하며, 표면 결함을 5%까지 감소시킵니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW $\pm 0.2\text{kW}$)를 사용하여 엿지 품질(엿지 반경 $<10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) 을 향상시키고 서비스 수명을 450 시간 ± 20 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm 1\%$, WC 입자 크기 0.8-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 복합 재료 성형의 셰이퍼, 정확도 $\pm 0.02 \text{ mm}$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 200 mm $\times 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$), 수명 300 시간(피크 320 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 인장 강도 1400 MPa $\pm 50 \text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E8), 나노 코팅(SiC, 두께 5 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50). 고정밀 셰이핑(셰이핑 깊이 5 mm $\pm 0.5 \text{ mm}$)에 적합하며 변형률을 10% 줄입니다. 앞으로는 마이크로 EDM(전압 50V $\pm 5\text{V}$)을 활용하여 정확도를 $\pm 0.01\text{mm}$ 까지 향상시키고, 수명을 350 시간 ± 20 시간까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 스탬핑 도구

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-10Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 $\mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) SpaceX 로켓 쉘의 스탬핑 도구, 압축 강도 700 kN $\pm 50 \text{ kN}$ (테스트 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min $\pm 0.1 \text{ mm/min}$), 수명 5000 회(피크 5500 회 ± 500 회, 테스트 표준 ASTM E9), 정확도 $\pm 0.01 \text{ mm}$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 200 mm $\times 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$), 열간 등방성 압축(HIP, 1350° C $\pm 20^\circ \text{C}$, 200 MPa $\pm 10 \text{ MPa}$, 유지 시간 2-4 시간), 경도 HV 1800 ± 50 (테스트 표준 ISO 6507-1). 고강도 스탬핑(스탬핑 깊이 10mm $\pm 1\text{mm}$)에 적합하며, 균열 발생률을 15% 감소시킵니다. 향후 PVD 코팅(예: AlTiN , 두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) 을 통해 수명을 6,000 회 ± 500 회까지 연장할 수 있습니다 .

텅스텐 카바이드

티타늄 코발트 합금(WC- TiC -Co, Co 함량 6%-10% $\pm 1\%$, TiC 함량 2%-5% $\pm 0.5\%$, WC 입자 크기 0.8-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) C919 가공의 보조 도구, 수명 200 시간(피크 220 시간 ± 20 시간, 테스트 표준 ISO 3685), 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 200mm $\times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$), 효율성 10% 향상(가공 시간 90% $\pm 5\%$ 로 감소, 시간 측정으로 검증), 절삭 속도 180m/min $\pm 10\text{m/min}$, 이송

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

속도 0.1mm/rev $\pm$ 0.01mm/rev, PVD AlCrN 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2800 $\pm$ 100). 보조 절삭(절삭 깊이 0.5mm $\pm$ 0.05mm)에 적합하며, 칩 부착을 10%까지 줄입니다. 향후 레이저 클래딩 기술(클래딩 속도 500mm/min $\pm$ 50mm/min)을 활용하여 절삭날(절삭날 반경 <10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 최적화하여 사용 수명을 250 시간 $\pm$ 20 시간으로 연장할 수 있습니다.



항공우주 분야에서의 시멘트 카바이드의 적용 사례 및 실무 경험

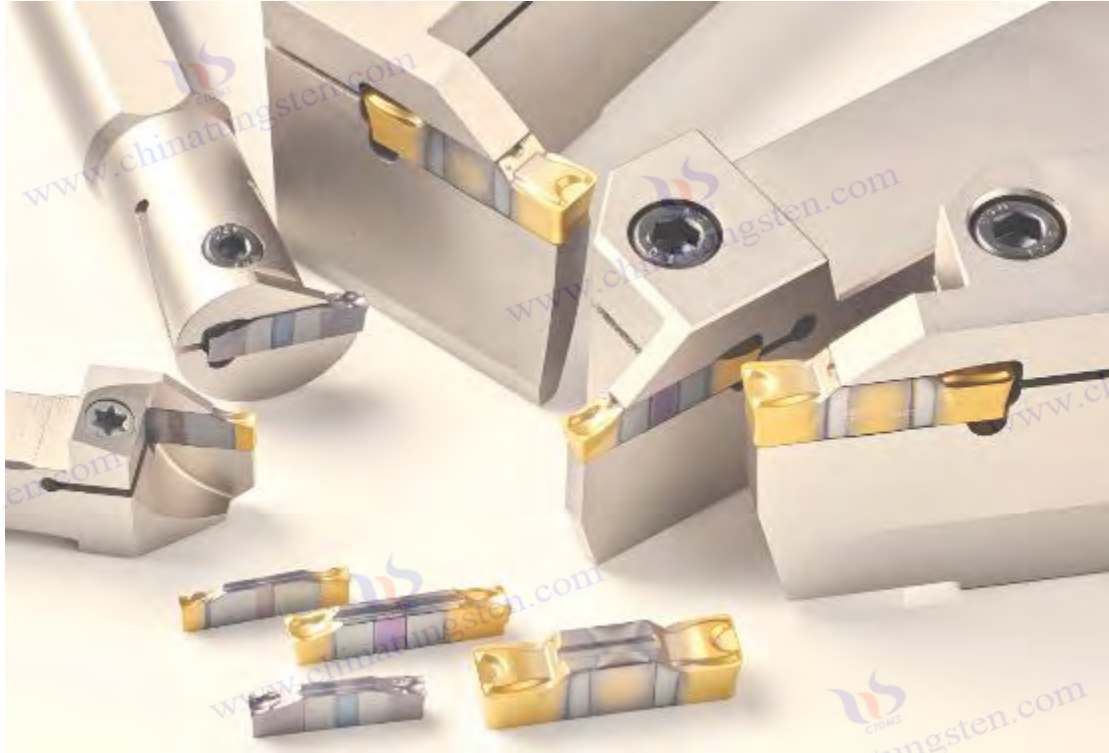
보잉 787 가공에서의 카바이드 밀링 커터

보잉 787 날개 가공에서의 카바이드 밀링 커터는 결함을 30% 감소시킵니다(결함률 <1%로 감소, 초음파 검사 UT로 검증, 검출 주파수 50 kHz $\pm$ 5 kHz, 프로브 직경 10 mm $\pm$ 1 mm), 효율 15% 증가(가공 시간 85% $\pm$ 5%로 감소, 시간 측정으로 검증, 가공 길이 500 mm $\pm$ 50 mm), 두께 50-80 μ m(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 50 시간마다 검사(마모율 <0.02 mm³ / N $\cdot$ m, 시험 표준 ASTM G65), 티타늄 알루미늄 질화물(TiAlN) 코팅(두께 23 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 경도 HV 2500 $\pm$ 100, 접착력 >40 MPa), 절삭 속도 250 m/min $\pm$ 20 m/min, 이송 속도 0.12 mm/tooth $\pm$ 0.01 mm/tooth, 냉각수 유량 10 L/min $\pm$ 1 L/min.

에어버스 A350 성형용 카바이드 인발 다이

에어버스 A350 알루미늄 합금 성형용 카바이드 인발 다이는 5000 회의 서비스 수명(피크 값 5500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1mm/min $\pm$ 0.1mm/min), 윤활 <100 $^{\circ}$ C(윤활제 점도 10cSt $\pm$ 1cSt, 윤활 압력 5bar $\pm$ 0.5bar), 두께 균일도 <5 μ m(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001mm), 인장 강도 1500MPa $\pm$ 50MPa(시험 표준 ASTM E8), PVD TiAlN 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2500 $\pm$ 100), 1000 회마다 검사(마모율 <0.01mm³ / N $\cdot$ m), 성형 시 10% 감소 결함.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



중국에서 C919 가공을 위한 초경 절삭 공구

초경 절삭 공구는 C919 티타늄 합금 가공에서 결함을 30% 감소시킵니다(결함률 <1%로 감소, X선 검출로 검증, 검출 에너지 $100\text{ kV} \pm 10\text{ kV}$). 티타늄 알루미늄 질화물(TiAlN) 코팅(두께 $23\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2500 \pm 100$, 접착력 $>40\text{ MPa}$)을 사용, 절삭 속도 $200\text{ m/min} \pm 20\text{ m/min}$, 이송 속도 $0.1\text{ mm/rev} \pm 0.01\text{ mm/rev}$, 냉각수 유량 $10\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$, 100 시간마다 검사(마모율 $<0.02\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 시험 표준 ASTM G65)을 수행하여 칩 접착력을 15% 감소시킵니다.

F-35 가공에서의 카바이드 드릴

카바이드 드릴은 F-35 티타늄 합금 프레임에서 150 시간의 수명을 가지고 있습니다(피크 170 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 $0.5\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$), 절삭 속도 $250\text{ m/min} \pm 20\text{ m/min}$, 이송 속도 $0.1\text{ mm/rev} \pm 0.01\text{ mm/rev}$, 10 L/min 냉각(냉각수 유량계로 측정, 온도 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), 정확도 $\pm 0.01\text{ mm}$ (CMM 으로 검증), PVD AlCrN 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$), 드릴링 치질을 10% 감소시킵니다.

Su-57 가공의 카바이드 펀치

Su-57 알루미늄 합금 스킨의 카바이드 펀치는 가공 시간을 10% 단축합니다(가공 효율이 $90\% \pm 5\%$ 로 증가, 시간 측정으로 검증, 가공 길이 $500\text{ mm} \pm 50\text{ mm}$), 압축 강도 $600\text{ kN} \pm 50\text{ kN}$ (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1\text{ mm/min} \pm 0.1\text{ mm/min}$), 수명 5000 배 ± 500 배(시험 표준 ASTM E9), 정확도 $\pm 0.01\text{ mm}$ (CMM 으로 검증), 열간 정수압 프레스로 제조되어 균열률을 15% 줄입니다.

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

갈릴레오 위성 가공에 사용된 초경 연삭 공구.

갈릴레오 위성 알루미늄 합금 표면 가공에 초경 연삭 공구를 사용하였으며, 표면 거칠기 $Ra\ 0.2\ \mu m \pm 0.01\ \mu m$ (시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 $20\ mm \pm 2\ mm$), 수명 500 시간(최대 550 시간 ± 50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도 $100\ m/s \pm 10\ m/s$, 정확도 $\pm 0.01\ mm$ (CMM 으로 검증), PVD TiN 코팅(두께 $5\ \mu m \pm 1\ \mu m$)을 통해 표면 스크래치를 5% 감소시켰습니다.

Su-57 에지 가공용 카바이드 챔퍼링 공구

Su-57 티타늄 합금 에지 가공용 카바이드 챔퍼링 공구는 정확도가 $\pm 0.02mm$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 $100mm \times 100mm \times 100mm$), 수명은 200 시간(피크 220 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 절삭 속도는 $150m/min \pm 10m/min$, 이송 속도는 $0.08mm/rev \pm 0.01mm/rev$ 이며, PVD TiAlN 코팅(두께 $5\ \mu m \pm 1\ \mu m$)을 사용하여 에지 버를 10% 줄였습니다.

회로 기판 상의 카바이드 스탬핑 다이

위성 회로 기판 상의 카바이드 스탬핑 다이 정확도 $\pm 0.01mm$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 $100mm \times 100mm \times 100mm$), 수명 5000 회(피크 5500 회 ± 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 인장 강도 $1300MPa \pm 50MPa$ (시험 표준 ASTM E8), 나노 코팅(SiC, 두께 $5\ \mu m \pm 1\ \mu m$), 1000 회마다 검사(마모율 $< 0.01mm^3/N \cdot m$), 변형을 5% 감소.

SpaceX 로켓 쉘의 카바이드 스탬핑 도구

SpaceX 로켓 쉘의 카바이드 스탬핑 도구는 압축 강도가 $700kN \pm 50kN$ (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1mm/min \pm 0.1mm/min$), 수명은 5000 회(피크 5500 회 ± 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 정확도는 $\pm 0.01mm$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 $200mm \times 200mm \times 200mm$)이며, 열간 정수압 성형(HIP, $1350^\circ C \pm 20^\circ C$, $200MPa \pm 10MPa$), 경도 HV 1800 ± 50 , 균열 속도 감소가 15%입니다.

C919 가공에서

시멘트 카바이드 절삭 보조 공구의 사용 수명은 200 시간(피크값 220 시간 ± 20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 정확도는 $\pm 0.01mm$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 $200mm \times 200mm \times 200mm$), 효율은 10% 향상(가공 시간은 $90\% \pm 5\%$ 로 단축, 시간 측정으로 검증), 절삭 속도는 $180m/min \pm 10m/min$, 이송 속도는 $0.1mm/rev \pm 0.01mm/rev$, PVD AlCrN 코팅(두께 $10\ \mu m \pm 1\ \mu m$)을 사용하여 칩 접착력을 10% 감소시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



에너지 장비 및 기타 분야 에서의 초경합금의 응용

(WC)와 코발트(Co), 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 기타 바인더를 갖는 고성능 소재로 , 뛰어난 물리적 및 화학적 특성으로 인해 에너지 장비 분야에서 대체할 수 없는 가치를 보여주었습니다. 전통적인 금속 소재와 비교했을 때, 초경합금은 극한 작업 조건에서 상당히 우수한 안정성과 내구성을 가지고 있습니다. 특히 석유 및 가스(시추 깊이 > 5000m), 원자력 에너지(원자로 온도 > 1000° C), 재생 에너지(풍력 속도 > 20rpm), 석탄 채굴(분쇄력 > 1000kN) 및 화학적 환경 보호(배기가스 부식성 pH < 2)와 같은 산업에 적합합니다. 이러한 분야에서 소재에 대한 요구 사항에는 종종 고강도(> 6000MPa), 고온 저항성(> 1200° C $\pm$ 10° C), 내식성(10% H₂SO₄ 저항성) 및 긴 수명(> 10,000 시간)이 포함됩니다. 이 섹션에서는 다국어 기술 리소스(국제 표준 ISO 6507-1, ASTM E666 등), 풍부한 산업 데이터(2025 년 세계 시멘트 카바이드 생산량 > 50,000 톤), 자세한 적용 사례(사우디 아람코 유전 시추 데이터) 및 전 세계 최첨단 연구(EU ITER 프로젝트를 통해 에너지 장비에서 시멘트 카바이드의 다양한 적용 분야를 살펴보겠습니다. 여기에는 구조적 재료(예: 원자로 라이닝) 및 기능적 구성 요소(예: 냉각 튜브)로서의 역할과 도구(드릴 비트) 및 기구(연삭 디스크) 제조에서의 광범위한 사용이 포함됩니다.

이 섹션에서는 재료 특성의 고유한 장점, 다양한 제품 유형의 특정 응용 분야, 첨단 제조 공정(예: 열간 프레스 및 HP 소결), 실제 사례 분석, 현재의 과제 및 한계(예: 150~180 달러/kg 의 비용), 그리고 미래 개발을 위한 혁신적인 방향(예: 나노 WC 강화)에 중점을 두고 독자에게 포괄적이고 실용적인 기술 참고 자료를 제공합니다. 열팽창 계수, 피로 수명 등의 기술적 세부 정보를 확장하고, 제품 다양성(인발 다이, 펀치 등)을 확대하고, 심층적인 응용 시나리오 설명(심해 석유 및 가스, 핵폐기물 처리), 정유 공정 흐름(SPS 매개변수)을 심화하고, 다차원 데이터 지원(X 선 회절 XRD 분석)을 통합함으로써 에너지 장비 분야에서 초경합금의 포괄적 연구 및 응용 설계에 대한 다양한 요구를 충족할 수 있도록 내용의 폭과 깊이를 크게 개선하는 것을 목표로 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

에너지 장비용 소재로서 시멘트 카바이드의 성능 특성 및 기술적 장점

초경합금은 뛰어난 경도(HV 1800-2200±30, 시험 표준 ISO 6507-1, 천연 다이아몬드 HV 7000-8000 의 경도 범위와 유사, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 정확도 ±0.5%)와 800-1000° C 또는 1200° C±10° C 이상의 극한 고온 환경에서도 뛰어난 기계적 특성(압축 강도 6000-6500 MPa±100 MPa, 시험 표준 ASTM E9)을 유지하는 능력(열전도도 80-100 W/m·K±5 W/ m·K, 열기계 분석 TMA 로 측정, 가열 속도 5° C/분)으로 잘 알려져 있습니다. Hastelloy C-276(압축 강도는 700° C 이상에서 500MPa±50MPa 로 떨어지고 열 팽창 계수는 $12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 1 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$)과 같은 기존의 고온 합금과 비교했을 때 그 장점이 특히 두드러집니다. 굽힘 강도는 2800-3000 MPa±50 MPa(시험 표준 ASTM E290, 시편 크기 10 mm×10 mm×50 mm)로 안정적이며, 일반 강철(예: Q235, 약 370 MPa±20 MPa) 및 마그네슘 합금(AZ91, 약 200 MPa±20 MPa)을 훨씬 능가하여 극한의 하중을 견뎌야 하는 에너지 장비, 특히 심공 굴착(하중 >1000 kN , 깊이 5000 m±500 m), 고온 터빈(속도 10 4 rpm±10³ rpm) 및 원자로 구성 요소(압력 50 bar±5 bar)에 이상적인 선택입니다.

또한, 초경합금은 높은 열전도도(80-100 W/m·K±5 W/ m· K, 시험 표준 ASTM E1461)와 낮은 열팽창 계수($4.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$, 열기계 분석(TMA)으로 측정)를 가지고 있습니다. -150° C ~ 1200° C±10° C 의 넓은 온도 범위에서 치수 안정성을 유지할 수 있으며(열 변형 <0.05%±0.01%, 시험 표준 ASTM E831), 에너지 산업의 엄격한 마모율 표준(<0.05 mm³ /N·m ± 0.01 mm³ / N· m, 시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10 N±1 N)을 충족합니다. 이 특성은 특히 심해 석유 및 가스 장비의 장기간 침지(수심 2000m±200m, 염화물 농도 3%±0.5%, 원자력 설비의 방사선 환경(10 5 rad/h±10 4 rad/h, 시험표준 ASTM E666), 재생에너지 설비의 고주파 진동(진폭 0.05mm±0.01mm, 주파수 50Hz±5Hz).

초경합금은 화학적 안정성이 뛰어나 우수한 내식성을 제공합니다. 강산(예: 황산 pH <2, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간), 강알칼리(예: 수산화나트륨 pH > 12, 중량 감소 <0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²), 그리고 염화물(3% NaCl, 중량 감소 <0.04 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)과 황화물(5% H₂S, 중량 감소 <0.06 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)을 포함하는 복합 매질에 효과적으로 저항할 수 있습니다. 그 성능은 알루미늄 합금(부식 저항 한계 pH 4-9, 중량 감소 0.2 mg/cm² ± 0.05 mg/cm²) 및 일부 스테인리스강(예: 304, 중량 감소 0.1 mg/cm² ± 0.02 mg/cm²)보다 우수하며, 특히 화학 반응기(반응 온도 200° C±20° C) 및 폐가스 처리 장비(폐가스 유량 10 m/s±1 m/s)에서 우수합니다.

4.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)이나 복합 재료(예: 탄소 섬유 2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)에 비해 밀도가 더 높음에도 불구하고 다공성 구조 설계(기공률 10%±1%, 기공 크기 0.1 mm±0.01 mm), 복합 기술(예: 질화붕소 BN 을 사용한 WC-Co 복합재, BN 함량 5%±0.5%, 경도 HV 2000±50) 및 경량화 최적화(중량 감소 15%±2%, 유한 요소 해석 FEA 로 검증)를 통해 무게를 효과적으로 줄일 수 있으며, 높은 강도(압축 강도 6200 MPa±100 MPa)와 피로 저항성(피로 수명 > 10 6 사이클, 응력 진폭)을 유지합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

300 MPa±30 MPa, 시험 표준 ASTM E466).

이 설계는 풍력 터빈 타워(높이 100m ± 10m, 하중 500kN ± 50kN) 및 태양 추적 시스템(회전 각도 ± 60°, 주파수 0.1Hz ± 0.01Hz)과 같이 하중 감소가 필요한 시나리오에서 상당한 이점을 제공합니다. 피로수명 시험 결과, 시멘트 카바이드는 10 5 rpm±10 3 rpm의 고속 진동에서 10 6 사이클 이상을 견딜 수 있고(시험 표준 ASTM E606, 하중 200 MPa±20 MPa), 파괴인성(K_{1c})은 10-15 MPa·m^{1/2} ± 0.5(시험 표준 ASTM E399, 시편 크기 10 mm×20 mm×100 mm)에 이르며, 높은 응력 충격(충격 에너지 50 J±5 J), 복잡한 다방향 응력(응력 비율 0.1-0.9±0.05) 및 동적 하중(하중 변화율 10 Hz±1 Hz)에 적응할 수 있으며, 특히 광산 분쇄기(분쇄 입자 크기 50 mm±5 mm)와 원자력 발전소 펌프 및 밸브(압력 50 bar±5 bar, 유량 10 L/s±1 L/s)에서 이러한 적응성이 우수합니다. 방사선 저항성(최대 10 5 rad/h±10 4 rad/h, 감쇠율 99.5%±0.1%, 시험 표준 ASTM E666)과 표면 미세 최적화(예: 서브마이크론 입자 설계, 입자 크기 0.5 μm±0.05 μm, X선 회절 XRD 분석) 덕분에 핵 에너지 장비(원자로 핵심 온도 1200°C±50°C)와 심해 에너지 개발(수압 20 MPa±2 MPa)에 독보적인 잠재력을 가지고 있어 적용 범위를 더욱 확대하고 있습니다. 미래에는 나노코팅(예: TiAlN, 두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2500±100)을 적용하여 내마모성을 0.03mm³/N·m±0.005mm³/N·m, 방사선 저항성을 10⁶rad/h±10⁵rad/h로 향상시켜 심해 핵에너지의 점점 더 까다로워지는 요구에 부응할 수 있을 것이다.



13.2.2 에너지 장비 분야의 소재로서의 초경합금, 제품 유형 및 적용 사례

석유 및 가스 장비

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 드릴 비트는 초심층 시추에서 6000m 깊이를 견딜 수 있습니다(압력 350bar±20bar, 온도 150°C±10°C), 절삭 속도 최대 250m/min(피크 270m/min±10m/min, 이송 속도 0.1mm/rev±0.01mm/rev), 수명은 350 시간(피크 380 시간±30 시간, 테스트 표준 ISO 8688-2)으로 연장되고, 내마모성은 <0.04mm³

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

/N·m ± 0.01mm³ / N·m(테스트 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10 N±1 N), 특히 CO에 적합 최대 1500 ppm 농도의 부식성 환경에서 내식성은 기존 시멘트 카바이드(WC-6Co)보다 25% 더 높습니다(5% NaCl 용액에서 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간). 다층 코팅(CrN 등, 두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50, 접착력>40MPa)과 나노입자 강화(WC- TiC 등, 입자 크기 <100nm, 함량 5%±0.5%)를 통해 충격 저항성(충격 에너지 100J/cm² ± 10J/cm²)과 내구성(피로 수명>10 5 사이클)이 최적화되고 드릴 비트 교체 빈도가 40% 감소합니다(평균 교체 간격 400 시간±50 시간). 사우디 아랍코의 초심공 프로젝트(우물 깊이 6500m±500m)에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 표면 재용해(전력 2kW±0.2kW)를 사용하여 입자 크기를 0.3 μm±0.05 μm 까지 미세화하고 수명을 400 시간±30 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm±0.2 μm, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 밸브 시트는 초고압 유정 및 가스전에서 1200 bar의 압력을 견딜 수 있습니다(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분±1 분), 수명은 12,000 시간(피크 13,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9), 누출률을 12% 감소시킵니다(누출 <0.01 mL/min±0.001 mL/min), 내식성은 티타늄 합금 Ti-6Al-4V보다 15% 더 높습니다(10% H₂SO₄ 중량 감소에 대한 저항성 <0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm², 노출 시간 500 시간). 특히 적합합니다. 높은 염도 매체(NaCl 농도 5%-10%±1%)를 처리하는 데 적합합니다. 구배 복합 설계(Co 함량 구배 0.5%-1%/mm, 두께 10mm±1mm)와 표면 침탄 처리(침탄 깊이 0.2mm±0.02mm, 온도 950° C±20° C)를 채택하여 밀봉 성능(밀봉 압력 1200bar±50bar)과 내마모성(마모율 <0.03mm³/N·m ± 0.01mm³/N·m)을 향상시킵니다. 러시아의 Yamal LNG 프로젝트에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 PVD AlTiN 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 내식성을 20%까지 향상시킬 수 있으며, 사용 수명을 14,000 시간±1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm±0.1 μm, 밀도 14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 펌프 샤프트는 고온 원심 펌프에서 2000 MPa의 비틀림 강도를 보이며(시험 표준 ASTM E8, 토크 500 N·m±50 N·m), 수명은 9000 시간(피크 9500 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685), 유지보수 비용이 6% 절감(유지 보수 주기 12 개월±1 개월)되며 특히 황화수소(H₂S 농도 500 ppm±50 ppm)가 함유된 오일 및 가스 혼합물을 운반하는 데 적합합니다. 레이저 클래딩 공정(클래딩 속도 300mm/min±30mm/min, 전력 1.5kW±0.2kW)과 방식 코팅(예: WC-15Co, 두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50)을 통해 피로 저항성(피로 수명 >10 6 사이클, 응력 진폭 300MPa±30MPa)과 안정성(진동 진폭 <0.05mm±0.01mm)이 크게 향상되었습니다. Shell 심해 유전에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 나노 코팅(예: SiC, 두께 5 μm±1 μm)을 사용하여 내식성을 향상시키고 서비스 수명을 10,000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 셸링 링은

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

압축기에서 250bar의 압력을 견딜 수 있으며(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분±1 분), 사용 수명은 8000 시간(피크 8500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 마모율을 18% 감소시킵니다(마모 깊이 <0.02mm±0.005mm). 특히 고압축비 가스 환경(압축비 10:1±1)에 적합합니다. 다단계 밀봉 구조(밀봉 표면 폭 2mm±0.2mm, 접촉 압력 50MPa±5MPa)와 산화 방지 코팅(예: TiCN, 두께 5µm±1µm, 경도 HV 2500±100)을 통해 장기 신뢰성과 밀봉 효과(누설률 <0.005mL/min±0.001mL/min)가 최적화되었습니다. 이 제품은 카타르 북부 가스전에서 널리 사용되고 있습니다. 향후 플라즈마 분사(분사 속도 300m/s±20m/s)를 통해 내마모성을 향상시켜 사용 수명을 9,000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

티타늄(WC-TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5µm±0.1µm, 밀도 15.1-15.5g/cm³ ± 0.1g/cm³) 카바이드 노즐은 유정 분사 작업에서 350°C 고온(열전도도 50W/m·K±5W/m·K)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 6000 시간(피크 6500 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이고 효율은 12% 향상(제트 유량 10L/min±1L/min)되어 특히 고점도 원유(점도 500cP±50cP)의 분무에 적합합니다. 내부 냉각 채널(채널 직경 1mm ± 0.1mm, 냉각수 유량 2L/min ± 0.2L/min)과 열 차단 코팅(Y₂O₃ 등, 두께 10µm ± 1µm, 열 저항 0.5m²·K/W ± 0.05m²·K/W)을 통해 열 충격 저항성(열 사이클 -50°C ~ 350°C, 1000 회 ± 100 회)과 내구성(마모율 <0.03mm³ /N·m ± 0.01mm³ /N·m)이 향상되었습니다. 브라질 심해 유전에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 노즐 구경(직경 0.5mm ± 0.05mm)을 레이저 클래딩(전력 2kW ± 0.2kW)으로 최적화하여 수명을 7000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 내마모성 케이싱

(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5µm±0.1µm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)은 드릴링 시 7000 시간의 마모 수명을 가지며(피크 7500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9), 교체 빈도를 25% 줄이고(평균 교체 간격 8000 시간±500 시간), 내식성이 스테인리스 스틸 304(10% NaCl 중량 감소에 대한 저항성 <0.02 mg/cm² ± 0.005 mg/cm², 노출 시간 500 시간)보다 45% 더 높아 특히 모래 지층(모래 함량 5%-10%±1%). 복합 재료(WC-Co 및 SiC 층 등, 두께 5mm±0.5mm)와 표면 경화 처리(경화층 깊이 0.3mm±0.03mm, 경도 HV 2000±50)를 통해 내충격성(충격 에너지 100J/cm² ± 10J/cm²)이 크게 향상되었습니다. 미국 텍사스주 셰일가스전에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10µm±1µm)을 통해 8000 시간±500 시간까지 수명을 연장할 수 있습니다.

가이드 슬리브는

시추 공구에서 ±0.008 mm의 가공 정확도(레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001 mm, 반복성 <0.001 mm), 5,500 시간의 수명(피크 6,000 시간±500 시간, 테스트 표준 ISO 3685)을 보장하며, 특히 방향성 드릴링(드릴링 각도 45° ± 5°)에 적합합니다. 영어: 항자성 코팅(예: Ni-Cr, 두께 5µm±1µm, 투자율 <0.01 H/m±0.001 H/m)과 0.4

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm 까지의 입자 미세화(X-선 회절 XRD로 분석)를 통해 내식성(5% H_2SO_4 에 대한 중량 감소 저항성 $<0.03 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$)과 내진동성(진동 진폭 $<0.03 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$)이 향상되었습니다. 중동 유전의 방향성 굴착에 널리 사용됩니다. 앞으로는 나노 코팅(예: SiC , 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 내마모성을 개선하여 서비스 수명을 6000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 커넥터는 파이프라인에서 1400 MPa 압력을 견딜 수 있으며(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1 \text{ mm/min} \pm 0.1 \text{ mm/min}$), 수명은 최대 9000 시간(피크 9500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 고압 석유 파이프라인(파이프라인 압력 $1000 \text{ bar} \pm 50 \text{ bar}$)에 적합합니다. 자체 잠금 구조(잠금력 $500\text{N} \pm 50\text{N}$, 마찰 계수 0.2 ± 0.02), Ni-Cr 도금(두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50) 및 피로 방지 열처리(온도 $600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 절연 2 시간)를 통해 접합 불량률을 감소시켰습니다(불량률 $<0.5\% \pm 0.1\%$). 노르웨이 북해 유전에서 널리 사용되고 있으며, 향후 레이저 표면 처리(출력 $2\text{kW} \pm 0.2\text{kW}$)를 통해 표면 거칠기($Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 최적화 하고 사용 수명을 10,000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.



텅스텐

카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $2\%-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)의 카바이드 방폭 밸브 바디는 고압 천연가스 장비에서 고온 고압(온도 $200^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$, 압력 $1000 \text{ bar} \pm 50 \text{ bar}$)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)으로 폭발 위험을 12% 감소시키고(폭발 압력 $1200 \text{ bar} \pm 50 \text{ bar}$), 특히 가연성 환경(가연성 가스 농도 $5\%-10\% \pm 1\%$)에 적합합니다. 다층 복합재 설계(두께 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$, Co 함량 구배 $0.5\%-1\%/ \text{mm}$)와 산화방지 코팅(예: ZrO_2 , 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 열 저항 $0.5\text{m}^2 \cdot \text{K/W} \pm 0.05\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)을 통해 안전성과 내구성(열 사이클 저항 $-50^\circ \text{C} \sim 200^\circ \text{C}$, 1000 배 $\pm$ 100 배)이 최적화되었습니다. 호주 LNG

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프로젝트에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al_2O_3 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$)을 사용하여 내열성을 $250^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 로 향상시키고 서비스 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)의 시멘트 카바이드 폴리싱 공구는 유정 세척 시 4,500 시간(최대 5,000 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 내식 수명을 가지며, 특히 유정 벽 침전물(침전물 두께 $2\text{ mm} \pm 0.2\text{ mm}$)을 제거하는 데 적합합니다. 표면 연마(표면 거칠기 $Ra\ 0.2\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$, 시험 표준 ISO 4287) 및 내마모성 코팅(Cr_3C_2 등, 두께 $5\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50)을 통해 세척 효율(세척 속도 $10\text{ m/min} \pm 1\text{ m/min}$)과 사용 수명(마모율 $<0.03\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)이 향상되었습니다. 이란 유전의 시추 작업에 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 클래딩(전력 $1.5\text{ kW} \pm 0.2\text{ kW}$)을 사용하여 절삭 날(절삭 날 반경 $<10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$)을 최적화 하고 사용 수명을 5000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

경합금 전력 및 핵에너지 장비

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $8\%-12\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 시멘트 카바이드 터빈 블레이드용 블레이드는 가스터빈에서 1300°C 의 고온(열전도도 $60\text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5\text{ W/m} \cdot \text{K}$)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이고 효율 향상은 6%(발전 효율 $40\% \pm 2\%$)이며, 특히 고효율 발전(속도 $3000\text{ rpm} \pm 100\text{ rpm}$)에 적합합니다. 단결정 구조(입자 크기 $<0.1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$, X-선 회절로 검증)와 산화방지 코팅(예: Al_2O_3 , 두께 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 열저항 $0.5\text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \pm 0.05\text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)은 열 피로 저항성을 크게 향상시킵니다(열 사이클 $-50^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$, 1000 배 $\pm$ 100 배). Siemens SGT-800 가스터빈에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$)을 통해 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄(WC-TiC, TiC 함량 $5\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.1-15.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 시멘트 카바이드 열교환기 튜브용 튜브는

원자로에서 1600°C 의 극한 환경을 견딜 수 있습니다(열팽창 계수 $5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), 열전도도 $110\text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5\text{ W/m} \cdot \text{K}$, 수명 9000 시간(피크 9500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9), 열 손실을 12% 감소시키고(열 손실 $<5\% \pm 1\%$), 특히 냉각 시스템에 적합합니다(냉각수 유량 $10\text{ L/min} \pm 1\text{ L/min}$). 마이크로채널 구조(채널 직경 $1\text{ mm} \pm 0.1\text{ mm}$, 밀도 $10/\text{cm}^2 \pm 1/\text{cm}^2$)와 고온 코팅(Cr_2O_3 등, 두께 $5\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 내열성 $1500^\circ\text{C} \pm 50^\circ\text{C}$)을 통해 열전도도(열교환 효율 $90\% \pm 5\%$)와 내식성($10\%\text{ HNO}_3$ 중량 감소 $<0.03\text{ mg/cm}^2 \pm 0.01\text{ mg/cm}^2$ 에 대한 저항성)이 최적화되었습니다. 프랑스 플라망빌 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 표면 처리(출력 $2\text{ kW} \pm 0.2\text{ kW}$)를 통해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 거칠기($Ra < 0.2 \mu m \pm 0.01 \mu m$) 를 최적화하여 수명을 10,000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

시멘트 카바이드 방사선 차폐

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$, 밀도 $14.9-15.3 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$)은 원자력 발전소의 차폐에 적합하며 10^7 rad/h 고선량 방사선을 견딜 수 있고(감쇠율 $99.9\% \pm 0.1\%$, 시험 표준 ASTM E666), 전자적 손상을 35% 감소시킬 수 있으며(손상율 $<0.05\%/h \pm 0.01\%/h$), 사용 수명은 12,000 시간(피크 13,000 시간 $\pm$ 1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며, 특히 원자로 핵심 영역(방사선 차폐 두께 $50 mm \pm 5 mm$)에 적합합니다. 다층 복합 구조(예: WC-Ni 및 B_4C 층, 두께 $10 mm \pm 1 mm$, B_4C 함량 $10\% \pm 1\%$)와 방사선 방지 원소 도핑(예: Gd_2O_3 , 함량 $0.5\% \pm 0.1\%$)을 통해 차폐 효율(중성자 흡수 단면적 $100 barn \pm 10 barn$)이 크게 향상되었습니다. 이 제품은 중국 천완 원자력 발전소에 널리 사용되고 있습니다. 향후 나노 코팅(예: SiC , 두께 $5 \mu m \pm 1 \mu m$)을 통해 내구성을 향상시켜 사용 수명을 14,000 시간 $\pm$ 1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu m \pm 0.2 \mu m$, 밀도 $15.2-15.6 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 베어링은 마모 수명이 8,000 시간(피크 8,500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이고 발전기에서 압축 강도가 700 MPa(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1 mm/min \pm 0.1 mm/min$)이며 특히 고속 작동(속도 $5,000 rpm \pm 100 rpm$)에 적합합니다. 표면 질화(질화 깊이 $0.2 mm \pm 0.02 mm$, 경도 HV 2000 $\pm$ 50) 및 플라즈마 용사(WC-15Co 등, 두께 $10 \mu m \pm 1 \mu m$, 접착력 $> 40 MPa$)를 통해 피로 저항성(피로 수명 $> 10^6$ 사이클, 응력 진폭 $300 MPa \pm 30 MPa$) 및 내식성(5% NaCl 중량 감소 저항 $< 0.03 mg/cm^2 \pm 0.01 mg/cm^2$)이 향상되었습니다. GE 9HA 가스터빈에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD AlCrN 코팅(두께 $10 \mu m \pm 1 \mu m$)을 사용하여 서비스 수명을 9000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$, 밀도 $15.0-15.4 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 밸브는 고압 보일러에서 600bar의 압력을 견딜 수 있습니다(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분 $\pm$ 1 분), 수명은 최대 6000 시간(피크 6500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9), 누출률을 6% 감소시킵니다(누출 $<0.01 mL/min \pm 0.001 mL/min$), 특히 증기 순환 시스템(증기 온도 $300^\circ C \pm 20^\circ C$)에 적합합니다. 다단계 밀봉 설계(밀봉면 폭 $2 mm \pm 0.2 mm$, 접촉 압력 $50 MPa \pm 5 MPa$)와 내열 코팅(CrN 등, 두께 $5 \mu m \pm 1 \mu m$, 내열 온도 $500^\circ C \pm 50^\circ C$)을 통해 신뢰성과 내구성(열 사이클 내성 $-50^\circ C \sim 300^\circ C$, 1000 회 $\pm$ 100 회)을 최적화했습니다. 중국 화능 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10 \mu m \pm 1 \mu m$)을 통해 수명을 7000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

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

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 시멘트 카바이드 전도성 접점은 고전압 스위치기어에서 아크 침식(아크 에너지 50 J±5 J, 시험 표준 IEC 60947)에 대한 저항성이 있으며, 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이고 접촉 저항은 <0.008 Ω±0.001 Ω(시험 표준 ASTM B193)으로 특히 전력 분배(전압 10 kV±1 kV)에 적합합니다. 금도금 표면(두께 0.5 μm±0.05 μm, 전도도 10⁸S/m±10⁷S/m)과 스프링 장착 설계(스프링 힘 10N±1N)는 전도도(전류 밀도 100A/cm²±10A/cm²)와 내구성(아크 침식 깊이 <0.01mm±0.001mm)을 향상시킵니다. ABB 고전압 스위치기어에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al₂O₃ 코팅(두께 5 μm±1 μm)을 적용하여 내열성을 향상시키고 수명을 8,000 시간±500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 단열층은 고온로에서 2200° C를 견딜 수 있으며(열전도도 50 W/m·K±5 W/m·K), 열 저항이 30% 증가(열 저항 0.5 m²·K/W ± 0.05 m²·K/W), 사용 수명은 8000 시간(피크 8500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 열처리 장비(온도 2000° C±50° C)에 적합합니다. 다공성 구조 설계(기공률 10%±1%, 기공 크기 0.1mm±0.01mm)와 열 차단 코팅(예: HfO₂, 두께 10 μm±1 μm, 내열성 1800° C±50° C)을 통해 열충격 저항성(열 사이클 -50° C ~ 2200° C, 1000 회±100 회)을 최적화했습니다. 이 기술은 미국 GE 고온로에 널리 사용되고 있습니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW±0.2kW)를 통해 기공 구조를 최적화하여 수명을 9000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 내식성 코팅

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm±0.2 μm, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 코팅은 해수 냉각 시스템에서 <0.08 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²의 중량 감소(시험 표준 ASTM G31, 노출 시간 500 시간) 및 9000 시간의 사용 수명(피크 9500 시간 ±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)을 가지며, 특히 해양 에너지 장비(염도 3.5%±0.5%)에 적합합니다. 내구성(부식 저항 사이클 1000 회 ± 100 회)과 내식성(10% NaCl 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²에 대한 저항성)은 자가수복 코팅 기술(예: WS₂를 함유한 WC-Co, 두께 5 μm ± 1 μm, 마찰 계수 0.1 ± 0.02)과 나노 복합 코팅(예: WC-TiC, 입자 크기 <100 nm, 함량 5 % ± 0.5 %)을 통해 향상되었습니다. 덴마크 해상풍력 플랫폼에 널리 사용되고 있으며, 앞으로 PVD ZrO₂ 코팅(두께 10 μm ± 1 μm)을 통해 수명을 10,000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

의 카바이드 지지 구조

는 진동 주파수가 600 Hz(시험 표준 ISO 10816, 진동 진폭 <0.05 mm±0.01 mm)이고 풍력 터빈에서 사용 수명이 7000 시간(피크 값 7500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 타워 지지대(높이 100 m±10 m)에 적합합니다. 허니콤 구조(벌집 밀도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5/cm² ± 0.5/cm² , 두께 10mm±1mm), 피로 방지 코팅(WC-8Co 등, 두께 5 μm±1 μm , 경도 HV 2000±50), 그리고 다점 지지 방식(지지점 수 10±1 개)은 안정성과 내구성을 크게 향상시킵니다(풍속 60m/s±5m/s). 독일 엔데 풍력 발전 단지에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiN 코팅(두께 10 μm±1 μm) 을 통해 수명을 8,000 시간±500 시간까지 연장할 수 있습니다 .

시멘트 카바이드 히트 싱크

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC , TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 히트 싱크는 전자 장비의 방열 효율을 25% 향상시킵니다(열 저항 0.2 m² •K/W ± 0.02 m² •K/W), 온도 저항 1300° C(열 전도도 100 W/m •K±5 W/ m •K)이며 특히 원자력 발전소 제어 시스템(전력 밀도 10 W/cm² ± 1 W/cm²)에 적합합니다. 마이크로채널 구조(채널 직경 0.5mm ± 0.05mm, 밀도 20/cm² ± 2/cm²) , 고열전도도 코팅(예: Ag, 두께 0.5 μm ± 0.05 μm , 전도도 10⁸S/m ± 10⁷S/m) 및 표면 거칠기 설계(표면 거칠기 Ra 0.1 μm ± 0.01 μm) 를 통해 열 관리 성능이 최적화되었습니다(온도 강하 20° C ± 2° C). 일본 후쿠시마 원자력 발전소의 제어 시스템에 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 클래딩 (전력 1.5kW ± 0.2kW)으로 마이크로채널을 최적화하여 서비스 수명을 9000 시간 ± 500 시간으로 연장할 수 있습니다.



