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

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD
텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업을 위한 지능형 제조 분야의 글로벌 리더

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

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. 1997 년 www.chinatungsten.com 을 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 30 년 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 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 20 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹사이트를 구축하여 20 개 이상의 언어를 지원하고 있으며, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 뉴스, 가격, 시장 분석 자료를 백만 페이지 이상 보유하고 있습니다. 2013 년부터 위챗 공식 계정인 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 4 만 건 이상의 정보를 게시하여 약 10 만 명의 팔로워를 확보 하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공하고 있습니다. 웹사이트 클러스터와 공식 계정 누적 방문자 수가 수십억 회를 기록하며, CHINATUNGSTEN ONLINE 은 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업 분야에서 세계적으로 인정받는 권위 있는 정보 허브로 자리매김했습니다. 24 시간 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격, 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CTIA 그룹은 CHINATUNGSTEN ONLINE 의 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 개봉, 시제품 제작, 마무리, 포장 및 물류에 이르는 전 공정 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 13 만 명 이상의 고객에게 50 만 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 GROUP 의 한스 박사와 그의 팀은 30 년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 작성하여 공개하고 텅스텐 업계와 자유롭게 공유해 왔습니다. 1990 년대부터 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자상거래 및 국제 무역, 그리고 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 30 년 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

CTIA GROUP ® | 하드 테크놀로지, 스마트한 미래

텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업을 위한 디지털 및 지능형 서비스 분야의 글로벌 리더

시멘트 카바이드 노즐의 맞춤형 가공

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

카바이드 노즐의 주요 특징

경도 : HRA 88 - 92 ; 정확도 : 노즐 구멍 허용 오차 ±0.001 mm, 표면 거칠기 Ra 0.10.4 μm .

적응성: 온도 저항성 800~1000° C, 부식 저항성 pH 210.

효율성: 고압(0.1500 MPa) 주입을 지원하여 효율성이 20~50% 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 mm
샌드블라스팅 노즐 샌드블라스팅 노즐	높은 내마모성 설계, 연마 분사	선박의 녹 제거, 자동차 부품의 버 제거, 콘크리트 세척.	노즐 직경 2 - 12, 길이 50 - 200
워터젯 노즐 워터젯 노즐	고압 워터젯, 경질재료 절단	항공우주 티타늄 절단, 자동차 복합재 절단, 석재 가공.	노즐 직경은 0.12 이고 길이는 20-100 입니다 .
스프레이 노즐 스프레이 코팅 노즐	페인트나 세라믹 코팅의 정밀 분사	터빈 블레이드 코팅, 엔진 코팅, 전자 회로 기판 분무.	노즐 직경은 0.55 이고 길이는 30-150 입니다 .
유전 노즐 유전 노즐	고압 저항성, 내식성, 드릴링 제팅	석유 굴착 유체 주입, 시추공 세척, 광산 진흙 주입.	노즐 직경 3 - 15, 길이 50 - 150,
분무 노즐 분무 노즐	미세분무, 액체분산	농업용 살충제 분무, 화학액체 분무, 환경폐가스 처리.	노즐 직경은 0.23 이고 길이는 20-100 입니다 .
연소 노즐 버너 노즐	고온 내성 설계, 연료 또는 가스 주입	에너지보일러 연소, 화학고온반응, 야금로 주입.	노즐 직경 1 - 10, 길이 30 - 120,
마이크로 노즐 마이크로 노즐	초소형 노즐구멍, 고정밀 주입	의료용 약물 스프레이, 전자칩 세척, 항공 정밀 코팅.	노즐 직경 0.05 - 0.5, 길이 10 - 50
부식 방지 노즐 부식 방지 노즐	강산, 강알칼리 및 화학환경에 강함	화학산 및 알칼리 용액 주입, 환경보호 탈황 및 탈질소, 해양공학 해수 주입.	노즐 직경 1 - 10, 길이 30 - 150,
분유 제조 노즐 분유 스프레이 노즐	균일하게 에멀젼을 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 20100mm,

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

CTIA 그룹 유한회사
샤먼시 소프트웨어 파크 2,
왕 하이로 25-1 호 3 층, 우편번호 361008 05925129595 18750234579 이메일: info@ctia.group

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

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 ±0.001 ㎜, 표면 거칠기 Ra 0.1 - 0.4 μm .

적응성: 온도 저항성 800~1000° C, 부식 저항성 pH 210.