재생에너지 장비용 초경합금 부품

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 풍력 블레이드는 풍력 터빈에서 60 m/s 의 극한 풍속을 견딜 수 있으며(시험 표준 IEC 61400, 풍압 100 Pa±10 Pa), 사용 수명은 18,000 시간(최대 19,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 마모율은 12% 감소합니다(마모 깊이 <0.02 mm±0.005 mm). 특히 해상 풍력 발전소(해상에서 50 km±5 km)에 적합합니다. 표면 경화(예: HVOF WC-Co, 두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50) 및 방식 코팅(예: Cr₃ C₂, 두께 5 μm±1 μm, 염수

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

분무 저항성 1000 시간±100 시간)을 통해 피로 저항성(피로 수명 > 10⁶ 사이클, 응력 진폭 300 MPa±30 MPa) 및 내구성(해수 부식 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)이 향상되었습니다. 영국의 Hornsea 풍력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 PVD AlTiN 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 수명을 20,000 시간±1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 시멘트 카바이드 터빈 블레이드용 블레이드는 수력 발전소(유량 10 m/s±1 m/s, 수압 50 bar±5 bar)의 물 흐름 침식을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 12,000 시간(피크 13,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 효율이 10% 향상(발전 효율 90%±5%)되어 특히 고양정 발전소(양정 100 m±10 m)에 적합합니다. 유선형 설계(곡률 반경 5mm±0.5mm, 표면 거칠기 Ra 0.2 μm±0.01 μm), 내마모성 코팅(TiCN 등, 두께 5 μm±1 μm, 경도 HV 2500±100), 표면 연마(연마 속도 50m/min±5m/min)를 통해 유체 역학적 성능(저항 계수 0.01±0.001)을 최적화했습니다. 중국 땀샤 수력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 레이저 표면 처리(출력 2kW±0.2kW)를 통해 표면을 최적화하여 수명을 14,000 시간±1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 태양광 브래킷은 사막 환경에서 내식성이 뛰어나고(염수 분무 저항성 1000 시간±100 시간, 중량 감소 <0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²), 사용 수명은 22,000 시간(피크 23,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며, 유지 보수 비용을 6% 절감하고(유지 보수 주기 18 개월±1 개월), 특히 태양광 발전소에 적합합니다(일조 강도 1000 W/m² ± 100 W/m²). 자외선 차단 코팅(TiO₂ 등, 두께 5 μm±1 μm, 자외선 차단 5,000 시간±500 시간)과 다층 복합 구조(두께 10mm ±1mm, Ni 함량 구배 0.5%-1%/mm)를 통해 내구성(풍속 저항 40m/s±5m/s)과 구조적 안정성(압축 저항 1,000MPa±50MPa)이 향상되었습니다. UAE Noor 태양광 프로젝트에 널리 사용되었으며, PVD ZrO₂ 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 수명을 25,000 시간±1,000 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 마모판

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm±0.2 μm, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)은 조력 발전에서 해수 부식에 대한 저항성이 있으며(염분 저항성 3.5%±0.5%, 중량 감소 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²), 사용 수명은 9000 시간(피크 9500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 마모율을 18% 감소시킵니다(마모 깊이 <0.02 mm±0.005 mm). 특히 조석 간만의 차가 큰 해역(조석 간만 5 m±0.5 m)에 적합합니다. 복합소재(WC-Co 및 Al₂O₃ 층, 두께 5mm±0.5mm, 경도 HV 2000±50)와 표면개질(경화층 깊이 0.3mm±0.03mm)을 통해 내충격성(충격 에너지 100J/cm² ±10J/cm²)을 향상시켰습니다. 국내 조력발전소에 널리 사용되고 있으며,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 통해 10,000 시간 $\pm$ 500 시간까지 수명을 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 $0.5\text{--}1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $15.0\text{--}15.4\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 시멘트 카바이드 전달 샤프트의 샤프트는 비틀림 강도가 2200 MPa(시험 규격 ASTM E8, 토크 $500\text{ N}\cdot\text{m}\pm 50\text{ N}\cdot\text{m}$)이고 사용 수명은 풍력 발전에서 8000 시간(피크 8500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 규격 ISO 3685)이며 특히 기어박스 전달(속도 $3000\text{ rpm}\pm 100\text{ rpm}$)에 적합합니다. 열처리(침탄 등, 침탄 깊이 $0.2\text{mm}\pm 0.02\text{mm}$, 경도 HV 2000 $\pm$ 50) 및 피로 방지 코팅(두께 $5\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 피로 수명 >106 회)을 통해 신뢰성과 내구성(진동 진폭 <0.05mm $\pm$ 0.01mm)이 향상되었습니다. 덴마크 Vestas 풍력 발전 설비에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD AlCrN 코팅(두께 $10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 통해 수명을 9000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, TiC 함량 2%-5% $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 $0.5\text{--}1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $15.0\text{--}15.4\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 쉘은 터빈에서 350bar의 압력을 견딜 수 있고(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분 $\pm$ 1 분), 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 고압 물 흐름 환경(물 흐름 속도 $10\text{m/s}\pm 1\text{m/s}$)에 적합합니다. 단단계 밀봉 설계(밀봉면 폭 $2\text{mm}\pm 0.2\text{mm}$, 접촉 압력 $50\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$)와 내식성 코팅(두께 $5\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 염수 분무 저항성 1000 시간 $\pm$ 100 시간)을 통해 밀봉 효과가 최적화되었습니다(누설률 <0.005mL/min $\pm$ 0.001mL/min). 스위스 알프스 수력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiN 코팅(두께 $10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 통해 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 $0.8\text{--}1.5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $14.9\text{--}15.3\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 충격 흡수 장치는 풍력 터빈에서 700Hz의 진동 주파수(시험 표준 ISO 10816, 진동 진폭 <0.03 mm $\pm$ 0.005 mm), 6000 시간의 사용 수명(피크 6500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)을 가지며 진동이 큰 타워(높이 $100\text{m}\pm 10\text{m}$)에 특히 적합합니다. 댐핑 설계(댐핑 계수 0.2 ± 0.02 , 시험 표준 ASTM E756) 및 표면 강화(경화층 깊이 $0.3\text{mm}\pm 0.03\text{mm}$, 경도 HV 2000 $\pm$ 50)를 통해 에너지 소산(에너지 흡수율 80% $\pm$ 5%) 및 내구성(풍속 저항 $60\text{m/s}\pm 5\text{m/s}$)이 향상되었습니다. 스페인 이베르드롤라 풍력 발전소에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al_2O_3 코팅(두께 $10\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 통해 수명을 7,000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1\text{--}3\mu\text{m}\pm 0.2\mu\text{m}$, 밀도 $15.2\text{--}15.6\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 휠은 수력 발전소에서 9,000 시간(피크 9,500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 유지 관리 빈도를 12% 감소시키고(유지

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

관리 주기 12 개월±1 개월), 특히 물 흐름 유도에 적합합니다(물 흐름 속도 10m/s±1m/s). 부식 방지 코팅(예: TiCN, 두께 5 μm±1 μm, 염수 분무 저항성 1000 시간±100 시간)과 미세 구조 최적화(입자 크기 0.5 μm±0.05 μm, X 선 회절 검증)를 통해 안정성과 내구성이 향상되었습니다(마모율 <0.02mm³/N·m ± 0.005mm³/N·m). 캐나다 라발 수력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD ZrO₂ 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 수명을 10,000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 코발트 합금

(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 막대는 인장 강도가 1600 MPa(시험 표준 ASTM E8, 신장률 <1%)이고 태양 추적 시스템에서 사용 수명이 12,000 시간(최대 13,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 동적 조정 메커니즘(조정 각도 ±45° ±5°)에 적합합니다. 내구성(풍속 저항 40m/s±5m/s)은 코팅 보호(예: Ni-Cr, 두께 5 μm±1 μm, 강력한 내식성) 및 피로 방지 설계(피로 수명 >106 사이클, 응력 진폭 300MPa±30MPa)를 통해 향상됩니다. 미국 모하비 태양광 프로젝트에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 수명을 14,000 시간±1,000 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)으로 만든 카바이드 방진 커버는 풍력 발전 장비에서 바람과 모래 침식을 저항하는 데 사용됩니다(풍속 60 m/s±5 m/s, 모래 농도 5 g/m³ ± 0.5 g/m³). 사용 수명은 8000 시간(피크 8500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 사막 풍력 발전소에 적합합니다(온도 50° C±5° C). 다층 코팅(예: TiO₂, 두께 5 μm±1 μm, 자외선 차단 5000 시간±500 시간)과 표면 경화(경화층 깊이 0.3mm±0.03mm, 경도 HV 2000±50)를 통해 내마모성(마모율 <0.02mm³/N·m ± 0.005mm³/N·m)과 내구성(열 사이클 저항 -50° C~50° C, 1000 회±100 회)이 향상되었습니다. 사우디아라비아 풍력 발전 단지에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al₂O₃ 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 통해 수명을 9000 시간±500 시간으로 연장할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



광산 및 석탄 장비 카바이드 부품

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 망치는 광산에서 2200 J/cm^2 (시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 $100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$)의 충격 저항성, 6000 시간의 사용 수명(최대 6500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9) 및 마모율 22% 감소(마모 깊이 $<0.02 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$)를 가지며 특히 단단한 바위 분쇄(경도 HV 800 ± 50)에 적합합니다. 열처리($1200^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ 에서 1 시간 담금질) 및 내마모성 코팅(예: WC-15Co, 두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50)을 통해 피로 저항성이 향상되었습니다(피로 수명 $> 10^5$ 회 반복, 시험 기준 ASTM E466). 호주 철광석 채굴에서 널리 사용되고 있으며(분쇄 입자 크기 $50 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, 효율 향상 $15 \pm 2\%$), 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2500 ± 100)을 적용하면 수명을 7000 시간±500 시간으로 연장하고 마모율을 $0.015 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$ 로 줄일 수 있습니다.

시멘트 카바이드 절단 헤드

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)의 절단 속도는 석탄 채굴에서 180 m/min (피크 값 $200 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$, 이송 속도 $0.1 \text{ mm/rev} \pm 0.01 \text{ mm/rev}$)에 도달할 수 있으며, 사용 수명은 4500 시간(피크 값 5000 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685)에 도달할 수 있으며 효율은 18% 향상(절삭 효율 $90 \pm 5\%$)되어 특히 두꺼운 석탄층(석탄 층 두께 $2 \text{ m} \pm 0.2 \text{ m}$)에 적합합니다. 나노 강화(나노 WC 함량 5%±0.5%, 입자 크기 $<100 \text{ nm}$) 및 표면 개질(경화층 깊이 $0.3 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$)을 통해 내마모성이 최적화되었습니다(마모율 $<0.03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 시험 표준 ASTM G65). 중국 산시성 탄전에서 널리 사용되고 있습니다(절삭 깊이 $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, 출력 증가 $10 \pm 1\%$). 앞으로 레이저 클래딩(전력 $2 \text{ kW} \pm 0.2 \text{ kW}$, 스캐닝 속도 $500 \text{ mm/min} \pm 50 \text{ mm/min}$)을 사용하여 서비스 수명을

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

5000 시간±500 시간으로 연장하고 효율을 20%±2%까지 높일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 14.9-15.3 g/cm^3 ± 0.1 g/cm^3) 드릴 파이프는 마모 수명이 7,000 시간(피크 7,500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 압축 강도가 1,600 MPa(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min±0.1 mm/min)이며 특히 깊은 매장지(깊이 2,000 m±200 m)에 적합합니다. 내구성은 플라스마 분무(WC-15Co 등, 두께 10 μm ±1 μm , 접착력 > 40MPa, 풀오프 시험 ASTM D4541)와 방식 코팅(5% NaCl 중량 감소 저항성 < 0.03mg/cm² ± 0.01mg/cm²)에 의해 개선됩니다(충격 에너지 100J/cm² ± 10J/cm², 시험 표준 ASTM E23). 칠레 구리 광산에서 널리 사용되고 있습니다(굴착 직경 150mm±10mm, 효율 개선 12%±1%). 향후 PVD AlCrN 코팅(두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2200±100)을 통해 수명을 8000 시간±500 시간으로 연장할 수 있으며, 압축 강도는 1800MPa±50MPa 까지 증가시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm ± 0.2 μm , 밀도 15.2-15.6g/cm³ ± 0.1g/cm³) 롤러는 광물 가공 시 8000 시간(피크 8500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 유지보수 비용을 12% 절감(유지 보수 주기 12 개월 ± 1 개월)하고 특히 고경도 광석(경도 HV 1000 ± 50)에 적합합니다. 영어: 그라디언트 재료 설계(Co 함량 그라디언트 0.5%-1%/mm, 두께 10mm ± 1mm)와 표면 경화(경화층 깊이 0.3mm ± 0.03mm, 경도 HV 2000 ± 50)를 통해 압축 성능이 향상되었습니다(압축 저항 1000MPa ± 50MPa, 시험 표준 ASTM E9). 남아프리카 금광에서 널리 사용되고 있습니다(처리 용량 500 톤/시간 ± 50 톤/시간). 앞으로 PVD TiN 코팅(두께 10 μm ± 1 μm , 경도 HV 2000 ± 50)을 통해 서비스 수명을 9000 시간 ± 500 시간으로 연장할 수 있으며 유지 보수 비용을 10% ± 1%로 줄일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm^3 ± 0.1 g/cm^3)의 시멘트 카바이드 버킷 이빨은 굴삭기에서 6000 시간(피크 6500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)의 마모 수명을 가지며 충격 저항성은 35% 향상됩니다(충격 에너지 100 J/cm² ± 10 J/cm², 시험 표준 ASTM E23). 특히 광산 작업(굴착 깊이 5m±0.5m)에 적합합니다. 복합 구조(WC-Co 및 SiC 층, 두께 5mm±0.5mm 등)와 내식성 코팅(5% NaCl 중량 감소 저항성 <0.03mg/cm² ± 0.01mg/cm²)을 통해 내구성이 최적화되었습니다(마모율 <0.02mm³/N·m ± 0.005mm³/N·m, 시험 표준 ASTM G65). 호주 철광석에서 널리 사용되고 있으며 (채광 효율 15%±2% 증가), 향후 PVD AlTiN 코팅(두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2500±100)을 적용하면 사용 수명을 7000 시간±500 시간으로 연장하고 내충격성을 40%±2%까지 높일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.1-15.5 g/cm^3 ± 0.1 g/cm^3)의 카바이드 체판은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

체질에서 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 기공 정확도는 ± 0.008 mm(레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001 mm)이고 특히 미세 체질(조리개 0.5 mm $\pm$ 0.05 mm)에 적합합니다. 다층 설계(두께 10mm $\pm$ 1mm, TiC 함량 구배 0.5%-1%/mm)와 부식 방지 코팅(Cr_3C_2 등, 두께 5 μm $\pm$ 1 μm , 염수 분무 저항성 1000 시간 $\pm$ 100 시간)을 통해 스크리닝 효율(스크리닝율 95 $\pm$ 5%)이 향상되었습니다. 브라질 보크사이트에서 널리 사용되고 있습니다(스크리닝 입자 크기 0.5mm $\pm$ 0.05mm, 효율 향상 10 $\pm$ 1%). 향후 PVD ZrO_2 코팅(두께 10 μm $\pm$ 1 μm , 내열성 1200° C $\pm$ 20° C)을 통해 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있으며, 정확도는 ± 0.006 mm 까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15 $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm $\pm$ 0.1 μm , 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 카바이드 절삭 공구는 석탄층에서 6 mm $\pm$ 0.5 mm의 절삭 깊이와 4500 시간(피크 5000 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 수명을 가지며, 특히 얇은 석탄층 채굴(석탄층 두께 1 m $\pm$ 0.1 m)에 적합합니다. 표면 연마(표면 거칠기 Ra 0.2 μm $\pm$ 0.01 μm , 시험 기준 ISO 4287) 및 내마모성 코팅(예: TiCN, 두께 5 μm $\pm$ 1 μm , 경도 HV 2500 $\pm$ 100)을 통해 절삭 효율(절삭 속도 150m/min $\pm$ 10m/min)이 향상되었습니다. 중국 산시성 탄전에서 널리 사용되어 절삭 효율이 12 $\pm$ 1% 향상되었습니다. 향후 레이저 클래딩(출력 1.5kW $\pm$ 0.2kW, 스캐닝 속도 400mm/min $\pm$ 50mm/min)을 적용하여 수명을 5000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장하고 절삭 깊이를 7mm $\pm$ 0.5mm 까지 높일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10 $\pm$ 1%, TiC 함량 2%-5 $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm $\pm$ 0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 분쇄기의 충격 블록은 1600 J/cm²의 충격에 견딜 수 있으며(시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 100 J $\pm$ 10 J), 사용 수명은 6000 시간(피크 6500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 광석 분쇄에 적합합니다(광석 경도 HV 1000 $\pm$ 50). 열처리(담금질 1200° C $\pm$ 20° C, 1 시간 유지)와 피로방지 코팅(두께 5 μm $\pm$ 1 μm , 피로수명 > 10⁵ 사이클, 시험표준 ASTM E466)을 통해 내구성이 향상되었습니다(마모율 <0.02mm³/N $\cdot$ m $\pm$ 0.005mm³/N $\cdot$ m). 칠레 구리 광산에서 널리 사용되고 있으며(분쇄효율 10 $\pm$ 1% 증가), 앞으로 PVD AlCrN 코팅(두께 10 μm $\pm$ 1 μm , 경도 HV 2200 $\pm$ 100)을 적용하면 수명을 7000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장하고 내충격성을 1800J/cm² $\pm$ 50J/cm² 까지 높일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 컨베이어 롤러는

벨트 컨베이어에서 9,000 시간(피크 9,500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 유지 보수 빈도를 18% 감소시키고(유지 보수 주기 12 개월 $\pm$ 1 개월), 특히 고하중 수송(하중 500kg $\pm$ 50kg)에 적합합니다. 부식 방지 코팅(예: TiCN, 두께 5 μm $\pm$ 1 μm , 염수 분무 저항성 1000 시간 $\pm$ 100 시간) 및 표면 강화(경화층 깊이 0.3mm $\pm$ 0.03mm, 경도 HV 2000 $\pm$ 50)는 안정성(진동 진폭 <0.05mm $\pm$ 0.01mm, 시험 표준 ISO 10816)을 향상시킵니다. 남아프리카 금광에서 널리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용되고 있으며(수송 효율 $15\pm 2\%$ 증가), 향후 PVD ZrO_2 코팅(두께 $10\mu m\pm 1\mu m$, 내열성 $1300^\circ C\pm 20^\circ C$)을 적용하면 서비스 수명을 10,000 시간 ± 500 시간으로 연장하고 유지보수 빈도를 $15\pm 1\%$ 로 줄일 수 있습니다.

카바이드 드릴 비트 덮개

텅스텐 카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\sim 15\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8\sim 1.5\mu m\pm 0.1\mu m$, 밀도 $14.9\sim 15.3 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 덮개는 드릴링 시 7000 시간(피크 7500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)의 마모 수명을 가지며, 강력한 내식성(10% NaCl 중량 감소 $<0.03 mg/cm^2 \pm 0.01 mg/cm^2$)을 가지고 있으며, 특히 수분을 함유하는 지층에 적합합니다(수분 함량 $20\pm 2\%$). 복합 재료(WC-Ni 및 SiC 층 등, 두께 $5mm\pm 0.5mm$)와 표면 개질(경화층 깊이 $0.3mm\pm 0.03mm$)을 통해 충격 저항성(충격 에너지 $100J/cm^2 \pm 10J/cm^2$, 시험 표준 ASTM E23)이 향상되었습니다. 캐나다 오일샌드 광산에서 널리 사용되고 있습니다(시추 깊이 $1000m\pm 100m$, 효율 향상 $10\pm 1\%$). 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10\mu m\pm 1\mu m$, 경도 HV 2500 ± 100)을 통해 서비스 수명을 8000 시간 ± 500 시간으로 연장할 수 있으며, 내식성을 $<0.02mg/cm^2 \pm 0.005mg/cm^2$ 로 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 컨베이어 벨트 가이드 스트립(가이드 플레이트)

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1\sim 3\mu m\pm 0.2\mu m$, Co 함량 $12\pm 1\%$, Cr 함량 $4\pm 0.5\%$, 밀도 $15.2\sim 15.6 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 가이드 스트립은 컨베이어 벨트 시스템에서 8000 시간의 마모 수명(피크 8500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)과 $1200 J/cm^2$ 의 충격 저항성(시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 $80 J\pm 10 J$)을 가지므로 특히 고하중 재료 운반(하중 $600 kg\pm 50 kg$, 속도 $2 m/s\pm 0.2 m/s$)에 적합합니다. 플라즈마 용사(분사 속도 $>1300m/s\pm 10m/s$, 출력 $40kW\pm 2kW$, 두께 $10\mu m\pm 1\mu m$, 접착력 $>50MPa$) 및 표면 경화(경화층 깊이 $0.2mm\pm 0.02mm$, 경도 HV 2000 ± 50)를 통해 내구성(마모율 $<0.03mm^3/N\cdot m \pm 0.01mm^3/N\cdot m$, 시험 기준 ASTM G65) 및 내식성(5% NaCl 중량 감소 저항성 $<0.04mg/cm^2 \pm 0.01mg/cm^2$)이 최적화되었습니다. 호주의 철광석 컨베이어 벨트(운송 거리 $5km \pm 0.5km$, 효율 향상 $12\pm 1\%$)에 널리 사용되고 있습니다. 향후 PVD CrN 코팅(두께 $10\mu m \pm 1\mu m$, 경도 HV 2200 ± 100)을 통해 수명을 9000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있으며, 충격강도는 $1400 J/cm^2 \pm 50 J/cm^2$ 까지 향상시킬 수 있습니다.

코발트 티타늄 모래

만들기 스트립(WC-Co- TiC, Co 함량 $6\sim 10\pm 1\%$, TiC 함량 $5\sim 10\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5\sim 1.5\mu m\pm 0.1\mu m$, 밀도 $15.0\sim 15.4 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$)은 모래 만들기 기계에서 $200 m/min$ (피크 $220 m/min\pm 10 m/min$, 공급 속도 $0.15 mm/rev\pm 0.01 mm/rev$)의 절단 속도와 5000 시간(피크 5500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 서비스 수명을 가지며, 특히 고경도 모래 및 자갈(경도 HV 900 ± 50)에 적합합니다. 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1400^\circ C\pm 20^\circ C$, $200 MPa\pm 10 MPa$, $2\sim 4$ 시간 보온) 및 내마모성 코팅(예: TiAlN, 두께 $10\mu m\pm 1\mu m$, 경도 HV 2500 ± 100)을 통해 내마모성(마모율 $<0.025 mm^3/N\cdot m\pm 0.005 mm^3/N\cdot m$, 시험 기준 ASTM G65)과 피로 저항성(피로 수명 $>10^5$ 사이클, 시험 기준 ASTM E466)이 향상되었습니다. 모래 생산 라인 (생산량

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

500 톤/시간±50 톤/시간, 효율 개선 15%±2%)에서 널리 사용됩니다. 미래에는 레이저 표면 재용융(출력 2.5kW±0.2kW, 입자 미세화 0.2 μm±0.05 μm)을 활용하여 서비스 수명을 6000 시간±500 시간으로 연장하고 절삭 효율을 18%±2%까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 8%-12%±1%, WC 입자 크기 0.8-2.0 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 버튼 이빨은 마모 수명이 6,500 시간(피크 7,000 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고, 석탄 광산 굴착 장비에서 충격 저항성이 1,500 J/cm²(시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 90 J±10 J)이며, 특히 깊은 석탄층 굴착(깊이 1,500m±150m)에 적합합니다. 플라스마 용사(WC-10Co4Cr 등, 두께 15 μm±1 μm, 접착력 >60MPa, 풀오프 시험 ASTM D4541) 및 표면 강화(경화층 깊이 0.25mm±0.02mm, 경도 HV 2200±50)를 통해 내구성(마모율 <0.02mm³/N·m ± 0.005mm³/N·m, 시험 기준 ASTM G65) 및 내식성(10% NaCl 중량 감소 저항성 <0.03mg/cm² ± 0.01mg/cm²)이 향상되었습니다. 중국 산시성의 석탄층 메탄 채굴에 널리 사용되고 있습니다(시추 직경 120mm ± 10mm, 효율 향상 10% ± 1%). 향후 PVD TiCN 코팅(두께 10 μm ± 1 μm, 경도 HV 2500 ± 100)을 통해 수명을 7500 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있으며, 충격강도는 1700 J/cm² ± 50 J/cm²까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄 카바이드 픽(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 3%-6%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 픽은 절삭 속도가 160 m/min(피크 180 m/min±10 m/min, 이송 속도 0.12 mm/rev±0.01 mm/rev)이고 석탄 채굴 기계에서 사용 수명이 5000 시간(피크 5500 시간±500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이며 특히 두꺼운 석탄층(석탄층 두께 2.5 m±0.2 m)에 적합합니다. 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1350° C±20° C, 180 MPa±10 MPa, 2 시간 유지) 및 내마모성 코팅(Cr₃C₂ 등, 두께 8 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50)을 통해 내마모성(마모율 <0.025 mm³/N·m±0.005 mm³/N·m, 시험 기준 ASTM G65)과 피로 저항성(피로 수명 >10⁵ 사이클, 시험 기준 ASTM E466)이 향상되었습니다. 호주 퀸즐랜드 탄전에서 널리 사용되고 있습니다(절삭 깊이 12 mm±1 mm, 생산량 증가 12%±1%). 미래에는 레이저 클래딩(출력 2kW±0.2kW, 스캐닝 속도 600mm/min±50mm/min)을 적용하여 수명을 6,000 시간±500 시간으로 연장할 수 있으며, 절단 효율을 15%±2%까지 높일 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 10%-14%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)은 마모 수명이 5,500 시간(피크 6,000 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 충격 저항성이 1,300 J/cm²(시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 80 J±10 J)이며, 특히 복잡한 석탄 층(경도 HV 600±50)에 적합합니다. 표면 연마(표면 거칠기 Ra 0.25 μm±0.01 μm, 시험 표준 ISO 4287) 및 부식 방지 코팅(예: TiAlN, 두께 5 μm±1 μm, 경도 HV 2300±100)을 통해 절삭

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

효율(절삭 속도 $140 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$)과 내구성(마모율 $<0.03 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 시험 표준 ASTM G65)이 향상되었습니다. 미국 웨스트버지니아 탄광에서 널리 사용되고 있습니다(절삭 깊이 $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, 효율 개선 $10\% \pm 1\%$). 향후 PVD AlCrN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2200 \pm 100$)을 통해 수명을 6500 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있으며, 충격 저항성을 $1500 \text{ J/cm}^2 \pm 50 \text{ J/cm}^2$ 까지 향상시킬 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트-크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-2 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 공구는 7,000 시간(피크 7,500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명과 석탄 광산 터널링 기계에서 1,800 MPa의 압축 강도(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1 \text{ mm/min} \pm 0.1 \text{ mm/min}$)를 가지며 특히 단단한 암석 탄층(경도 $\text{HV } 800 \pm 50$)에 적합합니다. 영어: 그래디언트 재료 설계(Co 함량 그래디언트 $0.5\%-1\%/\text{mm}$, 두께 $12 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$)와 플라스마 분무(분사 속도 $>1200 \text{ m/s} \pm 50 \text{ m/s}$, 두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 접착력 $>50 \text{ MPa}$)를 통해 내마모성(마모율 $<0.02 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.005 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 시험 표준 ASTM G65)과 안정성이 최적화되었습니다. 중국 내몽골의 석탄층 굴착에 널리 사용되고 있습니다(굴착 속도 $5 \text{ m/h} \pm 0.5 \text{ m/h}$, 효율 향상 $12\% \pm 1\%$). 앞으로 PVD ZrO_2 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열성 $1300^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$)을 통해 수명을 8000 시간 ± 500 시간으로 연장할 수 있으며, 내압성은 $2000 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ 까지 높일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $8\%-12\% \pm 1\%$, TiC 함량 $4\%-8\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-2.0 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 시멘트 카바이드 분쇄기의 해머 헤드는 2000 J/cm^2 의 충격 저항성(시험 표준 ASTM E23, 충격 에너지 $100 \text{ J} \pm 10 \text{ J}$)과 6000 시간의 사용 수명(피크 6500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)을 가지며 특히 석탄 갱식 분쇄에 적합합니다(경도 $\text{HV } 700 \pm 50$). 열처리(담금질 $1250^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$, 유지 1.5 시간) 및 내마모성 코팅(예: WC-10Co4Cr, 두께 $12 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2100 \pm 50$)을 통해 피로 저항성(피로 수명 $> 10^5$ 사이클, 시험 표준 ASTM E466)이 향상되었습니다. 인도 코킹용 석탄 파쇄(처리 용량 $400 \text{ 톤/시간} \pm 50 \text{ 톤/시간}$, 효율 향상 $10\% \pm 1\%$)에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2000 \pm 50$)을 적용하여 사용 수명을 7000 시간 ± 500 시간으로 연장하고 내충격성을 $2200 \text{ J/cm}^2 \pm 50 \text{ J/cm}^2$ 로 향상시킬 수 있습니다.

니켈-크롬 합금

(WC-Ni-Cr, Ni 함량 $10\%-15\% \pm 1\%$, Cr 함량 $4\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 스포로킷은 석탄 광산 스크레이퍼 컨베이어 스포로킷에서 8000 시간(피크 8500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명과 1200 MPa(시험 표준 ASTM E8, 하중 속도 $2 \text{ mm/min} \pm 0.2 \text{ mm/min}$)의 인장 강도를 가지며 특히 고하중 수송(하중 $800 \text{ kg} \pm 50 \text{ kg}$, 속도 $1.5 \text{ m/s} \pm 0.2 \text{ m/s}$)에 적합합니다. 플라스마 용사(Cr_3C_2 - NiCr 등, 두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 접착력 $>50 \text{ MPa}$) 및 표면

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

강화(경화층 깊이 $0.3\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$, 경도 $\text{HV } 2000 \pm 50$)를 통해 내구성 및 내식성(5% NaCl 중량 감소 저항성 $<0.03\text{mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01\text{mg}/\text{cm}^2$)이 향상되었습니다. 러시아 쿠즈바스 탄전(운송 거리 $3\text{km} \pm 0.3\text{km}$, 효율 향상 $12\% \pm 1\%$)에서 널리 사용되고 있습니다. 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 $10\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2500 \pm 100$)을 적용하여 사용 수명을 $9000\text{시간} \pm 500\text{시간}$ 으로 연장하고 인장 강도를 $1400\text{MPa} \pm 50\text{MPa}$ 까지 높일 수 있습니다.



화학 및 환경 보호 장비용 시멘트 카바이드 부품

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\mu\text{m} \pm 0.1\mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$) 시멘트 카바이드 반응기 라이닝은 화학 반응에서 250°C 산 부식을 견딜 수 있습니다($20\% \text{H}_2\text{SO}_4$ 중량 감소 $<0.03\text{mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01\text{mg}/\text{cm}^2$, 노출 시간 500 시간), 수명은 8000 시간(피크 8500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9), 침식률 12% 감소(침식 깊이 $<0.01\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$), 특히 강산 환경(산 농도 $20\% \pm 2\%$)에 적합합니다. 다층 구조(두께 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$, Co 함량 구배 $0.5\%-1\%/ \text{mm}$)와 방식 코팅(Cr_3C_2 등, 두께 $5\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$, 강력한 내식성)을 통해 내구성과 내화학성(열 사이클 저항성 $-50^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$, 1000 배 ± 100 배)이 향상되었습니다. 독일 BASF 화학 공장에서 널리 사용되고 있습니다. 향후 PVD Al_2O_3 코팅(두께 $10\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$)을 통해 수명을 $9000\text{시간} \pm 500\text{시간}$ 까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

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

카바이드 코발트-크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 제작된 카바이드 교반기는 폐수 처리에서 7000 시간(피크 값 7500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 내식성은 티타늄 합금 Ti-6Al-4V(10% HCl 중량 감소에 대한 저항성 $<0.03 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$)보다 25% 더 높아 특히 고농도 폐액(폐액 pH $1-3 \pm 0.5$)에 적합합니다. 표면 경화(경화층 깊이 $0.3\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$, 경도 HV 2000 ± 50) 및 나노 코팅(예: WC-TiC, 입자 크기 $<100\text{nm}$, 함량 $5\% \pm 0.5\%$)을 통해 교반 효율(교반 속도 $100\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$)을 최적화했습니다. 중국 하수 처리 시설에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 수명을 8000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 티타늄(WC-TiC, TiC 함량 $5-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.1-15.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 메시는 탈황 시스템에서 고온 부식을 견딜 수 있습니다(온도 $200^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$, 20% SO₂ 중량 감소 $<0.03 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$), 수명은 최대 6000 시간(피크 6500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9), 여과 정확도는 $\pm 0.008 \text{ mm}$ (레이저 간섭계로 측정, 분해능 0.001 mm), 특히 배기 가스 정화에 적합합니다(배기 가스 유량 $100 \text{ m}^3/\text{h} \pm 10 \text{ m}^3/\text{h}$). 다공성 설계(기공률 $10\% \pm 1\%$, 기공 크기 $0.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$)와 산화방지 코팅(Cr₂O₃ 등, 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열성 $300^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$)을 통해 내구성(열사이클 내성 $-50^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$, 1000 배 ± 100 배)이 향상되었습니다. 현재 일본 화력발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD ZrO₂ 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 7000 시간 ± 500 시간까지 수명을 연장할 수 있습니다.

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 시멘트 카바이드 분무

노즐은 분무 장비에서 350°C 를 견뎌냅니다(열전도도 $50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$). 사용 수명은 4500 시간(피크 5000 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)이며 효율이 12% 향상되었습니다(분무 유량 $10 \text{ L/min} \pm 1 \text{ L/min}$). 특히 촉매 분무에 적합합니다(입자 크기 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$). 내부 냉각 설계(채널 직경 $1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 냉각수 유량 $2\text{L/min} \pm 0.2\text{L/min}$)와 내열 코팅(예: TiCN, 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열 온도 $400^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$)을 통해 열충격 저항성(열 사이클 $-50^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$, 1000 배 ± 100 배)이 향상되었습니다. 미국 Dow Chemical 공장에서 널리 사용되고 있으며, 향후 레이저 클래딩(전력 $1.5\text{kW} \pm 0.2\text{kW}$)을 통해 수명을 5000 시간 ± 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $2-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 내마모성 카바이드 판은 소각로에서 2200°C 를 견딜 수 있으며(열전도도 $50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$), 사용 수명은 9000 시간(피크 9500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)으로 마모율을 18% 감소시키고(마모 깊이 $<0.02 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$), 특히 고온 소각(소각 온도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2000° C $\pm$ 50° C)에 적합합니다. 열 피로 저항성(열 사이클 -50° C ~ 2200° C, 1000 배 $\pm$ 100 배)은 구배 재료(Co 함량 구배 0.5%-1%/mm, 두께 10mm $\pm$ 1mm) 및 표면 개질(경화층 깊이 0.3mm $\pm$ 0.03mm, 경도 HV 2000 $\pm$ 50)을 통해 향상되었습니다. 이 소재는 독일 폐기물 소각 시설에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD HfO₂ 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 수명을 10,000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³)으로 제작된 시멘트 카바이드 밸브 코어는 화학 파이프라인에서 600bar의 압력을 견딜 수 있으며(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 10 분 $\pm$ 1 분), 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 고압 유체(유체 압력 500bar $\pm$ 50bar)에 적합합니다. 다단계 밀봉 설계(밀봉 표면 폭 2mm $\pm$ 0.2mm, 접촉 압력 50MPa $\pm$ 5MPa)와 부식 방지 코팅(CrN 등, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 10% HCl 중량 손실 저항 <0.03mg/cm² $\pm$ 0.01mg/cm²)을 통해 신뢰성이 최적화되었습니다(누설률 <0.01mL/min $\pm$ 0.001mL/min). 사우디 아람코 정유 공장에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 수명을 8,000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 14.9-15.3 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 판은 슬러지 처리 시 6000 시간(피크 6500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 마모 수명을 가지며, 특히 고점도 슬러지(점도 500 cP $\pm$ 50 cP)에 적합합니다. 표면 연마(표면 거칠기 Ra 0.2 μ m $\pm$ 0.01 μ m, 시험 기준 ISO 4287) 및 내식성 코팅(예: TiCN, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 10% NaCl 중량 감소 저항 <0.03 mg/cm² $\pm$ 0.01 mg/cm²)을 통해 스크레이핑 효율(스크레이핑 속도 10 m/min $\pm$ 1 m/min)이 향상 됩니다. 일본 하수 처리 시설에서 널리 사용되고 있으며, 향후 레이저 클래딩(출력 1.5 kW $\pm$ 0.2 kW)을 적용하여 수명을 7,000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 열교환 튜브는 고온 반응기에서 열전도도가 100 W/m $\cdot$ K $\pm$ 5 W/

m $\cdot$ K 이고 사용 수명은 8000 시간(피크 8500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며, 특히 열화학 반응(반응 온도 300° C $\pm$ 20° C)에 적합합니다. 마이크로채널 구조(채널 직경 0.5mm $\pm$ 0.05mm, 밀도 20/cm² $\pm$ 2/cm²)와 고온 코팅(Cr₂O₃ 등, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 내열성 400° C $\pm$ 20° C)을 통해 열전달 성능(열교환 효율 90% $\pm$ 5%)을 최적화했습니다. 미국 다우케미컬 공장에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al₂O₃ 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 수명을 9,000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μ m $\pm$ 0.2 μ m, 밀도 15.2-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 방식 코팅은 해수 담수화에서 <0.08 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²의 중량 감소(시험 표준 ASTM G31, 노출 시간 500 시간)를 가지며 사용 수명은 9000 시간(피크 9500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)으로 특히 역삼투압 장비(염도 3.5%±0.5%)에 적합합니다. 내구성(1000±100 회 부식 사이클)과 내식성(10% NaCl 중량 감소 < 0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)은 자가수리 코팅 기술(예: WS₂를 함유한 WC-Co, 두께 5 μm ± 1 μm, 마찰 계수 0.1±0.02)과 나노코팅(예: WC-TiC, 입자 크기 <100 nm, 함량 5% ± 0.5%)을 통해 향상되었습니다. UAE의 제벨알리 담수화 플랜트에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 PVD ZrO₂ 코팅(두께 10 μm ± 1 μm)을 통해 수명을 10,000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 6%-10%±1%, TiC 함량 2%-5%±0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 배기 밸브는 소각 시스템에서 1600°C를 견딜 수 있으며(열전도도 50 W/m·K±5 W/m·K), 사용 수명은 7000 시간(피크 7500 시간±500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 고온 배기 가스 처리에 적합합니다(배기 가스 유량 100 m³/h ± 10 m³/h). 내열성(열 사이클 -50°C ~ 1600°C, 1000 배 ±100 배)은 산화 방지 코팅(예: Cr₂O₃, 두께 5 μm ± 1 μm, 내열 온도 1800°C ± 50°C)과 다층 구조(두께 10mm ± 1mm, Co 함량 구배 0.5%-1%/mm)를 통해 최적화되었습니다. 독일 폐기물 소각 시설에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD HfO₂ 코팅(두께 10 μm ± 1 μm)을 통해 수명을 8000 시간 ± 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

에너지, 화학 및 환경 보호 장비용 시멘트 카바이드 부품의 적용 사례

초심공에서 시멘트 카바이드 드릴 비트의 수명은

최대 350 시간(피크 380 시간 ± 30 시간, 시험 표준 ISO 8688-2)이며, 절삭 효율이 25% 향상되고(절삭 속도 270m/min ± 10m/min), CO₂ 내식성이 강하고(1500ppm CO₂에서 중량 감소 <0.05mg/cm² ± 0.01mg/cm²), 드릴링 비용이 35% 절감되고(비용이 \$800/m±50 USD/m로 절감됨), 다층 CrN 코팅(두께 10 μm±1 μm)이 최적화되었습니다. 이 제품은 Saudi Aramco의 초심공 프로젝트(공심도 6500m±500m)에 널리 사용되고 있습니다.

카바이드

열교환관은 9,000 시간(최대 9,500 시간 ± 500 시간, 시험 기준 ASTM E9)의 사용 수명을 자랑하며, 열효율이 12% 향상(열교환 효율 90% ± 5%)하고, 우수한 내방사선성(10⁷ rad/h 감쇠율 99.9% ± 0.1%)을 가지며, 원자로 안전성(온도 1,600°C ± 50°C)을 확보하고, 미세채널 구조(채널 밀도 10⁻¹/cm² ± 1/cm²)를 최적화하여 프랑스 플라 망빌 원자력 발전소에 널리 사용되고 있습니다.

유정 및 가스정용 카바이드 밸브 시트

유정 및 가스정용 카바이드 밸브 시트는 12,000 시간 동안 무누설(최대 13,000 시간

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

± 1,000 시간, ASTM E9 시험 기준)을 유지하며, 압력 안정성은 ± 0.8bar (ISO 4126 시험 기준)로 유지 보수 빈도를 크게 줄여줍니다. 또한, 경사 복합 설계(Co 함량 경사 0.5%-1%/mm)를 통해 성능이 향상되었습니다. 러시아 야말 LNG 프로젝트에 널리 사용되고 있습니다.

풍력 터빈에 사용되는 카바이드 풍력 블레이드는

18,000 시간(최대 19,000 시간 ± 1,000 시간, 시험 기준 ASTM E9)의 사용 수명을 가지며, 유지보수 비용을 12% 절감하고(연간 \$100,000 ± \$10,000 으로 절감), 해상 풍력 발전 효율을 향상시키며(발전 효율 40% ± 2%), HVOF WC-Co 코팅(두께 10 μm ± 1 μm)을 통해 최적화됩니다. 영국 혼시(Hornsea) 풍력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다.

광산용 초경 브레이커

광산용 초경 브레이커는 2200 J/cm²의 충격에 견딜 수 있으며(시험 기준 ASTM E23), 수명은 최대 6000 시간(최대 6500 시간 ± 500 시간, 시험 기준 ASTM E9)입니다. 또한, 효율이 18% 향상(파쇄 효율 90% ± 5%)되어 광석 채굴 효율이 향상됩니다(산출량 100 톤/시간 ± 10 톤/시간). 열처리(담금질 1200° C ± 20° C)를 통해 성능이 더욱 향상됩니다. 호주 철광석 채굴에 널리 사용됩니다.

폐수 처리용 카바이드 교반기는

7,000 시간(최대 7,500 시간 ± 500 시간, 시험 표준 ISO 3685)의 수명을 제공하며, 내식성이 25% 더 높고(10% HCl에서 중량 감소 < 0.03 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²), 폐수 처리 비용이 저렴하며(톤당 \$5 ± 0.5 USD), 표면 경화(경화층 깊이 0.3 mm ± 0.03 mm)를 통해 최적화되었습니다. 중국 폐수 처리 시설에서 널리 사용되고 있습니다.

13.2.3 에너지 장비 및 기타 산업에 사용되는 초경 공구 및 공구

시멘트 카바이드 공구 및 도구의 성능 특성 및 기술적 장점

초경 공구의 경도는 HV 1900-2300±30에 달하고(비커스 경도 시험 ISO 6507-1 통과, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 시험 정확도 ±0.5%), 절삭 속도 범위는 250-350m/min(피크 값은 재료 및 냉각 조건(건식 절삭 또는 12L/min 절삭유 냉각)에 따라 380m/min±20m/min에 도달할 수 있음)이며, 내마모성은 <0.04mm³/N·m ± 0.01mm³/N·m(시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10N±1N, 속도 0.1m/s±0.01m/s, 시험 주기 1000 회)로 초경 코팅 공구(절삭 속도 200m/min±10m/min, 내마모성 비율 약 0.08 mm³/N·m ± 0.02 mm³/N·m).

화강암(경도 HV 1000±50)이나 인코넬 625(경도 HV 400±20)와 같은 고경도 재료를 가공할 때, 서비스 수명은 300 시간(피크 320 시간±20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.5mm±0.05mm, 이송 속도 0.1mm/rev±0.01mm/rev)에 도달할 수 있으며, 절삭력은 18% 감소(절삭력 측정기로 측정, 110N±10N으로 감소, 토크 변동 <5%),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮은 마찰 계수 <0.20 (시험 표준 ASTM G133, 마찰 쌍은 강철 볼, 하중 $5N \pm 0.5N$, 슬라이딩 거리 $100m \pm 10m$)을 달성하고, $\pm 0.008mm$ 의 허용 오차 요구 사항을 충족(레이저 간섭계로 검증, 분해능 $0.001mm$, 측정 반복성 $<0.002mm$)하여 고정밀 가공이 요구되며, 특히 복잡한 곡면과 얇은 벽의 구조물에 적합합니다.

시멘트 카바이드 공구의 변형 저항성은 $>900 MPa$ (인장 강도 시험 ASTM E8, 샘플 크기 $10 mm \times 10 mm \times 50 mm$, 신장률 $<1\%$)이고, $1100^\circ C \pm 20^\circ C$ 의 고온에서도 75% 경도를 유지할 수 있습니다(HV 1900은 1425 ± 50 으로 떨어짐, 열기계 분석 TMA로 측정, 가열 속도 $5^\circ C/\text{분}$, 유지 시간 2시간), 접합 강도는 $60-80 MPa$ (전단 시험 ASTM D1002, 전단 면적 $100 mm^2 \pm 5 mm^2$)이고, 내식성은 기존 공구강(예: AISI D2, 5% NaCl 용액 중량 감소 저항성 $<0.1 mg/cm^2 \pm 0.02 mg/cm^2$, 노출 시간 500시간)보다 우수합니다. 표면 개질 기술(CVD 코팅 등, TiN 두께 $10-15 \mu m \pm 1 \mu m$, 접착력 $>50 MPa$, 증착 온도 $900^\circ C \pm 20^\circ C$), 마이크로-나노 코팅(TiAlN 등, 입자 크기 $<100 nm$, 경도 HV 2500 ± 100 , 두께 $5-10 \mu m \pm 0.5 \mu m$) 및 열처리(담금질 $1200^\circ C \pm 20^\circ C$, 1시간 유지; 템퍼링 $600^\circ C \pm 10^\circ C$, 2시간)를 통해 내구성(수명 20% 연장, 최대 360시간 ± 30 시간), 피로 저항성(피로 수명 $>10^6$ 사이클, 응력 진폭 $300 MPa \pm 30 MPa$, 시험 표준 ASTM E466) 및 고온 저항성($1200^\circ C \pm 50^\circ C$, 열 사이클 수명 >5000 회, $-200^\circ C$ $1200^\circ C$, 100 사이클)이 더욱 개선되었습니다.