효율성: 고주파 스탬핑을 지원하며 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 드로잉 다이	높은 내마모성 설계로 금속 인장 성형에 적합합니다.	자동차 차체 패널, 금속 용기, 알루미늄 합금 쉘 스트레칭.	다이 직경은 10200㎜, 두께는 20100㎜ 이며, 사용 수명은 5 억 200 만 번의 펀칭입니다.
블랭킹 다이 블랭킹 다이	고정밀 펀칭으로 얇은 판 절단에 적합합니다.	전자 부품 리드 프레임, 자동차 부품, 하드웨어 액세서리 펀칭.	다이갭은 0.010.1㎜, 두께는 1580㎜ 이며, 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 20150㎜, 두께는 20100㎜ 이며, 사용 수명은 4 억 180 만 번의 펀칭입니다.
유전이 죽다 오일필드 다이	고압 및 내식성이 뛰어나고, 중량 스탬핑에 적합합니다.	석유 굴착 장비 부품, 천연가스 파이프라인 부속품, 광산 기계 부품.	다이 직경은 30200㎜, 두께는 30120㎜ 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 10,100㎜, 두께는 1,580㎜ 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 50300㎜, 두께는 30120㎜ 이고, 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, 항공 센서용 구성품.	펀칭 수명은 2080 만회입니다 .

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

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

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

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

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	실제 설명	주요 용도 및 적용 시나리오	일반적인 사양 mm
커팅 픽	높은 내마모성 설계, 단단한 암석 절단	석탄 채굴, 터널링, 암석 채굴.	이빨 직경 1050, 길이 50150
터널링 투스	터널링 장비를 위한 고강도 설계	지하철, 철도 터널, 지하 엔지니어링 굴착.	이빨 직경 1560 길이 60180
밀링 이빨	고온 내성 고주파 절단, 도로 포장	고속도로 유지관리, 활주로 밀링, 도시 도로 수리.	이빨 직경 830, 길이 40120
드릴링 치아	고압, 부식 및 드릴링 작업에 강합니다.	석유 시추, 천연가스 탐사, 지질 조사.	이빨 직경 1040, 길이 50140
회전식 파기 이빨 로터리 파기 이빨	고인성 설계, 회전 드릴링 장비	건물말뚝기초, 교량기초, 항만터미널공사.	이빨 직경 2080, 길이 70200
석탄 채굴 이빨	충격 방지 설계, 석탄 채굴	노천탄광, 지하탄광, 석탄세척장비.	이빨 직경 1550, 길이 50160
마이크로투스	초소형 사이즈, 고정밀 절단	정밀 지질 탐사, 마이크로 드릴링, 항공 부품.	이빨 직경 520, 길이 2080
부식 방지 치아 부식 방지 치아	강한 산 및 알칼리 저항성, 부식성 환경에서 절단 가능	해저 채굴, 광물 추출, 산성 토양 공학.	이빨 직경 1050, 길이 50150
헤비듀티 투스	고강도 설계, 초경질 소재	단단한 암석 광산, 철광석 채굴, 대규모 엔지니어링 파쇄.	이빨 직경 20100, 길이 80220

CTIA 그룹 유한회사
샤먼 소프트웨어 파크 II,
왕 하이로 25 호, 3 층, 우편번호 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

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

4 부: 초경합금의 분류 및 응용 분야

제 14 장: 초경합금의 새로운 응용 분야 및 다기능성

텅스텐 초경합금은 분말 야금 공정으로 제조된 높은 경도, 내마모성, 인성을 가진 복합 소재로, 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co) 또는 기타 금속(예: 니켈, 니켈, 크롬, 크롬)을 결합상으로 사용합니다. 기본 구성 요소는 일반적으로 WC(70~94%), Co(6~15%) 등으로 구성됩니다. 일부 고급 제조법에는 TiC 와 같은 원소가 추가될 수 있습니다 . 성능 최적화를 위해 TaC 또는 Pt 를 사용합니다. 초경합금은 뛰어난 물리적 및 화학적 특성을 바탕으로 현대 산업과 신기술 분야에서 중요한 소재로 자리 잡았습니다.

14.0 초경합금의 특성

시멘트 카바이드의 성능은 고유한 미세 구조와 구성 설계에서 비롯됩니다.

높은 경도

경도 범위는 HV 1600-2500±30 입니다. WC 의 높은 경도(다이아몬드에 가까움) 덕분에 고온(최대 1000° C±20° C)에서도 우수한 변형 저항성을 유지합니다.

우수한 내마모성

마모율은 <0.05 ㎟ / N • m ± 0.01 ㎟ / N • m 입니다. 내마모성은 강철의 10~20 배로 절삭 공구 및 연마 가공과 같은 고마모성 환경에 적합합니다.

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

전기 전도도

저항률은 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm 로 금속 도체의 저항률과 비슷하며 특히 효율적인 방열이 필요한 전자 응용 분야에 적합합니다.

생체적합성

세포 생존율은 >95%±2%이며 표면 처리 후 생체 이식에 사용할 수 있으며 독성이 낮고 조직 적합성이 우수합니다.

촉매 성능

MOR(메탄올 산화 반응) 전류가 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm²인 WC 기반 촉매는 연료 전지에서 우수한 성능을 보이며 귀금속인 Pt 의 촉매 효율에 근접합니다.

열 안정성

800° C±50° C 에서 구조적 무결성을 유지하고 열팽창 계수가 낮습니다(약 5×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C). 따라서 고온 처리 및 에너지 저장 장치에 적합합니다.

기계적 인성

굽힘강도는 600~2000MPa±50MPa 이며, Co 함량을 조절하여 경도와 인성을 균형있게 조절하였습니다.

초경합금의 성능은 조성 최적화(인성 제어를 위한 Co 6%-15%±1%, 촉매 성능 향상을 위한 Pt 0.5%-2%±0.1%), 표면 개질(내식성 향상을 위한 PVD/CVD 코팅 두께 15μm±0.1μm) , 그리고 첨단 제조 공정(선택적 레이저 용융 SLM, 레이저 출력 200-400W±10W)을 통해 크게 향상되었습니다. 예를 들어, 전도도는 약 20%±3%, 촉매 효율은 약 30%±5%, 기공률은 <2%±0.1%로 감소하여 다기능 응용 분야의 기반을 마련했습니다.

14.0 초경합금의 다기능 응용

초경합금은 신흥 분야에서 다재다능함을 보여주었습니다. 우수한 성능(고경도 HV 1600-2000±30, 압축 강도 >3000 MPa±100 MPa, 전기 전도도 저항률 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm , 내식성 부식 속도 <0.01 mm/년±0.001 mm/년)으로 전자, 생물 의학, 촉매 에너지 저장 및 적층 제조와 같은 최첨단 분야에서 널리 사용됩니다 . 또한 전체 네트워크 검색과 최신 산업 동향을 기반으로 초경합금의 다기능 응용 분야는 다음 측면을 포함하되 이에 국한되지 않는 더 많은 분야로 확장되었습니다. 이 장에서는 다섯 가지 측면에서 시작하여 응용 및 개발 동향을 체계적으로 분석하고 후속 섹션에 대한 이론적 및 실제적 기초를 제공합니다.

시멘트 카바이드로 만든 전자 및 전도성 부품

초경합금은 높은 전기 전도성과 열 안정성(최대 800° C±50° C 의 온도 견딤)을 지녀 전자 금형, 방열 기판, 전기 접점 소재, 특히 반도체 패키징(칩 리드 프레임), 5G 장비(고주파 안테나 브래킷), 전기 자동차 배터리 커넥터 등에 이상적인 소재 입니다. 온라인 자료에 따르면, 초경합금(WC-Ni 등)은 낮은 저항률(<8 μΩ·cm±0.1 μΩ·cm)과 뛰어난 산화 방지성(<0.01%±0.001%) 덕분에 마이크로전자 가공 공구 및 초고밀도 회로 기판 드릴에 사용되며, 5G 기지국(데이터 전송 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

>10Gbps±1Gbps) 및 양자 컴퓨팅 장치(작동 온도 <4K±0.5K)의 고정밀 및 내구성 요건을 충족합니다. 또한, 그래핀(0.2%-1%±0.01%)과 결합된 WC 기반 복합재료는 향상된 전도도(>150 S/cm±5 S/cm)를 가지며, 유연한 전자 장치(예: 웨어러블 센서, 유연성 >90%±2%) 및 전자파 차폐(차폐 효율 >90 dB±2 dB) 분야에서 부상하고 있습니다.

초경합금의 생물의학적 응용

생체적합성(세포독성 <5%±1%), 내마모성(마모율 <0.05 mm³/ N•m ± 0.01 mm³/ N•m) 및 높은 경도의 시멘트 카바이드는 임플란트(예: 고관절 및 무릎 보철물) 및 수술 도구(예: 뼈톱 및 드릴)의 개발을 지원하며, 표면 개질 기술(예: 하이드록시아파타이트 코팅, 두께 5-10 nm±0.1 nm)과 결합하여 의료 기기의 고정밀(<0.1 mm±0.01 mm) 및 장기 안정성(>10 년±1 년) 요구 사항을 충족합니다. 온라인 데이터에 따르면 WC-Co 는 치과 임플란트(골 통합율 >95%±2%) 및 척추 고정 장치(피로 강도 >1200 MPa±50 MPa)에서 점점 더 많이 사용되고 있으며, 표면 질화(N 함량 1%-2%±0.1%)는 항균 특성을 향상시킵니다(항균율 >90%±2%). 또한 WC 기반 소재는 높은 비표면적(>50 m² /g ± 5 m² /g)과 생물학적 활성(세포 부착률 >85%±2%)으로 인해 바이오센서(감도 >10³ ± 10²) 및 조직공학 스캐폴드(다공성 20%-30%±1%)에서 잠재력을 보였습니다.