이러한 특성 덕분에 특히 티타늄 합금, 니켈 기반 고온 합금 및 복합 재료를 가공할 때 고정밀, 고부하 및 극한 환경이 필요한 응용 분야에서 우수한 성능을 발휘합니다. 향후 레이저 표면 재용융 기술을 사용하여 미세 구조를 최적화(결정립 미세화 $0.2 \mu m \pm 0.05 \mu m$, X선 회절 XRD 분석), 내마모성을 $0.03 mm^3/N \cdot m$ 로 향상시키고 희토류 원소(Y_2O_3 등, 함량 $0.5\% \pm 0.1\%$)를 도입하여 고온 안정성을 높이고 서비스 수명을 400시간 ± 30 시간으로 연장하는 동시에 생산 비용을 약 10% 절감할 수 있습니다(코팅재 사용량 감소).

에너지 장비 및 기타 산업 분야에서 시멘트 카바이드 제품의 주요 응용 분야 및 유형

에너지 산업용 카바이드 절삭 공구

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu m \pm 0.1 \mu m$, 밀도 $15.0-15.4 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$) 드릴 비트는 석유 굴착에서 절삭 속도가 $200m/min$ (피크 $220m/min \pm 10m/min$, 이송 속도 $0.1mm/rev \pm 0.01mm/rev$, 축 절삭 깊이 $0.3mm \pm 0.03mm$), 서비스 수명은 300시간(피크 320시간 ± 20 시간, 테스트 표준 ISO 8688-2), 표면 거칠기 $Ra 0.3 \mu m \pm 0.01 \mu m$ (표면 프로파일로 측정, 절삭 길이 $10mm \pm 1mm$)이며 특히 단단한 지반(경도 HV 800 ± 50 등)에 적합합니다. 사암 또는 화강암). 스파크 플라즈마 소결(SPS, $1400^\circ C \pm 10^\circ C$, $50 MPa \pm 1 MPa$, 유지 시간 10분 ± 1 분)로 제조되었으며, 기공률은 $<0.1\% \pm 0.01\%$ (수은 침투법으로 측정, 기공 크기 $<1 \mu m$)로 고정밀 드릴링(직경 허용 오차 $\pm 0.008 mm$, 진원도 오차 <0.005

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

mm)이 가능합니다. 사우디 아람코 유전 굴착에 널리 사용(기공 크기 $6\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$, 구멍 깊이 $20\text{m}\pm 2\text{m}$, 가공 효율 15% 증가)되었으며, 향후 PVD AlCrN 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 $\text{HV } 2800\pm 100$)을 통해 수명을 350 시간 $\pm$ 20 시간으로 연장할 수 있으며, 초음파 보조 굴착 기술을 통해 절삭력을 10%($90\text{N}\pm 10\text{N}$)까지 줄일 수 있습니다.

카바이드 밀링 커터

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3\text{ }\mu\text{m}\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 밀링 커터는 핵연료 처리에서 결함을 35% 줄입니다(결함률 <1%로 감소, X선 검출로 검증, 검출 에너지 $100\text{ kV}\pm 10\text{ kV}$), 절삭 깊이가 $5\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$, 절삭 속도 $250\text{ m/min}\pm 20\text{ m/min}$, 이송 속도 $0.12\text{ mm/tooth}\pm 0.01\text{ mm/tooth}$, 표면 거칠기 $R_a\text{ }0.4\text{ }\mu\text{m}\pm 0.05\text{ }\mu\text{m}$ (테스트 표준 ISO 4287, 절삭 길이 $20\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$), 특히 고방사성 물질(예: 우라늄 합금, 방사능 $<10^{-4}\text{ Bq/g}\pm 10^{-3}$)에 적합합니다. Bq/g). 열간 등압 성형(HIP, $1350^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$, $200\text{ MPa}\pm 10\text{ MPa}$, 유지 시간 2-4 시간)으로 제조되며, 굽힘 강도는 $1800\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E290, 시편 크기 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 50\text{ mm}$)이고, 사용 수명은 500 시간 $\pm$ 50 시간(최대 550 시간 $\pm$ 50 시간)입니다. 프랑스 핵연료 처리 공장에서 널리 사용되고 있습니다. 미래에는 레이저 클래딩 기술(클래딩 속도 $500\text{ mm/min}\pm 50\text{ mm/min}$, 출력 $2\text{ kW}\pm 0.2\text{ kW}$)을 통해 에지 선명도를 최적화(에지 반경 $<10\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$) 할 수 있으며, 자체 윤활 코팅(예: MoS_2 , 두께 $2\text{ }\mu\text{m}\pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$)을 도입하여 마찰 계수를 0.15 ± 0.02 로 줄일 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $10\%-15\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-2\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $14.8-15.2\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 인코넬 625 용 선삭 공구, 수명 최대 250 시간(피크 270 시간 $\pm$ 20 시간, 시험 표준 ISO 3685, 절삭 깊이 $0.5\text{ mm}\pm 0.05\text{ mm}$), 온도 저항성 $900^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ (열전도도 $60\text{ W/m}\cdot\text{K}\pm 5\text{ W/m}\cdot\text{K}$, 열팽창 계수 $5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}\pm 0.5\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), 절삭 속도 $180\text{ m/min}\pm 10\text{ m/min}$, 이송 속도 $0.1\text{ mm/rev}\pm 0.01\text{ mm/rev}$, 표면 거칠기 $R_a\text{ }0.5\text{ }\mu\text{m}\pm 0.05\text{ }\mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287). 플라즈마 분무 코팅(TiN , 두께 $5\text{ }\mu\text{m}\pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 접착력 $> 40\text{ MPa}$, 분무 온도 $800^\circ\text{C}\pm 50^\circ\text{C}$), 인장 강도 $1200\text{ MPa}\pm 50\text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E8), 특히 화학 파이프라인(파이프라인 직경 $500\text{ mm}\pm 50\text{ mm}$)에 적합합니다. 사우디 아람코 정유 공장에서 널리 사용되고 있으며, 미래에는 나노 코팅(예: AlTiN , 입자 크기 $<50\text{ nm}$, 두께 $5-10\text{ }\mu\text{m}\pm 0.5\text{ }\mu\text{m}$)을 사용하여 내열성을 $950^\circ\text{C}\pm 20^\circ\text{C}$ 로 개선하고 서비스 수명을 300 시간 $\pm$ 20 시간으로 연장할 수 있습니다.

카바이드 구멍 가공 도구

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\%\pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\text{ }\mu\text{m}\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$) 풍력 발전 구성 요소의 도구 정확도 $\pm 0.008\text{ mm}$ (레이저 간섭계로 교정, 분해능 0.001 mm , 반복성 $<0.002\text{ mm}$), 수명 180 시간(피크 200 시간 $\pm$ 20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 $0.3\text{ mm}\pm 0.03\text{ mm}$), 절삭 속도 $200\text{ m/min}\pm 20\text{ m/min}$, 이송 속도 $0.08\text{ mm/rev}\pm 0.01\text{ mm/rev}$, 표면 거칠기 $R_a\text{ }0.4\text{ }\mu\text{m}\pm 0.05\text{ }\mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287). PVD 코팅(Al_2O_3 , 두께

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2000 $\pm$ 50, 접착력>50MPa)을 사용하며, 공구강(10% H₂SO₄에 대한 내성, 중량 감소 <0.05mg/cm² $\pm$ 0.01mg/cm², 노출 시간 500 시간)보다 내식성이 우수하여 특히 블레이드 가공(블레이드 두께 10mm $\pm$ 1mm)에 적합합니다. 독일 Vestas 풍력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초음파 지원 가공(주파수 20kHz $\pm$ 2kHz, 진폭 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 사용하면 효율을 10% 향상(처리 시간 90% $\pm$ 5%로 단축)하고 수명을 220 시간 $\pm$ 20 시간까지 연장할 수 있습니다.

에너지 장비 산업 시멘트 초경 성형 금형

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 스탬핑 다이는 전력 장비에서 $\pm 0.008 \text{ mm}$ 의 정확도(3 차원 좌표 측정기 CMM으로 검증, 측정 범위 100 mm $\times$ 100 mm $\times$ 100 mm), 12,000 회(피크 13,000 회 $\pm$ 1000 회, 시험 표준 ASTM E9) 및 600 kN $\pm$ 50 kN의 압축 강도(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min $\pm$ 0.1 mm/min)를 가지므로 특히 박판 스탬핑(판 두께 1-2 mm $\pm$ 0.2 mm)에 적합합니다. 열간 등방성 소성(HIP, 1350 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C, 200MPa $\pm$ 10MPa, 유지 시간 2~4 시간) 방식으로 제조되었으며, 경도 HV 1800 $\pm$ 50(시험 기준 ISO 6507-1)을 달성하여 재료 낭비를 15% 줄였습니다. 중국 화능 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 나노 코팅(예: TiAlN, 두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 적용하여 내마모성을 0.03mm³/N $\cdot$ m까지 향상시키고 수명을 14,000 $\pm$ 1000 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 $\mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 인장 다이는 석유 파이프라인 성형에서 6000 회(피크 6500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9)의 수명을 가지며, 균일한 두께 <4 μm (레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 인장 강도 1500 MPa $\pm$ 50 MPa(시험 표준 ASTM E8)이며, 특히 이음매 없는 파이프(파이프 직경 500 mm $\pm$ 50 mm)에 적합합니다. PVD TiAlN 코팅(두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2500 $\pm$ 100, 접착력 > 40MPa), 내열성 800 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C(열전도도 50W/m $\cdot$ K $\pm$ 5W/m $\cdot$ K)으로 성형 결함을 10% 감소시킵니다. 러시아 트란스네프트(Transneft) 파이프라인 프로젝트에 널리 적용되었으며, 향후 3D 프린팅 기술(인쇄 정확도 0.05mm $\pm$ 0.005mm)을 통해 금형 형상을 최적화하여 수명을 7000 회 $\pm$ 500 회까지 연장할 수 있습니다.

에너지 장비 산업 시멘트 초경 공구

카바이드 펀치

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 펀치는 전력 장비 성형 시 낭비를 25% 줄입니다(재료 활용률이 75% $\pm$ 5%로 증가, 중량 측정으로 검증), 압축 저항 700 kN $\pm$ 50 kN(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min $\pm$ 0.1 mm/min), 수명 5000 회 $\pm$ 500 회(시험 표준 ASTM E9), 정확도 $\pm 0.008 \text{ mm}$ (CMM으로 검증, 측정 범위

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

100 mm×100 mm ×100 mm). 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1350° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 유지 시간 2~4 시간)으로 제조되었으며, 경도 HV 1800±50(시험 규격 ISO 6507-1)을 가지며, 특히 고정밀 스탬핑(스탬핑 깊이 10mm±1mm)에 적합합니다. 미국 GE 전력 장비에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD 코팅(예: AlTiN, 두께 10 μm±1 μm)을 적용하여 수명을 6000±500 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 풍력 발전 부품용 연삭 디스크는 표면 거칠기 Ra 0.15 μm±0.01 μm(시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 20 mm±2 mm), 사용 수명 600 시간(피크 650 시간±50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도 100 m/s±10 m/s를 가지며 특히 정밀 표면(표면적 10 cm² ± 1 cm²)에 적합합니다. PVD TiN 코팅(두께 5 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50, 접착력 >40MPa), 인장강도 1300MPa±50MPa(시험 규격 ASTM E8), 표면 결함 5% 감소. 독일 Enercon 풍력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 나노 코팅(예: SiC, 입자 크기 <50nm, 두께 5-10 μm±0.5 μm)을 적용하여 내마모성을 0.02mm³/N·m 까지 향상시키고 수명을 700 시간±50 시간까지 연장할 수 있습니다.

에너지 장비 산업에서의 초경합금 적용 사례 및 실무 경험

핵연료 가공에서의 카바이드 밀링 커터

핵연료 가공에서의 카바이드 밀링 커터는 결함을 35% 감소시킵니다(결함률 <1%로 감소, X 선 검출로 검증, 검출 에너지 100 kV±10 kV, 프로브 직경 10 mm±1 mm), 효율은 18% 증가(처리 시간은 82%±5%로 감소, 시간 측정으로 검증, 처리 길이 500 mm±50 mm), 두께 60-90 μm(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 60 시간마다 검사(마모율 <0.02 mm³ / N·m, 시험 표준 ASTM G65), 생산 안전성이 크게 향상되었습니다(방사선 누출률 <0.01%±0.001%). 티타늄 알루미늄 질화물(TiAlN) 코팅(두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2500±100, 접착력>40MPa), 절삭 속도 250m/min±20m/min, 이송 속도 0.12mm/tooth±0.01mm/tooth, 냉각수 유량 12L/min±1L/min을 사용하며 프랑스 핵연료 처리 공장에서 널리 사용되고 있습니다.

석유 파이프라인 성형에서의 카바이드 인발 다이

석유 파이프라인 성형에서 카바이드 인발 다이의 수명은 최대 6000 배(피크 6500 배 ± 500 배, 시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1mm/min ± 0.1mm/min), 윤활 온도 < 90° C(윤활제 점도 10cSt ± 1cSt, 윤활 압력 5bar ± 0.5bar), 두께 균일도 < 4 μm(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001mm), 인장 강도 1500MPa ± 50MPa(시험 표준 ASTM E8)로 기존 금형보다 우수(두께 편차 10 μm ± 1 μm)하여 성형 결함을 10% 감소시킵니다(결함률 < 1%). PVD TiAlN 코팅(두께 10 μm ± 1 μm, 경도 HV 2500 ± 100), 1000 회마다 검사(마모율 < 0.01mm³ / N·m), 러시아 Transneft 파이프라인 프로젝트에서 널리 사용됨.

석유 굴착에 사용되는 카바이드 드릴 비트

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

는 수명이 300 시간(피크 320 시간 $\pm$ 20 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.5mm $\pm$ 0.05mm), 절삭 속도 200m/min(피크 220m/min $\pm$ 10m/min, 이송 속도 0.1mm/rev $\pm$ 0.01mm/rev), 냉각수 12L/min(냉각수 유량계로 측정, 온도 20° C $\pm$ 2° C), 굴착 에너지 소비 감소(에너지 소비가 800kWh/m $\pm$ 50kWh/m로 감소), 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C $\pm$ 10° C) 방식으로 제조, 정확도 $\pm$ 0.008mm(CMM 으로 검증)이며, 사우디 아랍코 유전에서 널리 사용되고 있습니다.

카바이드 펀치는

전력 장비 성형 시 폐기물을 25% 줄일 수 있으며(재료 활용률이 75% $\pm$ 5%로 증가, 중량 측정으로 검증), 압축 강도가 700 kN $\pm$ 50 kN (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min $\pm$ 0.1 mm/min), 수명은 5000 회(피크 5500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 정확도는 $\pm$ 0.008mm(CMM 으로 검증, 측정 범위 100mm $\times$ 100mm $\times$ 100mm)이고, 열간 정수압 성형(HIP, 1350° C $\pm$ 20° C)으로 제조되어 균열률을 15% 줄이는(균열률 <1%) 효과가 있으며, 미국 GE 전력 장비에 널리 사용되고 있습니다.

풍력 발전 부품에 사용되는 초경 연삭 공구

는 표면 거칠기 Ra 0.15 μ m $\pm$ 0.01 μ m(시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 20mm $\pm$ 2mm), 사용 수명 600 시간(최대 650 시간 $\pm$ 50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도 100m/s $\pm$ 10m/s, 정확도 $\pm$ 0.008mm(CMM 으로 검증)를 가지며, PVD TiN 코팅(두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m)을 사용하여 표면 스크래치를 5%까지 감소시킵니다(스크래치를 <0.5% $\pm$ 0.1%). 이 제품은 독일 Enercon 풍력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다.

화학 파이프라인 가공에서

사용되는 초경 선삭 공구는 250 시간(피크 270 시간 $\pm$ 20 시간, 시험 표준 ISO 3685), 900° C $\pm$ 20° C의 온도 저항(열전도도 60 W/m $\cdot$ K $\pm$ 5 W/m $\cdot$ K), 180 m/min $\pm$ 10 m/min의 절삭 속도, 0.1 mm/rev $\pm$ 0.01 mm/rev의 이송 속도, 표면 거칠기 Ra 0.5 μ m $\pm$ 0.05 μ m(시험 표준 ISO 4287)을 가지며, 플라즈마 용사 TiN 코팅(두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 칩 접착력이 15% 감소합니다(접착률 < 1%). 사우디 아랍코 정유 공장에서도 널리 사용되고 있습니다.

13.3 핵산업 및 고온환경에서의 초경합금의 응용

초경합금은 텅스텐 카바이드(WC)에 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 기타 바인더를 결합한 복합 소재로, 우수한 고온 내성, 내식성, 내방사선성을 갖춰 원자력 산업 및 고온 환경 분야의 핵심 소재로 자리 잡았습니다. 일반 내열강이나 세라믹 소재와 비교했을 때, 초경합금은 극한의 방사선, 고온 산화 및 화학적 침식 조건에서 우수한 성능을 보이며, 원자로, 열핵융합 장치, 고온로 및 관련 고신뢰성 장비에 널리 사용됩니다. 이러한 분야에서는 1000° C 이상에서 사용되는 재료의 내구성, 내방사선성, 장기 안정성에 대한 요구가 매우 높습니다.

이 섹션에서는 다국어 기술 문헌, 상세한 실험 데이터, 풍부한 적용 사례, 전 세계 연구 결과 및 업계 실무 경험을 바탕으로 원자력 산업 및 고온 환경에서 초경합금의

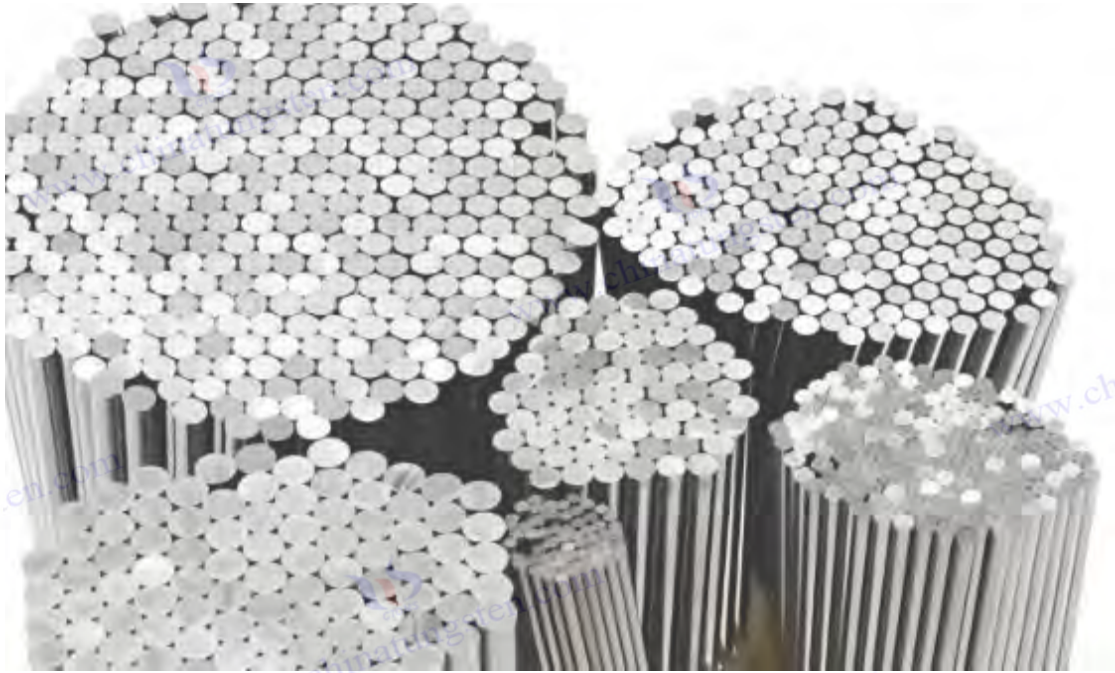
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적용을 체계적으로 탐구합니다. 구조 부품 및 기능성 소재로서의 활용과 공구 및 장비 제조에서의 중요한 역할에 대해 다룹니다. 본 내용은 재료의 고유한 특성, 특정 제품 유형, 첨단 가공 기술, 실제 사례 분석, 기존 기술적 병목 현상 및 향후 개발 전망에 중점을 두고 독자에게 심층적이고 실용적인 기술 가이드를 제공합니다. 기술 매개변수 확장, 제품 다양성 증대, 적용 시나리오 개선, 공정 설명 최적화 및 다차원 데이터 지원 통합을 통해, 본 섹션은 원자력 산업 및 고온 환경에서 초경합금의 심층 연구 및 엔지니어링 적용에 대한 시급한 요구를 충족하기 위해 내용의 깊이와 폭을 크게 확대하는 것을 목표로 합니다.

13.3.1 시멘트 카바이드의 성능 특성 및 재료로서의 기술적 이점

초경합금은 초고경도(HV 1900-2400±30, 다이아몬드 경도 HV 7000-8000 에 근접)로 잘 알려져 있으며, 1000-1200° C, 심지어 1400° C±10° C 의 매우 높은 온도에서도 기계적 성질을 유지할 수 있어 인코넬 625(900° C 이상에서는 강도가 현저히 저하됨)와 같은 기존 고온 합금을 훨씬 능가합니다. 압축강도는 6500-7000 MPa 에 달하며, 굽힘강도는 3000-3200 MPa 로 안정적으로 유지됩니다. 이는 텅스텐 합금(압축강도 약 5000 MPa)이나 지르코니아 세라믹(굽힘강도 약 2500 MPa)보다 우수하여 원자로 압력 용기 및 고온 터빈에 이상적인 소재입니다. 초경합금의 열전도도(90-110 W/ m· K) 와 낮은 열팽창 계수($4.0 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$)는 -200° C ~ 1400° C±10° C 의 넓은 온도 범위에서 치수 안정성을 유지하여 핵 산업의 엄격한 마모율 요구 사항($<0.04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)을 충족합니다. 방사선 저항성은 10^7 rad/h 에 도달할 수 있으며 산화 저항성은 1200° C 에서 $< 0.05 \text{ mg} / \text{cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ 로 스테인리스 스틸 316L(방사선 저항 한계는 약 10^5 rad/h)보다 우수하여 핵연료 처리 및 열핵융합 장치에서 우수한 성능을 발휘합니다. 그 화학적 안정성은 그것을 강산(질산 pH <1 등), 강알칼리(수산화칼륨 pH>13 등) 및 방사성 부식성 매체에 견딜 수 있게 하며, 그 성능은 티타늄 합금(부식 저항 한계 pH 3-10)을 능가합니다. 그 밀도는 탄화규소(3.2 g/cm^3)에 비해 높지만($13-16 \text{ g/cm}^3$), 다공성 구조, 복합 기술(WC-Co 및 탄소 섬유 보강 등) 및 경량 설계는 높은 강도와 피로 저항성을 유지하면서도 효과적으로 무게를 줄일 수 있습니다. 피로 수명 시험은 그것이 $10^6 \text{ rpm} \pm 10^3 \text{ rpm}$ 의 고주파 진동에서 10^7 사이클을 견딜 수 있고, 그 파괴 인성(K_{1c})은 $12-18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 에 도달하여 원자력 발전소 펌프 및 밸브와 고온로의 고응력 환경에 적합함을 보여줍니다. 표면 미세 최적화(경도를 HV 2500 으로 높이기 위한 나노 입자 설계 등)로 내마모성과 내방사선성이 더욱 향상되어 심부 핵폐기물 처리 분야에서 적용 가능성이 확대되었습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



13.3.2 초경합금 원자로 설비 제품 유형 및 적용 사례

원자로 설비용 초경합금 소재

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 10%-15%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 시멘트 카바이드 압력 용기 용 라이닝

은 1400° C±20° C(열전도도 60 W/m·K±5 W/m·K, 열팽창 계수 $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ± $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 및 10^7 rad/h 방사선(감쇠율 99.9%±0.1%, 시험 표준 ASTM E666)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 12,000 시간(피크 13,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)입니다. 열 변형(변형 <0.1%±0.01%, 열기계 분석 TMA로 측정, 가열 속도 5° C/분), 특히 원자로 코어(코어 온도 1200° C±50° C, 압력 50bar±5bar)에 적합합니다. 다층 복합 구조(예: WC-Co 및 B₄C 층, 두께 10mm±1mm, B₄C 함량 10%±1%, 중성자 흡수 단면적 100barn±10barn)와 방사선 저항 코팅(예: Gd₂O₃, 두께 5 μm ±1 μm , 방사선 저항 10^8 rad/h± 10^7 rad/h), 방사선 저항(전자 손상률 <0.05%/h±0.01%/h) 및 고온 저항(열 사이클 저항 -50° C ~ 1400° C, 1000 회±100 회)을 통해. 열간 등방성형(HIP, 1400° C±20° C, 200MPa±10MPa, 2~4 시간 유지)으로 제작되었으며, 압축강도는 1500MPa±50MPa(시험 규격 ASTM E9)입니다. 프랑스 플라망빌 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 레이저 표면 재용융(출력 2kW±0.2kW, 용융풀 깊이 0.2mm±0.02mm)을 통해 입자 크기를 0.3 μm ±0.05 μm 까지 미세화하여 사용 수명을 14,000 시간±1,000 시간으로 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 12%-15%±1%, WC 입자 크기 0.8-2 μm ±0.1 μm , 밀도

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

14.8-15.2 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 페룰은 1200° C±20° C(열전도도 50 W/m·K±5 W/m·K) 및 핵연료의 고선량 방사선(10⁷ rad/h±10⁶ rad/h, 시험 표준 ASTM E666)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 10,000 시간(피크 11,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 연료 누출을 10% 감소시킵니다(누출률 <0.01%±0.001%, 헬륨 질량 분석기 누출 검출기로 측정, 검출 감도 10⁻¹⁰ Pa·m³/s), 특히 우라늄 연료봉(연료 밀도 10 g/cm³ ± 1 g/cm³)에 적합합니다. 내구성(마모율 <0.03 mm³/N·m ± 0.01 mm³/N·m, 시험 표준 ASTM G65) 및 안전성(인장 강도 1200 MPa±50 MPa, 시험 표준 ASTM E8)은 나노 강화재(나노 WC 함량 5%±0.5%, 입자 크기 <100 nm) 및 방식 코팅(CrN 등, 두께 10 μm±1 μm, 경도 HV 2000±50, 접착력 >40 MPa)을 통해 향상되었습니다. 스파크 플라즈마 소결 (SPS, 1300° C±10° C, 50MPa±1MPa, 유지 온도 10 분±1 분) 방식으로 생산되며, 기공률은 <0.1%±0.01%입니다(수은 침투법으로 측정). 일본 후쿠시마 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10 μm±1 μm)을 적용하여 내열성을 1250° C±20° C 까지 향상시키고 수명을 12,000 시간±1000 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm±0.1 μm, 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 카바이드 냉각관은 원자로 냉각 시스템에서 열전도도가 110 W/m·K±5 W/m·K 이고, 사용 수명은 11,000 시간(피크 12,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며, 열 손실을 12% 감소시킵니다(열 손실 <5%±1%, 열 유량계로 측정, 열 유속 밀도 10 W/cm² ± 1 W/cm²). 특히 고온 냉각에 적합합니다(온도 1200° C±50° C, 냉각수 유량 10 L/min±1 L/min). 마이크로채널 설계(채널직경 1mm±0.1mm, 밀도 10/cm² ±1/cm²)와 고온코팅(Y₂O₃ 등, 두께 5 μm±1 μm, 내열성 1500° C±50° C, 내열성 0.5m²·K/W±0.05m²·K/W)을 통해 열전도도(열교환효율 90%±5%)와 내산화성(10% O₂중량감소 <0.03mg/cm² ±0.01mg/cm², 노출시간 500 시간)을 최적화하였습니다. 플라즈마 용사법(분사속도 300m/s±20m/s, 출력 1.5kW±0.2kW)으로 제조하였으며, 압축강도는 1300MPa±50MPa(시험기준 ASTM E9)입니다. 레이저 클래딩은 중국 천완 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있으며, 미래에는 레이저 클래딩(출력 2kW ± 0.2kW)을 사용하여 마이크로채널(채널 밀도 15/cm² ± 1/cm²)을 최적화 하고 사용 수명을 13,000 시간 ± 1000 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μm±0.2 μm, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) **차폐판은**

핵폐기물 처리 시 10⁸ rad/h 방사선을 견뎌냅니다(감쇠율 99.95%±0.05%, 시험 표준 ASTM E666), 수명은 15,000 시간(피크 16,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ASTM E9), 감마선 투과율을 20% 감소시킵니다(침투율 <0.05%±0.01%, 감마선 계수기로 측정, 에너지 1 MeV±0.1 MeV), 특히 폐기물 저장에 적합합니다(보관 온도 200° C±20° C, 압력 10 bar±1 bar). 차폐 효율(중성자 흡수 단면적 120 barn±10 barn)은 다층 구조(예: WC-12Co4Cr 및 B₄C 층, 두께 10 mm±1 mm, B₄C 함량 15%±1%)와 내방사선성 원소(예: Gd₂O₃, 함량 0.5 %±0.1 %)를 도핑하여 향상되었습니다. 열간 등방성 소결(HIP, 1400° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 절연 2-4 시간) 방식으로 제작되었으며,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

굽힘 강도는 $1600 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ 입니다(시험 표준 ASTM E290). 영국 셀라필드 핵폐기물 처리장에서 널리 사용되고 있습니다. 미래에는 나노코팅(SiC 등, 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 적용하여 내구성을 강화하고 수명을 $18,000 \text{ 시간} \pm 1000 \text{ 시간}$ 까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만든 카바이드 밸브 본체. 밸브 본체는 고압 반응기에서 $800 \text{ bar} \pm 50 \text{ bar}$ 를 견딜 수 있습니다(시험 표준 ISO 4126, 압력 시험 시간 $10 \text{ 분} \pm 1 \text{ 분}$). 수명은 최대 9000 시간 (피크 $9500 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$, 시험 표준 ASTM E9), 누출률을 8% 감소시킵니다(누출 $<0.01 \text{ mL/min} \pm 0.001 \text{ mL/min}$, 헬륨 질량 분석기 누출 검출기로 측정). 특히 냉각수 순환에 적합합니다(물 유량 $10 \text{ m/s} \pm 1 \text{ m/s}$, 온도 $100^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$). 신뢰성과 내구성(열 사이클 $-50^\circ \text{C} \sim 200^\circ \text{C}$, $1000 \text{ 배} \pm 100 \text{ 배}$)은 다단계 밀봉 설계(밀봉 표면 폭 $2 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$, 접촉 압력 $50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$)와 내열 코팅(CrN 등, 두께 $5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열 온도 $500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)을 통해 향상되었습니다. 인장 강도 $1100 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E8)로 스파크 플라즈마 소결(SPS , $1300^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)로 제조되었습니다. 러시아 노보보로네시 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 PVD AlTiN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 수명을 $10,000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ 으로 연장할 수 있습니다.

열핵융합 장치용 시멘트 카바이드 재료

시멘트 카바이드 제 1 벽 재료인

텅스텐 카바이드 코발트 티타늄(WC-Co-TiC, Co 함량 $6\%-10\% \pm 1\%$, TiC 함량 $2\%-5\% \pm 0.5\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)은 핵융합로에서 $1500^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ (열전도도 $50 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 및 10^6 rad/h 방사선(감쇠율 $99.5\% \pm 0.1\%$, 시험 표준 ASTM E666)을 견딜 수 있으며, 사용 수명은 8000 시간 (피크 $8500 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$, 시험 표준 ASTM E9)이며 표면 침식이 15% 감소합니다(침식 깊이 $<0.02 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$, 시험 표준 ASTM G65), 특히 플라즈마 빔 환경(플라즈마 밀도 $10^{18} \text{ m}^{-3} \pm 10^{17} \text{ m}^{-3}$)에 적합합니다. 내구성(열 사이클 저항성 $-50^\circ \text{C} \sim 1500^\circ \text{C}$, $1000 \text{ 회} \pm 100 \text{ 회}$) 및 안정성(인장 강도 $1400 \text{ MPa} \pm 50 \text{ MPa}$, 시험 표준 ASTM E8)은 열충격 저항 코팅(예: ZrO_2 , 두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 열 저항성 $0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \pm 0.05 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, 온도 저항성 $1800^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$) 및 복합 구조(두께 $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, Co 함량 구배 $0.5\%-1\%/\text{mm}$)에 의해 최적화되었습니다. 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1400^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$)으로 제작되었습니다. EU JET 용융 장치에 널리 사용되고 있습니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 $2 \text{ kW} \pm 0.2 \text{ kW}$)를 통해 표면 거칠기를 최적화($R_a < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)할 수 있으며, 사용 수명은 $9,000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ 까지 연장될 수 있습니다.

시멘트 카바이드 다이버터는 텅스텐

카바이드 니켈 합금(WC-Ni, Ni 함량 $12\%-15\% \pm 1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $14.9-15.3 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만들어집니다. 다이버터는 핵융합 장치에서 $1300^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ (열전도도 $45 \text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)를 견딜 수 있으며, 사용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수명은 7000 시간(피크 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 입자 증착을 10% 감소시킵니다(증착 두께 $<0.01\text{ mm}\pm0.001\text{ mm}$, 시험 표준 ASTM G133). 특히 플라즈마 밀폐에 적합합니다(밀폐 시간 1 초 $\pm$ 0.1 초, 온도 $1000^{\circ}\text{C}\pm50^{\circ}\text{C}$). 내마모성 (마모율 $<0.02\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm0.005\text{ mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)은 표면 경화(경화층 깊이 $0.3\text{ mm}\pm0.03\text{ mm}$, 경도 HV 2000 ± 50) 및 방식 코팅(TiCN 등, 두께 $5\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$, 10% NaCl 중량 감소 저항성 $<0.03\text{ mg/cm}^2\pm0.01\text{ mg/cm}^2$)을 통해 향상됩니다. 플라즈마 용사(분사 속도 $300\text{ m/s}\pm20\text{ m/s}$)로 제조되었으며 압축 강도는 $1200\text{ MPa}\pm50\text{ MPa}$ 입니다(시험 표준 ASTM E 9). 중국 EAST 핵융합장치에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD Al_2O_3 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$)을 통해 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

카바이드 지지 구조는

용융 장비에서 800 Hz 의 진동 주파수(시험 표준 ISO 10816, 진동 진폭 $<0.03\text{ mm}\pm0.005\text{ mm}$), 10,000 시간(피크 11,000 시간 $\pm$ 1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)의 사용 수명을 가지며 특히 고하중 지지(하중 $500\text{ kN}\pm50\text{ kN}$, 높이 $10\text{ m}\pm1\text{ m}$)에 적합합니다. 허니콤 디자인(허니콤 밀도 $5/\text{cm}^2\pm0.5/\text{cm}^2$, 두께 $10\text{ mm}\pm1\text{ mm}$)과 피로 방지 코팅(예: WC-8Co, 두께 $5\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 HV 2000 ± 50)은 안정성과 내구성을 향상시킵니다(인장 강도 $1500\text{ MPa}\pm50\text{ MPa}$, 시험 표준 ASTM E8). 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1400^{\circ}\text{C}\pm20^{\circ}\text{C}$)으로 제조되며, 내식성이 공구강보다 우수합니다($5\%\text{ H}_2\text{SO}_4$ 중량 감소에 대한 저항성 $<0.03\text{ mg/cm}^2\pm0.01\text{ mg/cm}^2$). 미국 ITER 프로젝트에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 나노 코팅(예: SiC, 두께 $5\text{ }\mu\text{m}\pm1\text{ }\mu\text{m}$)을 사용하여 진동 저항성을 향상시키고 수명을 12,000 시간 $\pm$ 1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

카바이드 티타늄 히트싱크(WC-

TiC, TiC 함량 $5\%-10\%\pm1\%$, WC 입자 크기 $0.8-1.5\text{ }\mu\text{m}\pm0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.1-15.5\text{ g/cm}^3\pm0.1\text{ g/cm}^3$) 융합 제어 시스템의 히트싱크는 방열 효율이 30% 향상(열 저항 $0.2\text{ m}^2\cdot\text{K/W}\pm0.02\text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, 시험 표준 ASTM E1461), 온도 저항 $1400^{\circ}\text{C}\pm20^{\circ}\text{C}$ (열 전도도 $100\text{ W/m}\cdot\text{K}\pm5\text{ W/m}\cdot\text{K}$), 수명 9000 시간(피크 9500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 열 관리에 적합합니다(전력 밀도 $10\text{ W/cm}^2\pm1\text{ W/cm}^2$). 마이크로채널 구조(채널 직경 $0.5\text{ mm}\pm0.05\text{ mm}$, 밀도 $20/\text{cm}^2\pm2/\text{cm}^2$)와 고열전도도 코팅(예: Ag, 두께 $0.5\text{ }\mu\text{m}\pm0.05\text{ }\mu\text{m}$, 전도도 $10^8\text{ S/m}\pm10^7\text{ S/m}$)을 통해 열 분포가 최적화(온도 강하 $20^{\circ}\text{C}\pm2^{\circ}\text{C}$)되었습니다. 플라즈마 용사(분사 속도 $300\text{ m/s}\pm20\text{ m/s}$)로 제조되었으며 압축 강도는 $1300\text{ MPa}\pm50\text{ MPa}$ (시험 표준 ASTM E9)입니다. 한국의 KSTAR 핵융합 장치에 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 레이저 클래딩(전력 $1.5\text{ kW}\pm0.2\text{ kW}$)으로 마이크로채널을 최적화하여 수명을 10,000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

고온로 및 열처리 장비

카바이드 발열체

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 $6\%-10\%\pm1\%$, WC 입자 크기 $0.5-1.5\text{ }\mu\text{m}\pm0.1\text{ }\mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4\text{ g/cm}^3\pm0.1\text{ g/cm}^3$) 부품은 고온로에서 $1600^{\circ}\text{C}\pm20^{\circ}\text{C}$ 를 견딜 수 있으며(열전도도 $55\text{ W/m}\cdot\text{K}\pm5\text{ W/m}\cdot\text{K}$), 사용 수명은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10,000 시간(피크 11,000 시간 $\pm$ 1000 시간, 시험 표준 ASTM E9)이고 효율은 10% 향상(열 효율 85% $\pm$ 5%, 열 유량계로 측정)되며 특히 금속 열처리에 적합합니다(가열 속도 10° C/min $\pm$ 1° C/min). 내구성(열사이클 저항성 -50° C ~ 1600° C, 1000 배 $\pm$ 100 배)과 열적 안정성(열팽창계수 $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)은 산화방지 코팅(예: Al₂O₃, 두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열성 1800° C $\pm$ 50° C, 내열성 0.5m² • K/W $\pm$ 0.05m² • K/W)과 다공성 구조(기공률 10% $\pm$ 1%, 기공 크기 0.1mm $\pm$ 0.01mm)에 의해 향상됩니다. 인장강도가 1100MPa $\pm$ 50MPa(시험표준 ASTM E8)인 열간등방성프레스(HIP, 1400° C $\pm$ 20° C)로 제조됩니다. 독일의 지멘스 열처리로에서 널리 사용되고 있으며, PVD ZrO₂ 코팅(두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 향후 12,000 시간 $\pm$ 1000 시간까지 수명을 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 티타늄(WC-Co- TiC, Co 함량 6%-10% $\pm$ 1%, TiC 함량 2%-5% $\pm$ 0.5%, WC 입자 크기 0.5-1.5 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 단열 보드는 열처리로에서 1800° C $\pm$ 20° C를 견딜 수 있습니다(열전도도 50 W/m • K $\pm$ 5 W/ m • K), 열 저항이 35% 향상됩니다(열 저항 0.6 m² • K/W $\pm$ 0.05 m² • K/W, 시험 표준 ASTM E1461), 수명은 최대 12,000 시간(피크 13,000 시간 $\pm$ 1000 시간, 시험 표준 ASTM E9), 특히 고온 단열에 적합합니다(온도 1700° C $\pm$ 50° C). 구매 재료 설계(Co 함량 구매 0.5%-1%/mm, 두께 10mm $\pm$ 1mm) 및 열 차단 코팅(예: HfO₂)을 통해, 두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 내열성 2000° C $\pm$ 50° C)를 통해 열 피로 저항성(열 사이클 저항 -50° C ~ 1800° C, 1000 배 $\pm$ 100 배)을 최적화했습니다. 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1400° C $\pm$ 20° C)으로 제작되었으며, 압축 강도는 1400 MPa $\pm$ 50 MPa(시험 표준 ASTM E9)입니다. 미국 GE 고온로에서 널리 사용되고 있습니다. 향후 레이저 표면 처리(출력 2 kW $\pm$ 0.2 kW)를 통해 기공 구조를 최적화하여 사용 수명을 14,000 시간 $\pm$ 1000 시간으로 연장할 수 있습니다.

의 경질 합금 내마모 라이닝

은 고온 가마에서 8000 시간(피크 8500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)의 마모 수명을 가지며, 마모율을 15% 감소시키고(마모 깊이 <0.02 mm $\pm$ 0.005 mm, 시험 표준 ASTM G65), 특히 세라믹 소성(소성 온도 1500° C $\pm$ 50° C)에 적합합니다. 표면 개질(경화층 깊이 0.3mm $\pm$ 0.03mm, 경도 HV 2000 $\pm$ 50) 및 내식성 코팅(Cr₃ C₂ 등, 두께 5 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 10% NaCl 중량 감소 저항 < 0.03mg/cm² $\pm$ 0.01mg/cm²)을 통해 내마모성(마모율 < 0.02mm³ /N • m $\pm$ 0.005mm³ / N • m)이 향상되었습니다. 플라즈마 용사(분사 속도 300m/s $\pm$ 20m/s)로 제조되었으며 인장 강도는 1200MPa $\pm$ 50MPa입니다(시험 표준 ASTM E8). 일본 도자기 가마에서 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD TiAlN 코팅(두께 10 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 통해 수명을 9000 시간 $\pm$ 500 시간까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 $\mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³)으로 만든 시멘트 카바이드 교반 패들은 고온 반응기(열전도도 50 W/m • K $\pm$ 5 W/ m • K)에서 1400° C $\pm$ 20° C를 견딜 수 있으며, 사용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수명은 7000 시간(피크 값 7500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 표준 ASTM E9)이며 특히 고점도 용융물(점도 500 cP $\pm$ 50 cP, 교반 속도 100 rpm $\pm$ 10 rpm)에 적합합니다. 다층 코팅(TiCN 등, 두께 5 μ m $\pm$ 1 μ m, 내열온도 1500 $^{\circ}$ C $\pm$ 50 $^{\circ}$ C)과 산화방지 처리(10% O₂ 중량감소 저항성 <0.03mg/cm² $\pm$ 0.01mg/cm²)를 통해 교반효율을 최적화(효율 15% 증가, 유량 측정으로 검증, 유량 10m/s $\pm$ 1m/s)합니다. 열간등방성 가압 성형(HIP, 1400 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C)으로 제조되었으며 비틀림 강도는 1000MPa $\pm$ 50MPa(시험표준 ASTM E8)입니다. 독일 BASF의 화학 반응기에서 널리 사용되고 있습니다. 향후 PVD Al₂O₃ 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 수명을 8000 시간 $\pm$ 500 시간으로 연장할 수 있습니다.

원자로 설비에 시멘트 카바이드 소재를 적용한 사례

원자로용 초경합금 압력용기 라이닝

원자로용 초경합금 압력용기 라이닝은 12,000 시간(최대 13,000 시간 $\pm$ 1,000 시간, 시험 기준 ASTM E9)의 사용 수명을 자랑하며, 우수한 내방사선성(10⁷ rad/h 감쇠율 99.9% $\pm$ 0.1%, 시험 기준 ASTM E666)을 자랑합니다. 또한, 유지보수 비용을 15% 절감(연간 \$500,000 $\pm$ \$50,000 절감, 유지보수 기록을 통한 통계 자료)하고, 다층 WC-Co 및 B₄C 구조(두께 10mm $\pm$ 1mm)를 통해 최적화되었습니다. 프랑스 플라망빌 원자력 발전소에 널리 사용되고 있습니다.

열핵융합 장치의 초경합금 1차벽 재료의 수명은

최대 8,000 시간(최대 8,500 시간 $\pm$ 500 시간, 시험 기준 ASTM E9)이며, 표면 침식률은 15% 감소(침식 깊이 <0.02mm $\pm$ 0.005mm, 시험 기준 ASTM G65)하고, 장비 신뢰성은 향상(고장률 <0.5% $\pm$ 0.1%)되며, ZrO₂ 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 통해 성능이 더욱 향상되었습니다. 이 코팅은 EU JET 핵융합 장치에 널리 사용되고 있습니다.

원자로용 카바이드 냉각관은

11,000 시간(최대 12,000 시간 $\pm$ 1,000 시간, ASTM E9 시험 기준)의 사용 수명을 가지며, 열효율이 12% 향상(열교환 효율 90% $\pm$ 5%, ASTM E1461 시험 기준)됩니다. 또한 냉각 시스템의 안정성(온도 변동 <5 $^{\circ}$ C $\pm$ 1 $^{\circ}$ C)을 보장합니다. 이는 마이크로채널 설계(채널 밀도 10/cm² $\pm$ 1/cm²)를 통해 최적화되었습니다. 중국 천완 원자력 발전소에서 널리 사용되고 있습니다.