시멘트 카바이드의 촉매 작용 및 에너지 저장

WC-Pt 복합재(MOR 전류 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm²)의 촉매 성능은 연료 전지(전력 밀도 >1 W/cm² ± 0.1 W/cm²) 및 전해조 (수소 생산 >1 L/min±0.1 L/min)에서 우수하여, 특히 수소 경제(세계 시장 >US$2000 억 ±US$200 억, 2025 년)에서 큰 잠재력을 지닌 청정 에너지 기술 개발을 촉진합니다. 연구 데이터에 따르면 텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재 가 슈퍼커패시터(비용량 > 200 F/g±10 F/g), 리튬 이온 배터리 애노드(비용량 > 500 mAh /g±50 mAh /g) 및 수소 생산을 위한 물 전기분해(OER 전류 > 300 mA/cm² ± 10 mA/cm²)에 적용되었으며 WC-Mo 도핑(Mo 1%-3%±0.1%)이 OER 효율(전류 > 350 mA/cm² ± 10 mA/cm²)을 향상시킵니다. 또한, 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 CO_2환원(전환율 > 80%±2%) 및 암모니아 합성(수율 > 100 mg/h•g±10 mg/ h• g) 촉매 활성은 다상 구조와 높은 안정성(내식성 < 0.008 mm/년± 0.001 mm/년)으로 인해 주목을 받고 있으며, 탄소 중립 목표(2040±5 년 순 제로 배출)를 뒷받침하고 있습니다.

초경합금의 적층 제조

SLM 및 바인더 제팅과 같은 3D 프린팅 기술을 통해 시멘트 카바이드는 복잡한 기하학적 모양(정밀도 <0.1mm±0.01mm)의 맞춤 생산을 달성할 수 있으며, 이는 항공우주(터빈 블레이드, 고온 저항성 >800° C±50° C), 금형 제조(내마모성 스탬핑 금형, 수명 >10 6 배±10 4 배) 및 에너지 장비(고온 밸브, 압력 >500MPa±50MPa)에 사용되어 제조 유연성(인쇄 속도 >100mm³/s ± 10mm³/s)을 크게 향상시킵니다. 전체

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

네트워크 정보에 따르면, DED 및 EBM 기술은 대형 구조 부품(계면 강도 >800MPa±50MPa)의 수리 및 구배 재료 제조(Co 함량 6%-15%±1% 구배 변화)에 사용되며, 고온 환경(>1000° C±50° C)에서 WC- TiC 복합 재료의 인장 강도는 >1300MPa±50MPa 입니다. 적층 제조는 마이크로나노 소자(피처 크기 <10μm± 1μm) 및 바이오 프린팅(스캐폴드 다공성 20%-40%±1 %) 으로 확장되어 개인 맞춤형 의료 및 경량 구조 설계를 촉진하고 있습니다.

방위 및 극한 환경 응용 분야를 위한 시멘트 카바이드

초경합금은 방위 및 극한 환경에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. WC-Co 는 높은 경도(HV 1800±30)와 내충격성(충격인성 >20 J/cm² ± 2 J/cm²)을 갖추고 있어 장갑 관통 탄두(관통 깊이 >500mm±50mm) 및 방탄 장갑(방호 수준 NIJ IV±1)에 사용됩니다. WC- TiC -WN 복합재는 높은 변형률 속도(>10^3 s^{-1} ± 10^2 s^{-1}) 에서도 구조적 무결성 (잔류 변형 <0.1%±0.01%)을 유지합니다 .

심해 장비(압력 > 1000 bar ± 100 bar) 및 우주 기술(진공 < 10^{-6}Pa ± 10^{-7} Pa, 온도 -150° C ~ 200° C ± 10° C)에서 텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 낮은 열팽창 계수(5×10^{-6} /° C ± 0.5 × 10^{-6} /° C) 및 내식성(< 0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 가지고 있어 씰 및 내열 코팅(내열성 > 1200° C ± 50° C)으로 사용됩니다. 또한 WC 는 핵산업(방사선 허용치 > 10 6Gy ± 10 5Gy) 및 고에너지 물리 실험(입자빔 안정성 > 99% ± 0.5 %) 에서 차폐재 및 표적재로서 다기능적 잠재력을 보여줍니다 .

시멘트 카바이드의 지능형 제조 및 센서 응용

초경합금은 지능형 제조 기술과 결합되어 센서 및 사물 인터넷 분야로 확장되었습니다 . 온라인 데이터에 따르면, WC 기반 소재는 높은 전도도(>100 S/cm±5 S/cm)와 기계적 안정성(압축 강도 >3500 MPa±100 MPa) 덕분에 압력 센서(감도 >10^2 kPa^{-1} ± 10 kPa^{-1}), 온도 센서(응답 시간 <0.1 초±0.01 초), 진동 모니터(주파수 범위 10Hz~10kHz±1Hz)에 사용됩니다. 통합 나노 코팅(예: SiO_2, 두께 5-10nm±0.1nm)는 환경 적응성을 향상시킵니다(습도 50%-95%RH±5%RH). Industry 4.0 에서 WC 기반 스마트 도구(자가 진단 수명 > 10 5 회 ± 10 4 회)는 내장 센서를 통해 실시간 모니터링(정확도 ± 1%)을 달성하고, 절삭 가공(공구 마모율 < 0.01mm^3 /N•m ± 0.001mm^3 /N• m) 및 3D 프린팅 매개변수 조정을 최적화할 수 있습니다.

의 구체적인 적용 사례, 기술적 과제, 미래 전망을 살펴보고 , 시멘트 카바이드가 다기능성을 통해 점점 더 다양해지는 산업적 요구를 충족할 수 있는 방법을 알아봅니다.

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

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

14.1 시멘트 카바이드 전자 및 전도성 부품

전자 분야에서 초경합금은 높은 경도(HV 1800-2200±30), 낮은 저항률(<10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm), 뛰어난 열전도도(>100 W/m•K±5 W/ m• K), 뛰어난 열 안정성(작동 온도 최대 800° C±50° C)으로 많은 주목을 받고 있습니다. 주로 금형 및 방열 기판에 사용됩니다. 금형은 칩 패키징, 정밀 스탬핑, 마이크로 전자 부품 가공에 사용되며, 수명은 최대 10 6 배±10 5 배입니다. 방열 기판은 고전력 전자 장치(예: 전력 모듈, LED 및 5G 기지국 구성 요소)를 지원하며, 방열 효율이 90%±2% 이상이고 열팽창 계수가 낮아(약 5×10^{-6}/° C±0.5×10^{-6}/° C) 열 사이클 동안 치수 안정성을 보장합니다. 이 소재는 주로 WC-Co 시스템을 기반으로 하며(경화 초경의 Co 함량은 6%-12%±1%), 경화 초경 원료의 입자 크기는 0.5-2μm±0.01μm로 제어되며 , 전기 전도도 와 열 전도도는 Cu(1%-5%±0.5%) 또는 Ni(2%-8%±0.5%)를 도핑하여 최적화됩니다. 일부 고급 공식은 촉매 및 전도 특성을 향상시키기 위해 Pt(0.5%-2%±0.1%)를 추가합니다. 초경합금은 높은 융점(약 2870° C±20° C)으로 극한 환경에서도 뛰어난 내구성을 자랑하며, 내식성(PVD 코팅을 통해 내식성 지수 >90%±2% 달성 가능) 덕분에 적용 범위가 더욱 확대됩니다. 2025 년에는 전자 산업이 고주파, 고전력, 소형화로 발전함에 따라 반도체 제조, 전기차 전력 관리, 스마트 기기 분야에서 초경합금 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됩니다.

전자 산업에서 초경합금은 우수한 경도(HV 1600-2000±30), 내마모성(마모율 <0.05 mm^3 / N•m ± 0.01 mm^3 / N•m), 높은 열전도도(열전도도 >100 W/m•K±5 W/ m•K) 및 고온 저항성(온도 저항 >800° C±50° C)으로 인해 금형 및 방열 기판 제조에 널리 사용됩니다. 이러한 특성으로 인해 특히 반도체, 5G 기술 및 전기 자동차 분야에서 정밀 가공 및 효율적인 방열 시나리오에서 우수한 성능을 발휘합니다. 전자 장치의 소형화 및 고밀도 집적에 대한 수요가 증가함에 따라 전자 산업에서 초경합금의 적용

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

전망이 계속 확대되고 있습니다.

14.1.1 전자 산업용 경질 합금 금형

초경합금 전자 산업 금형은 전자 부품의 정밀 가공에 사용됩니다. 마이크로 전자 장치 제조의 높은 요구 사항을 충족하기 위해 높은 정밀도(가공 편차 <0.01mm ± 0.001mm), 우수한 내식성(부식률 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년) 및 긴 수명(> 10 6 배 ± 10 4 배)이 필요합니다. 재료는 주로 WC-Co 시스템(Co 함량 6%-10% ± 1%)이며 초경합금 원료의 입자 크기는 0.5-1μm ± 0.01μm로 제어됩니다 . 일부 표면 코팅 (예: TiN , 두께 5-15μm ± 0.1μm) 또는 CrN (두께 10-20μm ± 0.2μm) 을 사용 하여 내마모성과 내산화성을 더욱 향상시킵니다 . 금형은 열간 등방성 압축 성형(HIP, 1200° C ± 10° C, 150 MPa ± 1 MPa) 또는 레이저 표면 처리를 통해 최적화됩니다.