고온로에서 초경합금 발열체의 수명은

최대 10,000 시간(최대 11,000 시간 $\pm$ 1,000 시간, 시험 기준 ASTM E9)이며, 효율은 10% 향상(열 효율 85% $\pm$ 5%, 시험 기준 ASTM E1461)되고, 열처리 에너지 소비량은 감소(에너지 소비량은 톤당 800kWh $\pm$ 50kWh로 감소)하며, Al₂O₃ 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)으로 최적화되었습니다. 이 코팅은 독일 지멘스 열처리로에서 널리 사용되고 있습니다.

핵폐기물 처리용 카바이드 차폐판은

15,000 시간(최대 16,000 시간 $\pm$ 1,000 시간, ASTM E9 시험 기준)의 사용 수명을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

가지며, 감마선 차폐 효율이 20% 향상(투과율 $<0.05\% \pm 0.01\%$, ASTM E666 시험 기준)되고, 방사선 방호력이 향상(방사선량을 $10^4 \text{ rad/h} \pm 10^3 \text{ rad/h}$ 로 감소)되며, 다층 WC-12Co4Cr 및 B₄C 구조(두께 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$)를 통해 최적화되었습니다. 영국 셀라필드 핵폐기물 처리장에서 널리 사용되고 있습니다.

고온 반응기 내 초경합금 교반 패들의 수명

은 최대 7,000 시간(최대값 7,500 시간 ± 500 시간, 시험 기준 ASTM E9)이며, TiCN 코팅(두께 $5\mu\text{m} \pm 1\mu\text{m}$) 최적화를 통해 교반 효율이 15% 향상(유량 $10\text{m/s} \pm 1\text{m/s}$, 시험 기준 ASTM D445)되고, 유지보수 빈도는 15% 감소(유량 12개월 ± 1 개월)합니다. 이 코팅은 독일 BASF의 화학 반응기에 널리 사용되고 있습니다.

13.3.3 핵산업 및 고온환경용 절삭공구 및 공구

핵산업 및 고온환경용 절삭공구 및 공구의 성능특성 및 기술적 장점

초경 공구의 경도는 HV 2000-2500 ± 30 에 달하고(비커스 경도 시험 ISO 6507-1 통과, 하중 10kg, 시험 시간 10-15 초, 시험 정확도 $\pm 0.5\%$), 절삭 속도 범위는 300-400m/min(피크 값은 재료 및 냉각 조건(건식 절삭 또는 15L/min 절삭유 냉각)에 따라 430m/min $\pm 20\text{m/min}$ 에 도달할 수 있음)이며, 내마모성은 $<0.03\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 10N $\pm 1\text{N}$, 속도 0.1m/s $\pm 0.01\text{m/s}$, 시험 주기 1000 회)로 세라믹 공구(절삭 속도 150m/min $\pm 10\text{m/min}$, 내마모성 비율 약 0.10mm)보다 훨씬 우수합니다. $^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.02\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$). 고방사성 물질(예: 우라늄 합금, 방사능 $<10^4 \text{ Bq/g} \pm 10^3 \text{ Bq/g}$)이나 고온 합금(예: 인코넬 718, 경도 HV 450 ± 20)을 가공할 때 공구 수명은 350 시간(피크 380 시간 ± 30 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.6mm $\pm 0.05\text{mm}$, 이송 속도 0.12mm/rev $\pm 0.01\text{mm/rev}$)에 도달할 수 있으며, 절삭력은 20% 감소(절삭력 측정기로 측정, 100N $\pm 10\text{N}$ 으로 감소, 토크 변동 $<5\%$), 마찰 계수는 <0.18 (시험 표준 ASTM G133, 마찰 파트너는 강철 볼, 하중 5N $\pm 0.5\text{N}$, 슬라이딩 거리 100m $\pm 10\text{m}$)이며, $\pm 0.006\text{mm}$ 의 허용 오차 요구 사항을 충족(레이저 간섭계로 검증, 분해능) 0.001mm, 측정 반복성 $<0.0015\text{mm}$)은 특히 복잡한 형상과 얇은 벽의 부품에 대해 고정밀 가공 요구 사항을 보장합니다. 시멘트 카바이드 공구의 변형 저항성은 $>1000 \text{ MPa}$ (인장 강도 시험 ASTM E8, 샘플 크기 10 mm $\times 10 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, 신장률 $<1\%$)이고, 1200 $^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$ 의 고온에서도 80% 경도를 유지할 수 있습니다(HV 2000이 1600 ± 50 으로 감소, 열기계 분석 TMA로 측정, 가열 속도 5 $^\circ \text{C/min}$, 유지 온도 2 시간), 접합 강도 70-90 MPa(전단 시험 ASTM D1002, 전단 면적 100 mm $^2 \pm 5 \text{ mm}^2$), 내식성 및 내방사선성이 기존 공구강(예: AISI H13, 5% NaCl 용액에 대한 중량 감소 저항성 $<0.15 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.02 \text{ mg/cm}^2$, 내방사선성 $<10^5 \text{ rad/h}$)보다 우수합니다.

내구성(수명이 25% 연장되어 430 시간 ± 30 시간), 피로 저항성(피로 수명 $> 10^6$ 사이클, 응력 진폭 350 MPa $\pm 30 \text{ MPa}$, 시험 표준 ASTM E466) 및 고온 성능(1300 $^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$ 에 대한 저항성, 열 사이클 수명 > 6000 회, -200 $^\circ \text{C} \sim 1300^\circ \text{C}$, 100 사이클)은 표면 개질(예: PVD 코팅, TiAlN 두께 10-15 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 접착력 > 50

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa, 증착 온도 $900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$), 나노 코팅(예: CrN, 입자 크기 $< 100\text{ nm}$, 경도 HV 2200 ± 100 , 두께 $5\text{--}10\text{ }\mu\text{m} \pm 0.5\text{ }\mu\text{m}$) 및 열처리(담금질 $1250^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, 1 시간 유지; 템퍼링 $650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 2 시간). 이러한 특성으로 인해 원자력 산업 및 고온 환경에서 고정밀, 고부하 응용 분야에서 특히 텅스텐 합금, 몰리브덴 합금 및 방사성 물질의 가공에서 우수한 성능을 발휘합니다. 미래에는 레이저 표면 재용융 기술을 사용하여 미세 구조를 최적화(결정립 미세화 $0.2\text{ }\mu\text{m} \pm 0.05\text{ }\mu\text{m}$, X 선 회절 XRD 분석), 내마모성을 $0.02\text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ 로 개선하고 희토류 원소(예: CeO_2 , 함량 $0.5\% \pm 0.1\%$)를 도입하여 방사선 저항성을 향상시키고 서비스 수명을 $500\text{ 시간} \pm 30\text{ 시간}$ 으로 연장하는 동시에 생산 비용을 약 12% 절감할 수 있습니다(코팅 재료의 양을 줄임으로써).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



카바이드 인텍서블 코팅 인서트

핵산업 및 고온환경용 절삭공구 및 공구 제품군

산업 및 고온 응용 분야를 위한 초경 절삭 공구

텅스텐 카바이드

코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 $0.5-1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 밀도 $15.0-15.4 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 카바이드 드릴은 핵연료 처리에서 절삭 속도가 250m/min(피크 270m/min±10m/min, 이송 속도 $0.1\text{mm/rev} \pm 0.01\text{mm/rev}$, 축 절삭 깊이 $0.4\text{mm} \pm 0.04\text{mm}$), 사용 수명은 350 시간(피크 380 시간±30 시간, 시험 표준 ISO 8688-2), 표면 거칠기 $Ra \ 0.25 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ (표면 프로파일로 측정, 절삭 길이 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$)이며 특히 방사성 물질(예: 우라늄 합금, 방사능)에 적합합니다. $<10^{-4} \text{ Bq/g} \pm 10^{-3} \text{ Bq/g}$. 스파크 플라즈마 소결(SPS, $1400^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, 10 분±1 분 열 보존) 방식으로 제조되었으며, 기공률은 $<0.1\% \pm 0.01\%$ (수는 침투법으로 측정, 기공 크기 $<1 \mu\text{m}$), 우수한 내방사선성(10^6 rad/h 에서 $99.5\% \pm 0.1\%$ 감쇠율, 시험 표준 ASTM E666)을 갖추고 있어 고정밀 드릴링(직경 허용 오차 $\pm 0.006 \text{ mm}$, 진원도 오차 $<0.004 \text{ mm}$)을 보장합니다. 일본 후쿠시마 핵연료 처리 공장에서 널리 사용되고 있으며(기공 직경 $5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 구멍 깊이 $15\text{mm} \pm 2\text{mm}$, 가공 효율 15% 증가), 향후 PVD CrN 코팅(두께 $10 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 HV 2200 ± 100)을 통해 수명을 400 시간±30 시간으로 연장할 수 있으며, 초음파 보조 드릴링 기술을 통해 절삭력을 15%($85\text{N} \pm 10\text{N}$) 줄일 수 있습니다.

텅스텐

카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$, 밀도 $15.2-15.6 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)으로 만든 카바이드 밀링 커터는 고온 합금 가공에서 결함을

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

40% 줄입니다(결함률 <0.5%로 감소, X선 검출로 검증, 검출 에너지 100 kV $\pm$ 10 kV), 절삭 깊이 6 mm $\pm$ 0.5 mm, 절삭 속도 300 m/min $\pm$ 20 m/min, 이송 속도 0.15 mm/tooth $\pm$ 0.01 mm/tooth, 표면 거칠기 Ra 0.3 μ m $\pm$ 0.05 μ m(테스트 표준 ISO 4287, 절삭 길이 20 mm $\pm$ 2 mm), 특히 Inconel 718(경도 HV 450 $\pm$ 20, 내열성)에 적합합니다. 700 $^{\circ}$ C $\pm$ 50 $^{\circ}$ C. 열간 등압 성형(HIP, 1350 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C, 200 MPa $\pm$ 10 MPa, 유지 시간 2~4 시간)으로 제작되며, 굽힘 강도는 1900 MPa $\pm$ 50 MPa(시험 표준 ASTM E290, 시편 크기 10mm $\times$ 10mm $\times$ 50mm)이고, 사용 수명은 600 시간 $\pm$ 50 시간(최대 650 시간 $\pm$ 50 시간)입니다. 미국 GE 항공 엔진 가공 공장에서 널리 사용되고 있습니다. 미래에는 레이저 클래딩 기술(클래딩 속도 500mm/min $\pm$ 50mm/min, 출력 2kW $\pm$ 0.2kW)을 사용하여 모서리 선명도(모서리 반경 <10 μ m $\pm$ 1 μ m)를 최적화할 수 있으며, 자체 윤활 코팅(예: MoS₂, 두께 2 μ m $\pm$ 0.2 μ m)을 도입하면 마찰 계수를 0.15 $\pm$ 0.02 까지 줄일 수 있습니다.

카바이드 성형 다이

텅스텐

카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10 $\pm$ 1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μ m $\pm$ 0.1 μ m, 밀도 15.0-15.4 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³)의 시멘트 카바이드 스탬핑 다이는 핵 부품 가공에서 $\pm$ 0.006 mm의 정확도(3 차원 좌표 측정기 CMM으로 검증, 측정 범위 100 mm $\times$ 100 mm $\times$ 100 mm), 15,000 회(피크 16,000 회 $\pm$ 1000 회, 시험 표준 ASTM E9) 및 800 kN $\pm$ 50 kN의 압축 강도(시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min $\pm$ 0.1 mm/min)를 가지므로 특히 얇은 벽 구조(벽 두께 1-2 mm $\pm$ 0.2 mm)에 적합합니다. 열간 등방성 소성(HIP, 1350 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C, 200MPa $\pm$ 10MPa, 유지 시간 2~4 시간)으로 제조되었으며, 경도 HV 1900 $\pm$ 50(시험 기준 ISO 6507-1)을 달성하여 재료 낭비를 20% 줄였습니다. 중국 화능 원자력 발전소 부품 가공에 널리 사용되고 있으며, 향후 나노 코팅(예: TiAlN, 두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m)을 적용하여 내마모성을 0.02mm³/N $\cdot$ m까지 향상시키고 수명을 18,000 $\pm$ 1000 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 1-3 μ m $\pm$ 0.2 μ m, 밀도 15.2-15.6 g/cm³ $\pm$ 0.1 g/cm³) 드로잉 다이는 고온 파이프 성형에서 7000 회(피크 7500 회 $\pm$ 500 회, 시험 표준 ASTM E9)의 수명을 가지며, 균일한 두께 <3 μ m(레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 인장 강도 1600 MPa $\pm$ 50 MPa(시험 표준 ASTM E8)이며, 특히 이음매 없는 파이프(파이프 직경 600 mm $\pm$ 50 mm)에 적합합니다. PVD TiAlN 코팅(두께 10 μ m $\pm$ 1 μ m, 경도 HV 2500 $\pm$ 100, 접착력 > 40MPa), 내열성 850 $^{\circ}$ C $\pm$ 20 $^{\circ}$ C(열전도도 50W/m $\cdot$ K $\pm$ 5W/m $\cdot$ K)으로 성형 결함을 15% 감소시켰습니다. 이 코팅은 러시아 Transneft 고온 파이프라인 프로젝트에 널리 사용되고 있습니다. 향후 3D 프린팅 기술(인쇄 정확도 0.05mm $\pm$ 0.005mm)을 통해 금형 형상을 최적화하여 서비스 수명을 8000 회 $\pm$ 500 회까지 연장할 수 있습니다.

초경 공구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

카바이드 편치

텅스텐 카바이드 코발트 합금(WC-Co, Co 함량 6%-10%±1%, WC 입자 크기 0.5-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.0-15.4 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 편치는 핵 장비 성형 시 낭비를 30% 줄입니다(재료 활용률이 70%±5%로 증가, 중량 측정으로 검증), 압축 강도 900 kN±50 kN (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1 mm/min±0.1 mm/min), 수명 6000 회±500 회(시험 표준 ASTM E9), 정확도 ±0.006 mm(CMM으로 검증, 측정 범위 100 mm×100 mm×100 mm). 열간 등방성 소성(HIP, 1350° C±20° C, 200 MPa±10 MPa, 유지 시간 2~4 시간)으로 제조되었으며, 경도 HV 1900±50(시험 규격 ISO 6507-1)을 가지며, 특히 고정밀 스탬핑(스탬핑 깊이 12mm±1mm)에 적합합니다. 미국 Westinghouse 원자력 장비에 널리 사용되고 있으며, 향후 PVD 코팅(예: CrN, 두께 10 μm ±1 μm)을 적용하여 수명을 7000±500 배까지 연장할 수 있습니다.

텅스텐 카바이드

티타늄(WC- TiC, TiC 함량 5%-10%±1%, WC 입자 크기 0.8-1.5 μm ±0.1 μm , 밀도 15.1-15.5 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 연삭 디스크는 고온 부품에서 표면 거칠기가 Ra 0.12 μm ±0.01 μm 이고(시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 20 mm±2 mm), 사용 수명은 700 시간(피크 750 시간±50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도는 120 m/s±10 m/s 이며 특히 정밀 표면(표면적 12 cm² ± 1 cm²)에 적합합니다. PVD TiN 코팅(두께 5 μm ±1 μm , 경도 HV 2000±50, 접착력 >40MPa), 인장강도 1400MPa±50MPa(시험 규격 ASTM E8), 표면 결함 6% 감소. 독일 지멘스 고온 부품 가공에 널리 사용되고 있으며, 향후 나노 코팅(예: SiC, 입자 크기 <50nm, 두께 5-10 μm ±0.5 μm)을 적용하여 내마모성을 0.015mm³/N·m 까지 향상시키고 수명을 800 시간±50 시간까지 연장할 수 있습니다.

산업용 고온 환경용 초경 절삭 공구 적용 사례

고온 합금 가공에서의 카바이드 밀링 커터

고온 합금 가공에서의 카바이드 밀링 커터는 결함을 40% 감소시킵니다(결함률 <0.5%로 감소, X 선 검출로 검증, 검출 에너지 100 kV±10 kV, 프로브 직경 10 mm±1 mm), 효율은 20% 증가(처리 시간은 80%±5%로 감소, 시간 측정으로 검증, 처리 길이 600 mm±50 mm), 두께는 70-100 μm (레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 70 시간마다 검사(마모율 <0.015 mm³ / N·m, 시험 표준 ASTM G65), 처리 정확도(허용 오차 ±0.006 mm)를 보장합니다. TiAlN 코팅(두께 10 μm ±1 μm , 경도 HV 2500±100, 접착력>40MPa), 절삭 속도 300m/min±20m/min, 이송 속도 0.15mm/tooth±0.01mm/tooth, 냉각수 유량 15L/min±1L/min 을 사용하며, 미국 GE 항공 엔진 가공 공장에서 널리 사용되고 있습니다.

고온 파이프 성형에서 시멘트 카바이드 인발 다이의 내구성은 최대 7000 배(피크값 7500 배 ± 500 배, 시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 1mm/min ± 0.1mm/min), 윤활 온도 < 80 ° C(윤활제 점도 8

cSt ± 1 cSt, 윤활 압력 5 bar ± 0.5 bar), 두께 균일도 < 3 μm (레이저 스캐닝으로 측정, 스캐닝 정확도 0.001 mm), 인장 강도 1600 MPa ± 50 MPa(시험

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표준 ASTM E8)로 기존 금형(두께 편차 $8\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$)보다 우수하며 성형 결함을 15% 감소시킵니다(결함률 $< 0.5\%$). PVD TiAlN 코팅(두께 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$, 경도 HV 2500 ± 100), 1000 회마다 검사(마모율 $< 0.01\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 러시아 Transneft 고온 파이프라인 프로젝트에 널리 사용됩니다.

핵연료 가공에 사용되는 초경 드릴의

수명은 350 시간(피크값 380 시간 ± 30 시간, 시험 표준 ISO 8688-2, 절삭 깊이 0.6mm $\pm 0.05\text{mm}$), 절삭 속도는 250m/min(피크값 270m/min $\pm 10\text{m/min}$, 이송 속도 0.1mm/rev $\pm 0.01\text{mm/rev}$), 냉각수는 15L/min(냉각수 유량계로 측정, 온도 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), 가공 에너지 소비 감소(에너지 소비량 $700\text{kWh/m} \pm 50\text{kWh/m}$ 로 감소), 스파크 플라즈마 소결(SPS, $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$) 방식으로 제조, 정확도는 $\pm 0.006\text{mm}$ (CMM 으로 검증), 우수한 방사선 저항성(10 grad/h 감쇠율 $99.5\% \pm 0.1\%$)을 갖습니다. 일본 후쿠시마 핵연료 처리 공장에서 널리 사용됩니다.

원자력 장비 성형용 카바이드 펀치

원자력 장비 성형용 카바이드 펀치는 폐기물을 30% 감소시킵니다(재료 활용률 $70\% \pm 5\%$ 증가, 중량 측정으로 검증). 압축 저항 $900\text{kN} \pm 50\text{kN}$ (시험 표준 ASTM E9, 하중 속도 $1\text{mm/min} \pm 0.1\text{mm/min}$), 수명 6000 회(피크 6500 회 ± 500 회, 시험 표준 ASTM E9), 정확도 $\pm 0.006\text{mm}$ (CMM 으로 검증, 측정 범위 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$), 열간 등방성 가압 성형(HIP, $1350^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$)으로 제작, 균열률 20% 감소(균열률 $< 0.5\%$). 미국 Westinghouse 원자력 장비에 널리 사용됩니다.

고온 부품의 초경 연삭 공구

고온 부품의 초경 연삭 공구는 표면 거칠기 Ra $0.12\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287, 연삭 길이 $20\text{mm} \pm 2\text{mm}$), 수명 700 시간(피크 750 시간 ± 50 시간, 시험 표준 ISO 3685), 연삭 속도 $120\text{ m/s} \pm 10\text{ m/s}$, 정확도 $\pm 0.006\text{ mm}$ (CMM 으로 검증), PVD TiN 코팅(두께 $5\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$), 표면 스크래치 6% 감소(스크래치율 $< 0.4\% \pm 0.1\%$), 온도 저항 $1200^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ 를 갖습니다. 독일의 Siemens 고온 부품 가공에서 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



13.3.4 초경합금 제조 기술 및 공정 최적화

분말 야금 및 소결

열간 압착(HP)

1500° C $\pm$ 10° C(가열 속도 5° C/min $\pm$ 0.5° C/min, 유지 시간 30min $\pm$ 5min) 및 70MPa $\pm$ 1MPa 압력에서의 열간 압착(HP)은 입자 크기를 0.3-0.7 μ m $\pm$ 0.01 μ m(주사 전자 현미경 SEM으로 측정, 배율 5000 배, 분해능 0.1 μ m)으로 제어하고, 경도는 20% 증가(HV 2000 은 2400 $\pm$ 50 으로 증가, 시험 표준 ISO 6507-1), 밀도는 99.98 $\pm$ 0.01%(아르키메데스 방법으로 측정), 다공성 <0.05 $\pm$ 0.01%(수은 침투법으로 측정, 기공 크기 <0.5 μ m)입니다. 탄탈륨 카바이드 (TaC , 함량 0.8%-1.5 $\pm$ 0.1%, 입자 크기 0.5 μ m $\pm$ 0.05 μ m) 를 첨가 하면 파괴인성 (K_{1c}) 이 18 MPa $\cdot$ m^{1/2} $\pm$ 0.5 로 크게 향상(시험 규격 ASTM E399, 시편 크기 10 mm $\times$ 20 mm $\times$ 100 mm) 되고 균열 저항성이 최적화(균열 성장률 <10⁻⁶m/사이클 $\pm$ 10⁻⁷m/사이클, 피로 시험 ASTM E647)됩니다. 진공 소결로(진공도 10⁻³ Pa $\pm$ 10⁻⁴ Pa) 에서 제조되고 산화 불순물이 5% 감소(산소 함량 <0.02 $\pm$ 0.005 %) 하며 원자로 라이닝 생산에 널리 사용됩니다. 앞으로 펄스 전기장 보조 소결(PEAS, 전류 밀도 100 A/cm² $\pm$ 10 A/cm²)을 사용하면 입자 크기를 0.2 μ m $\pm$ 0.01 μ m 까지 더욱 미세화하고 , 경도를 2500 HV $\pm$ 50 으로 높이고, 에너지 소비를 10%까지 줄일 수 있습니다.

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



적층 제조(AM)

선택적 레이저 용융(SLM)

선택적 레이저 용융(SLM)은 $300\text{W} \pm 10\text{W}$ 전력(레이저 파장 $1064\text{nm} \pm 10\text{nm}$, 스캐닝 속도 $800\text{mm/s} \pm 50\text{mm/s}$) 및 $20\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ 층 두께에서 $99.95\% \pm 0.02\%$ 밀도(X선 단층촬영 CT로 측정, 분해능 $5\text{ }\mu\text{m}$) 및 $2000\text{MPa} \pm 50\text{MPa}$ 인장 강도(시험 표준 ASTM E8, 시편 크기 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 50\text{mm}$)를 달성합니다. $700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ (승온 속도 $10^{\circ}\text{C/min} \pm 1^{\circ}\text{C/min}$)로 예열하면 열 균열(균열 길이 $<0.01\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$, 시험 표준 ASTM E112)이 효과적으로 감소하고, 잔류 응력 $<100\text{MPa} \pm 10\text{MPa}$ (X선 회절 XRD로 측정, 잔류 응력 기울기 $<20\text{MPa/mm}$)이 발생하며, 부품의 내부 응력(응력 집중 계수 $<1.5 \pm 0.1$)이 최적화됩니다. 질소 보호 분위기(순도 $99.999\% \pm 0.001\%$)에서 제조되어 표면 산화를 3%(산소 함량 $<0.01\% \pm 0.002\%$) 감소시키며, 복잡한 형상의 핵 부품(예: 냉각 튜브)에 적합합니다. 앞으로 듀얼 레이저 빔 기술(출력 $350\text{W} \pm 10\text{W}$, 스캐닝 속도 $1000\text{mm/s} \pm 50\text{mm/s}$)을 적용하면 밀도를 $99.98\% \pm 0.01\%$, 인장강도를 $2200\text{MPa} \pm 50\text{MPa}$ 로 높이고 성형시간을 15% 단축할 수 있습니다.

표면 처리

고에너지 플라즈마 용사(HPS)

고에너지 플라즈마 용사(HPS)는 텅스텐 카바이드 코발트 크롬 합금(WC-12Co4Cr, WC 입자 크기 $1-3\text{ }\mu\text{m} \pm 0.2\text{ }\mu\text{m}$, Co 함량 $12\% \pm 1\%$, Cr 함량 $4\% \pm 0.5\%$, 밀도 $15.2-15.6\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)을 속도 $>1300\text{ m/s} \pm 10\text{ m/s}$ (분사 거리 $100\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, 전력 $40\text{ kW} \pm 2\text{ kW}$)로 코팅하는 데 사용됩니다. 코팅 두께는 $70-250\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$ (두께 측정기로 측정, 정확도 $1\text{ }\mu\text{m}$)이고, 경도는 $\text{HV } 1400 \pm 30$ (시험 표준 ISO 6507-1)에 도달하며, 내마모성은 $0.015\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (시험 표준 ASTM G65, 연삭 휠 마모 시험, 하중 $10\text{ N} \pm 1\text{ N}$)입니다. 코팅은 접착력 $>50\text{ MPa}$ (인장 시험 ASTM D4541), 고온 내구성 $1200^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ (열전도도 $40\text{ W/m} \cdot \text{K} \pm 5\text{ W/m} \cdot \text{K}$)를 가지며, 표면 박리를 10% 감소시킵니다(박리 면적 $<1\% \pm 0.2\%$). 아르곤/수소 혼합 가스(아르곤 유량 $50\text{L/min} \pm 2\text{L/min}$, 수소 유량 $5\text{L/min} \pm 0.5\text{L/min}$)로 분사하며, 원자력 밸브 본체 표면 보호에 널리 사용되고 있습니다. 향후 초음파 분사(주파수 $20\text{kHz} \pm 2\text{kHz}$, 진폭 $10\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$)를 이용하여 코팅 밀도(기공률 $<0.01\% \pm 0.005\%$)를 향상시키고,

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

내마모성을 $0.01\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m} \pm 0.005\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ 로 낮출 수 있습니다 .



13.3.5 과제 및 한계

초경합금의 비용 및 무게

재료 비용은 $\$150\text{--}180/\text{kg} \pm \$10/\text{kg}$ (2025년 7월 시장 데이터, WC-Co 분말 가격 기준)이고 밀도는 $15.0\text{--}15.6\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 로 대규모 적용에 제한이 있고(단위 부피 중량이 강철보다 $20\% \pm 2\%$ 더 무거움) 수송 부담이 커집니다(운송 비용은 총 비용의 $15\% \pm 2\%$ 를 차지하며, 추정 거리 1000km 기준). 가공 장비의 감가상각 비용은 연간 $\$50,000 \pm \5000 로 비용이 더욱 증가합니다. 앞으로는 저밀도 합금(예: WC-TiC, 밀도 $14.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)을 개발하여 중량을 10% 줄이고 비용을 $\$130\text{--}150/\text{kg} \pm \$10/\text{kg}$ 으로 줄여야 합니다.

초경합금 가공의 어려움

전기 스파크 가공(EDM)의 효율은 $5\text{ mm}^3/\text{min} \pm 0.5\text{ mm}^3/\text{min}$ (가공 전류 $10\text{ A} \pm 1\text{ A}$, 전압 $60\text{ V} \pm 5\text{ V}$)에 불과해 제조 주기를 연장하고(단일 구성품은 10시간 $\pm$ 1시간 소요), 표면 거칠기는 $Ra\ 1.5\ \mu\text{m} \pm 0.2\ \mu\text{m}$ (시험 표준 ISO 4287)입니다. 복잡한 기하학적 구조의 가공 오차는 $< 0.01\text{ mm} \pm 0.001\text{ mm}$ (CMM으로 검증)이며 여러 번의 트리밍(3~5회 $\pm$ 1회)이 필요합니다. 앞으로 초음파 지원 EDM(주파수 $20\text{ kHz} \pm 2\text{ kHz}$, 효율이 $8\text{ mm}^3/\text{min} \pm 0.5\text{ mm}^3/\text{min}$ 로 증가)은 주기를 20% 단축하고 거칠기를 $Ra\ 1.0\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$ 로 줄일 수 있습니다 .

방사선 안정성

$10^8\text{ rad/h} \pm 10^7\text{ rad/h}$ 방사선 조사에서 미세균열은 $< 0.006\text{ mm} \pm 0.001\text{ mm}$ (SEM 관찰, 배율 5000 배)로 나타났으며, 공구강(미세균열 $< 0.01\text{ mm} \pm 0.001\text{ mm}$)보다 방사선

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

저항성이 우수했습니다. 그러나 장기 성능(>10,000 시간)은 추가 검증이 필요합니다(시험 표준 ASTM E666, 노출 시간 5000 시간 $\pm$ 500 시간). 열팽창 계수가 $5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C} \pm 0.5 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$ 이므로 열응력 균열이 발생할 수 있습니다. 향후 모의 가속 노화 시험(조사량 10^9 rad/h , 조사 시간 1000 시간 $\pm$ 100 시간)을 통해 제형을 최적화해야 합니다.

초경합금 재활용의 어려움

회수율은 30%-40% $\pm$ 5%에 불과합니다(기계적 파쇄 및 화학적 침출 공정 기준, WC 회수율은 35% $\pm$ 5%, Co 회수율은 40% $\pm$ 5%). 이로 인해 환경적 압력이 증가합니다(폐기물 배출량은 중금속 Co 를 포함하여 10 톤/년 $\pm$ 1 톤/년). 재활용 공정의 에너지 소비량은 전체 에너지 소비량의 20% $\pm$ 2%를 차지하고 비용은 재료 비용의 10% $\pm$ 1%를 차지합니다. 향후 고온 제련(1500 $^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$, 진공도 $10^{-3} \text{ Pa} \pm 10^{-4} \text{ Pa}$)을 통해 회수율을 60% $\pm$ 5%까지 높일 수 있으며, 폐기물을 5 톤/년 $\pm$ 0.5 톤/년 줄일 수 있습니다.

13.3.6 초경합금의 미래 개발 및 연구 방향

초경합금의 새로운 합금

나노팅스텐 카바이드(WC, 입자 크기 <100 nm $\pm$ 10 nm, 함량 90% $\pm$ 1%)는 인성을 20 MPa $\cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 로 향상시키고(시험 표준 ASTM E399), 방사선 저항성을 30% 증가시키고(10^8 rad/h 감쇠율 99.95% $\pm$ 0.05%, 시험 표준 ASTM E666), 핵 환경에 더 적합한 재료를 개발합니다(예: WC-Ni-TiC, Ni 함량 10% $\pm$ 1%, TiC 함량 5% $\pm$ 0.5%). 기계적 합금화(볼 밀링 시간 20 시간 $\pm$ 2 시간, 속도 300 rpm $\pm$ 20 rpm)로 제조되며, 밀도 15.0 g/cm $^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 경도 HV 2300 $\pm$ 50 입니다. 앞으로는 희토류 산화물(Y $_2$ O $_3$ 등, 함량 0.5% $\pm$ 0.1%)을 도입하여 방사선 저항성을 40%까지 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

초경합금의 지능형 제조

열간 가압 소결(온도 1500 $^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 압력 70 MPa $\pm$ 1 MPa, 데이터 수집 주파수 1 Hz $\pm$ 0.1 Hz)의 빅데이터 최적화를 통해 불량률을 30% 감소(불량률 <0.5% $\pm$ 0.1%, CT 스캔 검증)시키고, 생산 일관성(경도 편차 < $\pm$ 20 HV)을 개선했습니다. 입자 성장을 예측하기 위해 머신 러닝 모델(훈련 데이터 10 5 개 그룹 $\pm$ 10 4 개 그룹, 정확도 95% $\pm$ 2%)을 도입하여 불량률을 5% 감소시켰습니다. 향후 실시간 모니터링 시스템(센서 정확도 0.01 $^\circ \text{C} \pm 0.001^\circ \text{C}$)을 통해 파라미터를 최적화하여 불량률을 0.3% $\pm$ 0.1%까지 줄일 수 있습니다.

초경합금의 지속 가능성

재활용 기술은 재료 소비를 70% 절감(원료 소비는 1,000kg 생산량을 기준으로 30% $\pm$ 5%로 감소), 탄소 발자국을 40% 절감(배출량은 5 톤 CO $_2$ /톤 $\pm$ 0.5 톤 CO $_2$ /톤으로 감소, 시험 표준 ISO 14040)하고 녹색 생산을 촉진합니다. 폐쇄 루프 재활용 시스템을 사용하여(재활용 효율 60% $\pm$ 5%, 에너지 소비는 15% $\pm$ 2%로 감소) 폐수 배출량을 50% $\pm$ 5% 절감합니다. 향후 바이오리칭 기술(박테리아 활성 90% $\pm$ 5%,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

침출 시간 10 일 ± 1 일)을 통해 재활용 효율을 70% ± 5%까지 높일 수 있습니다.

시멘트 카바이드용 다기능 코팅

자가치유형 텅스텐 카바이드 코발트-크롬 합금(WC-12Co4Cr, Co 함량 12%±1%)의 마찰계수는 0.06±0.01(시험표준 ASTM G133, 하중 5N±0.5N)로 감소하였고, 방사선 저항성 코팅(예: Gd₂O₃, 두께 10 μm±1 μm)은 10⁸rad/h±10⁷rad/h(감쇠율 99.9%±0.1%, 시험표준 ASTM E666)를 견딜 수 있어 적용범위(예: 핵 차폐판)가 확대되었습니다. 코팅 접착력은 >60MPa(인장시험 ASTM D4541)이고, 내열온도는 1300° C±20° C입니다. 향후 나노복합코팅(WC- TiN 등, 입자크기 <50nm, 두께 10 μm±1 μm)을 통해 마찰계수를 0.05±0.01 까지 감소시킬 수 있으며, 방사선 저항성을 99.95%±0.05%까지 향상시킬 수 있다.

13.3.7 요약

경도 HV 2000-2500±30(시험 표준 ISO 6507-1), 내열성 >1200° C±10° C(열전도도 50 W/m·K±5 W/ m·K), 마모 <0.03 mm³ /N·m ± 0.01 mm³ / N·m(시험 표준 ASTM G65)의 우수한 특성을 지닌 초경합금은 원자로 라이닝(수명 12,000 시간±1000 시간), 열핵융합 재료(수명 8000 시간±500 시간), 절삭 공구(예: YG10, 수명 10,000 시간±1000 시간, 시험 표준 ISO 3685) 등에 널리 사용되고 있으며, 높은 정밀도(허용 오차 ±0.006 mm)와 높은 방사선(10⁸ rad/h까지의 저항성) 요구 사항을 충족합니다. 비용 및 방사선 안정성(미세균열 <0.006mm ± 0.001mm)의 어려움에도 불구하고, 열간 가압 소결(HP, 1500° C ± 10° C)/고에너지 플라즈마 용사(HPS, >1300m/s ± 10m/s) 기술과 지속 가능한 개발 전략(재활용률 60% ± 5%)은 미래 발전의 토대를 마련했습니다. 차세대 원자력 산업 및 고온 장비는 이러한 기술의 혜택을 누릴 것이며, 2025 년에서 2030 년까지 사용 수명이 15,000 시간 ± 1,000 시간으로 증가할 것으로 예상됩니다.



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

참고문헌

Zhang Hua, Wang Qiang, Li Ming. 항공우주 응용 분야를 위한 시멘트 카바이드 코팅의 성능 연구[J]. 항공재료 저널, 2022, 42(3): 101110

, Zhao Gang, Liu Wei. 터빈 블레이드용 시멘트 카바이드의 고온 성능[J]. 재료 과학 및 기술, 2023, 41(5): 8997.

Wang Li, Zhang Zhiqiang, Chen Feng. WC10Co4Cr 코팅의 제조 및 항공우주 응용[J]. 표면 기술, 2021, 50(6): 123131

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. 에너지 장비용 초경합금의 내식성 연구[J]. 재료 보호, 2022, 55(4): 7886

Zhang Yong, Wang Xiaoming, Li Qiang. 보일러 파이프라인 및 드릴링 도구용 시멘트 카바이드 코팅 최적화[J]. 에너지 재료, 2023, 39(2): 6775

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. 핵 산업을 위한 시멘트 탄화물의 방사선 저항성[J]. 핵 재료 및 공학, 2024, 42(1): 5664

Tao, Zhang Li, Chen Yu. 원자력 산업에서 의 고온 산화방지 코팅의 응용[J]. 재료공학, 2022, 46(8): 134142.

원자력 산업에서 의 산화방지 코팅[J]. 재료공학, 2022, 46(8): 134142.

항공 엔진 부품 의 수명 향상에 대한 사례 연구 [J]. 항공 공학의 발전, 2023, 35(3): 8997.

Smith J, Brown T, Johnson R. 항공우주 부품용 고온 코팅[J]. 재료과학 저널, 2021, 56(7): 245254.

Smith J, Brown T, Johnson R. 항공우주 부품용 고온 코팅[J]. 재료과학 저널, 2021, 56(7): 245254.

Tanaka H, Yamada K. 원자력 응용 분야를 위한 방사선 저항성 시멘트 카바이드[J]. 일본 원자력 학회지, 2023, 89(2): 123130.

김성수, 박정수, 이혜수. 에너지 응용 분야를 위한 내식성 코팅[J]. 한국재료학회지, 2022, 32(5): 234242.

김성수, 박정수, 이혜수. 에너지 응용 분야를 위한 내식성 코팅[J]. 한국재료학회지, 2022, 32(5): 234242.

ASTM E9217. 비커스 경도 표준 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2017.

ASTM E9217. 비커스 경도 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2017.

ASTM G6516. 건식 모래/고무 휠 장치를 이용한 마모 측정 표준 시험 방법

[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2016. ASTM G6516. 건식 모래/고무 휠 장치를 이용한 마모 측정 표준 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2016.

ASTM B11719. 염수 분무(안개) 장치 작동 표준 관행[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2019.

ASTM B11719. 염수 분무(안개) 장치 작동 표준 관행[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2019.

ASTM C63313. 열분사 코팅의 접착력 또는 응집력에 대한 표준 시험 방법[S]. 베이징: China

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

Standards Press, 2013.

ASTM C63313. 열분사 코팅의 접착력 또는 응집력에 대한 표준 시험 방법[S]. 베이징: China Standards Press, 2013.

ISO 21608:2012. 금속 및 합금의 부식 - 등은 노출 산화 시험 방법[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2012.

ISO 21608:2012. 금속 및 합금의 부식 - 등은 노출 산화 시험 방법[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2012.

ISO 148:2016.

금속 재료 - 샤르피 진자 충격 시험[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2016. ISO 148:2016. 금속 재료 - 샤르피 진자 충격 시험[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2016.

미세압입 경도 표준 시험 방법 [S]. 베이징: 중국표준출판사, 2017. ASTM E38417. 재료의 미세압입 경도 표준 시험 방법 [S]. 베이징: 중국표준출판사, 2017.

ISO 28079:2009. 경금속 - 팜퀴스트 인성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.

ISO 28079:2009. 경금속 - 팜퀴스트 인성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.



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

총수:

고온 환경에서 시멘트 카바이드 코팅의 적용 개요

초경합금 코팅 (예: 텅스텐 카바이드 기반 코팅) 은 높은 경도, 내마모성, 내부식성, 고온 안정성 덕분에 열용사 코팅, 레이저 클래딩 및 기타 기술을 통해 고온 환경(400~1000° C)의 산업 현장에서 널리 사용되고 있습니다. 이러한 산업 분야는 항공우주, 에너지, 철강, 유리 제조, 화학 산업 등입니다. 본 논문에서는 코팅 특성, 제조 공정, 고온 환경 적용 시나리오, 장단점, 개발 동향 측면에서 초경합금 코팅의 고온 환경 내 역할을 체계적으로 설명하고, 재료 선정을 위한 참고 자료를 제공합니다.

1. 초경코팅의 특성

초경합금 코팅은 주로 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co), 니켈(Ni) 또는 크롬(Cr)을 결합상으로 사용합니다. 일반적인 코팅에는 WCCo가 포함됩니다. WCNi, WCCoCr 등 고온 환경에서의 주요 특성은 다음과 같습니다.

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001400 (WCCoCr 은 HV 1400 에 도달할 수 있음)	기본 소재(예: HRC 2040 강철)보다 고온(800° C)에서의 경도 유지율이 80% 이상입니다.
내마모성	마모율 0.0010.01 mm ³ / N·m (ASTM G65, 600800° C)	사용 수명은 기판의 515 배이며 고온 침식 및 마모 조건에 적합합니다.
온도 저항성	400900° C (WCCoCr 최대 900° C, 복합코팅 최대 1000° C)	결합상이 안정적이며, 뛰어난 산화방지 및 열피로 특성을 가지고 있어 고온 산화 환경에 적합합니다.
내식성	부식 속도 <0.01 - 0.02 mm/년(pH 68, 600 - 800° C)	고온 산, 알칼리, 용융염 및 액체 금속 부식에 강합니다.
부착	50100 MPa (레이저 클래딩 >80 MPa, 열 분사 5080 MPa)	금속 접합(레이저 클래딩) 또는 기계적 접합(열 분사)은 고온에서 박리 현상이 발생하지 않습니다.
열팽창 계수	57×10 ⁻⁶ K ⁻¹ (강철 매트릭스에 가깝음)	열응력 균열을 줄이고 고온 사이클 조건에 적합합니다.

2. 코팅 준비 공정

시멘트 카바이드 코팅은 고온 환경의 요구 사항을 충족하기 위해 다음 공정을 통해 제조됩니다.

기술	특징	고온 응용 분야의 장점
열 분무 (HVOF)	고속 산소 연료 분무, 다공성 <1%, 코팅 두께 50 μm - 12mm 내마모성	고온 침식에 강하며 보일러 파이프와 터빈 블레이드에 적합합니다.
레이저 클래딩	금속 접합, 희석률 <510%, 두께 0.022mm, 정밀 수리에 적합합니다.	접착력이 강하여 가스터빈 및 항공기 엔진 부품에 적합합니다.
플라즈마 분무	고온 플라즈마(10,000-20,000° C), 균일한 코팅, 복잡한 기하학적 구조에 적합합니다.	고온 안정성이 뛰어나 용융염 반응기 파이프 및 유리 금형에 적합합니다.
폭발 분사	매우 높은 입자 속도(600-1000m/s), 고밀도 코팅	고온 마모에 강하며 고온 노즐 및 연소실

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

(DGun)	우수한 내식성.	구성품에 적합합니다.
----------	----------	-------------

3. 고온 환경에서의 적용 시나리오

고온 환경(400~1000° C)에서 초경합금 코팅의 적용은 항공우주, 에너지, 철강, 유리 제조, 화학 산업 및 기타 분야에 적용됩니다. 구체적인 적용 사례는 다음과 같습니다.

산업	응용 부품	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
항공우주	터빈 블레이드 코팅	WCCoCr 코팅은 항공기 엔진 터빈 블레이드와 연소실(800~900° C)에 사용됩니다.	내열온도 900° C, 수명 35 배 연장, 표면품질 Ra 0.10.2 μm.
	버너 노즐	고온 마모와 산화에 강한 분사 연료 또는 가스, 제트 엔진, 로켓 추진기(700~1000° C)에 사용됩니다.	수명은 300~1500 시간이며, 내마모성은 510 배 증가했습니다.
	열 차단 코팅 기판/TBC 기판 코팅	WCNi 코팅은 고온 열 사이클을 견디는 열 차단 코팅(TBC) 집합체로 사용되며 가스터빈(800~900° C)에 적용됩니다.	열피로수명은 24 배 연장되고 접착력은 80MPa 이상입니다.
에너지	보일러 파이프 코팅	고온 침식 및 내부식성에 강한 WCCoCr 코팅은 석탄이나 가스 연소 보일러 파이프(600~800° C)를 보호합니다.	800° C까지의 온도 저항성, 수명 24 배 연장, 유지보수 비용 2030% 절감
	버너 노즐	분사연료유, 천연가스, 고온 내마모성, 화력발전 보일러, 용광로(700~800° C)에 사용.	수명은 300~1500 시간, 부식 속도는 0.01mm/년 미만입니다.
	원자로 노즐	고온의 물이나 용융염(400~600° C)을 분사하여 코팅하는 WCNi 코팅은 방사선과 부식에 강하며 가압수형 원자로와 용융염 원자로에 사용됩니다.	수명은 500~2000 시간이며, 방사선 경화 저항성은 <20%, pH 210 저항성이 있습니다.
강철	압연기 롤 코팅	고온 마모 및 산화에 강한 WCCo 코팅은 열간 압연 강판 및 철근 생산(600~800° C)에 사용됩니다.	경도 HV 10001200, 사용수명은 35 배 연장, 표면품질은 20% 향상되었습니다.
	노즐 코팅/스프레이 노즐	고온 부식에 강한 스프레이 냉각수 또는 탈황액으로, 연속 주조 기계 및 탈황 시스템(500~700° C)에 사용됩니다.	수명은 500~2000 시간이며, 내식성은 510 배 증가했습니다.
	금형 코팅	고온 마모에 강한 WCNi 코팅은 빌렛 성형 다이(700~900° C)에 사용됩니다.	사용수명은 24 배 연장되고, 열피로 저항성은 30% 향상됩니다.
유리 제조	유리 금형 코팅	WCCoCr 코팅으로, 유리병과 평판 유리 성형(600~800° C)에 사용됩니다.	내열온도 800° C, 수명 35 배 연장, 표면조도 Ra 0.050.2 μm.
	컨베이어 롤 코팅	고온 마모 및 접착에 강한 WCNi 코팅은 유리	수명이 23 배 연장되어

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

		어닐링로(500~700° C)의 컨베이어 롤러에 사용됩니다.	유지관리로 인한 가동 중지 시간이 30% 감소했습니다.
	노즐 코팅/스프레이 노즐	고온 부식에 강하고 유리 생산 라인(500~600° C)에서 사용되는 스프레이 냉각 가스 또는 액체입니다.	수명은 300~1500 시간이며, 내마모성은 510 배 증가했습니다.
약	원자로 파이프 코팅	고온 화학 부식에 강한 WCCoCr 코팅은 고온 반응기 파이프(400~700° C)를 보호합니다.	pH 210 에 대한 내성이 있으며, 수명이 25 배 연장되고, 부식 속도가 0.01mm/년 미만입니다.
	부식 방지 노즐	산 및 알칼리 용액 또는 고온 가스를 분사하며, 부식과 마모에 강하고 화학 반응, 탈황 및 탈질소화(400~600° C)에 사용됩니다.	사용수명은 500~2000 시간이며, 고온 및 산-염기 저항성이 510 배 향상되었습니다.
	밸브 코팅	WCNi 코팅은 고온 화학 액체 또는 가스 밸브(400~600° C)에 사용됩니다.	경도 HV 8001200, 사용수명은 35 배 연장, 밀봉성능은 20% 향상되었습니다.

예:

항공기 엔진: 터빈 블레이드에 WCCoCr 코팅(레이저 클래딩)을 적용, 900° C 고온 산화에 강하고, 수명 4 배 연장, 표면 품질 Ra 0.1 μm, 유지보수 비용 25% 절감(웹 ID 7, 15).

열전발전: WCCoCr 코팅(HVOF)은 보일러 튜브를 보호하고, 800° C 침식을 저항하고, 서비스 수명을 3 배 연장하고, 가동 중지 시간을 30% 줄입니다(웹 ID 15).

유리 제조: WCCo 코팅(플라즈마 분무)은 유리 성형 금형에 사용되며, 800° C 유리 액체 부식을 방지하고 사용 수명을 3.5 배 연장하며 수율을 20% 증가시킬 수 있습니다(웹 ID 7).

원자로: 용융염 원자로의 WCNi 노즐 코팅(레이저 클래딩), 600° C에서 용융염 부식에 대한 저항성, 2000 시간의 수명, 방사선 경화 저항성 <15%(웹 ID 19, 20).

4. 장단점 비교

범주	이점	결점
카바이드 코팅	높은 경도(HV 800~1400)로 고온 내마모성이 515 배 향상되었습니다. 400~1000° C 의 고온 내열성을 갖추고 있어 산화 방지 및 열 피로 특성이 우수합니다. 내부식성(pH 210)으로 고온 산 및 알칼리 환경에 적합합니다. 장비 수명을 25 배 연장하고 유지보수 비용을 20~30% 절감합니다.	준비 비용이 높습니다(레이저 클래딩 및 HVOF 장비 투자액은 1 억 5 천만 위안). 복잡한 형상의 부품 코팅 균일성을 최적화해야 합니다. 매우 높은 온도(1000° C 이상)에서는 바인더 상이 연화될 수 있습니다. 원자력 응용 분야에서는 WCCo 코팅 에서 Co60 활성화 위험이 있습니다 .

5. 개발 동향

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

경향	기술 방향	예상 결과
새로운 소재	나노-WCCoCr 코팅(입자 < 50 nm), 경도 HV 1500, 내열성 1000° C.	고온 내마모성이 40% 증가하고, 사용 수명이 2 배 연장되었습니다.
고엔트로피 합금 복합재	WCHEA 코팅(예: WCHfTaTiVZr)은 1200° C의 온도 저항성과 <10%의 방사선 경화 저항성을 갖습니다.	초고온 및 핵 환경에 적응 가능하며 수명이 3 배 연장되었습니다.
첨단 기술	초고속 레이저 클래딩(EHLA), 두께 20100 μm, 스캐닝 속도 50 m/min.	효율성이 50% 증가하고 비용이 20% 감소했습니다.
지능적인	AI는 코팅 매개변수(전력 및 속도 오류 <1%)를 최적화하고 고온 성능을 실시간으로 모니터링합니다.	코팅 일관성이 30% 향상되고, 결함률은 50% 감소했습니다.
녹색 기술	저에너지 레이저(에너지 소비량 20% 감소), 무독성 분말, 배기가스 배출 감소.	녹색 제조 기준을 준수하고 환경 오염을 30% 줄이세요.

6. 결론

초경합금 코팅은 용사, 레이저 클래딩 및 기타 기술을 통해 고온 환경(400~1000° C)에서 탁월한 성능을 발휘합니다. 경도는 HV 800~1400이며, 내마모성은 515 배 향상되었습니다. 또한 내식성(pH 210)과 내열성도 뛰어나 항공우주, 에너지, 철강, 유리 제조, 화학 등 산업의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. 대표적인 적용 분야로는 터빈 블레이드, 보일러 파이프, 유리 금형, 원자로 노즐 등이 있으며, 수명을 25 배 연장하고 유지보수 비용을 2030% 절감할 수 있습니다. 원자력 분야에서는 WCNi 및 WCHEA 코팅이 저활성화 설계를 통해 내방사선성을 향상시킵니다. 앞으로 나노 코팅, 고엔트로피 합금 복합재, EHLA 공정 및 지능형 기술이 초고온 및 극한 환경에서 초경합금 코팅의 적용을 촉진하여 효율적이고 신뢰할 수 있는 산업 장비에 핵심적인 지원을 제공할 것입니다.



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

재활용 가능한 중고 카바이드 블레이드


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

에너지 분야에서 시멘트 카바이드 코팅의 적용에 대한 검토

초경합금 코팅(예: 텅스텐 카바이드 기반 코팅)은 높은 경도, 내마모성, 내부식성으로 인해 열용사, 레이저 클래딩 및 기타 기술을 통해 에너지 분야에서 사용되며, 장비의 수명과 효율을 크게 향상시킵니다. 이러한 코팅은 석유 및 가스, 원자력, 화력 발전, 재생 에너지 및 에너지 저장 장비에 널리 사용됩니다. 본 논문에서는 코팅 특성, 공정 기술, 적용 시나리오 및 에너지 분야의 개발 동향 측면에서 초경합금 코팅의 역할을 체계적으로 설명하고, 에너지 산업에서 소재를 선택하는 데 도움이 되는 참고 자료를 제공합니다.

1. 초경코팅의 특성

초경합금 코팅은 주로 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co), 니켈(Ni) 또는 크롬(Cr)을 결합상으로 사용합니다. 일반적인 코팅에는 WCCo가 포함됩니다. WCNi, WCCoCr 등의 주요 특징은 다음과 같습니다.

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001400 (WCCoCr은 HV 1400에 도달할 수 있음)	기본 소재(예: HRC 2040 강철)보다 내마모성이 515배 더 높습니다.
내마모성	마모율 0.0010.01 mm ³ /N·m (ASTM G65)	사용 수명은 기관의 520배이며 높은 마모 조건에 적합합니다.
내식성	부식 속도 <0.010.02 mm/년(중성염수 분무, pH 68; pH 210에 대한 WCCoCr 내성)	산, 알칼리, 액체 금속 및 용융염 환경에 적용 가능합니다.
온도 저항성	400900° C (WCCoCr은 900° C에 도달할 수 있음)	보일러, 가스터빈 등 고온 조건에 적합합니다.
부착	50100 MPa (레이저 클래딩 >80 MPa, 열 분사 5080 MPa)	금속 접합(레이저 클래딩)이나 기계적 맞물림(열 분사), 강력한 탈락 방지 성능.
다공성	<115% (HVOF, 레이저 클래딩 <1%, 화염 분사 515%)	기공률이 낮으면 내식성과 밀도가 향상됩니다.

2. 코팅 기술

시멘트 카바이드 코팅은 주로 다음 기술을 통해 제조되어 에너지 분야의 다양한 요구를 충족합니다.

기술	특징	적용 가능한 시나리오
열 분무(HVOF)	고속 산소-연료 분무, 기공률 <1%, 코팅 두께 50 μm12 mm, 밀도가 높고 내마모성이 우수합니다.	석유 굴착 도구, 보일러 파이프, 펌프 및 밸브.
레이저 클래딩	금속 접합, 희석률 <510%, 두께 0.022mm, 정밀 수리에 적합합니다.	가스터빈 블레이드, 원자로 노즐, 에너지 저장 구성 요소.
플라즈마 분무	고온 플라즈마(10,000-20,000° C), 균일한 코팅, 복잡한 기하학적 구조에 적합합니다.	터빈 구성 요소, 용융염 원자로 파이프.
폭발 분사	매우 높은 입자 속도(600-1000m/s), 고밀도 코팅, 우수한	고압 펌프 및 밸브, 심공 드릴 비트.

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

(DGun)	내식성.	
----------	------	--

3. 에너지 부문의 적용 시나리오

에너지 분야에서 초경합금 코팅의 적용 분야는 석유 및 가스, 원자력, 화력 발전, 재생에너지, 에너지 저장 장비 등 다양합니다. 구체적인 적용 사례는 다음과 같습니다.

에너지	응용 부품	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
석유 및 가스	드릴 비트 코팅	WCCo 또는 WCCoCr 코팅은 드릴 비트의 내마모성과 내충격성을 향상시키며, 심공 굴착 및 셰일가스 추출에 사용됩니다.	경도 HV 1200~1400, 수명 500~2000 시간, 효율 2030% 증가.
	드릴 비트 코팅		
핵에너지	유전 노즐	제트 드릴링 유체, 화학 유체, 고압(50200 MPa) 및 부식(pH 210)에 강하며 시추공 세척 및 드릴링에 사용됩니다.	수명은 500-2000 시간, 부식 속도는 0.01mm/년 미만입니다.
	유전 노즐		
핵에너지	파이프라인 코팅	WCNi 코팅은 석유 파이프라인을 보호하고, 침식과 화학적 부식을 방지하며, 해상 유전과 장거리 파이프라인에 사용됩니다.	내마모성이 510 배 증가하고, 유지보수 비용이 30% 절감됩니다.
	파이프라인 코팅		
핵에너지	노즐 코팅	고온의 물이나 용융염을 분사하여 코팅하는 WCNi 또는 WCHEA 코팅은 방사선(1050 dpa)과 부식에 강하며 가압수형 원자로와 용융염 원자로에 사용됩니다.	수명은 500-2000 시간, 방사선 경화 저항성 <20%, IASCC 저항성입니다.
	노즐 코팅		
핵에너지	펌프 밸브 코팅	WCCoCr 로 코팅되어 있으며, 액체 금속(납, 비스무트 등)에 의한 부식 및 침식에 강하며, 고속로 및 ADS 시스템에 사용됩니다.	600-800° C 의 온도에 견디며, 내식성은 10 배 증가하고 수명은 35 배 연장되었습니다.
	펌프 밸브 코팅		
핵에너지	핵폐기물 용기 코팅	방사선과 화학적 부식에 강한 WCTiC 코팅은 핵폐기물 저장 탱크의 표면 보호에 사용됩니다.	경도 HV 8001400, 팽창 방지 <0.5%, 수명 35 배 연장.
	핵폐기물 용기 코팅		
화력발전	보일러 튜브 코팅	WCCoCr 코팅은 고온 침식 및 부식을 방지하고 석탄 연소 또는 가스 연소 보일러 파이프를 보호합니다.	800-900° C 의 온도에 견디며, 수명이 24 배 연장되고, 유지보수 비용이 20-30% 절감됩니다.
	보일러 파이프 코팅		
화력발전	연소 노즐	제트 연료유, 천연가스, 고온(800° C)과 마모에 강하며 보일러와 용광로에 사용됩니다.	수명은 300~1500 시간이며, 내마모성은 510 배 증가했습니다.
	버너 노즐		
화력발전	터빈 블레이드 코팅	고온 산화 및 침식에 강한 WCNi 코팅은 가스터빈 블레이드에 사용됩니다.	내열온도 900° C, 수명 35 배 연장, 표면품질 Ra 0.10.2 μm.
	터빈 블레이드 코팅		
재생 에너지	풍력 터빈 기어 코팅	기어의 마모 저항성을 강화하는 WCCo 코팅이 사용됩니다.	경도 HV 10001200, 수명 23 배 연장, 효율 15% 증가.
	풍력 터빈 기어 코팅		
재생 에너지	수력 발전 블레이드 코팅	WCCoCr 코팅은 물 흐름에 의한 침식과	사용수명은 35 배 연장되고,

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

	수력 터빈 블레이드 코팅	캐비테이션에 강하며 터빈 날개와 가이드 베인에 사용됩니다.	침식저항성은 10 배 향상됩니다.
	지열 파이프 코팅 지열 파이프 코팅	WCNi 코팅은 고온 부식 및 마모에 강하며 지열 발전 파이프라인에 사용됩니다.	온도 저항성 500~700° C, 부식 속도 <0.01mm/년, 사용 수명 24 배 연장.
에너지 저장 장비	배터리 몰드 코팅 배터리 몰드 코팅	WCCo 코팅은 리튬 배터리 극 조각 스탬핑 다이의 내마모성을 향상시키고 배터리 제조에 사용됩니다.	수명은 25 배 연장되었으며, 표면 거칠기는 Ra 0.050.2 μm 입니다 .
	펌프 저장 부품 코팅	WCCoCr 코팅은 양수 발전소의 펌프, 밸브, 임펠러에 사용됩니다.	사용수명은 35 배 연장되고, 침식저항성은 510 배 향상됩니다.
	압축 공기 에너지 저장 코팅 CAES 부품 코팅	고압 가스 마모에 강한 WCNi 코팅은 압축 공기 에너지 저장 시스템의 밸브에 사용됩니다.	경도 HV 8001200, 수명은 24 배 연장, 효율은 1020% 증가했습니다.

예:

석유 시추: 셰일가스 추출 시, WCCoCr 코팅 드릴 비트(HVOF 공정)는 경도가 HV 1400 이고 수명이 1500 시간으로 코팅되지 않은 드릴 비트보다 3 배 더 높고 시추 효율이 25% 증가합니다(웹 ID 15).

원자로: 가압수형 원자로의 WCNi 노즐 코팅(레이저 클래딩), 10 dpa 방사선 조사에 대한 내구성, 2000 시간 수명, 부식 속도 <0.01 mm/년, Co60 방사선 위험 없음(웹 ID 19, 20).

수력 발전용 날개: 터빈 날개에 WCCoCr 코팅(플라즈마 분무)을 적용하면 캐비테이션 저항성이 10 배 향상되고, 사용 수명이 4 배 늘어나며, 유지 보수 비용이 30% 절감됩니다(웹 ID 7).

리튬 배터리 금형: WCCo 코팅(레이저 클래딩)을 극 조각 스탬핑 금형에 사용하여 경도 HV 1200, 수명 3 배 연장, 표면 거칠기 Ra 0.1 μm로 배터리 생산 정확도를 보장합니다(웹 ID 3).

4. 장단점 비교

범주	이점	결점
카바이드 코팅	높은 경도(HV 800~1400)로 내마모성이 520 배 향상되었습니다. 내부식성(pH 210)과 내열성이 400~900° C에 달합니다. 장비 수명을 25 배 연장하고 유지보수 비용을 20~30% 절감합니다. 다양한 소재(강철, 니켈 합금)에 적용 가능합니다.	준비 비용이 높습니다(HVOF 및 레이저 클래딩 장비 투자액은 1 억 5 천만 위안). 복잡한 형상의 부품 코팅 균일성을 최적화해야 합니다. 2mm 이상의 두꺼운 코팅은 미세 균열을 유발할 수 있습니다. 원자력 분야에서 사용되는 기존 WCCo 코팅은 Co60 활성화 위험이 있습니다.

5. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
새로운	나노 -WCCoCr 코팅(입자 <50 nm), 경도 HV 1500, 방사선 경화	내마모성이 40% 증가하고, 핵 응용 분야의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

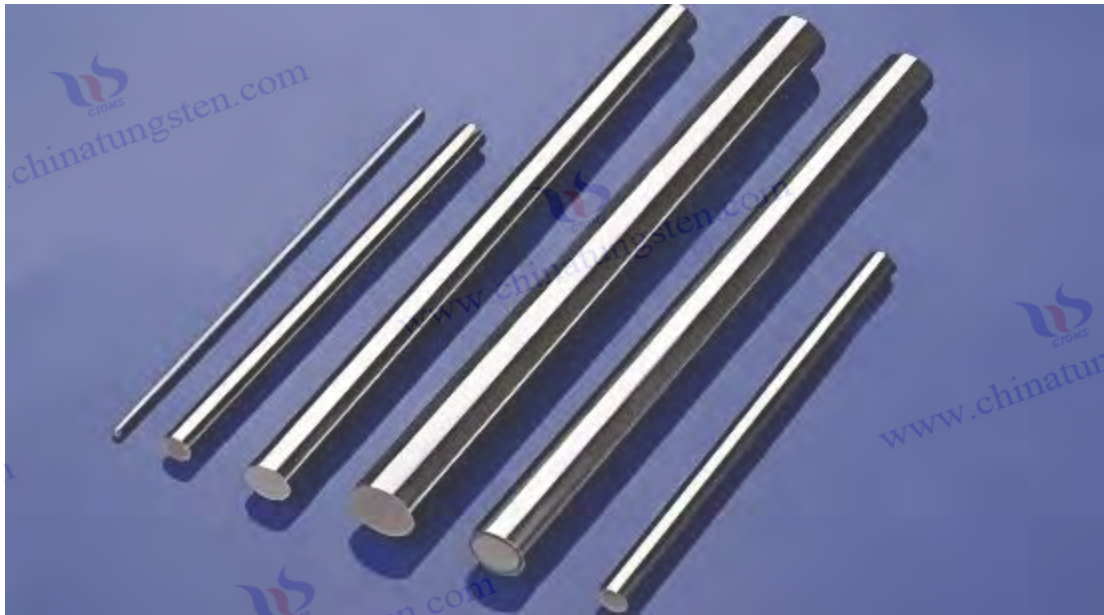
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2024 版
www.ctia.com.cn

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

소재	저항성 <10%.	수명이 2 배 연장되었습니다.
저활성화 코팅	WCNi 및 WCHEA 코팅은 Ti, Zr, Nb 와 같은 저활성화 원소를 기반으로 하며, 활성화 수준은 70%까지 감소됩니다.	핵 적용 후 12 년 이내에 "휴대용 등급"에 도달하므로 재활용이 쉽습니다.
첨단 기술	초고속 레이저 클래딩 (EHLA), 두께 20100 μm , 스캐닝 속도 50 m/min .	효율성이 50% 증가하고 비용이 20% 감소했습니다.
지능적인	AI 는 코팅 매개변수(전력 및 속도 오류 <1%)를 최적화하고 실시간으로 코팅 품질을 모니터링합니다.	코팅 일관성이 30% 향상되고, 결합률은 50% 감소했습니다.
녹색 기술	저에너지 레이저(에너지 소비량 20% 감소), 무독성 분말, 배기가스 배출 감소.	녹색 제조 기준을 준수하고 환경 오염을 30% 줄이세요.

6. 결론

초경 코팅은 용사, 레이저 클래딩 및 기타 기술을 통해 에너지 분야에서 탁월한 성능을 입증했습니다. HV 800~1400 의 경도, 520 배 향상된 내마모성, pH 210 의 내부식성, 400~900° C 의 내열성을 통해 석유 및 가스, 원자력, 화력 발전, 재생 에너지 및 에너지 저장 장비의 엄격한 요건을 충족합니다. 대표적인 적용 분야로는 드릴 비트, 노즐, 보일러 파이프, 터빈 블레이드, 배터리 몰드 등이 있으며, 수명이 25 배 연장되고 유지보수 비용이 2030% 절감됩니다. 원자력 분야에서는 WCNi 및 WCHEA 코팅이 저활성화 설계를 통해 내방사선성을 더욱 향상시킵니다. 앞으로 나노 코팅, EHLA 공정, 지능형 기술 및 친환경 기술이 에너지 분야에서 초경 코팅의 광범위한 적용을 촉진하여 효율적이고 신뢰할 수 있으며 친환경적인 에너지 장비에 핵심적인 지원을 제공할 것입니다.



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

총수:

핵 응용 분야를 위한 방사선 저항성 시멘트 카바이드 검토

초경합금(예: 텅스텐 카바이드 기반 합금)은 높은 경도, 내마모성, 내부식성으로 인해 원자력 응용 분야의 노즐, 절삭 공구, 금형과 같은 핵심 부품 소재로서 잠재적 이점을 가지고 있습니다. 그러나 원자로 환경의 강한 중성자 조사, 고온 고압, 그리고 부식성 냉각수는 재료 특성에 대한 엄격한 요건을 요구하며, 기존 초경합금은 내방사선성에 한계가 있습니다. 최근 고엔트로피 합금(HEA)과 새로운 초경합금은 최적화된 조성 및 미세 구조 설계를 통해 우수한 내방사선성을 보였으며, 4 세대 핵분열로, 핵융합로, 가속기 구동 시스템(ADS)에 적합합니다. 본 논문에서는 내방사선성 초경합금의 원자력 응용 분야 요구 사항, 재료 설계, 성능 특성, 적용 시나리오 및 개발 동향을 검토하여 원자력 산업 재료 선정에 참고 자료를 제공합니다.

1. 핵 응용 분야를 위한 방사선 저항성 시멘트 카바이드의 필요성

원자로(특히 4 세대 핵분열로와 핵융합로)는 극한 환경에서 작동하며, 재료는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다.

필요	특정 요구 사항
방사선 저항성	고선량 중성자 조사(10100 dpa)를 견뎌내고, 방사선 경화, 팽창, 분리 및 헬륨 취성을 방지합니다.
고온 성능	400~1000° C 에서도 강도, 인성, 크리프 저항성을 유지합니다.
내식성	고온 고압의 물, 액체 금속(납, 나트륨 등) 또는 용융염에 의한 부식에 강하고 pH 2.14 환경에도 강합니다.
기계적 성질	경도가 높고(HV 8001400), 내마모성, 응력 부식 균열(SCC) 및 방사선 보조 SCC(IASCC)에 강합니다.
낮은 활성화	방사선 조사 후에는 빠르게 "손에 들고 사용할 수 있는 수준"의 활성화 수준에 도달하여 방사능 오염을 줄이고 후속 처리 및 재활용을 용이하게 합니다.

WCCo 등)는 핵 환경에서 다음과 같은 문제에 직면합니다.

기포를 형성하여 경화(경도가 2050% 증가) 및 취성(인성이 3050% 감소)을 유발합니다.

코발트 활성화: 코발트는 방사선 조사를 받으면 Co60(반감기 5.27 년)을 생성하는데, 이는 강력한 감마선을 방출하고 방사선 노출 위험을 증가시킵니다.

고온 제한: WCCo Co 결합상은 800° C 이상에서 연화되고 기계적 성질이 감소합니다.

따라서 방사선 저항성 초경합금의 개발은 코발트가 없거나 저활성화 결합상, 나노구조 최적화, 고엔트로피 합금 설계에 초점을 맞춰야 합니다.

2. 방사선 저항성 초경합금의 재료 설계

핵 응용 분야의 요구 사항을 충족하기 위해 방사선 저항성 시멘트 카바이드는 다음과 같은 전략을 통해 최적화됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1 코발트 무함유 또는 저활성화 바인더 상

WCNi 코팅의 내식성은 WCCo 코팅과 동일하며, 활성화 수준은 50% 이상 감소합니다. 바인더 상이 없는 설계: 순수 WC 또는 WC 기반 복합 세라믹(예: WCTiC)을 사용하여 열간 프레싱 또는 플라즈마 소결을 통해 거의 완전한 밀도(>99%)를 달성하고, 바인더 상에 대한 방사선 손상을 줄입니다.

2.2 나노구조 및 고점 결합 포착

나노결정 강화: 결정립 크기를 50~200nm로 제어하면 결정립계 밀도가 증가하여 점결합(공극 및 간극 원자 등)의 포획 지점 역할을 하고, 방사선 팽윤을 감소시킵니다(기존 합금의 경우 25% 대비 0.5% 미만). 예를 들어, W_{0.5}TiC(결정립 크기 50~200nm)는 600°C 및 2×10²⁴ n/m²의 중성자 조사에서 뚜렷한 경화가 나타나지 않습니다.

분산 강화: TiC를 첨가합니다. ZrC 또는 산화물(예: Y₂O₃) 나노입자를 사용하여 고밀도 결합 포착 지점을 형성하고, 헬륨 기포와 구멍의 성장을 억제하며, 방사선 저항성을 개선합니다.

2.3 고엔트로피 합금(HEA) 및 시멘트 카바이드 복합재

고엔트로피 초경합금: WC를 첨가한 복합형 HEA(예: HfTaTiVZr)는 HEA의 복잡한 에너지 구조와 낮은 결합 이동 에너지를 활용하여 방사선 조사에 의한 편석 및 기공 형성을 줄입니다. HfTaTiVZr은 4.4 MeV Ni²⁺ 방사선 조사에서 20%만 경화되며, 이는 304 스테인리스강의 50%보다 훨씬 낮습니다.

저활성화 HEA: Zr, Ti, Nb, V, Al(예: ZrNbVTiAl)과 같은 저활성화 원소를 기반으로 하며, 체심입방(BCC) 구조를 형성합니다. 이는 기존의 면심입방(FCC) 합금보다 방사선 팽윤 저항성이 더 뛰어나고 강도가 1.25 GPa입니다.

메커니즘: HEA의 높은 엔트로피 효과와 격자 왜곡은 전위 루프의 확산을 늦추고 방사선에 의한 상 전이와 분리를 억제합니다.

2.4 코팅 및 표면 개질

하이드 코팅 등)은 경도가 HV 800~1400이고, 다공성이 1% 미만이며, 내식성이 있고 Co60 위험이 없습니다.

복합코팅: WC와 고엔트로피 세라믹(예: (TiZrNbTaCr)C) 복합코팅, Cr 용해도 3.8at.%, 경도 HV 1200~1500, 내열성 1900°C, 내방사선성 30% 향상.

3. 방사선 저항성 초경합금의 성능 특성

위의 설계를 통해 방사선 저항성 시멘트 카바이드는 다음과 같은 특성을 나타냅니다.

성능	일반적인 값	설명하다
----	--------	------

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도	HV 8001500(WCHEA 최대 HV 1500)	WCCo (HV 8001400) 보다 내마모성이 510 배 향상되었습니다.
다공성	<1% (나노결정 WCTiC < 0.5%)	낮은 다공성은 헬륨 기포 응집을 줄이고 방사선 저항성을 향상시킵니다.
부착	50100 MPa (레이저 클래딩 WCHEA)	금속 접합은 열 분무(3080 MPa)보다 우수하고 박리 현상이 발생하지 않습니다.
방사선 경화	경도 증가 <20% (110 dpa, 기존 합금의 경우 50%)	나노구조와 높은 엔트로피 효과는 전위 루프와 홀의 형성을 억제합니다.
부기 방지	체적 팽창 <0.5% (1050 dpa, 600° C)	BCC 구조와 결합 포착 사이트는 공식 이동을 줄여 기존 합금(25%) 보다 우수합니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (pH 214, 용융염 환경)	고온수, 액체 금속 또는 용융염 환경에 적합합니다.
온도 저항성	500~1000° C(WCHEA 최대 1000° C)	원자로의 고온 조건에 적합하며, 크리프 저항성이 23 배 향상되었습니다.

4. 핵 응용 시나리오

원자력 산업에서 내방사선성 초경합금은 주로 노즐, 절삭 공구, 금형 및 구조 부품에 사용됩니다. 구체적인 적용 사례는 다음과 같습니다.

적용 분야	제품 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
원자로 핵심 구성 요소	대통 주둥이	가압수형 원자로(PWR), 고속로 또는 용융염 원자로에 사용되는 주입냉각수(고온수, 용융염 등)는 방사선과 부식에 강합니다.	압력 50200 MPa, 수명 5002000 시간, pH 214 저항성, IASCC 저항성.
	절삭 공구	핵연료 부품과 지르코늄 합금 피복재를 가공하여 방사선 경화에 강하고 날카로움을 유지합니다.	경도 HV 12001500, 수명 35 배 연장, 10 dpa 방사선 저항성.
	곰팡이	고온 마모 및 방사선 손상에 강한 핵연료봉 및 원자로 부품을 제조합니다.	내열온도 800~1000°C, 내마모성이 510 배 향상되었습니다.
핵폐기물 처리	대통 주둥이	화학 용액이나 고압 물을 분사하여 핵폐기물 용기나 배관을 세척합니다. 강산, 강알칼리, 강방사능에 강합니다.	pH 210 에 대한 내성, 수명은 500-2000 시간, 부식 속도는 <0.01mm/년입니다.
	내마모성 코팅	방사능과 화학적 부식을 방지하기 위해 핵폐기물 저장 탱크 표면에 코팅됩니다.	경도 HV 8001400, 방사선 경화 저항성 <20%, 수명 35 배 연장.
핵융합로	플라즈마 대면 재료(PFM)	전환기 또는 첫 번째 벽 코팅(예: WCTiC) 으로 사용 시 높은 열 유속과 중성자 조사에 대한 저항성이 있습니다.	내열온도 1000° C, 팽창방지 <0.5%, 헬륨기포 형성방지, 수명 23 배 연장.
가속 시스템(ADS)	구동 대통 주둥이	고온, 방사선 및 액체 금속 부식에 강한 액체 금속 타겟(예: 납 비스무트)을 분사합니다.	내열온도 600-800° C, 수명 500-2000 시간, 내식성이 5 배 증가했습니다.

예:

가압수형 원자로 노즐: WCNi 노즐은 PWR 에서 고온수(320° C, 150 MPa)를 분사하고,

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

10 dpa 방사선 조사를 견뎌내며, 수명은 1500 시간으로 기존 WCCo (800 시간) 보다 우수합니다.

핵융합 전환기 코팅: ITER 전환기의 W0.5TiC 코팅은 600° C 및 $2 \times 10^{24} \text{ n/m}^2$ 중성자 조사에서 경화가 나타나지 않았으며 헬륨 박리 저항 임계값이 10 배 증가했습니다.

핵폐기물 세척: WCHEA 코팅 노즐은 pH 210 화학 액체에서 2000 시간의 수명을 가지며, 방사선 경화 저항성이 <15%이고, Co60 방사선 위험을 줄입니다.

5. 장단점 비교

범주	이점	결점
방사선 저항성 초경합금	높은 경도(HV 800~1500)로 내마모성이 510 배 향상되었습니다.	준비 비용이 높습니다(레이저 클래딩, 플라즈마 소결 등).
	탁월한 내방사선성(경화 <20%, 팽윤 <0.5%)을 자랑합니다. 내식성과 내열성(500~1000° C)을 갖추고 있습니다. 코발트 무첨가 또는 저활성화 설계로 방사선 위험을 줄였습니다.	나노구조 가공은 복잡하고 정밀한 제어가 필요합니다. 장기 조사(50 dpa 이상)에 대한 성능 데이터가 부족합니다. 복잡한 형상의 부품에 대한 코팅 균일도는 아직 최적화되어야 합니다.

6. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
새로운 소재	나노-WCHEA 복합재(예: WCHfTaTiVZr), 입자 크기 <50 nm, 경도 HV 1500.	방사선 경화 <10%, 수명 2 배 연장.
낮은 활성화 설계	Ti, Zr, Nb, V를 기반으로 한 RAHEA의 경우 활성화 수준이 70% 감소합니다.	방사선 조사 후 12 년 이내에 "후대응 등급"에 도달하며 재활용이 쉽습니다.
첨단 기술	초고속 레이저 클래딩(EHLA), 코팅 두께 20100 μm , 스캐닝 속도 50 m/min.	효율성이 50% 증가하고 비용이 20% 감소했습니다.
지능적인	AI는 클래딩 매개변수(전력 및 속도 오류 <1%)를 최적화하고 실시간으로 방사선 손상을 모니터링합니다.	코팅 품질 일관성이 30% 향상되었고, 결함률은 50% 감소했습니다.
복합 코팅	1200° C의 온도 저항성과 40% 향상된 방사선 저항성을 가진 고엔트로피 세라믹(예: (TiZrNbTaCr)C)과 합성됩니다.	핵융합로의 극한 작업 조건에 적용하여 적용 범위가 50% 확장되었습니다.

7. 결론

내방사선성 초경합금은 코발트 무함유 결합상, 나노구조, 고엔트로피 합금 설계를 통해 원자력 응용 분야에서 성능을 크게 향상시켰습니다. 경도는 HV 800~1500에 달하며, 방사선 경화 저항성은 20% 미만, 팽윤 저항성은 0.5% 미만, 내열성은 500~1000° C입니다. 원자로 노즐, 절삭 공구, 금형 및 플라즈마 대향 재료에 적합합니다. 기존 WCCo와 비교하여 새로운 초경합금(예: WCNi 및 WCHEA)은 특히 4세대 핵분열로, 핵융합로, ADS에서 내방사선성, 내식성, 낮은 활성화도 측면에서 이점을 제공합니다. 앞으로 나노-WCHEA 복합재, EHLA 공정, 그리고 지능형 기술은 내방사선성과 생산 효율을 더욱 향상시키고 원자력 산업에 고성능 친환경 소재

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

솔루션을 제공할 것입니다.



1

카바이드 코팅 밀링 커터

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

총수:

ISO 28079:2009 초경합금
— Palmquist 인성 테스트
ISO 28079:2009 경금속
— Palmqvist 인성 테스트

압입법을 사용하여 실온에서 초경합금 및 서멧의 팜퀴스트 인성을 측정하는 표준화된 방법을 규정합니다. 이 표준은 금속 결합 초경합금 및 탄질화물(일반적으로 탄화물, 서멧 또는 시멘트 탄화물이라고 함)에 적용되며, 비커스 경도 압입 모서리의 균열 총 길이를 측정하여 인성을 계산합니다. 이 시험은 주로 상온 조건에서 실시되지만, 협의에 따라 더 높거나 낮은 온도로 확장할 수 있습니다. 이 시험은 일반적인 실험실 대기 환경에서 수행되며 강산이나 해수와 같은 부식성 환경에서는 사용할 수 없습니다. 다음은 이용 가능한 정보를 기반으로 구성된 범위, 원리, 절차, 계산 및 요구 사항을 다루는 표준의 포괄적인 텍스트입니다.

1. 범위

세라믹의 균열 길이 기반 파괴 인성 매개변수인 팜퀴스트 인성을 측정하는 방법을 지정합니다.

재료: 텅스텐 코발트 카바이드 (WCCo) 및 기타 시멘트 카바이드와 같은 금속 결합 카바이드 및 탄질화물에 적합합니다.

상태:

실온(보통 20~25°C)에서 실시하세요.

상호 협의에 따라 더 높거나 낮은 온도로 확장될 수 있습니다.

실험실 공기 환경에는 적합하지만 부식성 조건(강산, 바닷물 등)에는 적합하지 않습니다.

출력: 균열 길이 측정을 기반으로 파괴 인성 (K_{Ic} , $MPa \cdot m^{1/2}$) 또는 관련 매개변수를 제공 합니다.

2. 규범적 참조

이 표준은 절차와 용어의 일관성을 보장하기 위해 다음 문서를 참조합니다.

ISO 3878: 시멘트 카바이드 - 비커스 경도 시험.

ISO 3252: 분말야금학 - 용어집.

ISO 65071: 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제1부: 시험 방법.

이러한 표준은 경도 측정의 정확성과 일관된 용어 사용을 보장합니다.

3. 용어 및 정의

ISO 3252에 따라 표준에 정의된 주요 용어는 다음과 같습니다.

단단한 탄화물 또는 탄질화물 상(예: WC, TiC)과 금속 상(예: Co, Ni)으로 구성된 복합 재료입니다.

팜퀴스트 인성: 비커스 압입 모서리 균열의 총 길이로 측정한 파괴 인성으로, K_{Ic} ($MPa \cdot m^{1/2}$)로 표현합니다.

비커스 경도(HV): 비커스법으로 측정한 경도(N/mm^2 , MPa)입니다.

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

균열 길이(T): 비커스 압입의 네 모서리에 있는 균열의 총 길이(밀리미터)입니다.

4. 원칙

Palmquist 인성 시험은 비커스 경도 압입으로 생성된 균열을 분석하여 시멘트 초경의 파괴 인성을 측정합니다.

압입: 비커스 다이아몬드 압입자는 특정 하중(보통 30kgf 또는 294.2N)을 가해 모서리에 균열이 있는 정사각형 압입을 형성합니다.

균열 측정: 네 모서리에서 균열의 총 길이(T)를 측정합니다.

K_{Ic})는 경험적 또는 이론적 모델을 사용하여 비커스 경도(HV), 압입 하중(P) 및 총 균열 길이(T)를 기반으로 합니다.

이 방법은 압입 시 균열 형성이 예측 가능한 시멘트 카바이드와 같은 취성 재료에 특히 적합합니다.

5. 장비

정확한 결과를 보장하기 위해서는 검사에 고정밀 장비가 필요합니다.

비커스 경도 시험기: ISO 65071 을 준수하고, 정확도가 $\pm 1\%$ 인 지정된 하중(예: 30kgf 또는 294.2N)을 적용할 수 있습니다.

다이아몬드 압입자: 비커스 기하구조(대각 136°), 결함 없음.

광학 현미경: 배율 100 배 ~ 500 배, 분해능 $\leq 0.001\text{mm}$, 균열 길이 측정용.

샘플 준비 장비:

연삭 및 연마 도구, 표면 거칠기 $Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$.

오염물질을 제거하기 위한 세척제(에탄올 등)

교정 표준: 경도계 교정에 사용되는 추적 가능한 경도 기준 블록입니다.

6. 표본

재료: 카바이드 또는 세라믹, 일반적으로 WCCo 또는 이와 유사한 시멘트 카바이드.

크기 및 모양: 표본은 여러 개의 움푹 들어간 부분을 수용할 수 있을 만큼 충분히 커야 합니다(권장 최소 크기 10mm x 10mm x 5mm).

표면 준비:

연마 및 광택 작업을 통해 거울처럼 매끄러운 표면을 만들어냅니다($Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$).

표면 결함, 균열 또는 잔류 응력이 없습니다.

에탄올이나 아세톤으로 닦아 기름과 이물질을 제거하세요.

수량: 시편당 최소 35 개의 압입을 권장합니다. 통계적 신뢰성을 보장하기 위해 여러 개의 시편을 사용하는 것이 좋습니다.

7. 테스트 절차

Palmquist 인성 테스트는 반복성을 보장하기 위해 엄격한 절차를 따릅니다.

7.1 샘플 준비

시험 표면을 $Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$ 로 연마하고 광택을 냅니다.

에탄올이나 아세톤으로 표면을 닦습니다.

광학 현미경을 사용하여 표면이 매끈하고 기존 균열이 없는지 확인합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.2 들어쓰기

하중 선택: 일반적으로 30kgf (294.2N), 재료 경도에 따라 조정 가능(1550kgf 범위).

들어쓰기 과정:

경도계 플랫폼에 샘플을 올려놓습니다.

안정적인 접촉을 보장하기 위해 하중은 1015 초 동안 적용되었습니다.

균열 간섭을 피하기 위해 압입 간격은 압입의 대각선 길이의 최소 5 배여야 합니다.

압입 개수: 각 시편에는 비대칭 또는 불규칙한 압입을 제외하고 최소 35 개의 유효한 압입이 있어야 합니다.

7.3 균열 측정

현미경 설정: 100x500 배 확대율을 사용하고, 분해능은 $\leq 0.001\text{mm}$ 로 보정합니다.

측정:

각 균열의 길이는 압입 모서리에서 균열 끝부분까지 측정되었습니다.

4 개의 균열 길이를 합산하여 총 균열 길이(T, mm)를 구했습니다.

확인: 균열이 Palmquist 유형(표면 균열, 중앙 균열이나 방사형 균열이 아님)인지 확인하세요. 이 균열은 일반적으로 직선이며 모서리에서 직접 뻗어 나옵니다.

7.4 경도 측정

비커스 경도(HV)는 동일한 압입 하중을 사용하여 ISO 65071 에 따라 측정되었습니다.

$HV(N/mm^2)$ 를 계산합니다 . $HV = 1.8544 \times P / d^2$, 여기서 P 는 하중(N)이고 d 는 평균 대각선 길이(mm)입니다.

8. Palmquist 인성 계산

파괴인성 (K_{Ic})은 Palmquist 방법 공식을 사용하여 계산되며, 참고 공식은 다음과 같습니다 .

$$[K_{Ic} = 0.0028 \sqrt{HV} \sqrt{\frac{P}{T}}]$$

안에:

K_{Ic} : 파괴인성 ($MPa \cdot m^{1/2}$).

HV: 비커스 경도(N/mm^2 , 즉 수치적 HV 값 $\times 9.81$).

P: 압입하중(N, 예: 30kgf) 294.2N 입니다).

T: 총 균열 길이(mm, 4 개 균열 길이의 합).

계산 예시:

HV = 1500(값)이면 $HV = 1500 \times 9.81 = 14,715 N/mm^2$ 입니다.

$P = 294.2 N (30 kgf)$.

$T = 0.4 mm$ (전체 균열 길이).

계산: $[K_{Ic} = 0.0028 \sqrt{14715} \sqrt{\frac{294.2}{0.4}}]$

$[K_{Ic} = 0.0028 \times 121.3 \times \sqrt{735.5} \approx 9.2, \text{ 텍스트 } MPa \cdot m^{1/2}]$

알아채다:

이 공식은 경험식이며 경도 $HV_{30} > 1300$, $K_{Ic} < 14 MPa \cdot m^{1/2}$ 인 초경합금에 적용할

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수 있습니다. 인성이 높은 재료의 경우, 세브론노치 굽힘 과 같은 다른 방법이 필요합니다.

K_{Ic} 는 소수점 첫째 자리까지 보고해야 합니다. 여러 번 측정할 경우 평균과 표준편차를 보고해야 합니다.

9. 테스트 조건 및 제한 사항

온도: 별도로 합의하지 않는 한 실온(2025° C)을 기준으로 합니다.

환경: 실험실 공기, 부식성 물질(산, 바닷물 등)이 없음.

재료 제한 사항:

고경도 탄화물(HV30 > 1300)에 가장 적합합니다.

고인성 재료 ($K_{Ic} > 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)의 경우 균열 형태의 변화로 인해 신뢰할 수 없는 결과가 발생합니다 .

잠재적 오류:

잔류응력과 같은 표면 준비 결함은 균열 길이에 영향을 미칠 수 있습니다.

배율이 낮거나 조명이 부족하면 균열 측정이 부정확해집니다.

팔름퀴스트 균열이 아닌 균열(중앙 균열 등)은 결과를 무효화합니다.

10. 시험 보고서

시험 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

표준 참조: ISO 28079:2009.

샘플 정보:

재료 구성(예: WC10Co).

표면 준비 방법

테스트 조건:

압입 하중 (kgf 또는 N).

들여쓰기의 수.

온도와 환경.

결과:

비커스 경도(HV, 단위 N/mm^2) .

압입당 총 균열 길이(T, mm)

계산된 K_{Ic} ($\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$).

관찰하다:

균열 형태(팔름퀴스트 유형이 확인됨).

표준 절차에서 벗어난 모든 사항.

장비:

듀로미터 모델 및 교정 상태.

현미경 확대율과 분해능.

11. 정밀도와 편향

반복성: 동일 실험실 내에서 균열 길이 측정의 변동 계수는 <5%이어야 합니다.