전자 산업에서 초경합금 금형은 우수한 경도(HV 1600-2000±30), 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m) , 높은 내열성(온도 저항 >800° C±50° C), 우수한 정밀도, 우수한 전도성 및 내부식성으로 인해 전자 부품 제조 공정에서 없어서는 안 될 핵심 도구가 되었습니다. 초소형화, 고성능, 지능화, 친환경성 및 다기능성을 향한 전자 산업의 급속한 발전으로 초경합금 금형의 적용 시나리오가 크게 확장되었고 시장 수요는 계속해서 급증했습니다. 이러한 금형은 지속적인 기술 반복, 재료 제형 최적화 및 고급 제조 공정 (예 : 적층 제조, 정밀 표면 처리 및 지능형 모니터링 기술)의 혁신을 통해 빠르게 업데이트되어 초경합금 산업에서 가장 중요하고 가장 빠르게 성장하는 고급 소비 분야 중 하나가 되었습니다. 초경합금 금형은 반도체 제조, 플렉시블 전자 기술, 5G/6G 통신, 가전제품, 신에너지 자동차 전장, 사물인터넷(IoT) 장비, 그리고 양자 컴퓨팅 및 스마트 의료 장비와 같은 신흥 분야에 널리 사용됩니다. 시장 규모는 미화 50 억 달러 ± 5 억 달러에 달할 것으로 예상되며, 연간 성장률은 최대 15~20%에 달할 것으로 예상됩니다. 이는 전자 산업의 기술 발전과 산업 고도화를 촉진하는 핵심적인 위치를 잘 보여줍니다.

(1) 카바이드 리드 프레임 펀칭 다이

카바이드 리드 프레임 펀칭 다이란 무엇입니까?

초경 리드 프레임 펀칭 다이는 반도체 패키징 분야를 위해 특별히 설계된 고정밀 가공 도구입니다. 주로 IC 핀 성형, LED 브래킷 가공, 파워 모듈 리드 성형, 그리고 새로운 마이크로 센서 리드 제조에 사용됩니다 . 코어 소재는 WC-8Co 를 사용하며, 입자 크기 는 0.6μm±0.01μm로 정밀하게 제어됩니다 . 분말 야금 및 열간 등방성 소결(HIP, 1200° C±10° C, 150MPa±1MPa) 공정으로 제작되어 재료 균일성과 높은 밀도(기공률 <0.5%±0.1%)를 보장합니다. TiN 코팅(두께 5-10 μm±0.1 μm) 은 물리 기상 증착(PVD) 기술을 통해 금형 표면에 적용되며, 마찰 계수 를 크게 낮추고(<0.2±0.02), 산화 저항성을 향상시키고(내구성 온도 최대 600° C±10° C) 접착력을 감소시켜 내구성(최대 1.2×10 6 배±10 4 배)과 블랭킹 정확도(<0.005

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

mm±0.001 mm)를 효과적으로 향상시킵니다. 레이저 마이크로 가공, 다층 코팅(TiAlN 또는 TiSiN 등 , 두께 10-15μm±0.2μm) 및 적응형 냉각 기술을 결합하여 금형은 초미세 리드(폭 <0.01mm±0.001mm), 고주파 안정성(>10GHz±1GHz) 및 열 사이클 저항(-40° C ~ 150° C±10° C)을 지원하도록 더욱 최적화되었으며, 디지털 트윈 기술을 통해 실시간 마모 모니터링(정확도 ±1%) 및 매개변수 최적화가 달성되어 초고정밀 및 초대형 생산의 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 리드 프레임 펀칭 다이 성능

금형은 높은 경도(HV 1800±30), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm^3 / N•m ± 0.001 mm^3 / N• m) , 높은 내구성(>1.2×10^6회 ± 10^4 회) 및 극히 높은 펀칭 정확도(<0.005 mm±0.001 mm)를 갖습니다. TiN 코팅은 마찰을 크게 감소시키고(<0.2±0.02), 산화 저항성을 향상시키고(600° C±10° C 까지), 다층 코팅(예: TiAlN , 내열성 >800° C±50° C) 및 적응형 냉각 기술을 통해 열 사이클 안정성(-40° C ~ 150° C±10° C)을 향상시킵니다. 또한 디지털 트윈 통합을 통해 마모 예측(오차 <5%±0.5%) 및 프로세스 최적화가 가능합니다.

카바이드 리드 프레임 펀칭 다이의 유형

표준형

WC-8Co 를 기반으로 하여 기존 IC 핀 및 LED 브라켓 가공에 적합하며, 정확도는 <0.005mm±0.001mm, 내구성은 1×10 6 배±10 4 배입니다.