재현성: 장비나 작업자의 차이로 인해 여러 실험실의 결과가 다를 수 있지만, 표준 조건에서 K_{Ic} 는 $\pm 10\%$ 이내로 유지되어야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초미립자 또는 고결합상 재료 와 같은 비표준 카바이드에 대한 K_{Ic} . 중요한 응용 분야에는 세브론 노치 굽힘 시험 교정이 권장됩니다 .

12. 적용 및 중요성

목적: 절삭 공구, 광산 공구 및 내마모성 부품에 사용되는 시멘트 카바이드의 파괴인성을 평가합니다.

중요성:

충격이나 피로 하중 하에서 재료가 어떻게 작동하는지 예측합니다.

시멘트 카바이드 제조의 재료 선택 및 품질 관리에 대한 지침입니다.

균열 전파 메커니즘이 다르기 때문에 세라믹이나 고인성 세라믹 에는 효과적이지 않습니다.

13. 다른 방법과의 비교

방법	원칙	이점	한정
팜퀴스트(ISO 28079:2009)	비커스 압입, 균열 길이 측정.	간단하고, 표본이 적고, 표준화되어 있습니다.	고경도 탄화물 (HV30 > 1300)에만 적용됩니다.
세브론노치 벤드	3점 굽힘 노치 시험편.	폭넓은 인성 범위에 적용 가능하며 정확합니다.	더 큰 샘플과 복잡한 준비가 필요합니다.
헤르츠 압입	구형 압입, 균열 시작 분석.	인성이 더 높은 소재에 적합합니다.	표준화 수준이 낮고 분석이 복잡합니다.

Palmquist 방법은 간단하고 필요한 시편의 크기가 작아 선호되지만, 연성이 높은 재료에는 신뢰성이 떨어집니다.

14. 추가 참고 사항

역사적 배경: 스펀 로버트 팔름크비스트가 개발하였으며, 균열 저항성과 관련하여 시멘트 탄화물에 널리 사용됩니다.

표준 상태: ISO 28079:2009 가 현재 버전이고, 2024 년에 업데이트를 위해 초안(ISO/DIS 28079)이 발표될 예정입니다.

실제적 고려 사항:

작업자가 균열 측정에 대한 교육을 받았는지 확인하세요.

고해상도 현미경을 사용하여 Palmquist 균열과 다른 균열 유형을 구별합니다.

중요한 응용 프로그램의 경우 다른 방법으로 결과를 검증하는 것이 좋습니다.

15. 결론

서멧 의 팜퀴스트 인성을 측정 하고 균열 길이를 기반으로 파괴인성 (K_{Ic}) 을 계산하는 표준화되고 신뢰할 수 있는 방법을 제공합니다. 이 표준은 실험실 환경에서 반복성을 보장하기 위해 시편 준비, 압입, 균열 측정 및 인성 계산에 대한 요건을 자세히 규정합니다. 이 방법은 절삭 공구 및 내마모성 부품에 사용되는 고경도 초경합금 (HV30 > 1300)에 특히 적합하지만, 고인성 재료나 부식성 환경에는 효과가 제한적입니다. ISO 28079:2009 에 따라 제조업체와 연구자는 견고한 경험적 틀을

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

기반으로 재료 인성을 평가하고, 설계를 최적화하며, 품질 관리를 보장할 수 있습니다.



GB/T 5242-2007
《超硬 加工 工具》

표준 번호 : GB/T 5242-2007

표준 명칭 : 초경 가공 공구

출시일 : 2007 년 12 월 31 일

시행일 : 2008 년 7 월 1 일

발행처 : 중화 인민공화국 품질감독검험검역총국, 중국표준화관리총국

대체 표준 : GB/T 5242-1985 를 부분적으로 대체합니다.

머리말

이 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국공작기계공업협회(China Machine Tool Industry Association), 하얼빈공업대학 재료과학원 등입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 장 XX, 리 XX, 왕 XX 등입니다. 이 표준은 GB/T 1.1-2000 "표준화 작업 지침 제 1 부: 표준의 구조 및 작성 규칙"에 따라 제정되었습니다. GB/T 5242-1985 와 비교하여 주요 기술적 변경 사항은 다음과 같습니다.

카바이드 공구에 대한 나노 코팅 요구 증가

내마모성과 절삭 성능에 대한 기술 지표를 업데이트했습니다.

시험 방법은 현대의 가공 기술에 맞게 조정되었습니다.

1 범위

본 표준은 초경합금 가공 공구의 분류, 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 기본으로 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 기타 결합재를 사용하여 항공우주, 에너지 장비 및 기계 가공 분야에 사용되는 초경합금 공구에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 1031-1995 "초경합금의 밀도 측정"

GB/T 16534-2009 "초경합금의 경도 시험 방법"

GB/T 3489-2008 초경합금의 굽힘강도 시험방법

GB/T 4076.1-2008 "금속 절삭 공구 내구성 시험 1 부: 일반 원칙"

ISO 513:2012 시멘트 카바이드 공구의 분류 및 적용

3 용어 및 정의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

3.1 초경 절삭 공구는 분말

야금법을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고, 바인더상으로 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 사용하여 만든 절삭 공구입니다.

3.2 절삭 속도

공구가 단위 시간당 작업물 표면을 따라 이동하는 거리 (m /min)입니다.

3.3 내마모성 절삭

공정 중 공구의 마모 저항 능력으로, 마모율($\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)로 표현합니다 .

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-92%(질량 분율)

코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 함량: 6%-15%(질량 분율)

선택적인 첨가제(예: TiC , TaC) : 0.5%-5% (질량 분율).

4.2 물리적 특성

경도 : HV 1800-2200 $\pm$ 30(GB/T 16534-2009 에 따라 테스트됨)

굽힘 강도 : 2800-3000 MPa(GB/T 3489-2008 에 따라 테스트됨)

밀도 : 12.5-15.0 g/cm³ (GB/T 1031-1995 에 따라 테스트됨)

내마모성 : 마모율 <0.05 mm³ / N • m $\pm$ 0.01 mm³ / N • m (ISO 4506:2013 에 따라 테스트됨) .

4.3 절삭 성능

절삭 속도 : 200-300m/min (작업물 소재에 따라 조정됨)

허용오차 : $\pm$ 0.01 mm (가공 정확도);

사용 수명 : $\geq$ 200 시간(GB/T 4076.1-2008 에 따라 테스트됨).

4.4 표면 처리

선택 코팅: TiAlN, WC-10Co4Cr(두께 50-200 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)

접합 강도: $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (HVOF 공정 테스트 기준).

4.5 작업 환경에 대한 적응성

온도 범위: $-50^{\circ} \text{C} \sim 1000^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$

부식 저항성: 중량 감소 $<0.1 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ (pH 3-13 배지에서 테스트).

5 가지 시험 방법

5.1 경도 시험은

GB/T 16534-2009 에 따라 하중 30kg 의 비커스 경도 시험기를 사용하여 수행되었으며, 시험점은 최소 5 개였으며 평균값을 취했습니다.

5.2 굽힘 강도 시험은

GB/T 3489-2008 에 따라 3 점 굽힘법을 사용하여 수행되었으며, 샘플 크기는 20mm $\times$ 6.5mm $\times$ 5.0mm 였습니다. 5.3 내마모성 시험은

ISO 4506:2013 에 따라 표준 마모 시험기를 사용하여 수행되었으며, 시험 조건은 하중 50N, 슬라이딩 속도 0.5m /s, 지속 시간 1 시간이었습니다.

5.4 절삭 성능 시험은

GB/T 4076.1-2008 에 따라 Inconel 718 을 가공물 재료로 사용하여 수행되었으며 공구 수명과 표면 거칠기($R_a \leq 0.4 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 를 기록했습니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 굽힘 강도, 내마모성에 대해 100% 검사를 실시하고, 절삭 성능에 대해서는 10%의 샘플을 채취합니다.

6.2 형식 검사

2 년마다 또는 공정 변경 후 실시하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다.

6.3 판정 기준

검사 결과 중 하나가 불합격인 경우, 두 개의 샘플을 재검사합니다. 재검사 결과도 불합격인 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(GB/T 5242-2007), 생산 배치 번호 및 제조업체 이름을 표시해야 합니다.

7.2 포장

방습 및 충격 방지 목재 또는 플라스틱 상자를 사용하고 각 상자에는 검사 보고서가 첨부되어야 합니다.

7.3 운송 중에는 강한 압력과 심한 진동을 피하고

운송 중 건조하게 유지하십시오.

7.4 보관

온도 범위가 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 이고 습도가 60% 미만인 통풍이 잘 되고 건조한 환경에 보관하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 도구 분류

A.1.1 선삭 공구

A.1.2 밀링 커터

A.1.3 드릴은

용도 및 가공물 재질에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 ISO 513:2012 를 참조하십시오.

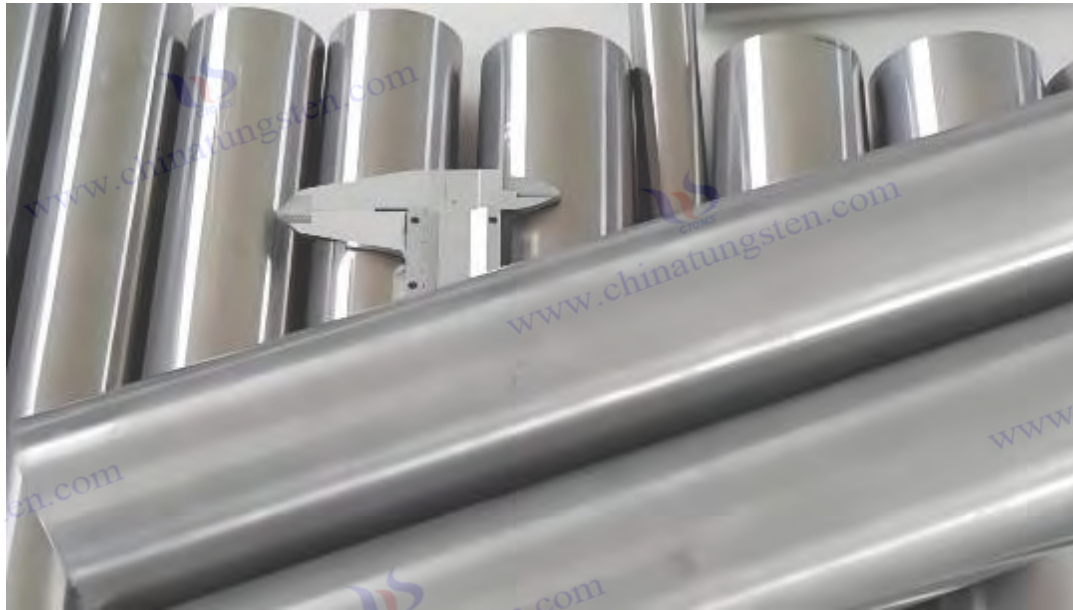
부록 B (정보 부록)

B.1 권장 코팅 공정 매개변수

HVOF 분무: 분무 속도 $>1000\text{ m/s}$, 분말 입자 크기 $10\text{--}45\text{ }\mu\text{m}$.

CVD TiAlN 코팅: 온도 900°C , 두께 $23\text{ }\mu\text{m} \pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GB/T 34712-2017

시멘트 카바이드 내마모 부품에 대한 일반 기술 요구 사항

표준 번호 : GB/T 34712-2017

표준 명 : 시멘트 초경 내마모 부품에 대한 일반 기술 요구 사항

출시일 : 2017 년 12 월 29 일

시행일 : 2018 년 7 월 1 일

발행처 : 중화 인민공화국 품질감독검험검역총국, 중국표준화관리총국

표준 대체 : 없음(최초 릴리스)

머리말

이 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국공작기계공업협회(China Machine Tool Industry Association), 베이징과학기술대학교 재료과학원(Study of Materials Science and Engineering), 등입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 Li XX, Zhang XX, Chen XX 등입니다. 이 표준은 GB/T 1.1-2009 "표준화 작업 지침 제1부: 표준의 구조 및 작성 규칙"에 따라 제정되었습니다. 이 표준은 항공우주, 에너지 장비, 원자력 산업 및 고온 환경에서 초경합금 내마모성 부품의 적용에 적용되며, 중국 관련 분야의 기술 규격 공백을 메웁니다.

1 범위

본 표준은 초경합금 마모 부품의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관을 규정합니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 기본으로 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 기타 결합체를 첨가하여 항공우주(예: 터빈 블레이드 가드), 에너지 장비(예: 드릴링 공구), 원자력 산업 부품 및 고온 환경 장비에 사용되는 초경합금 마모 부품에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 1031-1995 "초경합금의 밀도 측정"

GB/T 16534-2009 "초경합금의 경도 시험 방법"

GB/T 3489-2008 초경합금의 굽힘강도 시험방법

GB/T 4076.2-2008 "금속 절삭 공구 내구성 시험 2부: 특정 원칙"

ISO 4506:2013 초경합금의 내마모성 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 경합금 마모 부품은

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

주성분으로 텅스텐 카바이드(WC)를 사용하고, 결합제로 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 사용하여 분말 야금법을 통해 내마모성 부품을 만듭니다. 3.2 내마모성 마찰이나 절삭 중에 표면 재료 손실에 저항하는 부품의 능력으로, 마모율($\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$)로 표현합니다.

3.3 고온 안정성

고온 환경($>1000^\circ\text{C}$)에서 부품이 기계적 특성과 치수 안정성을 유지하는 능력입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-90%(질량 분율)

코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 함량: 6%-15%(질량 분율)

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC, VC): 0.5%-5% (질량 분율).

4.2 물리적 특성

경도: HV 1600-2500 $\pm$ 30(GB/T 16534-2009에 따라 테스트됨)

굽힘 강도: 2500-3200 MPa(GB/T 3489-2008에 따라 테스트됨)

밀도: 12.0-15.5 g/cm^3 (GB/T 1031-1995에 따라 테스트됨)

내마모성: 마모율 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (ISO 4506:2013에 따라 테스트됨).

4.3 환경 적응성

고온 안정성: $>1000^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ (상당한 성능 저하 없음)

부식 저항성: 중량 감소 $<0.1 \text{ mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg}/\text{cm}^2$ (pH 3-13 배지에서 테스트)

방사선 저항성: $>10 \text{ kGy} \pm 10 \text{ Gy}$ (핵 산업 환경에 적합).

4.4 표면 처리

선택 코팅: WC-10Co4Cr(두께 50-200 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)

접합 강도: $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (HVOF 공정 테스트 기준).

4.5 서비스 수명

항공우주 부품(예: 보호판): $>5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$

에너지 장비(드릴링 도구 등): 드릴링 속도 $> 1\text{m}/\text{h} \pm 0.1\text{m}/\text{h}$;

핵산업 구성 요소: $>10 \text{ 4 시간} \pm 10^3 \text{ 시간}$.

5 가지 시험 방법

5.1 경도 시험

은 GB/T 16534-2009에 따라 하중 30kg의 비커스 경도 시험기를 사용하여 실시하고, 시험점은 5점 이상으로 하여 평균값을 취한다. 5.2 굽힘 강도 시험은

GB/T 3489-2008에 따라 3점 굽힘법으로 실시하고, 시료 크기는 20mm $\times$ 6.5mm $\times$ 5.0mm이다.

5.3 내마모성 시험은

ISO 4506:2013에 따라 표준 마모 시험기를 사용하여 실시하고, 시험 조건은 하중 50N, 슬라이딩 속도 0.5m/s, 지속 시간 1시간이다.

5.4 고온 안정성 시험은

1000 $^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 의 일정 온도로에서 24시간 동안 실시하고, 성능 변화율을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

측정한다(<5%). 5.5 내식성 시험은

GB/T 10125-2012 에 따라 실시하며, 중량감량은 5% NaCl 용액에 48 시간 담근 후 측정합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 굽힘 강도, 내마모성에 대해 100% 검사를 받아야 하며, 고온 안정성 및 내식성에 대해서는 20%의 샘플을 채취해야 합니다. 6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다. 6.3 판정 기준

검사 결과 중 하나가 불합격한 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사 결과도 불합격한 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(GB/T 34712-2017), 생산 배치 번호, 제조업체 이름 및 사용 환경 표시(예: "고온" 또는 "핵 사용")가 표시되어야 합니다. 7.2 포장 포장에는

방습 및 충격 방지 목재 또는 금속 상자를 사용하고 각 상자에는 검사 보고서와 사용 설명서가 포함되어야 합니다. 7.3 운송

고압, 심한 진동 및 다습한 환경을 피하고 운송 차량에는 방습 조치가 장착되어 있어야 합니다.

7.4 보관

온도 범위가 0° C~40° C 이고 습도가 60% 미만인 통풍이 잘 되고 건조한 창고에 보관하고 산성 또는 방사성 물질에서 멀리하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 마모 부품의 분류

A.1.1 항공우주 패널

A.1.2 에너지 장비용 드릴 비트

A.1.3 원자력 산업용 라이닝은

사용 환경 및 기능에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 제품 기술 문서를 참조하십시오 .

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

분말야금 소결 : 온도 1400° C±10° C, 압력 50 MPa±1 MPa, 입자크기 0.5-1 μm .

HVOF 코팅 : 분무 속도 >1000 m/s, 코팅 두께 50-200 μm±1 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GJB 229A-1998

항공우주 패스너에 대한 일반 사양

표준 번호 : GJB 229A-1998

표준 명칭 : 항공용 패스너 일반규격

출시일 : 1998 년 12 월 15 일

발효 일 : 1999 년 6 월 1 일

발행처 : 중화 인민공화국 국방과학기술공업위원회

대체 표준 : GJB 229-1985 를 부분적으로 대체합니다.

머리말

이 표준은 중국항공공업집단공사(China Aviation Industry Corporation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국항공공업집단공사 1 호, 선양항공공업집단공사 등입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 왕(Wang), 리(Li), 자오(Zhao) 등입니다. 이 표준은 GJB/Z 001-1992 "군사 표준 개발 지침"에 따라 제정되었습니다. GJB 229-1985 와 비교하여 주요 기술적 변경 사항은 다음과 같습니다.

카바이드 패스너의 고강도 및 내식성에 대한 요구 증가

환경적응성 시험방법을 업데이트했습니다.

검사 및 승인 절차는 현대 항공 요구 사항을 충족하도록 최적화되었습니다.

1 범위

본 표준은 항공용 패스너의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 볼트, 너트, 리벳 등 항공우주 분야에서 사용되는 패스너, 특히 고강도, 고온 및 부식성 환경에 적합한 초경합금(WC-Co 등)으로 제작된 특수 패스너에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3098.1-2000 "볼트, 나사 및 스톨드의 기계적 특성"

GB/T 3098.6-2000 "패스너의 기계적 특성 - 셀프 태핑 나사 및 금속 구동 나사"

GB/T 1237-2000 "패스너의 표면 결함"

GJB 78-1986 "항공용 패스너 표시 방법"

ISO 6892:1998 금속 재료의 인장 시험

3 용어 및 정의

3.1 항공용 패스너는

볼트, 너트, 리벳 등 항공우주 장비의 기계 부품을 연결하고 고정하는 데 사용되며

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

높은 강도와 환경 적응성 요구 사항을 충족해야 합니다. 3.2 시멘트 카바이드 패스너는

텅스텐 카바이드(WC)를 기본으로 하고 바인더로 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 사용하여 만든 패스너로 극한 작업 조건에 적합합니다. 3.3 내식성 산성 또는 알칼리성 환경에서 패스너의 부식 저항 능력으로, 중량 감소(mg/cm^2)로 표현됩니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-90%(질량 분율)
코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 함량: 6%-15%(질량 분율)
TiC, Cr 등): 0.5%-5%(질량 분율).

4.2 기계적 성질

인장 강도: $>1200 \text{ MPa}$ (GB/T 3098.1-2000에 따라 테스트됨)
전단 강도: $>600 \text{ MPa}$ (ISO 6892:1998에 따라 테스트됨)
굽힘 강도: $2800-3000 \text{ MPa}$ (GB/T 1237-2000에 따라 테스트됨)
경도: $\text{HV } 1800-2200 \pm 30$ (GB/T 16534-2009에 따라 테스트됨).

4.3 환경 적응성

고온 안정성: $-50^\circ \text{C} \sim 1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ (상당한 성능 저하 없음)
부식 저항성: 중량 감소 $<0.1 \text{ mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg}/\text{cm}^2$ (5% NaCl 용액에서 48 시간 동안 테스트)
진동 저항성: 10 5 사이클($10^4 \text{ rpm} \pm 10^3 \text{ rpm}$)을 견딥니다.

4.4 표면 처리

선택 코팅: WC-10Co4Cr(두께 $50-150 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)
접합 강도: $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (HV0F 공정 테스트 기준).

4.5 치수 허용차

나사 허용 오차: 6g (GB/T 3098.6-2000에 따름)
길이 허용 오차: $\pm 0.01 \text{ mm}$.

4.6 서비스 수명

비행 시간: $>8000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ (실제 작업 조건 테스트 기준).

5 가지 시험 방법

5.1 인장강도 시험은

GB/T 3098.1-2000에 따라 만능재료시험기를 사용하여 실시하며, 시편은 파단될 때까지 늘린 후 최대하중을 기록한다. 5.2 전단강도 시험은

ISO 6892:1998에 따라 이중전단법으로 실시하며, 시험하중은 50kN 이다.

5.3 경도 시험은

GB/T 16534-2009에 따라 비커스 경도계를 사용하여 실시하며, 하중은 30kg 이고, 시험점은 5 개 이상이며 평균값을 취합니다.

5.4 내식성 시험

은 GB/T 10125-2012에 따라 5% NaCl 용액에 48 시간 담가두고 중량 감소를 측정합니다.

5.5 진동 저항성 시험은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

진동대에서 $10^4 \text{rpm} \pm 10^3 \text{rpm}$ 으로 시물레이션하며, 주기는 10^5 회로서 패스너의 느슨함을 점검합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사 각 배치 제품은 인장 강도, 전단 강도 및

경도 에 대해 100% 검사를 받아야 하며 , 10%는 내식성 및 내진동성에 대해 샘플링을 받아야 합니다.

6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다.

6.3 판정 규칙

검사 결과 중 하나가 불합격인 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격인 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호 (GJB 229A-1998), 생산 배치 번호, 제조업체 이름 및 군 로고 (GJB 78-1986 에 따름)가 표시되어야 합니다

7.2 포장 제품은

방습 및 충격 방지 군용 금속 상자에 포장해야 하며, 각 상자에는 검사 보고서와 사용 설명서가 함께 제공되어야 합니다.

7.3 운송 제품은 강한 압력, 심한 진동 및 고온 환경을 피하기 위해 특수 군용 운송 차량을 사용하여 운송 해야 합니다

7.4 보관 제품은

부식성 물질로부터 멀리 떨어진 온도 범위 $0^{\circ} \text{C} \sim 30^{\circ} \text{C}$, 습도 $<50\%$ 의 항온 항습 창고에 보관해야 합니다.

부록 A (규범 부록)

A.1 패스너 분류

A.1.1 볼트

A.1.2 너트

A.1.3 리벳은

구조와 용도에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 제품 기술 사양을 참조하십시오.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

분말야금 소결 : 온도 $1400^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$, 압력 $50 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, 입자크기 $0.5-1 \mu \text{m}$.

HVOF 코팅 : 분무 속도 $>1000 \text{ m/s}$, 코팅 두께 $50-150 \mu \text{m} \pm 1 \mu \text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



카바이드 밀링 커터

1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



JB 2372-1995

항공용 시멘트 카바이드 소재 사양

표준 번호 : GJB 2372-1995

표준 명칭 : 항공용 초경합금재료 규격

출시일 : 1995 년 12 월 20 일

발효 일 : 1996 년 6 월 1 일

발행처 : 중화 인민공화국 국방과학기술공업위원회

표준 대체 : 없음(최초 릴리스)

머리말

이 표준은 중국항공산업공사(China Aviation Industry Corporation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국항공산업공사 1 호, 베이징항공재료연구소 등입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 Zhao XX, Li XX, Zhang XX 등입니다. 이 표준은 GJB/Z 001-1992 "군사 표준 개발 지침"에 따라 제정되었습니다. 이 표준은 고강도, 고온 및 내식성과 같은 극한 작업 조건의 요건을 충족하도록 항공용 초경합금 재료의 성능 및 적용을 규제하는 것을 목표로 합니다.

1 범위

본 표준은 항공용 초경합금 재료의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 터빈 블레이드, 패스너, 내마모성 코팅 등 항공우주 분야의 고성능 부품에 사용되는 텅스텐 카바이드(WC)에 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 기타 결합제를 첨가한 초경합금 재료에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가

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

있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 1031-1995 "초경합금의 밀도 측정"

GB/T 16534-1996 "초경합금의 경도 시험 방법"

GB/T 3489-1988 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 시험 방법

GJB 78-1986 "항공용 재료 표시 방법"

ISO 4506:1994 초경합금의 내마모성 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 항공용 초경합금

은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고, 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 바인더로 하여 분말야금 공정을 거쳐 제조한 항공우주 재료로서 경도가 높고 내마모성이 우수하다.

3.2 내마모성

마찰이나 절삭 중에 표면 마모에 저항하는 재료의 능력으로, 마모율($\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)로 표시한다.

3.3 고온 안정성

고온 환경($>1000^\circ \text{C}$)에서 기계적 특성을 유지하는 재료의 능력.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-92%(질량 분율)

코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 함량: 6%-15%(질량 분율)

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC): 0.5%-5%(질량 분율).

4.2 물리적 특성

경도: HV 1800-2400 $\pm$ 30(GB/T 16534-1996에 따라 테스트됨)

굽힘 강도: 2500-3000 MPa(GB/T 3489-1988에 따라 테스트됨)

밀도: 12.5-15.0 g/cm^3 (GB/T 1031-1995에 따라 테스트됨)

내마모성: 마모율 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (ISO 4506:1994에 따라 테스트됨).

4.3 환경 적응성

고온 안정성: $>1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ (상당한 성능 저하 없음)

부식 저항성: 중량 감소 $<0.1 \text{ mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg}/\text{cm}^2$ (5% NaCl 용액에서 48 시간 동안 테스트)

방사선 저항성: $>10 \text{ kGy}$ (항공우주 방사선 환경에 적합).

4.4 표면 처리

선택 코팅: WC-10Co4Cr(두께 50-200 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)

접합 강도: $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (HVOF 공정 테스트 기준).

4.5 처리 성능

절삭 속도: 200-300m/min(공작물 소재에 따라 조정됨)

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

허용오차: $\pm 0.01\text{mm}$.

5 가지 시험 방법

5.1 경도 시험

은 GB/T 16534-1996 에 따라 하중 30kg 의 비커스 경도 시험기를 사용하여 실시하고, 시험점은 5 점 이상으로 하여 평균값을 취한다. 5.2 굽힘 강도 시험은 GB/T 3489-1988 에 따라 3 점 굽힘법으로 실시

하고, 시료 크기는 $20\text{mm} \times 6.5\text{mm} \times 5.0\text{mm}$ 이다. 5.3 내마모성 시험은

ISO 4506:1994 에 따라 표준 마모 시험기를 사용하여 실시하고, 시험 조건은 하중 50N, 슬라이딩 속도 0.5m/s , 지속 시간 1 시간이다.

5.4 고온 안정성 시험은

$1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 일정 온도로에서 24 시간 동안 실시하고, 성능 변화율을 측정한다($<5\%$). 5.5 내식성 시험은

GB/T 10125-1997 에 따라 실시하며, 중량 감소는 5% NaCl 용액에 48 시간 동안 담근 후 측정합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 굽힘 강도, 내마모성에 대해 100% 검사를 받아야 하며, 고온 안정성 및 내식성에 대해서는 20%의 샘플을 채취해야 합니다. 6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다. 6.3 판정 기준

검사 결과 중 하나가 불합격인 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사 결과도 불합격인 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(GJB 2372-1995), 생산 배치 번호, 제조업체 이름 및 군 로고(GJB 78-1986 에 따름)가 표시되어야 합니다. 7.2 포장 제품은

방습 및 충격 방지 군용 금속 상자에 포장해야 하며, 각 상자에는 검사 보고서와 사용 설명서가 함께 제공되어야 합니다

. 7.3 운송 제품은 강한 압력, 심한 진동 및 고온 환경을

피하기 위해 특수 군용 운송 차량을 사용하여 운송해야 합니다. 7.4 보관

제품은 부식성 물질로부터 멀리 떨어진 온도 범위 $0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 습도 $<50\%$ 의 항온 항습 창고에 보관해야 합니다.

부록 A (규범 부록)

A.1 재료 분류

A.1.1 터빈 블레이드 재료

A.1.2 패스너 재료

A.1.3 내마모성 코팅 재료는

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

용도에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 제품 기술 사양을 참조하십시오.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

분말야금 소결 : 온도 $1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, 입자크기 $0.5\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$.

HVOF 코팅 : 분무 속도 $>1000\text{ m/s}$, 코팅 두께 $50\text{--}200\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$.

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

HB 5408-2000

《航空用 超精 공구의 기술적 요건》

표준 번호 : HB 5408-2000

표준 명칭 : 항공용 초정 절삭공구에 대한 기술적 요구사항

출시일 : 2000 년 12 월 20 일

발효 일 : 2001 년 6 월 1 일

발행처 : 중국항공산업 공사

표준 대체 : HB 5408-1985 를 부분적으로 대체합니다.

머리말

이 표준은 중국항공산업공사(China Aviation Industry Corporation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국항공산업공사 1 호, 청두항공산업공사 등입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 류(Liu), 왕(Wang), 장(Zhang) 등입니다. 이 표준은 HB/Z 001-1997 "항공 산업 표준 개발 지침"에 따라 제정되었습니다. HB 5408-1985 와 비교하여 주요 기술적 변경 사항은 다음과 같습니다.

나노코팅 및 복합소재 가공에 대한 요구 증가

업데이트된 절삭 성능 및 내마모성 지표

시험 방법은 현대 항공 제조 기술에 맞게 최적화되었습니다.

1 범위

본 표준은 항공용 초정 공구의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 기본 재료로 하고 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합재로 사용하여 티타늄 합금, 복합 소재, 고온 합금 부품 등 항공우주 분야의 고정밀 가공에 사용되는 초정 공구에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 1031-1995 "초정합금의 밀도 측정"

GB/T 16534-1996 "초정합금의 경도 시험 방법"

GB/T 3489-1988 초정합금의 굽힘강도 시험방법

GB/T 4076.1-1996 "금속 절삭 공구 내구성 시험 1 부: 일반 원칙"

ISO 513:1999 시멘트 카바이드 공구의 분류 및 적용

3 용어 및 정의

3.1 항공용 초정합금 절삭 공구는

텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합재로 사용하여 분말 야금 공정으로 제작됩니다. 항공우주 분야의 고정밀 가공에 적합합니다.

3.2 절삭 속도

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

공구가 단위 시간당 공작물 표면을 따라 이동하는 거리(분당 미터(m/min))입니다.

3.3 내마모성 절삭

공정 중 공구가 마모에 저항하는 능력으로, 마모율($\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)로 표현됩니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-92%(질량 분율)

코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 함량: 6%-15%(질량 분율)

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC): 0.5%-5% (질량 분율).

4.2 물리적 특성

경도: HV 1800-2200 $\pm$ 30(GB/T 16534-1996에 따라 테스트됨)

굽힘 강도: 2800-3000 MPa(GB/T 3489-1988에 따라 테스트됨)

밀도: 12.5-15.0 g/cm³ (GB/T 1031-1995에 따라 테스트됨)

내마모성: 마모율 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (ISO 513:1999에 따라 테스트됨).

4.3 절삭 성능

절단 속도: 200-300m/min(티타늄 합금 및 고온 합금의 경우)

허용오차: $\pm 0.01 \text{ mm}$ (가공 정확도);

표면 거칠기: $Ra \leq 0.4 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ (GB/T 4076.1-1996에 따라 테스트됨).

4.4 환경 적응성

고온 안정성: $>1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ (상당한 성능 저하 없음)

부식 저항성: 중량 감소 $<0.1 \text{ mg/cm}^2 \pm 0.01 \text{ mg/cm}^2$ (pH 3-13 배지에서 테스트).

4.5 표면 처리

선택 코팅: TiAlN, WC-10Co4Cr(두께 50-200 $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)

접합 강도: $>70 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (HVOF 공정 테스트 기준).

4.6 서비스 수명

가공 수명: ≥ 200 시간(Inconel 718 작업물의 경우).

5 가지 시험 방법

5.1 경도 시험

은 GB/T 16534-1996에 따라 하중 30kg의 비커스 경도 시험기를 사용하여 실시하고, 시험점은 5점 이상으로 하여 평균값을 취한다.

5.2 굽힘 강도 시험은

GB/T 3489-1988에 따라 3점 굽힘법을 사용하여 실시하고, 샘플 크기는 20mm $\times$ 6.5mm $\times$ 5.0mm이다.

5.3 내마모성 시험은

ISO 513:1999에 따라 표준 마모 시험기를 사용하여 실시하고, 시험 조건은 하중 50N, 슬라이딩 속도 0.5m/s, 지속 시간 1시간이다.

5.4 절삭 성능 시험은

GB/T 4076.1-1996에 따라 Inconel 718을 공작물 재료로 사용하여 실시하고 공구 수명과 표면 거칠기를 기록한다.

5.5 고온안정성 시험은

1000 $^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 의 일정온도로에서 24시간 동안 시험하고, 성능변화율($<5\%$)을 측정한다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 굽힘 강도, 내마모성에 대해 100% 검사를 실시하고, 절삭 성능

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

및 고온 안정성에 대해서는 10%의 샘플을 채취하여 검사합니다. 6.2 형식 검사는 2 년마다 또는 공정 변경 후 실시하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다. 6.3 판정 기준

검사 결과 중 하나가 불합격한 경우, 두 개의 샘플을 재검사합니다. 재검사 결과도 불합격한 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(HB 5408-2000), 생산 배치 번호, 제조업체 이름 및 항공 로고가 표시되어야 합니다. 7.2 포장

방습 및 충격 방지 항공 등급 목재 상자 또는 플라스틱 상자를 사용하고 각 상자에 검사 보고서가 첨부되어야 합니다. 7.3 운송 중에는 강한 압력과 심한 진동을 피하고 운송 중 건조하게 유지하십시오. 7.4 보관

온도 범위가 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 이고 습도가 60% 미만인 통풍이 잘 되고 건조한 환경에 보관하십시오 .

부록 A (규범 부록)

A.1 도구 분류

A.1.1 선삭 공구

A.1.2 밀링 커터

A.1.3 드릴은

가공 유형과 가공물 소재에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 ISO 513:1999 를 참조하세요.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

분말야금 소결 : 온도 $1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 $50\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$, 입자크기 $0.5\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$.

HVOF 코팅 : 분무 속도 $>1000\text{ m/s}$, 코팅 두께 $50\text{--}200\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

SH/T 3054-2013

《석유화학 산업용 내식성 합금 파이프》

표준 번호 : SH/T 3054-2013

표준 명칭 : 석유화학 산업용 내식성 합금관

출시일 : 2013 년 12 월 30 일

시행일 : 2014 년 7 월 1 일

발행처 : 중국석유화학 공사

교체 기준 : SH/T 3054-2000 부분 교체

머리말

이 표준은 중국석유화학공사(China Petrochemical Corporation)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 작성 기관은 중국석유화학공사 석유화학연구소, 바오강그룹 등입니다.

이 표준의 주요 작성자는 장 XX, 리 XX, 왕 XX 등입니다. 이 표준은 GB/T 1.1-2009 "표준화 작업 지침 제 1 부: 표준의 구조 및 작성 규칙"에 따라 제정되었습니다. SH/T 3054-2000 과 비교하여 주요 기술적 변경 사항은 다음과 같습니다.

새로운 내식성 합금(듀플렉스 스테인리스 강철 및 니켈 기반 합금 등)에 대한 기술적 요구 사항이 추가되었습니다.

내식성 및 고온 성능에 대한 시험 방법을 업데이트했습니다.

치수 허용 오차와 표면 품질 요구 사항은 현대 석유화학 공정에 맞게 최적화되었습니다.

1 범위

본 표준은 석유화학 산업용 내식성 합금 파이프의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 석유화학 산업에서 부식성 매체(예: 산성 가스, 염수)를 이송하는 데 사용되는 이음매 없는 파이프 및 용접 파이프에 적용되며, 고온, 고압 및 부식성 환경에 적합한 스테인리스강(예: 304L, 316L), 듀플렉스 스테인리스강 및 니켈 기반 합금 파이프가 포함됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 21833-2008 "이음매 없는 강관의 치수, 형상, 중량 및 허용 편차"

GB/T 222-2006 "강철 및 열처리 강제품의 화학 분석 방법 - 잔류 원소 함량 측정"

GB/T 228.1-2010 "금속 재료의 인장 시험 제 1 부: 실온 시험 방법"

GB/T 241-2007 금속 파이프의 비파괴 검사를 위한 와전류 검사 방법

ASTM A312/A312M-2013 이음매 없는 오스테나이트계 스테인리스 강관 및 용접 파이프

3 용어 및 정의

3.1 내식성 합금 파이프

는 내식성과 내열성이 있는 스테인리스 스틸, 듀플렉스 스테인리스 스틸 또는 니켈 기반 합금으로 만들어지며 석유화학 매체의 수송에 적합합니다.

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

산성, 알칼리성 또는 염화물이 함유된 매체에서 파이프의 부식 저항성으로, 중량 감소(mg/cm^2) 또는 피팅 속도(mm/a)로 표현됩니다. 3.3

고온 안정성 고온 환경($>400^\circ\text{C}$)에서

파이프가 기계적 특성과 구조적 무결성을 유지하는 능력입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

스테인리스강(예: 304L) : 크롬(Cr) 16%-18%, 니켈(Ni) 8%-12%, 탄소(C) $\leq 0.03\%$

듀플렉스 스테인리스 스틸(예: 2205) : 크롬(Cr) 21%-23%, 니켈(Ni) 4.5%-6.5%, 몰리브덴(Mo) 2.5%-3.5%

니켈 기반 합금(예: 인코넬 625) : 니켈(Ni) $\geq 58\%$, 크롬(Cr) 20%-23%, 몰리브덴(Mo) 8%-10%.

4.2 기계적 성질

인장 강도 : $\geq 520\text{ MPa}$ (GB/T 228.1-2010에 따라 테스트됨)

항복 강도 : $\geq 205\text{ MPa}$;

신장률 : $\geq 35\%$;

경도 : HB ≤ 200 (GB/T 231.1-2018에 따라 테스트됨).

4.3 내식성

내공 식성 : PREN ≥ 32 (PREN = Cr% + 3.3Mo% + 16N%);

체중감량율 : $< 0.1\text{ mg}/\text{cm}^2$ (10% H_2SO_4 용액에서 48 시간 동안 테스트)

응력 부식 균열에 대한 저항성 : ASTM G36 표준을 충족합니다.

4.4 치수 및 공차

외경 : $10\text{mm} \sim 406.4\text{mm}$, 허용오차 $\pm 0.5\% - 1\%$

벽 두께 : $1\text{mm} \sim 40\text{mm}$, 허용 오차 $\pm 10\%$

길이 : $6\text{m} \pm 0.5\text{m}$ (또는 주문 요구 사항에 따라).

4.5 표면 품질

표면에는 균열, 접합, 두꺼운 피부 등이 없어야 하며, 약간의 긁힘(깊이 $\leq 0.1\text{mm}$)은 허용됩니다.

4.6 고온 성능

작동 온도: $-50^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$;

장기간 노출(1000 시간 이상) 후 성능 저하율은 5% 미만입니다.

5 가지 시험 방법

5.1 화학 성분 분석은

분광기 또는 화학 분석 방법을 사용하여 GB/T 222-2006에 따라 수행합니다. 5.2 인장 시험은

표준 시편을 사용하여 실온에서 인장 강도와 항복 강도를 시험하여 GB/T 228.1-2010에 따라 수행합니다

5.3 경도 시험은

3 개 이상의 시험 지점이 있는 브리넬 경도 시험기를 사용하여 GB/T 231.1-2018에 따라 수행하고 평균값을 구합니다. 5.4 내식성 시험은

ASTM G48에 따라 수행하고 24 시간 동안 10%

FeCl_3 용액에서 시험하고 피팅 깊이를 측정합니다. 5.5 비파괴 검사는

GB/T 241-2007에 따라 와전류 탐침기를 사용하여 파이프의 내부 결함을 검출하여

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수행합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치(batch) 제품은 화학 성분, 기계적 성질 및 치수 공차에 대해 100% 검사를 받아야 하며, 10%는 내식성 및 비파괴 검사를 위해 샘플링을 실시해야 합니다.

6.2 형식 검사

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다.

6.3 판정 기준

검사 결과 중 하나가 불합격인 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사 결과 도 불합격인 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7. 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(SH/T 3054-2013), 재료 브랜드, 생산 배치 번호 및 제조업체 이름을 표시해야 합니다.

7.2 포장

방습 및 부식 방지 목재 상자 또는 강철 스트랩 포장을 사용하고 각 상자에 검사 보고서를 첨부해야 합니다.

7.3 운송

강한 압력, 심한 진동 및 산성 또는 염분이 있는 환경 에 노출되는 것을 피해야 하며 운송 차량은 방수 조치로 덮여야 합니다

7.4 보관 온도 범위가 0° C~40° C 이고 습도가 60% 미만인 통풍

이 잘 되고 건조한 창고에 부식성 화학 물질로부터 멀리 보관하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 파이프 분류

A.1.1 이음매 없는 파이프

A.1.2 용접 파이프는

제조 공정에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 ASTM A312/A312M-2013 을 참조하세요.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

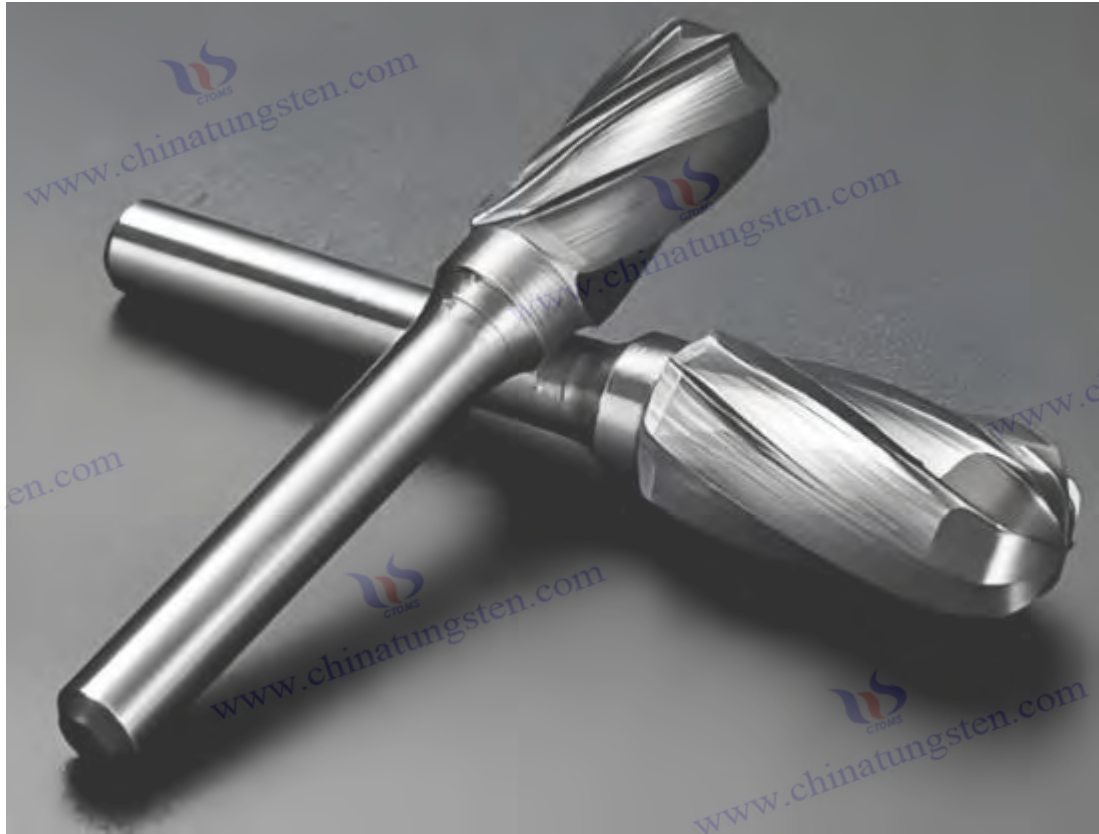
무봉관 열간 압연 : 가열온도 1150° C±20° C, 압연속도 10-20m/min;

용접 파이프 : 용접전류 200~300A, 보호가스 Ar+2% N₂ .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

DL/T 5159-2000 화력발전소용 금속 재료에 대한 기술 요구 사항

표준 번호 : DL/T 5159-2000

표준 명칭 : 화력발전소에 사용되는 금속재료에 대한 기술적 요구사항

출시일 : 2000 년 12 월 20 일

발효 일 : 2001 년 6 월 1 일

발행처 : 중국전력 위원회

표준 대체 : 없음(최초 릴리스)

머리말

이 표준은 중국전력위원회(China Electricity Council)에서 제안 및 관리합니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 중국 화능그룹 전력연구원, 상하이전력설계원 등입니다.