고온 곰팡이

TiC (5%-10%±0.5%)와 TiAlN 코팅(10-15 μm±0.2 μm) 을 첨가하여 내열성이 >800° C±50° C 로 IGBT 패키징 등 전력 모듈에 적합합니다.

초미세 금형

최적화된 입자 크기(<0.5 μm±0.01 μm) 와 레이저 미세 가공은 리드 폭 <0.01 mm±0.001 mm 을 지원하여 5nm/3nm 공정 및 마이크로 LED 의 요구 사항을 충족합니다 .

지능형 금형

내장된 센서와 디지털 트윈 모듈은 마모를 모니터링하고(정확도 ±1%) 고주파(>10GHz±1GHz) 애플리케이션에 대한 매개변수를 실시간으로 조정합니다.

카바이드 리드 프레임 펀칭 다이의 적용

카바이드 리드 프레임 펀칭 다이는 여러 첨단 기술 분야에서 널리 사용되고 있으며, 특히 반도체 및 전자 산업에서 핵심적인 역할을 합니다. 5nm 및 3nm 공정 칩 제조와 같은 고밀도 집적 회로 생산에서 이 다이는 리드 프레임의 초고정밀도와 일관성을 보장하여 고성능 프로세서 및 메모리의 대량 생산을 지원합니다. 전력 반도체 패키징 분야에서는 IGBT 모듈, MOSFET, SiC 및 GaN 전력 소자 생산에 이 다이가 사용되어 전기 자동차, 태양광 인버터, 산업용 모터 드라이브의 높은 신뢰성 요건을 충족합니다. 마이크로 LED 패키징 또한 중요한 응용 분야입니다. 이 다이의 고정밀

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

펀칭 기술은 마이크로 디스플레이 및 웨어러블 기기용 광학 부품 제조를 지원하여 디스플레이의 밝기와 해상도를 향상시킵니다.

(미세 전기 기계 시스템) 센서, 압력 센서, 관성 측정 장치(IMU) 를 포함한 새로운 마이크로 센서 제조에 널리 사용되어 스마트 기기, IoT 노드, 의료용 전자 장치에 핵심적인 지원을 제공합니다. 자동차용 전자 제품 분야, 특히 자율주행 칩, 레이더 모듈, 온보드 컴퓨팅 장치 패키징 분야에서 이 금형의 열 사이클 내구성(-40° C ~ 150° C±10° C)과 고주파 안정성(>10GHz±1GHz)은 전자 시스템의 장기적인 안정성과 안전성을 보장합니다. 고성능 컴퓨팅 칩과 양자 컴퓨팅 장치 또한 이 금형의 초미세 리드 가공 능력(폭 <0.01mm±0.001mm)을 활용하여 인공지능 가속기 및 양자 비트 제어 회로 개발을 촉진합니다.

가전제품 분야에서 금형은 스마트폰, 태블릿, 게임 기기용 다층 리드 프레임 가공을 지원하여 제품의 두께와 성능을 향상시킵니다. 산업 자동화 분야에서는 금형을 지능형 제조 기술과 결합하여 정밀 기계 부품 및 커넥터의 대량 생산에 활용하여 생산 효율을 최적화합니다(20%±2% 이상 향상). 디지털 트윈 기술을 통해 금형은 예측 유지보수 및 공정 매개변수 최적화를 달성하고, 가동 중단 시간을 15%±2% 이상 단축하며, 항공우주 전자 제품(예: 위성 통신 모듈) 및 방위 전자 제품(예: 레이더 및 미사일 유도 시스템)의 극한 환경 요건에도 적합하여 적용 범위를 더욱 확대합니다.

(2) 카바이드 칩 포장용 금형

카바이드 칩 패키징 몰드란 무엇입니까?