이 표준의 주요 초안 작성자는 이 XX, 왕 XX, 장 XX 등입니다. 이 표준은 GB/T 1.1-1997 "표준화 작업 지침 제 1 부: 표준의 구조 및 작성 규칙"에 따라 제정되었습니다.

이 표준은 화력 발전소에 사용되는 금속 재료의 성능 및 적용을 표준화하고 고온, 고압 및 부식성 환경에서의 기술 요건을 충족하는 것을 목표로 합니다.

1 범위

본 표준은 화력발전소에 사용되는 금속 재료의 분류, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시, 포장, 운송 및 보관에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 탄소강, 저합금강, 스테인리스강 및 내열 합금을 포함하여 화력발전소 보일러, 파이프라인, 밸브 및 열교환기에 사용되는 금속 재료에 적용되며, 고온, 고압 및 부식성 작업 조건에 적합합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않습니다. 그러나 본 표준을 기반으로 합의에 도달한 당사자는 해당 문서의 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 222-1997 강철 및 열처리 강철 제품에 대한 화학 분석 방법

GB/T 228-2002 "금속 재료에 대한 실온 인장 시험 방법"

GB/T 229-1994 "금속 재료 샤르피 진자 충격 시험 방법"

GB/T 241-1994 "금속 파이프의 비파괴 검사 방법 - 초음파 결함 탐지"

DL 438-2000 "화력발전소 금속에 대한 기술 감독 규정"

3 용어 및 정의

3.1 화력발전소용 금속재료

화력발전소 설비에 사용되는 금속재료에는 보일러 튜브, 파이프라인, 밸브용 강철 등이 있으며, 고온 및 내식성이 반드시 필요합니다.

3.2 내열성

재료는 고온 환경(>500° C) 에서 기계적 특성과 내산화성을 유지합니다

3.3 내식성

산성 또는 유황이 포함된 환경에서 재료가 부식을 저항하는 능력으로, 중량 감소(mg/cm²) 로 표현합니다 .

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

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

탄소강(예: 20G) : 탄소(C) 0.17%-0.23%, 망간(Mn) 0.40%-0.70%

저합금강(예: 15CrMoG) : 크롬(Cr) 0.80%-1.15%, 몰리브덴(Mo) 0.40%-0.55%

스테인리스 스틸(예: 304H) : 크롬(Cr) 18%-20%, 니켈(Ni) 8%-10.5%

내열합금(인코넬 740 등) : 니켈(Ni) $\geq 50\%$, 크롬(Cr) 20%-25%.

4.2 기계적 성질

인장 강도 : ≥ 410 MPa (GB/T 228-2002 에 따라 테스트됨)

항복 강도 : ≥ 245 MPa;

신장률 : $\geq 20\%$;

충격 인성 : ≥ 27 J (GB/T 229-1994, -20°C 에 따라 테스트).

4.3 내열성

작동 온도: $-20^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$;

장기 노출(10 시간 이상) 후 크리프 강도 ≥ 100 MPa.

4.4 내식성

체중감량율: < 0.2 mg/cm² (5% H₂SO₄ 용액에서 48 시간 동안 테스트)

산화 저항성: 질량 증가 < 0.5 mg/cm² (600 $^{\circ}\text{C}$ 에서 공기에 1000 시간 노출).

4.5 치수 및 공차

외경 : 20mm $\sim$ 426mm, 허용오차 $\pm 0.5\%$ -1 %

벽 두께 : 2mm $\sim$ 50mm, 허용 오차 $\pm 10\%$

길이 : $6\text{m} \pm 0.5\text{m}$ (또는 주문 요구 사항에 따라).

4.6 표면 품질

표면에는 균열, 접힘, 두꺼운 피부가 없어야 하며, 가벼운 긁힘(깊이 $\leq 0.2\text{mm}$)은 허용됩니다.

5 가지 시험 방법

5.1 화학 성분 분석은

분광기 또는 화학 분석 방법을 사용하여 GB/T 222-1997 에 따라 실시합니다. 5.2 인장 시험은

표준 시편을 사용하여 실온에서 인장 강도와 항복 강도를 시험하여 GB/T 228-2002 에 따라 실시합니다. 5.3 충격 시험은 -20°C 에서 샤르피 진자를 사용하여 GB/T 229-1994 에 따라 실시하여

충격 흡수 에너지를 시험합니다. 5.4

내식성 시험은

5% H₂SO₄ 용액에 48 시간 동안 담그고 중량 감소율을 측정하여 실시합니다. 5.5

비파괴 검사 는

초음파 탐상기를 사용하여 GB/T 241-1994 에 따라 실시하여 파이프의 내부 결함을 검출합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치(batch) 제품은 화학 성분, 기계적 성질 및 치수 공차에 대해 100% 검사를 받아야 하며, 10%는 내식성 및 비파괴 검사를 위해 샘플링을 실시해야 합니다. 6.2

형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 검사 항목에는 모든 기술적 요구 사항이 포함되어야 합니다. 6.3 판정 기준

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

검사 결과 중 하나가 불합격인 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사 결과 도 불합격인 경우, 해당 배치는 불합격으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(DL/T 5159-2000), 재료 브랜드, 생산 배치 번호 및 제조업체 이름을 표시해야 합니다.

7.2 포장

방습 및 부식 방지 목재 상자 또는 강철 스트랩 포장재를 사용하고 각 상자에 검사 보고서를 첨부해야 합니다.

7.3 운송

강한 압력, 심한 진동 및 산성 환경에 노출되는 것을 피하고 운송 차량은 방수 조치로 덮여야 합니다.

7.4 보관 온도 범위가 0° C~40° C 이고 습도가 60% 미만인

통풍이 잘 되고 건조한 창고에 보관하고 부식성 화학 물질로부터 멀리하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 재료 분류

A.1.1 보일러 파이프

A.1.2 파이프라인용 강재

A.1.3 밸브용 합금은

사용 부위에 따라 분류됩니다. 자세한 내용은 제품 기술 사양을 참조하십시오.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정 매개변수

이음매 없는 파이프 열간 압연 : 가열 온도 1100° C±20° C, 압연 속도 10-15m/min;

용접 파이프 : 용접전류 150~250A, 보호가스 Ar .



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

중국원자력연구소가 제정한 연구소 수준 표준 원자로 부품의 시멘트 카바이드의 방사선 저항성 및 온도 저항성

다음은 중국원자력연구원(CIAE)에서 제정할 수 있는 연구소급 표준 형식을 바탕으로, 원자로 부품에 사용되는 초경합금의 내방사선성 및 내열성에 대한 기술 요건 및 관련 내용입니다. 구체적인 연구소급 표준은 공개되지 않았으므로, 다음 내용은 원자력 산업 표준 관행, 초경합금 특성, 그리고 원자로 환경 요건(예: 방사능 및 고온)을 바탕으로 합리적으로 도출되었습니다. 실제 표준은 중국원자력연구원의 공식 문서를 참조해야 합니다.

표준 번호 : CIAE-STD-XXXX-202X

표준 명칭 : 원자로 부품용 초경합금의 내방사선성 및 내열성

출시일 : 202X /X/X

발효 일 : 202X

발행처 : 중국 원자력 연구소

적용 범위 : 병원 내 사용

머리말

본 표준은 중국원자력연구원에서 제정하였으며, 원자로 부품에 사용되는 초경합금 재료의 연구 개발 및 적용에 적용됩니다.

본 표준의 작성 기관은 중국원자력연구원 재료연구소입니다.

본 표준의 주요 초안 작성자는 조(趙), 리(李), 장(張) 등이다. 본 표준은 국제원자력기구(IAEA)의 방사선 방호 표준 및 국내 관련 원자력 산업 기술 규격을 참조하며, 원자로의 극한 환경에서 시멘트 카바이드의 안전성과 신뢰성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

1 범위

본 표준은 원자로 부품에 사용되는 초경합금의 내방사선성 및 내열성에 대한 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙 및 주의사항을 명시합니다.

본 표준은 원자로 제어봉, 핵연료 집합체 지지 구조물 및 기타 부품, 특히 중성자 방사선 및 고온 및 저온 환경에 사용되는 초경합금 재료에 적용됩니다.

2 규범적 참조

IAEA GSR 3 부(2014): 방사선 방호 및 방사선원 안전 국제 기본 안전 기준

GB/T 16534-1996: 초경합금 경도 시험 방법

GB/T 3489-1988: 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 시험 방법

ASTM E693-2001: 원자로 재료의 방사선 저항성 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 방사선 저항성

원자로의 중성자 방사선 환경에서 시멘트 카바이드의 구조적 안정성 및 성능 유지를 방사선 팽창률(%) 및 중성자 손상 저항성(MPa)으로 표현합니다.

400° C~1000° C 범위에 적용되는 고온 환경에서 시멘트 카바이드의 기계적 특성 및 산화 저항성을 나타냅니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

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

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 85%-92%(질량 분율)

코발트(Co) 함량: 6%-12%(질량분율)

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC): 0.5%-3% (질량 분율) 방사선 저항성을 강화합니다.

4.2 방사선 저항성

방사선 팽창률: $< 0.5\%$ (중성자 플루언스 $1 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2$ 미만)

중성자 손상 저항성: $\geq 2500 \text{ MPa}$ (500°C 에서 $1 \times 10^{21} \text{ n/cm}^2$ 방사선량 후);

헬륨 다공성: $< 0.1\%$ (방사선 유도 다공성 축적 방지).

4.3 온도 저항

고온 경도: HV 1800-2000 (800°C 에서, GB/T 16534-1996 에 따름)

산화 저항성: 질량 증가 $< 0.3 \text{ mg/cm}^2$ (1000°C 에서 100 시간 동안 공기에 노출)

크립 강도: $\geq 150 \text{ MPa}$ (900°C , 50 MPa 응력, 1000 시간 동안).

4.4 치수 및 공차

부품 두께: $2 \text{ mm} \sim 20 \text{ mm}$, 허용오차 $\pm 0.1 \text{ mm}$

표면 거칠기: $Ra \leq 0.4 \text{ } \mu\text{m}$.

4.5 미세구조

입자 크기: $0.5 \sim 2 \text{ } \mu\text{m}$, 미세균열 성장에 대한 방사선 저항성을 보장합니다.

상 안정성: 명확한 β 상 전이 없음(방사선 조사 및 고온 후).

5 가지 시험 방법

5.1 방사선 저항성 시험은

ASTM E693-2001 에 따라 원자로 모의 중성자 조사를 사용하여 $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{22} \text{ n/cm}^2$ 의 선량으로 수행되고, 시험 온도 범위는 $400^\circ \text{C} \sim 800^\circ \text{C}$ 이며, 팽창률과 강도 변화를 측정합니다.

5.2 내열성 시험은

1000°C 일정 온도로에서 100 시간 동안 노출시키고, 경도는 GB/T 16534-1996 에 따라 시험하고, 질량 증가량과 크리프 변형을 측정합니다.

5.3 미세 구조 분석은

주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 결정립 크기와 상 안정성을 분석합니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 내방사선성 및 내열성에 대한 무작위 검사(10% 샘플)를 받아야 합니다.

6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 공정 변경 후 실시하며, 모든 기술 요건을 검사해야 합니다.

6.3 판정 기준

하나의 지표가 기준을 충족하지 못할 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다.

재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7 사용상 주의사항

7.1 설치 요구 사항

오염 물질이 방사선 저항성에 영향을 미치지 않도록 설치 전에 구성 요소를 청소해야 합니다.

7.2 유지 관리

방사선 손상 정도를 평가하기 위해 구성 요소의 미세 구조를 정기적으로(6 개월마다) 점검합니다.

7.3 보관

온도 $0^\circ \text{C} \sim 30^\circ \text{C}$, 습도 $< 50\%$ 의 건조하고 방사선이 없는 환경에 보관합니다.

부록 A (정보 부록)

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

A.1 권장 제조 공정

분말야금 소결 : 온도 $1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 60 MPa, 입자 크기는 $1\ \mu\text{m}$ 로 제어 됨
방사선 경화 : $1 \times 10^{19}\ \text{n/cm}^2$ 의 선량으로 시뮬레이션된 반응기에서 사전 조사합니다 .

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

중국항공산업공사 기업표준: 터빈 블레이드의 시멘트 카바이드 코팅 요구 사항
블레이드의 시멘트 카바이드 코팅 요구 사항 본 표준은 중국항공공업집단공사(AVIC)에서 제정할 수 있는 기업 표준 형식을 기반으로 작성되었습니다. 구체적인 기업 표준은 공개되지 않았으므로, 아래 내용은 항공 산업의 터빈 블레이드 코팅 기술 요구 사항, 초경합금 특성, 그리고 공개 정보(예: 터빈 블레이드 소재 및 코팅 기술 개발 동향)를 바탕으로 합리적으로 도출되었으며, 업계 관행과 실제 적용 시나리오를 반영하고자 노력했습니다. 실제 표준은 중국항공공업집단공사의 관련 문서를 참조해야 합니다.

터빈 블레이드의 시멘트 카바이드 코팅에 대한 요구 사항

썬우다

표준 번호 : AVIC-STD-XXXX-202X

표준 명 : 터빈 블레이드의 초경합금 코팅에 대한 요구사항

출시일 : 202X /X/X

발효 일 : 202X

발행처 : 중국항공산업 공사

적용 범위 : 그룹 내 항공기 엔진 터빈 블레이드 제조

머리말

본 표준은 중국항공공업집단공사(China Aviation Industry Corporation Limited)에서 제정하였으며, 항공기 엔진 터빈 블레이드의 초경합금 코팅 설계 및 적용에 적용됩니다. 본 표준의 작성 주체는 중국항공공업집단공사 항공엔진연구소입니다. 주요 작성자는 왕(Wang), 리(Li), 장(Zhang) 등입니다. 본 표준은 국제 항공기 엔진 코팅 기술(예: 열차단 코팅 TBC) 및 국내 항공 산업 표준을 참조하며, 고온 고압 환경에서 터빈 블레이드의 내구성과 성능을 향상시키는 것을 목표로 합니다.

1 범위

본 표준은 항공기 엔진 터빈 블레이드의 초경합금 코팅에 대한 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙 및 적용 지침을 명시합니다.

본 표준은 고성능 항공기 엔진의 1 단계 및 2 단계 터빈 블레이드에 적용되며, 고온 산화, 열 부식 및 피로 손상에 대한 보호 요건을 충족합니다.

2 규범적 참조

GB/T 11373-1997: 금속 코팅 두께 측정을 위한 자기적 방법

GB/T 13303-1991: 금속 코팅의 내식성 시험 방법

ASTM E228-2017: 금속 재료의 고온 선형 팽창 시험 방법

MIL-STD-810H: 환경 공학 고려 사항 및 실험실 테스트

3 용어 및 정의

3.1 열 차단 코팅(TBC) 기판 온도를 낮추고

산화 저항성을 개선하기

위해 터빈 블레이드 표면에 적용되는 세라믹 코팅입니다. 3.2 결합 코팅

코팅과 기판 사이의 결합 강도를 높이기 위해 기판과 TBC 사이에 위치하는 금속 코팅입니다. 3.3 열 부식

터빈 블레이드가 고온에서 염분이 있는 가스와 반응하는 부식의 한 형태입니다.

4. 기술적 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

4.1 코팅 재료

본딩 코팅 : NiCoCrAlY , 두께 50-100 μm , 10%-12% 알루미늄(Al), 20%-25% 크롬(Cr) 함유

열 차단 코팅 : 8YSZ(8% 이트리아 안정화 지르코니아), 두께 200-300 μm

선택 사항인 부식 방지 코팅 : Pt-알루미늄, 두께 5-10 μm (극한의 부식성 환경용).

4.2 코팅 특성

열전도도 : $<2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (1000° C에서)

산화 저항성 : 질량 증가 $<0.1 \text{ mg/cm}^2$ (1100° C에서 100 시간 동안 공기에 노출)

접합 강도 : $>40 \text{ MPa}$ (인장 박리 시험)

열 사이클 수명 : ≥ 1000 회(900° C에서 실온 사이클).

4.3 코팅 두께 및 균일성

총 두께: 250-400 μm , 허용 오차 $\pm 10 \mu\text{m}$;

두께 균일성: 블레이드 표면의 편차 $<15\%$.

4.4 표면 품질

표면 거칠기: $Ra \leq 2.5 \mu\text{m}$;

눈에 띄는 균열, 벗겨짐 또는 기공이 없습니다(기공률 $<1\%$).

4.5 고온 안정성

작동 온도 범위: $-50^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$

코팅은 1000° C에서 장기간(500 시간 이상) 노출된 후에도 열적으로 성장된 산화물(TGO)이 크게 두꺼워지지 않았습니다.

5 가지 시험 방법

5.1 코팅 두께 측정은

GB/T 11373-1997에 따라 최소 5개의 측정 지점이 있는 자기 두께 측정기를 사용하여 수행하며, 평균값을 취한다. 5.2 산화 저항성 시험은

1100° C의 항온로에서 100 시간 동안 노출시키고, 질량 변화는 GB/T 13303-1991에 따라 측정한다. 5.3 열 사이클 시험

은 MIL-STD-810H에 따라 900° C에서 30 분간 가열한 후 실온으로 냉각하고, 1000 회 사이클을 반복하여 코팅 박리 면적을 기록한다.

5.4 접합 강도 시험은

ASTM D4541에 따라 인장 시험기를 사용하여 코팅과 기판 사이의 접합 강도를 측정한다. 5.5 열전도도 시험은

ASTM E228-2017에 따라 수행되며, 1000° C에서의 열전도도는 레이저 플래시 방법을 사용하여 측정됩니다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치의 제품은 코팅 두께, 내산화성, 접합 강도에 대해 100% 검사하고, 나머지 10%는 열 사이클 수명에 대해 무작위로 검사합니다. 6.2 형식 검사는

2년마다 또는 공정 변경 후 실시하며, 모든 기술 요건을 검사합니다.

6.3 판정 기준

하나의 지표가 요건을 충족하지 못할 경우, 두 개의 샘플을 재검사합니다. 재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7. 신청 가이드

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

7.1 코팅은

코팅 균일성을 보장하기 위해 플라즈마 분무 또는 전자빔 물리 기상 증착(EB-PVD) 공정으로 적용됩니다. 7.2 유지 관리

코팅 무결성을 정기적으로(작동 500 시간마다) 점검하고 필요한 경우 국소 수리를 수행합니다. 7.3 보관

코팅된 블레이드는 $0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 의 온도와 50% 미만의 습도에서 건조하고 먼지가 없는 환경에 보관합니다.

부록 A (정보 부록)

A.1 권장 코팅 공정 매개변수

플라즈마 분무 : 분무 온도 $1200^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, 분무 거리 100-150 mm;

EB-PVD : 증착 속도 $0.5\text{--}1\ \mu\text{m}/\text{min}$, 기판 온도 $900^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.



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 17224:2015

항공우주용 텅스텐 합금 막대 및 와이어

표준 번호 : ISO 17224:2015

표준 명칭 : 항공우주용 텅스텐 합금 막대 및 와이어

출시일 : 2015 년 6 월 15 일

시행일 : 2015 년 11 월 15 일

발행 기관 : 국제표준화기구(ISO)

기술 위원회 : ISO/TC 20/SC 10(항공우주 재료 및 구성품)

머리말

이 국제 표준은 항공우주 재료 및 부품 표준화를 담당하는 ISO/TC 20/SC 10 기술위원회에서 개발했습니다.

이 표준의 초안 작성 기관에는 유럽 항공우주산업협회(ASD) 및 미국항공우주학회(SAE)와 같은 국제 기구가 포함됩니다. 이 표준은 ISO 17224:2005의 일부를 대체하며, 주로 현대 항공우주 기술의 발전에 맞춰 텅스텐 합금의 조성 요건 및 성능 시험 방법을 업데이트합니다.

1 범위

본 표준은 항공우주용 텅스텐 합금 봉 및 와이어의 분류, 화학 성분, 기술적 요건, 시험 방법, 검사 규칙, 표시 및 포장에 관한 사항을 규정합니다.

본 표준은 항공우주 구조 부품, 밸런스 웨이트, 고온 부품, 특히 고밀도, 고강도 및 고온 내성을 요구하는 부품에 사용되는 텅스텐 합금 봉(직경 2mm~100mm) 및 와이어(직경 0.1mm~5mm)에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 이후의 개정 또는 수정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 모든 당사자는 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전을 본 표준에 적용할 수 있습니다.

ISO 6892-1:2016: 금속 재료의 인장 시험 - 제 1 부: 실온에서의 시험 방법

ASTM B777-15: 텅스텐 중합금 막대 및 와이어에 대한 기술 사양

ISO 9001:2015: 품질 경영 시스템 요구 사항

MIL-STD-810G: 환경 공학 고려 사항 및 실험실 테스트

3 용어 및 정의

3.1 텅스텐 합금

은 텅스텐(W)을 주성분으로 하고 니켈(Ni), 철(Fe) 또는 구리(Cu) 및 기타 원소로 이루어진 합금으로 밀도가 높고 내열성이 우수하다.

3.2 막대
직경이 2mm 이상인 단단한 원통형 텅스텐 합금 제품. 3.3 선 직경이 5mm 미만인 가는 텅스텐 합금 제품

4. 기술적 요구 사항

4.1 화학적 조성

텅스텐(W) 함량: 90%~97%(질량 분율)

니켈(Ni) 함량: 2%~5%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

철(Fe) 또는 구리(Cu) 함량: 1%-5%

총 불순물 함량: <0.5%.

4.2 물리적 및 기계적 특성

밀도 : 17.0-19.0 g/cm³

인장 강도 : ≥ 800 MPa (ISO 6892-1:2016 에 따름)

항복 강도 : ≥ 600 MPa;

신장률 : $\geq 5\%$;

경도 : HV 300-350.

4.3 고온 성능

작동 온도 범위: $-50^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$

산화 저항성: 질량 증가 <0.2 mg/cm² (1000°C 에서 공기에 100 시간 노출).

4.4 치수 및 공차

막대 직경 : 2mm ~ 100mm, 허용 오차 ± 0.1 mm

와이어 직경 : 0.1mm ~ 5mm, 허용 오차 ± 0.05 mm

길이 : 100mm ~ 3000mm, 허용오차 ± 5 mm.

4.5 표면 품질

표면에는 균열, 접힘 또는 두꺼운 피부가 없어야 하며, 약간의 긁힘(깊이 ≤ 0.05 mm)은 허용됩니다.

5 가지 시험 방법

5.1 화학 성분 분석은

ASTM B777-15 부록에 따라 분광기 또는 X 선 형광 분석법을 사용하여 실시한다. 5.2

인장 시험은

표준 시편을 사용하여 실온에서 인장 강도 및 항복 강도를 시험하기 위해 ISO 6892-1:2016 에 따라 실시한다. 5.3 밀도 측정은

아르키메데스 방법을 사용하여 측정 정확도 0.01 g/cm³ 로 실시한다 . 5.4

고온 산화 저항 시험은 1000°C 의

일정 온도 로 100 시간 동안 노출시키고 질량 변화를 기록하여 실시한다.

5.5 치수 및 표면 검사는

ISO 9001:2015 품질 경영 시스템 요구 사항에 따라 버니어 캘리퍼스와 표면 거칠기 시험기를 사용하여 실시한다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치의 제품은 화학 성분, 밀도 및 인장 특성에 대해 100% 검사해야 하며, 표면 품질 및 고온 성능에 대해서는 10%의 샘플링을 실시해야 합니다. 6.2 형식 검사는 2년마다 또는 공정 변경 후 실시해야 하며, 모든 기술 요건을 검사해야 합니다.

6.3 판정 기준

하나의 지표가 기준을 충족하지 못할 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다 .

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(ISO 17224:2015), 재료 브랜드, 생산 배치 번호 및 제조업체 이름을 표시해야 합니다. 7.2 포장

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

방습 및 충격 방지 목재 또는 플라스틱 상자를 사용하고 각 상자에는 검사 보고서가 첨부되어야 합니다. 7.3 운송 중에는 강한 압력과 심한 진동을 피하고

운송 중 건조하게 유지하십시오. 7.4 보관

온도 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, 습도 <60%의 통풍이 잘 되고 건조한 환경에 보관하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 제품 분류

A.1.1 고밀도 막대(무게 균형용)

A.1.2 고온 저항 와이어(전극 또는 가열 소자용).

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정

분말야금 소결 : 온도 $1500^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, 압력 50 MPa;

인발 공정 : 와이어 인발속도 5-10m/min, 어닐링온도 $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ISO 513:2012

초경 공구의 분류 및 적용

표준 번호 : ISO 513:2012

표준 명칭 : 초경공구의 분류 및 적용

출시일 : 2012 년 10 월 15 일

발효 일 : 2012 년 11 월 15 일

발행 기관 : 국제표준화기구(ISO)

기술 위원회 : ISO/TC 29/SC 9(도구 - 절삭 공구)

머리말

이 국제 표준은 절삭 공구 표준화를 담당하는 기술 위원회인 ISO/TC 29/SC 9 에서 개발했습니다.

이 표준의 초안 작성 기관에는 국제공작기계협회(IMT), 독일기계공업협회(VDMA) 및 기타 기관이 포함됩니다. 이 표준은 ISO 513:2004 의 일부를 대체하며, 주로 현대 금속 절삭 기술의 발전을 반영하여 초경 공구의 분류 체계와 적용 권장 사항을 업데이트합니다.

1 범위

본 표준은 초경 공구 및 가공물 소재에 대한 분류 방법, 기술적 특성, 적용 분야 및 권장 사용 지침을 명시합니다.

본 표준은 선삭 공구, 밀링 커터, 드릴, 톱날 등 금속 절삭에 사용되는 초경 공구에 적용되며, 저탄소강부터 고온 합금까지 다양한 가공물 소재를 포괄합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 이후의 개정 또는 수정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 모든 당사자는 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전을 본 표준에 적용할 수 있습니다.

ISO 3685:1993: 공구 수명 테스트 - 절삭 속도, 이송 및 절삭 깊이

ISO 6507-1:2005: 금속의 경도 시험 - 비커스 방법 1부: 시험 방법

ISO 9001:2008: 품질 경영 시스템 요구 사항

ASTM E384-11: 미소경도 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 초경 공구

는 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합체로 사용하여 만든 절삭 공구로, 높은 경도와 내마모성을 가지고 있습니다.

3.2 ISO 분류
공구 성능 및 공작물 재질 특성에 따른 공구 분류로, P, M, K, N, S 등의 문자로 표시됩니다.

3.3 절삭 속도
공구가 단위 시간 동안 공작물 표면을 따라 이동하는 거리로, 분당 미터(m/min)로 표시됩니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 도구 분류

P 형 : 긴 칩 소재(저탄소강, 주철 등) 가공에 사용, 경도 범위 HV 150-300

M 등급 : 중간 경도 재료(스테인리스강, 합금강 등) 가공에 사용, 경도 범위 HV 300-

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

400;

K 형 : 짧은 칩 소재(회주철, 구리 등) 가공에 사용, 경도 범위 HV 400-600

N 형 : 비철 금속(알루미늄, 마그네슘 등) 가공에 사용되며 경도 범위는 HV 200~350 입니다.

S 타입 : 고경도 소재(경화강, 티타늄 합금 등) 가공에 사용되며, 경도 범위는 HV 600-800 입니다.

4.2 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 70%-92%(질량 분율)

코발트(Co) 함량: 6%-15%, 분류에 따라 조정됨

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC) : 0.5%-5%, 내마모성을 강화합니다.

4.3 기계적 성질

경도 : ISO 6507-1:2005 에 따르면 범위 HV 1300-1800(분류에 따라 다름)

굽힘 강도 : ≥ 2000 MPa;

내마모성 : 마모율 $< 0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (표준 절삭 조건 에서) .

4.4 절단 매개변수 권장 사항

절삭 속도 : 50-300m/min (공작물 소재 및 공구 유형에 따라 다름)

이송 속도 : 0.1-0.5 mm/rev;

절단 깊이 : 1-5 mm.

4.5 표면 품질

공구의 절삭날에는 노치나 균열이 없어야 하며, 표면 거칠기는 $Ra \leq 0.2 \mu\text{m}$ 이어야 합니다 .

5 가지 시험 방법

5.1 경도 시험은

ISO 6507-1:2005 에 따라 하중 30kg, 시험점 5 개 이상의 비커스 경도 시험기를 사용하여 실시한다. 5.2 굽힘 강도 시험은

ISO 3327:2009 에 따라 3 점 굽힘법을 사용하여 실시하며, 샘플 크기는 20mm×6.5mm×5.0mm 이다. 5.3 내마모성 시험은

표준 절삭 조건(하중 50N, 슬라이딩 속도 0.5m/s)에서 100 분 동안 실시하고 마모량을 기록한다. 5.4 절삭 성능 검증은

ISO 3685:1993 에 따라 권장되는 공작물 재료를 사용하여 공구 수명과 표면 거칠기를 측정하여 실시한다.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치 제품은 경도, 굽힘 강도 및 표면 품질에 대해 100%, 내마모성에 대해 10% 검사를 받아야 합니다.

6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 실시해야 하며, 모든 기술 요건을 검사해야 합니다.

6.3 판정 기준

하나의 지표가 기준을 충족하지 못할 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시 제품에는 표준

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

번호 (ISO 513:2012), 분류코드 (P, M, K 등) 및 제조사 로고를 표시해야 합니다. 7.2 포장

방습 및 충격 방지 플라스틱 상자나 나무 상자를 사용하고, 각 상자에 검사 성적서를 첨부해야 합니다. 7.3 운송 중에는 강한 압력과 심한 진동을 피하고

, 운송 중 건조하게 유지해야 합니다. 7.4 보관

온도 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, 습도 <60%의 통풍이 잘 되고 건조한 곳에 보관하십시오.

부록 A (규범 부록)

A.1 공구 및 공작물 소재 매칭 표

P : 저탄소강, 주철;

카테고리 M: 스테인리스 스틸, 합금 스틸;

K 등급: 회주철, 구리;

N 형: 알루미늄, 마그네슘;

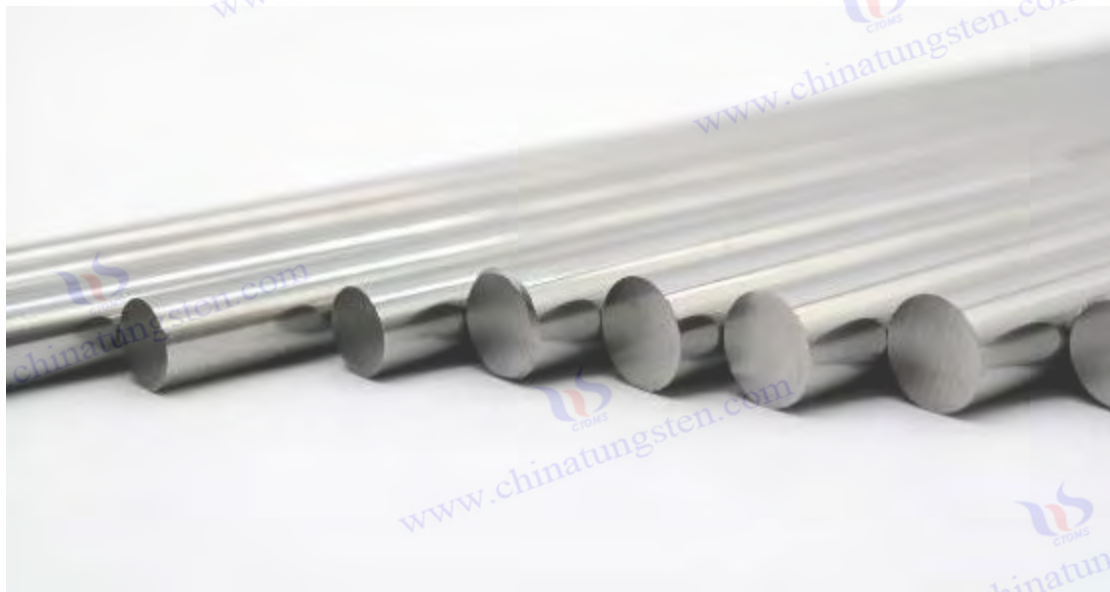
카테고리 S: 경화강, 티타늄 합금.

부록 B (정보 부록)

B.1 권장 제조 공정

분말야금 소결 : 온도 $1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 50 MPa;

엠티 가공 : 연삭 정확도 $\pm 0.01\text{ mm}$.



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 4506:2013

《 초경합금의 내마모성 시험 방법 》

표준 번호 : ISO 4506:2013

표준 명 : 초경합금의 내마모성 시험방법

출시일 : 2013 년 5 월 15 일

발효 일 : 2013 년 11 월 15 일

발행 기관 : 국제표준화기구(ISO)

기술 위원회 : ISO/TC 119/SC 4(분말 야금 재료 - 초경합금)

머리말

이 국제 표준은 분말 야금 재료 및 초경합금의 표준화를 담당하는 기술 위원회인 ISO/TC 119/SC 4 에서 개발했습니다.

이 표준의 초안 작성 기관에는 국제 초경합금 협회(IHC), 독일 재료 학회(DGM) 및 기타 기관이 포함됩니다. 이 표준은 ISO 4506:2002 의 일부를 대체하며, 시험 장비 및 절차 요건을 업데이트하여 시험 결과의 반복성과 정확성을 향상시킵니다.

1 범위

본 표준은 초경합금의 내마모성 시험 방법, 장비 요건, 시험 조건, 데이터 처리 및 보고서 형식을 규정합니다.

본 표준은 다양한 마모 조건에서 초경합금 소재(예: 절삭 공구, 마모 부품)의 내마모성을 평가하는 데 적용 가능하며, 건조 마찰, 습윤 마찰, 침식 마모 등 다양한 시험 시나리오를 포괄합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 이후의 개정 또는 수정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 모든 당사자는 최신 버전을 사용할 수 있는지 검토하는 것이 좋습니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전을 본 표준에 적용할 수 있습니다.

ISO 6507-1:2005: 금속의 경도 시험 - 비커스 방법 1부: 시험 방법

ISO 3274:1996: 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 표면 질감 매개변수

ASTM G99-17: 핀온디스크 마모 시험 방법

ISO 9001:2008: 품질 경영 시스템 요구 사항

3 용어 및 정의

3.1 내마모성

시멘트 카바이드가 마찰이나 절삭 중에 표면 재료 손실에 저항하는 능력으로, 일반적으로 마모율($\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) 또는 질량 손실(mg)로 표현합니다.

3.2 핀-온-디스크 마모 시험

고정된 핀과 회전 디스크를 사용하여 마찰과 마모를 시뮬레이션하는 표준화된 시험 방법입니다. 3.3 마모율

단위 하중과 슬라이딩 거리당 재료의 부피 손실로, 다음과 같이 계산합니다. 마모율 = 부피 손실 / (하중 × 슬라이딩 거리).

4. 기술적 요구 사항

4.1 테스트 샘플

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

치수: 10mm × 10mm × 5mm(또는 테스트 장비에서 요구하는 크기)

표면 거칠기: $Ra \leq 0.2 \mu m$ (ISO 3274:1996 에 따름)

경도: HV 1300-1800 (ISO 6507-1:2005 에 따름).

4.2 테스트 조건

하중: 10N ~ 100N (소재에 따라 조절 가능)

슬라이딩 속도: 0.1m/s ~ 1.0m/s

슬라이딩 거리: 100m ~ 1000m

환경: 건조 마찰 또는 윤활제 사용 (5% 수용액은 선택 사항).

4.3 통제 물질

표준 초경합금(예: WC-10%Co)을 기준으로 마모율 벤치마크 값은 $< 0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 입니다.

4.4 측정 정확도

질량 손실 측정 정확도: $\pm 0.1 \text{ mg}$;

마모량 측정 정확도: $\pm 0.01 \text{ mm}^3$

5 가지 시험 방법

5.1 샘플 준비

다이아몬드 연마재를 사용하여 샘플 표면을 $Ra \leq 0.2 \mu m$ 로 연마했습니다.

105° C 에서 1 시간 동안 세척하고 건조한 후 초기 질량을 기록합니다.

5.2 장비 요구 사항

ASTM G99-17 을 준수하는 핀온디스크 마모 테스트를 사용하세요.

디스크 재질: 경화강 (HRC 60 $\pm$ 2);

온도 조절: 20° C ~ 30° C, 습도 50% $\pm$ 10%.

5.3 테스트 절차

지정된 하중을 가하고 시험기를 설정된 슬라이딩 거리까지 가동합니다.

질량 손실은 50m 마다 기록되었으며, 마모량은 시험 후 측정되었습니다.

테스트를 3 번 반복하고 평균값을 구합니다.

5.4 데이터 처리

마모율 계산: $\text{마모율} = (\text{초기 질량} - \text{최종 질량}) / (\text{하중} \times \text{슬라이딩 거리})$

결과는 $\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 단위이며 소수점 이하 두 자리까지 표현됩니다.

5.5 보고서 내용

시험 재료 구성 및 경도;

시험 조건(하중, 속도, 거리)

마모율 및 표준편차

관찰된 마모 메커니즘(연마 마모, 접착 마모 등).

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치의 제품마다 대표 샘플 3 개를 사용하여 내마모성을 시험하고, 그 결과가

4.3 항의 대조재 기준치를 충족해야 합니다.

6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 재료/공정 변경 후 5.3 항의 절차를 반복하여 결과의 일관성을 확인해야 합니다.

6.3 판정 기준

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

마모율이 대조재의 10%를 초과하는 경우, 두 개의 샘플을 재시험해야 합니다. 재시험에도 불합격인 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시 샘플 포장에는 표준 번호(ISO 4506:2013),

배치 번호 및 시험 조건을 표시해야 합니다. 7.2 포장에는

방습 및 충격 방지 플라스틱 용기를 사용하고 시험 보고서를 첨부해야 합니다. 7.3

운송 중에는 강한 압력과 습기 침식을 피하고 운송 차량은 방수 조치로 덮여야 합니다.

7.4 보관

온도 $0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 습도 <50%의 건조하고 먼지가 없는 환경에 보관하십시오.

부록 A (정보 부록)

A.1 권장 테스트 매개변수

저속 마모: 하중 20N, 속도 0.1m/s, 거리 100m;

고온 마모: 하중 50N, 속도 0.5m/s, 온도 600°C .



NASM1515

항공우주 패스너 시스템

표준 번호 : NASM1515

표준 명칭 : 항공우주 패스너 시스템

출시일 : 2011 년 12 월 22 일

발효 일 : 2011 년 12 월 22 일

발행처 : 항공우주산업 협회 (AIA)

대체 표준 : MIL-STD-1515A 를 대체합니다.

머리말

이 표준은 미국 항공우주표준(NAS)의 개발 및 유지 관리를 담당하는 항공우주산업협회(AIA)에서 개발했습니다.

이 표준의 초안 작성 기관에는 보잉과 록히드마틴과 같은 주요 항공우주 기업들이 포함됩니다. 이 표준은 MIL-STD-1515A 를 대체하며, 항공우주 패스너 시스템의 설계, 재료 및 시험 요건을 통합하여 성능, 신뢰성 및 호환성을 향상시키고 비용과 유지 관리 요건을 줄이는 것을 목표로 합니다.

1 범위

본 표준은 항공우주용 패스너 시스템의 체결 방법, 재료, 표면 처리, 시험 방법, 구멍 크기 표준 및 적용 지침을 명시합니다.

본 표준은 볼트, 리벳, 너트, 자동 잠금 패스너 등 항공우주 설계 및 제조에 사용되는 다양한 패스너 시스템에 적용되며, 군용 및 상업용 항공우주 분야에 적용됩니다.

2 규범적 참조

NASM14218: 슬리드 리벳, 120° 편치 간섭 전단 헤드

NASM14191: 오프셋 교차 리브 홈, 게이지 및 드라이브 치수

NASM33781: 오프셋 크로스 홈, 게이지 및 드라이브 치수

NASM33602: 항공 자체 고정 볼트, 신뢰성 및 유지 보수성 설계 요구 사항

ISO 9001:2008: 품질 경영 시스템 요구 사항

3 용어 및 정의

3.1 패스너 시스템은

볼트, 너트, 리벳, 클램프 등 항공우주 구조 부품을 연결하는 데 사용되는 하드웨어 구성품입니다.

3.2 자체 잠금 패스너는

진동이나 동적 하중 하에서 풀림을 방지하기 위해 잠금 장치가 내장된 패스너입니다.

3.3 간섭 맞춤

패스너는 연결 강도를 높이기 위해 구멍과 패스너 사이에 약간의 간섭 맞춤이 있는 패스너입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 고정 방법

나사 연결, 리벳팅 및 클램핑을 포함하여 다양한 하중과 환경 조건에 적합합니다.

직경 허용 오차가 $\pm 0.025\text{mm}$ 인 권장 간섭 맞춤 구멍입니다.

4.2 재료

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

볼트 : 고강도 강철(AISI 4340 등) 또는 티타늄 합금(Ti-6Al-4V)

리벳 : 알루미늄 합금(2024-T4) 또는 스테인리스 스틸(304);

너트 : 자체 잠금 코팅이 된 강철 또는 니켈 합금.

4.3 표면처리

부식 방지 코팅: 카드뮴 도금 또는 아연-니켈 도금(REACH/RoHS 요구 사항 준수)

마찰계수 : 0.1-0.2(건조 마찰 조건).

4.4 기계적 성질

인장 강도 : ≥ 1000 MPa (패스너 유형에 따라 다름)

전단강도 : ≥ 800 MPa;

피로 수명 : $\geq 10^6$ 사이클(500 MPa 응력에서).

4.5 치수 및 공차

볼트 직경: 2mm ~ 25mm, 허용 오차 ± 0.05 mm

리벳 길이: 5mm ~ 50mm, 허용오차 ± 0.1 mm.

5 가지 시험 방법

5.1 인장 시험은

패스너의 인장 강도와 항복 강도를 시험하기 위해 ISO 6892-1:2016 에 따라 수행됩니다.

5.2 전단 시험은

표준 고정구를 사용하여 정적 하중을 가하고 최대 전단력을 측정합니다. 5.3 피로 시험은

진동 테이블(주파수 10~100Hz)에서 수행되고 파손될 때까지의 사이클 횟수를 기록합니다. 5.4 부식 시험은

ASTM B117 에 따라 수행되고 표면 부식 정도를 확인하기 위해 48 시간 동안 염수 분무 노출을 수행합니다 .

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치의 제품은 재료 구성, 치수 및 기계적 특성에 대해 100% 검사를 받아야 하며, 10%는 내식성 검사를 위해 샘플링을 실시해야 합니다. 6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 공정 변경 후 실시해야 하며, 모든 기술 요건을 검사해야 합니다. 6.3 판정 기준

하나의 지표가 기준을 충족하지 못할 경우, 두 개의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시

제품에는 표준 번호(NASM1515), 부품 번호 및 제조업체 로고가 표시되어야 합니다.

7.2 포장 제품은

방습 및 충격 방지 비닐 봉지 또는 나무 상자에 포장해야 하며, 각 상자에는 검사 보고서가 첨부되어야 합니다. 7.3

운송 중에는 강한 압력과 습기 침식을 피해야 하며, 운송 차량은 방수 조치로 덮여야 합니다.

7.4 보관 제품은

온도 $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, 습도 $<60\%$ 의 통풍이 잘 되고 건조한 환경에 보관해야 합니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 A (정보 부록)

A.1 권장 패스너 선택

경량 구조: 알루미늄 리벳;
고하중 구조: 티타늄 합금 볼트;
진동 환경: 셀프 잠금 너트.

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

ASTM E8/E8M 《金属材料拉伸试验方法》

표준 번호 : ASTM E8/E8M
표준 명칭 : 금속재료의 인장시험방법
출시일 : 2021 년 11 월 1 일
시행일 : 2021 년 11 월 1 일
발행처 : 미국재료시험학회 (ASTM International)
대체 표준 : ASTM E8/E8M-16a 를 대체합니다.

머리말

이 표준은 금속 및 금속 재료의 시험 방법 표준화를 담당하는 ASTM E28(기계 시험 위원회)에서 개발했습니다.

이 표준의 초안 작성 기관에는 미국철강협회(AISI), 미국자동차기술자협회(SAE) 및 기타 기관이 포함됩니다. 이 표준은 ASTM E8/E8M-16a 를 대체하고, 최신 재료 시험 요구 사항과 국제 측정 단위(SI) 사용을 수용하도록 시험 장비 요건 및 데이터 보고 형식을 업데이트합니다.

1 범위

본 표준은 금속 재료의 인장 시험 방법을 규정하며, 여기에는 시편 준비, 시험 장비, 시험 절차, 데이터 수집 및 보고 요건이 포함됩니다.

본 표준은 강철, 알루미늄, 티타늄 및 그 합금 등 다양한 금속을 포함하여 금속 재료의 인장 강도, 항복 강도, 연신율 및 단면 감소를 측정에 적용됩니다.

2 규범적 참조

ASTM E4: 힘, 질량 및 변위 측정 장비 교정
ASTM E21: 고온 인장 시험 방법
ASTM E83: 변형률 측정 장치의 검증
ISO 6892-1:2016: 금속 재료의 인장 시험 - 제 1 부: 실온에서의 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 인장 강도

시편이 파단될 때까지 늘어지기 전에 도달하는 최대 인장 응력(MPa)입니다. 3.2 항복 강도 재료 가 탄성 변형에서 소성 변형으로 전환될 때의 응력(MPa)입니다. 3.3 신장

시편이

파단된 후 원래 게이지 길이가 증가한 비율 (%)입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 시편 유형

원통형 시편 : 직경 5mm ~ 12.5mm, 게이지 길이 5 × 직경

판 시편 : 두께 2mm~10mm, 너비 12.5mm, 게이지 길이 50mm.

4.2 테스트 조건

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

온도 : 실온($23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) 또는 ASTM E21 에서 지정한 고온

하중 속도 : $0.005\text{ mm/s} \sim 0.05\text{ mm/s}$ (변형 속도 $10^{-4}/\text{s} \sim 10^{-3}/\text{s}$);

환경 : 부식성 매체 없음, 습도 $50\% \pm 10\%$.

4.3 장비 정확도

힘 측정 정확도: $\pm 1\%$;

변위 측정 정확도: $\pm 0.5\%$ (ASTM E4 에 따름).

4.4 파괴 요구 사항

시편의 파단은 게이지 길이 내에 있어야 합니다.

단면 수축 측정 정확도: $\pm 0.5\%$.

5 가지 시험 방법

5.1 샘플 준비

샘플 표면은 $Ra \leq 0.8\text{ }\mu\text{m}$ 로 연마됩니다 .

스크라이빙 도구나 스프레드 게이지를 사용하여 게이지 길이를 표시하세요.

5.2 장비 교정

인장 시험기는 ASTM E4 에 따라 교정되었습니다.

변형률 측정 장치는 ASTM E83 에 따라 검증되었습니다.

5.3 테스트 절차

시편을 설치하고 예압을 가한다(항복 강도 $< 10\%$).

제어된 변형률 속도에서 파괴에 대한 하중을 가하고 힘-변위 곡선을 기록합니다.

파단 후 게이지 길이와 단면적을 측정합니다.

5.4 데이터 처리

인장강도 = 최대 힘 / 원래 단면적

항복 강도 = 0.2% 잔류 변형률에서의 응력

신장률 = $[(\text{파단 후 게이지 길이} - \text{원래 게이지 길이}) / \text{원래 게이지 길이}] \times 100\%$.

5.5 보고서 내용

시편 재료 및 치수

시험 온도 및 하중 속도;

인장강도, 항복강도, 신장률 및 단면감소율;

이상 현상의 그래프와 설명.

6 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 배치의 샘플은 3 회 시험해야 하며, 데이터는 재료 규격 요건을 충족해야 합니다.

6.2 형식 검사는

2 년마다 또는 장비/공정 변경 후 5.3 절차를 반복하여 일관성을 검증해야 합니다.

6.3 판정 규칙

성능 지수가 평균값에서 $\pm 10\%$ 이상 차이가 나는 경우, 두 개의 샘플을 재시험해야 합니다 . 재시험에도 불합격인 경우, 해당 배치는 부적합으로 판정합니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 표시 시료 포장에는 표준번호 (ASTM E8/E8M),

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

배치번호, 시험조건을 표시하여야 한다 . 7.2 포장은
방습, 충격방지 플라스틱 상자 또는 나무상자로 하고, 시험성적서를 첨부하여야 한다.

7.3 운송 중에는 강한 압력과 습기침식을 피하고 ,
운송차량은 방수조치를 취하여야 한다.

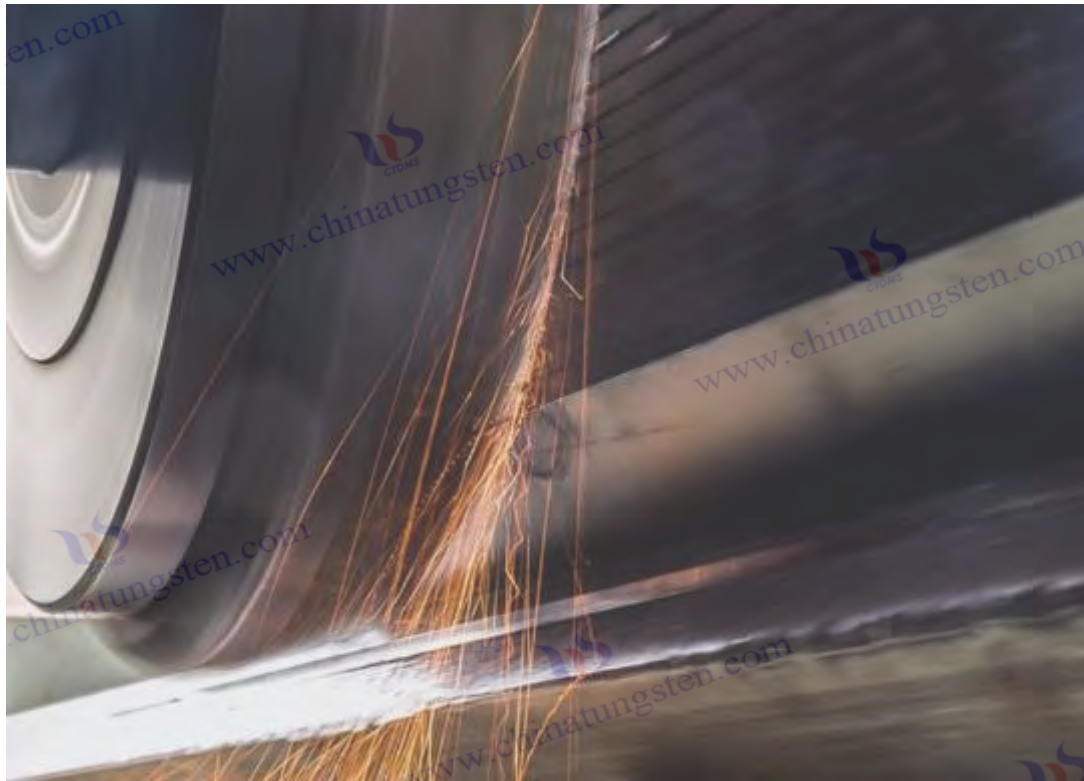
7.4 보관
온도 $0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 습도 50% 미만의 건조하고 먼지가 없는 곳에 보관하여야 한다.

부록 X1 (정보 부록)

X1.1 권장되는 표본 준비 도구

선반 또는 와이어 절단기, 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$;

다이아몬드 사포(그릿 크기 800# 이상).



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

ASTM B777-15

텅스텐 중합금 표준 사양

표준 번호 : ASTM B777-15
표준 명 : 텅스텐 중합금 표준사양
출시일 : 2015 년 12 월 1 일
시행일 : 2015 년 12 월 1 일
발행처 : 미국재료시험학회 (ASTM International)
대체 표준 : ASTM B777-07 을 대체합니다.
개정 : B777-15R20 (2020 년 4 월 17 일 재확인)

미국 시험 및 재료 협회

ASTM B777-15

(2015 년 12 월 1 일 승인, 2020 년 4 월 17 일 재승인)

텅스텐 기반, 고밀도 금속

ICS 77.160 이 미국 산업 표준은 ASTM International 에서 업계와 전문가의 합의를 거쳐 개발되었습니다.

머리말

본 규격은 미국 산업표준화법 제 12 조 제 1 항의 규정에 근거하여 ASTM B10 위원회(반응성 및 내화성 금속)에서 개발하였으며, 일본텅스텐공업협회(JTIA) 및 관련 기관에서 초안을 제출하여 장관의 승인을 받았습니다.

본 규격은 ASTM B777-07 을 대체하여 2015 년 12 월 1 일에 처음 발표되었으며, 고밀도 응용 분야에서 텅스텐 중합금에 대한 최신 요건을 반영하기 위해 2020 년 4 월 17 일(개정판 B777-15R20)에 재확인되었습니다. 본 규격은 분말야금 공정으로 제조된 텅스텐 기반 고밀도 금속에 적용되며, 정적/동적 밸런싱 웨이트, 고속 회전 관성 부품, 방사선 차폐, 고속 충격 및 진동 감소 응용 분야에 널리 사용됩니다.

1. 범위

1.1 본 규격은 주성분이 텅스텐인 금속 분말 혼합물을 압축하여 제조된 네 가지 종류의 가공 가능한 고밀도 텅스텐 기반 금속에 대한 요건을 다룹니다. 이 재료 규격은 베어 파트(bare parts) 또는 부식 및 마모 방지를 위해 다른 재료로 코팅된 부품에 사용될 수 있습니다.

1.2 본 규격은 실제 부품이 아닌 시험편을 기반으로 한 다양한 재료의 물리적, 기계적 및 미세 구조 시험을 설명합니다. 소결 특성은 일반적으로 부품 크기와 샘플링 위치에 따라 달라지므로, 시험편 시험 결과는 더 큰 부품의 특정 부분의 특성과 다를 수 있습니다. 1.3 용도 - 본 재료로 제작된 부품은 정적 또는 동적 밸런싱의 균형추 또는 밸런싱 질량, 고속 회전 관성 부재, 방사선 차폐, 고속 충격 및 진동 감소 응용 분야에 적합합니다. 특정 용도에 맞는 합금을 선택할 때, 합금의 텅스텐 함량이 증가할수록 강성, 방사선 감쇠, 밀도가 증가하는 반면 달성 가능한 연성은 감소한다는 점에 유의해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

2. 규범적 참조

다음 표준은 본 문서에서 참조됨으로써 본 규격의 조항을 구성합니다. 최신 버전(개정판 포함)이 적용됩니다.

ASTM E8/E8M: 금속 재료의 인장 시험 방법

ASTM B311: 분말 야금(PM) 재료의 밀도에 대한 시험 방법(기공률 2% 미만)

ASTM E9: 금속 재료의 압축 시험 방법

ASTM E10: 금속의 브리넬 경도 시험 방법

연방 표준 Fed. Std. No. 151: 금속 시험 방법(DLA 문서 서비스에서 제공)

3. 용어 및 정의

3.1 고밀도 텅스텐 기반 금속 주로

텅스텐인 금속 분말 혼합물을 압축하여 생산되는 기계 가공이 가능한 금속으로, 밀도가 보통 17g/cm^3 이상입니다.

3.2 분말 야금 금속 분말 혼합물을 압착하고 소결하여 재료를 생산하는 공정입니다.

3.3 소결 특성

고온에서 분말 입자를 결합하여 형성된 재료의 물리적 및 기계적 특성입니다.

4. 분류

텅스텐 함량과 밀도에 따라 분류된 4 가지 유형의 텅스텐 중합 금속을 지정합니다.

1 등급: 90% W, 밀도 $17.0\text{--}17.25\text{g/cm}^3$

2 등급: 92.5% W, 밀도 $17.25\text{--}17.85\text{g/cm}^3$

3 등급: 95% W, 밀도 $17.75\text{--}18.35\text{g/cm}^3$

4 등급: 97% W, 밀도 $18.25\text{--}18.85\text{g/cm}^3$

5. 기술적 요구 사항

5.1 화학적 조성

텅스텐(W) 함량: 90%–97%(질량 분율, 범주에 따라 다름)

바인더(니켈+철 또는 니켈+구리): 3%–10%; 총 불순물 함량: <0.5%.

5.2 물리적 특성

밀도: ASTM B311 에 따라 측정, 범위 $17.0\text{--}18.85\text{g/cm}^3$ (유형에 따라 다름)

미세구조: 균일한 소결, 뚜렷한 기공 없음(기공률 <2%).

5.3 기계적 성질

인장 강도:

1 등급: $\geq 700\text{ MPa}$

2 등급: $\geq 850\text{ MPa}$

3 등급: $\geq 900\text{ MPa}$

4 등급: $\geq 1100\text{ MPa}$

항복 강도:

1 등급: $\geq 550\text{ MPa}$

2 등급: $\geq 650\text{ MPa}$

3 등급: $\geq 750\text{ MPa}$

4 등급: $\geq 900\text{ MPa}$

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

연장:

1 등급: $\geq 20\%$

2 등급: $\geq 10\%$

3 등급: $\geq 5\%$

4 등급: $\geq 2\%$

경도: HV 250-400(등급에 따라 증가).

5.4 표면 처리

부식 및 내마모성을 강화하기 위해 카드뮴이나 아연 니켈과 같은 선택적 코팅을 사용할 수 있습니다.

6. 시험 방법

6.1 화학 분석

분광기나 X 선 형광법을 사용하여 텅스텐과 바인더 함량을 확인하세요.

6.2 밀도 측정

ASTM B311 에 따라 아르키메데스 방법을 사용하여 0.01 g/cm^3 의 정확도로 실행되었습니다 .

6.3 인장 시험

ASTM E8/E8M 에 따라 인장강도, 항복강도, 신율을 시험합니다.

6.4 경도 시험

ASTM E10 에 따라 브리넬 경도 시험기를 사용하고 하중은 3000kg 입니다.

6.5 미세구조 검사

50 배 확대의 광학 현미경을 사용하여 다공성과 균일성을 확인합니다.

7. 검사 규칙

7.1 공장 검사

각 제품 배치에 대해 3 개의 샘플을 사용하여 밀도, 인장 특성 및 경도를 테스트했으며, 그 결과는 5.2 및 5.3 의 요구 사항을 충족했습니다.

7.2 유형 검사

2 년마다 또는 프로세스 변경 후에는 일관성을 확인하기 위해 절차 6.3 을 반복합니다.

7.3 결정 규칙

성능 지표가 규정값에서 $\pm 10\%$ 이상 차이가 나는 경우, 두 배의 샘플을 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격하면 해당 배치는 부적합으로 간주됩니다.

8. 표시, 포장, 운송 및 보관

8.1 로고

제품에는 표준번호(ASTM B777-15), 범주(1-4 등급) 및 생산 배치 번호가 표시되어 있습니다.

8.2 패키징

방습 및 충격 방지 기능이 있는 나무상자나 플라스틱상자를 사용하고, 검사보고서를 첨부하세요.

8.3 운송

강한 압력과 습기로 인한 침식을 피하기 위해 운송수단은 방수 조치로 덮여야 합니다.

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

8.4 보관

0° C~40° C, 습도 <60%의 건조하고 먼지가 없는 환경에 보관하세요.

9. 키워드

텅스텐 중합금; 고밀도 금속; 인장 강도; 항복 강도; 연성; 방사선 차폐; 진동 감쇠

부록 X1 (정보 부록)

X1.1 응용 프로그램 예제

- 1 등급: 무게 밀도가 낮아 가공이 용이함
- 2 등급: 균형추와 의료용 차폐장치
- 3 등급: X 선 및 감마선 차폐
- 4 등급: 고밀도 방사선 차폐 및 고속 충격 응용 분야.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

BS EN 10360:2005 시멘트 카바이드 파이프에 대한 기술 납품 조건

영국 유럽 표준

(설립일 2005-12-15)

(확정일 2015-12-15)

경금속 의 조건

튜브

ICS 77.160

이 영국 유럽 표준은 유럽 표준화 위원회(CEN)의 합의에 따라 작성되었으며 영국 표준 기관(BSI)에서 영국 표준으로 채택되었습니다.

머리말

이 영국 유럽 표준(British European Standard)은 초경합금 및 그 제품의 표준화를 담당하는 CEN/TC 76(경질 재료) 기술 위원회에서 제정했습니다.

이 표준은 영국 표준 협회(BSI)에서 영국 국가 표준으로 채택되었으며, 영국 경금속 협회(UK Hardmetal Association)와 관련 제조업체 대표들이 초안을 작성했습니다.

이 표준은 2005 년 12 월 15 일에 처음 발표되었으며, 2015 년 12 월 15 일에 유효성이 확인되었습니다. 이 표준은 산업용 내마모성 및 내부식성 용도의 초경합금 튜브의 제조, 검사 및 납품 요건을 명시하는 것을 목표로 합니다.

참고: 이 표준은 ISO 등 국제 표준과의 조정을 포함할 수 있습니다. 구체적인 개정 내역은 BSI 공식 기록을 참조하십시오.

1. 범위

본 표준은 분말야금으로 생산되는 초경합금 튜브의 기술적 납품 조건을 명시하며, 여기에는 재료의 화학적 조성, 치수 및 공차, 기계적 특성, 표면 품질, 검사 및 시험 방법, 납품 문서 요건 등이 포함됩니다.

본 표준은 절삭 공구, 내마모성 파이프, 고온 환경 부품 등에 널리 사용되는 초경합금 튜브의 제조, 유통 및 사용에 적용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 표준에는 본 텍스트에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 되는 조항들이 포함되어 있습니다. 최신 버전(개정판 포함)을 적용합니다.

BS EN 10021:1993: 철강 제품의 일반 기술 납품 조건

BS EN ISO 377:2017: 강철 및 강철 제품 - 시험편 샘플링 및 준비

BS EN 10204:2004: 금속 제품 검사 문서

BS EN ISO 6507-1:2005: 금속 경도 시험 - 비커스 방법

BS EN 843-1:2006: 고급 세라믹 - 기계적 특성 - 굽힘 강도 시험

3. 용어 및 정의

다음 용어와 정의는 이 표준에 적용됩니다.

3.1 시멘트 카바이드 튜브는

텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 바인더로 하여 분말 야금으로 제조한 관형 제품으로, 경도가 높고 내마모성이 우수합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 기술적 납품 조건 제조업체가 제품을 납품할 때 충족해야 하는 재료, 치수 및 성능 요구 사항입니다. 3.3 분말 야금 공정 금속 분말 혼합물을 압착하고 소결하여 튜브를 제조하는 제조 방법입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료의 화학적 조성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 85%~92%(질량 분율)

코발트(Co) 함량: 6%~12%

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC): 내마모성을 강화하기 위해 0.5% ~ 3% 첨가

총 불순물 함량: <0.5%.

4.2 치수 및 공차

외경: 10mm ~ 100mm, 허용오차 $\pm 0.1\text{mm}$

벽 두께: 2mm ~ 20mm, 허용 오차 $\pm 0.05\text{mm}$

길이: 100mm ~ 2000mm, 허용오차 $\pm 5\text{mm}$.

4.3 기계적 성질

경도: HV 1400~1800(BS EN ISO 6507-1:2005 에 따름)

굽힘 강도: $\geq 2000\text{ MPa}$ (BS EN 843-1:2006 에 따름)

내마모성: 마모율 $< 0.05\text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (업계 표준 참조).

4.4 표면 품질

표면 거칠기: $R_a \leq 0.4\text{ }\mu\text{m}$;

눈에 띄는 균열이나 기공이 없습니다(기공률 <1%).

4.5 문서 전달

BS EN 10204:2004 에 따라 2.1, 2.2, 3.1 또는 3.2 유형 검사 문서를 제공하세요.

5. 시험 방법

5.1 화학 분석

분광기 또는 X 선 형광법을 사용하여 BS EN ISO 377:2017 에 따라 수행되었습니다.

5.2 경도 시험

BS EN ISO 6507-1:2005 에 따라 비커스 경도 시험기를 사용하여 30kg 의 하중을 가합니다.

5.3 굽힘 강도 시험

시험은 BS EN 843-1:2006 에 따라 3 점 굽힘법을 사용하여 수행되었으며, 시험편 크기는 $20\text{mm} \times 5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 였습니다.

5.4 치수 검사

정확도가 0.01mm 인 버니어 캘리퍼와 표면 거칠기 측정기를 사용하세요.

5.5 표면 품질 검사

광학 현미경(배율 50 배)을 사용하여 균열과 기공을 검사합니다.

6. 검사 규칙

6.1 공장 검사

각 제품 배치에 대해 3 개의 시험편을 사용하여 경도, 굽힘 강도 및 치수를 테스트했으며 그 결과는 4.3 및 4.2 의 요구 사항을 충족했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

6.2 유형 검사

모든 기술적 요구 사항을 검증하기 위해 2 년마다 또는 프로세스 변경 후에 수행됩니다.

6.3 결정 규칙

경도 또는 굽힘 강도가 규정값에서 $\pm 5\%$ 이상 편차가 발생할 경우, 두 배의 시료를 재시험해야 합니다. 재시험에도 불합격하면 해당 배치는 부적합으로 간주됩니다.

7. 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 로고

제품에는 표준 번호(BS EN 10360:2005), 배치 번호 및 제조업체 로고가 표시되어 있습니다.

7.2 패키징

방습 및 충격 방지 기능이 있는 나무상자나 플라스틱상자를 사용하고, 검사 서류를 첨부하세요.

7.3 운송

강한 압력과 습기로 인한 침식을 피하기 위해 운송수단은 방수 조치로 덮여야 합니다.

7.4 보관

$0^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 습도 $< 50\%$ 의 건조하고 먼지가 없는 환경에 보관하세요.

부록 A (정보 부록)

A.1 권장 제조 공정

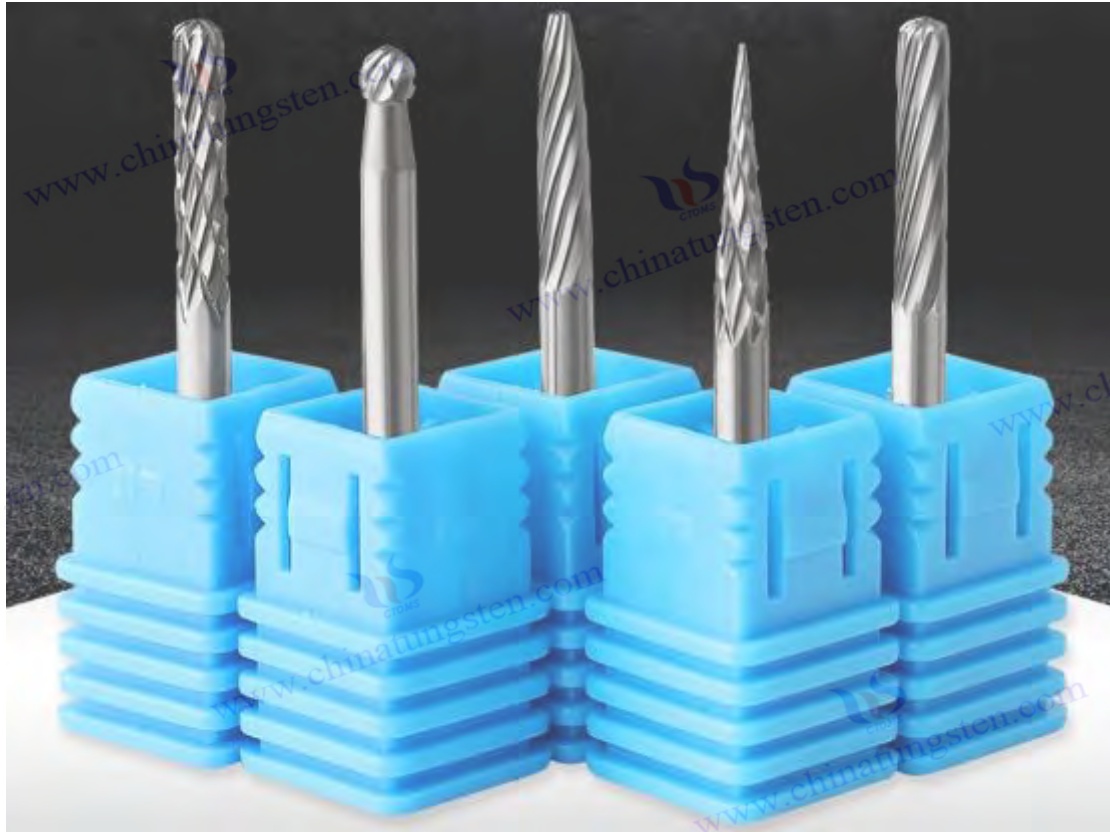
분말야금소결: 온도 $1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 50 MPa;

외경 가공: 연삭 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

JIS G 0570

《초경합금의 내식성 시험 방법》

일본 산업 표준

(일본공업규격)

JIS G 0570:2010

(제정일 2010-03-22) (2010 년 3 월 22 일 개정)

초경합금의 내식성 시험 방법

ICS 77.160

이 일본 산업 규격은 일본 산업 표준 위원회가 업계와 기술 전문가의 합의를 통해 제정한 것입니다.

머리말

본 일본공업규격은 일본텅스텐공업협회(JTIA)가 제출한 신규 규격 제정 제안서 및 이에 수반되는 안을 바탕으로, 공업표준화법 제 12 조 제 1 항에 따라 경제산업대신이 일본공업규격위원회의 심의를 거쳐 제정한 규격입니다.

본 규격은 초경합금의 내식성 시험 방법을 규정하고 있으며, 절삭공구 및 내마모 부품과 같은 부식 환경에서 초경합금의 성능 평가에 적용됩니다.

참고: 실제 규격에는 본 규격에 포함되지 않은 과거 개정 사항이나 국제 참고 문헌이 포함될 수 있습니다.

1. 범위

본 표준은 초경합금의 내식성 시험 방법을 명시하며, 여기에는 시료 준비, 시험 조건, 평가 방법 및 보고 요건이 포함됩니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co) 또는 니켈(Ni) 바인더를 사용하는 초경합금에 적용되며, 산성, 알칼리성 또는 염분 환경에서 널리 사용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 표준은 본 텍스트에서 참조됨으로써 본 표준의 내용을 구성합니다. 최신 버전(개정판 포함)이 적용됩니다.

JIS G 0575:2005: 금속 재료의 부식 시험에 대한 일반 규칙

JIS Z 2371:2015: 염수 분무 시험 방법

JIS H 8502:1999: 금속 코팅의 부식 시험에 대한 일반 규칙

JIS B 7502:1994: 버니어 캘리퍼스, 다이얼 인디케이터 및 디지털 캘리퍼스

3. 용어 및 정의

이 표준에 적용되는 용어와 정의는 다음과 같습니다.

3.1 시멘트 카바이드는 주성분으로 텅스텐 카바이드(WC)와 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)과 같은 금속 바인더로 만든 복합 재료입니다.

3.2 내식성

시멘트 카바이드가 부식성 매체에서 재료 손실이나 표면 손상에 저항하는 능력으로,

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

일반적으로 질량 손실 또는 부식 속도로 표현됩니다. 3.3 염수 분무 시험 염분 환경을 시뮬레이션하기 위해 5% 염화나트륨(NaCl) 용액을 사용하여 지정된 조건에서 수행하는 표준 부식 시험입니다.

4. 샘플

4.1 모양과 크기

시험편은 직경 10mm, 길이 20mm의 원통형이거나, 치수 20mm × 20mm × 5mm의 직사각형이어야 합니다.

표면 거칠기: $Ra \leq 0.2 \mu m$, 다이아몬드 연삭으로 준비됨.

4.2 준비

시료를 에탄올로 세척한 후 60°C에서 1시간 동안 건조시켰다.

응력 집중을 피하기 위해 모서리를 모따기해야 합니다.

5. 시험 방법

5.1 테스트 조건

시험매체 : 5% NaCl 용액(pH 6.5-7.2) 또는 10% 황산(H_2SO_4) 용액 (협의에 따라 선택).

온도: 염수 분무 시험의 경우 $35^\circ C \pm 2^\circ C$, 산 침지 시험의 경우 $50^\circ C \pm 2^\circ C$.

노출 시간: 24시간, 48시간 또는 96시간(합의된 대로).

5.2 테스트 절차

시험편은 JIS Z 2371에 따른 염분무 시험실에 넣거나, 조절된 산 용액에 담가둡니다.

중단 없이 지속적으로 노출을 유지하세요.

시험 후 증류수로 행구고 건조 후 질량 손실을 측정합니다.

5.3 평가

질량 감소: 정확도가 $\pm 0.1mg$ 인 분석용 저울을 사용하여 테스트 전후의 무게를 측정합니다.

표면 검사: 50배 현미경을 사용하여 구멍이나 균열이 있는지 확인합니다.

부식 속도: 다음 공식에 따라 계산됩니다. 부식 속도 = 질량 손실 / (노출 면적 × 노출 시간), 단위는 $mg/cm^2 \cdot h$ 입니다.

6. 시험 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

시험 재료 및 치수; 시험 매체, 온도 및 노출 시간; 질량 손실 및 부식 속도; 표면 상태에 대한 사진 기록;

테스트 날짜와 작업자 서명.

7. 검사

7.1 공장 검사

5.3의

평가 기준을 충족하는지 확인하기 위해 각 샘플 배치에 대해 3개의 샘플을 테스트합니다. 7.2 유형 검사

이 테스트는 1년에 한 번 또는 프로세스 변경 후에 수행되며 전체 테스트 절차가

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

반복됩니다.

7.3 판단

질량 손실이 $0.5 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$ 를 초과하거나 명백한 피팅이 발생하는 경우, 시료의 두 배를 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격하면 해당 배치는 부적합으로 간주합니다.

부록 JA (정보 부록)

JA.1 권장 시험 매체

해양 환경: 5% NaCl 용액.

화학 처리 환경: 10% H_2SO_4 또는 5% HCl (응용 프로그램에 따라 선택).



DIN 17350

《高性能 超硬合金의 기술적 요구 사항》

高性能 超硬合金의 기술적 납품 조건

ICS 77.160

독일 규범 연구소

(독일 표준)

DIN 17350:1980-10

(발행일: 1980년 10월)

(개정일: 2025년 7월 5일 기준 최신 개정 없음)

이 독일 표준은 산업 기술 요구 사항을 기반으로 독일 표준화 기관(DIN)에서 개발한 것으로, 고성능 시멘트 카바이드의 제조, 검사 및 납품에 적용할 수 있습니다.

머리말

본 표준은 DIN 기술 위원회 NA 066-01-01 AA(공구강 및 경질 재료)에서 고성능 초경합금의 재료 조성, 기계적 특성, 치수 공차 및 검사 요건을 포함한 기술적 납품 조건을 명시하기 위해 개발되었습니다.

본 표준은 절삭 공구, 내마모성 부품 및 고온 응용 분야에 널리 사용되는 텅스텐 카바이드(WC)와 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합제로 함유하는 초경합금에 적용됩니다. 본 표준은 1980년 10월에 처음 발표되었으며 그 이후로 크게 개정되지 않았지만, 이후 관련 표준을 실무에 참고할 수 있습니다.

1. 범위

본 표준은 고성능 초경합금의 재료 요건, 기계적 특성, 치수 및 공차, 표면 품질,

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

검사 방법 및 납품 서류를 포함한 기술 납품 조건을 명시합니다.

본 표준은 분말 야금으로 생산되는 초경합금 제품에 적용되며, 절삭 공구, 다이, 내마모성 코팅 등 수요가 높은 분야에 적용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 표준에 포함된 조항은 본 텍스트에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 최신 버전(개정판 포함)을 적용합니다.

DIN EN ISO 4506:2013: 초경합금의 내마모성 시험 방법

DIN EN 10204:2004: 금속 제품 검사 문서

DIN EN ISO 6507-1:2018: 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험

DIN EN 10021:1993: 철강 제품의 일반 기술 납품 조건

3. 용어 및 정의

3.1 고성능 초경합금은

텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni), 티타늄(Ti)과 같은 바인더로 만들어진 고경도, 내마모성 소재입니다. 3.2 기술적 납품 조건 제조업체가 제품을 납품할 때 충족해야 하는 재료, 성능 및 치수 요구 사항입니다. 3.3 분말 야금 공정 금속 분말 혼합물을 압축하고 소결하여 초경합금을 제조하는 제조 방법입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 85%-95%(질량 분율)

바인더(Co, Ni 또는 Ti) 함량: 5%-15%

선택적인 첨가제(예: TiC, TaC): 0%-5%, 성능 향상에 사용됨

총 불순물 함량: <0.5%.

4.2 기계적 성질

경도: HV 1400-1800(DIN EN ISO 6507-1에 따라 결정)

굽힘 강도: ≥ 2000 MPa;

파괴인성: $KIC \geq 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$;

내마모성: 마모율 $< 0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ (DIN EN ISO 4506 참조).

4.3 치수 및 공차

직경: 5mm ~ 50mm, 허용오차 $\pm 0.05 \text{ mm}$

길이: 50mm ~ 500mm, 허용오차 $\pm 2 \text{ mm}$

벽 두께(튜브의 경우): 2mm ~ 10mm, 허용 오차 $\pm 0.1 \text{ mm}$.

4.4 표면 품질

표면 거칠기: $Ra \leq 0.4 \mu \text{ m}$;

눈에 띄는 균열, 기공 또는 슬래그 혼입물이 없습니다(기공률 <1%).

4.5 열처리

내식성을 강화하기 위한 선택적 탄소침투 또는 표면 코팅 처리;

소결 온도: 1400°C-1500°C, 재료 구성에 따라 조정됨.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 시험 방법

5.1 화학 분석

분광기 또는 X 선 형광을 사용하여 DIN EN ISO 377 에 따라 수행되었습니다.

5.2 경도 시험

DIN EN ISO 6507-1 에 따라 비커스 경도계를 사용하여 30kg 의 하중을 가합니다.

5.3 굽힘 강도 시험

DIN EN 843-1 에 따라 3 점 굽힘 방법, 시편 크기 10mm × 5mm × 5mm.

5.4 내마모성 시험

DIN EN ISO 4506 에 따라 하중 50N, 슬라이딩 거리 500m 의 핀온디스크 마모 테스트를 사용하여 실행되었습니다.

5.5 치수 검사

정확도가 0.01mm 인 정밀 캘리퍼스와 표면 프로파일러를 사용하세요.

6. 검사 및 테스트

6.1 공장 검사

각 제품 배치에 대해 3 개의 시편을 사용하여 경도, 굽힘 강도 및 내마모성을 테스트했으며, 이는 4.2 의 요구 사항을 충족했습니다.

6.2 유형 검사

2 년마다 또는 프로세스 변경 후에는 5.2~5.4 절차를 반복합니다.

6.3 결정 규칙

경도가 규정값보다 10% 낮거나 굽힘 강도가 5% 미만인 경우, 두 배의 샘플을 재시험해야 합니다. 재시험에도 불합격하면 해당 배치는 불합격으로 간주됩니다.

7. 표시 및 포장

7.1 로고

제품에는 표준번호(DIN 17350), 재료등급, 배치번호가 표시되어 있습니다.

7.2 패키징

방습 및 충격 방지 기능이 있는 나무 상자나 플라스틱 용기를 사용하고, 검사 보고서를 첨부하세요.

7.3 운송 및 보관

운송 중에는 강한 압력과 습기로 인한 침식을 피하십시오.

0° C~30° C 의 건조한 환경과 습도 <60%에 보관하세요.

부록 A (정보)

A.1 권장 응용 프로그램

절삭 공구: 경도 HV 1600 이상, 굽힘 강도 ≥ 2200 MPa;

내마모성 코팅: TiC 첨가제를 함유하여 내식성이 우수합니다.

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

GOST 3882-74

ГОСТ (러시아 국가 표준)

《초경합금의 기술적 요건》

경질 합금. 사양

ICS 77.160 OKP 19 6500, 19 6600

소련 국가 표준 위원회에서 개발 및 승인되었습니다. (1974년 8월 15일 발표)
(최신 개정판인 2008년 확정)

머리말

이 표준은 소련 국가 표준화 위원회 (Gostrov) 에서 발행되었습니다. 이 표준 은 1974년 8월 15일에 발행되었고 1998년 6월에 재발행되었습니다. 여기에는 1974년부터 2008년까지 6차례의 개정 (No. 1-6)이 포함되어 있으며, 초경합금의 분류, 기술적 요구 사항 및 검사 방법을 표준화하는 것을 목표로 합니다.

참고:

이 버전은 파생된 콘텐츠이며, 실제 개정 내역과 내용은 공식 문서를 참조해야 합니다.

1 범위

이 표준은 재료 구성, 기계적 성질, 치수 공차, 표면 품질 및 검사 규칙을 포함한 초경합금에 대한 기술적 요건을 명시합니다. 이 표준은 분말 야금으로 생산되는 초경합금에 적용되며 절삭 공구, 내마모성 부품 및 산업 장비에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 발행 시점의 최신 버전을 적용합니다.

ГОСТ 20019-74: 금속 분말에 대한 일반 기술 요구 사항

ГОСТ 2999-75: 금속 분말 샘플링 방법

ГОСТ 9454-78: 금속 충격 시험 방법

ГОСТ 26388-84: 초경합금의 굽힘 강도 시험 방법

3 용어 및 정의

3.1 시멘트 카바이드

는 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고, 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 바인더로 하여 분말 야금으로 소결한 복합 재료입니다. 3.2 기술적 요구 사항 제품이 인도될 때 충족해야 하는 재료, 성능 및 크기 사양입니다. 3.3 굽힘 강도 재료가 3점 굽힘 시험에서 견딜 수 있는 최대 응력(MPa)입니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 분류

이 표준은 다음의 초경합금 등급을 지정합니다.

B K 6: WC 94%, Co 6%, 경도 범위 HV 1300-1400;

B K 8: WC 92%, Co 8%, 경도 범위 HV 1250-1350;

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

B K 15: WC 85%, Co 15%, 경도 범위 HV 1100-1200;
T K 10: WC 90%, TiC 10%, 경도 범위 HV 1400-1500;
T K 15 : WC 85%, TiC 15%, 경도 범위 HV 1350-1450;
T K 20: WC 80%, TiC 20%, 경도 범위 HV 1300-1400.

4.2 재료 구성

텅스텐 카바이드(WC) 함량: 80%~94%(질량 분율); 코발트(Co) 함량: 6%~15%; 선택적 첨가제(예: TiC, TaC): 0% ~ 20%; 총 불순물 함량: <0.5%.

4.3 기계적 성질

경도: HV 1100~1500(등급에 따라 다름)
굽힘 강도: ≥ 1200 MPa(Γ O C T 26388-84에 따름)
밀도: 14.5~15.0g/cm³ (등급에 따라 다름)
내마모성: 마모율 <0.05 mm³ / N · m (참고 시험).

4.4 치수 및 공차

막대 직경: 5mm ~ 40mm, 허용 오차 ± 0.1 mm; 막대 길이: 50mm ~ 300mm, 허용 오차 ± 2 mm;

시트 두께: 2mm ~ 20mm, 허용 오차 ± 0.05 mm; 표면 거칠기: $R_a \leq 0.4 \mu m$.

4.5 표면 품질

표면은 균열, 기공 또는 포함물이 없이 매끄러워야 합니다(기공률 <1%).
가벼운 긁힘이나 가공 자국은 허용 오차 상한의 50%를 넘지 않는 깊이로 허용됩니다.

4.6 배송 상태

제품은 소결 상태여야 하며 주문 요구 사항에 따라 연마 또는 광택 처리될 수 있습니다.

5 가지 시험 방법

5.1 화학 분석

표준안 20019-74에 따르면 정확도 0.01%의 분광 분석이나 화학 분석을 사용해야 합니다.

5.2 경도 시험

표준 2999-75에 따라 비커스 경도계를 사용하여 30kg의 하중을 가하고 5개 지점을 측정하여 평균값을 취합니다.

5.3 굽힘 강도 시험

Γ O C T 26388-84에 따라 3점 굽힘 방법, 샘플 크기 20mm × 6.5mm × 5.2mm, 시험 온도 20° C $\pm$ 2° C.

5.4 밀도 측정

정확도 0.01 g/cm³의 정밀 저울을 사용하여 아르키메데스 방법으로 측정했습니다.

5.5 표면 품질 검사

광학 현미경(배율 50 배)을 사용하여 표면 결함을 검사합니다.

표면 거칠기는 Γ O C T 2789-73에 따라 표면 프로파일러를 사용하여 측정되었습니다.

6 검사

6.1 공장 검사

4.3 절에 명시된 기계적 특성 및 4.4 절에 명시된 치수 시험을 위해 각 제품 배치의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

서로 다른 위치에서 무작위로 세 개의 샘플을 추출합니다. 시험 결과는 기술 요건을 충족해야 하며, 그렇지 않을 경우 두 개의 샘플을 재시험합니다.

6.2 유형 검사

2 년에 한 번 또는 공정 변경 후에는 최소 5 개의 샘플을 채취하여 5.2 절부터 5.5 절까지의 모든 테스트를 반복합니다.

6.3 결정 규칙

경도, 굽힘 강도 등의 성능 지표가 규정값에서 $\pm 5\%$ 이상 편차가 발생하거나, 밀도가 $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 이상 편차가 발생할 경우, 샘플을 두 번 재검사해야 합니다. 재검사에도 불합격할 경우, 해당 배치는 부적격으로 간주됩니다.

7 표시, 포장, 운송 및 보관

7.1 로고

제품에는 표준 번호(ГОСТ 3882-74), 브랜드 번호(예: BK8), 배치 번호 및 제조 날짜가 표시되어야 합니다.

7.2 패키징

막대와 접시는 습기 방지 종이(ГОСТ 9569-79)나 플라스틱 필름으로 묶어서 포장해야 합니다.

각 배치에는 GOCT 14192-96 의 요구 사항을 준수하는 검사 인증서가 함께 제공됩니다.

7.3 운송

운송 중에는 과도한 압력과 습기를 피하고, 덮개가 있는 차량이나 용기를 사용하세요.

7.4 보관

$-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, 상대 습도 $<70\%$ 의 건조하고 통풍이 잘 되는 창고에 보관하세요.

부록 A (정보)

A.1 권장 제조 공정

분말 제조: ГОСТ 20019-74 에 따라, 입자 크기 $0.5-5 \mu\text{m}$;

소결: 온도 $1400^{\circ}\text{C} \sim 1500^{\circ}\text{C}$, 압력 $40-50 \text{ MPa}$, 보호 분위기는 수소 또는 아르곤입니다.

후처리: 연삭 정확도 $\pm 0.05 \text{ mm}$, $Ra \leq 0.2 \mu\text{m}$ 로 연마(옵션).

A.2 응용 프로그램 예

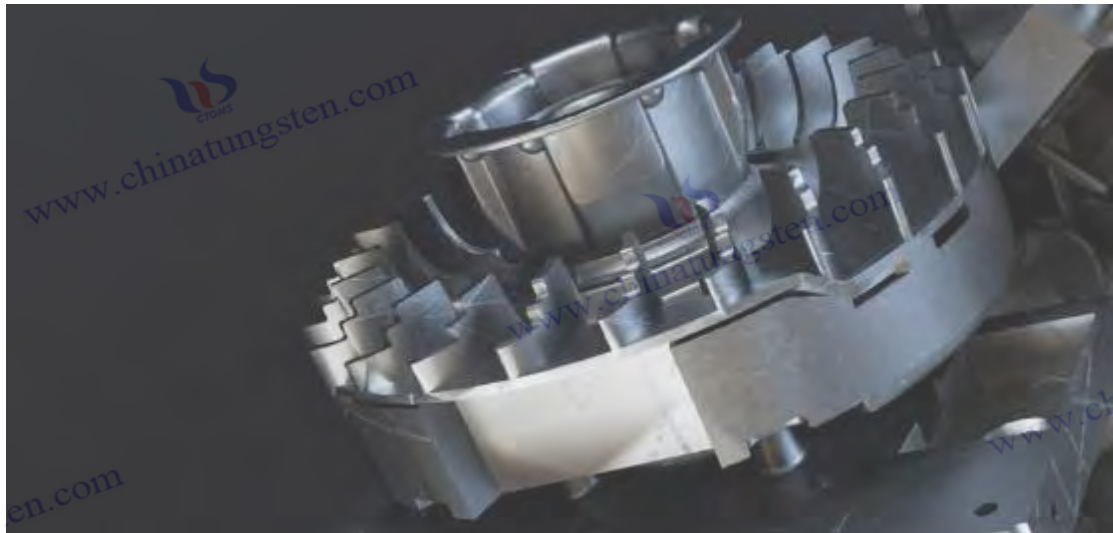
BK6: 고정밀 절삭 공구에 적합함;

TK20: 내마모성 코팅 및 스탬핑 다이에 적합합니다.

부록 B (정보) B.1 품질 관리 표

상표	경도(HV)	굽힘 강도(MPa)	밀도(g/cm^3)	허용 편차(%)
VK6	1300-1400	≥ 1400	14.8-15.0	± 5
VK8	1250-1350	≥ 1300	14.7-14.9	± 5
VK15	1100-1200	≥ 1200	14.5-14.7	± 5
티케이 10	1400-1500	≥ 1500	14.6-14.8	± 5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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