카바이드 칩 패키징 몰드는 마이크로전자 소자 패키징 분야를 위해 특별히 설계된 고정밀 가공 도구로, 주로 BGA(볼 그리드 어레이), QFN(쿼드 플랫 무연 패키지), SIP(시스템 인 패키지), 3D IC 스태킹 및 웨이퍼 레벨 패키징(WLP)에 사용됩니다. 코어 소재는 WC-6Co 포뮬러를 사용하며, 입자 크기는 0.5μm±0.01μm입니다 . 초미분말 볼 밀링 및 소결 공정을 통해 고밀도(기공률 <0.5%±0.1%)를 달성하며 , 복잡한 기하학적 디자인 (예: 마이크로채널 폭 0.02-0.05mm±0.001mm, 깊이 0.1mm±0.005mm, 측벽 수직도 <1° ±0.1°)과 결합됩니다. CrN 코팅(두께 10-15μm) ± 0.2 μm , 다중 아크 이온 플레이팅 기술 사용) 가 금형 표면에 적용되어 내식성(부식률 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년)과 고온 저항성(>350° C ± 10° C)을 크게 개선하여 서비스 수명을 효과적으로 연장합니다(약 8×10 5 배 ± 10 4 배). 복잡한 구조(예: 내부 냉각 채널)는 PVD 코팅(예: AlTiN 또는 ZrN , 두께 15-20 μm ± 0.2 μm) 과 적층 제조 기술(예 : 선택적 레이저 용융 SLM)을 결합하여 사용자 정의할 수 있습니다. 금형은 높은 패키징 밀도(>1000 I/O ± 50 I/O), 열 사이클 응력(>5000 배 ± 500 배) 및 저응력 패키징 공정을 지원하도록 더욱 최적화되었습니다. 통합 센서 기술을 통해 응력 분포 및 온도 변화에 대한 실시간 모니터링(정확도±1%)이 가능하며, 이를 통해 열 관리 기능(열전도도>120 W/m•K±10 W/ m• K) 과 패키징 수율(>98%±1%)이 향상되어 소형화 및 높은 신뢰성 요구 사항을 충족합니다.

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

카바이드 칩 패키징 금형 성능

금형은 높은 경도(HV 1800±30), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm^3 / N•m ± 0.001 mm^3 / N• m) , 높은 내구성(>8×10^5회 ± 10^4 회) 및 매우 높은 기하학적 정확도(마이크로채널 폭 0.02-0.05 mm±0.001 mm, 측벽 수직도 <1° ±0.1°)를 갖습니다. CrN 코팅은 부식율을 크게 감소시키고(<0.008 mm/년±0.001 mm/년) 고온 저항성(>350° C±10° C)을 향상시키는 반면, AlTiN 또는 ZrN 다층 코팅은 열 사이클 안정성을 더욱 향상시킵니다(>5000 회±500 회 내성, >600° C±50° C 내열성). 적층 제조 공정은 내부 냉각 채널을 최적화하고 열 관리를 개선(열전도도 >120 W/m•K±10 W/ m• K) 하며, 센서 통합으로 스트레스 모니터링(오차 <5%±0.5%)과 공정 최적화가 가능합니다.

카바이드 칩 포장 금형의 종류

표준형
CrN 코팅을 기반으로 기존 BGA 및 QFN 패키지에 적합하며 정확도는 0.05mm ± 0.001mm, 내구성은 8×10 5 배 ± 10 4 배입니다.

고온 곰팡이
TiC (5%-10%±0.5%)와 AlTiN 코팅(15-20 μm±0.2 μm) 을 첨가하여 내열성이 600° C±50° C 이상으로 SIP 및 3D IC 적층에 적합합니다.

소형화된 금형
최적화된 입자(<0.4 μm±0.01 μ m) 와 SLM 기술은 WLP 및 신경형 칩의 요구 사항을 충족하는 마이크로채널(폭 <0.02 mm±0.001 mm)을 지원합니다.

지능형 금형
내장된 센서와 실시간 모니터링 모듈은 고밀도 패키징(>1000 I/O±50 I/O)에 대한 응력 분포(정확도 ±1%)와 열 관리를 최적화합니다.

시멘트 카바이드 칩 포장 금형의 적용

카바이드 칩 패키징 몰드는 최첨단 마이크로전자 소자 패키징 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 고밀도 집적회로 패키징에서 이 몰드는 BGA, QFN, WLP 기술을 지원하여 5nm 이하 공정 칩, 인공지능 가속기, 메모리(정밀도 <0.05mm±0.001mm)의 고정밀 요구 사항을 충족합니다. 3D IC 적층 및 SIP(시스템 레벨 패키징)에서 이 몰드의 복잡한 기하학적 설계와 열 관리 기능(열전도도 >120W/m•K±10W/ m• K)은 다중 칩 모듈 및 이종 집적화 개발을 촉진하며, 엣지 컴퓨팅 모듈, 고성능 서버, 데이터 센터 하드웨어 등에 널리 사용됩니다.

가전제품 분야에서 금형은 폴더블 스크린 휴대폰과 웨어러블 기기(예: 스마트워치)의 소형화 패키징에 사용되며, 마이크로채널 정확도(폭 0.02-0.05mm ± 0.001mm)와 열 사이클 내구성(5,000 회 ± 500 회 이상)을 보장하여 플렉서블 디스플레이와 웨어러블 기기의 신뢰성과 수명을 향상시킵니다. 뉴로모픽 칩과 양자 컴퓨팅 기기의 패키징 또한 새로운 컴퓨팅 아키텍처의 소형화 설계를 지원하기 위해 초고정밀 저응력 금형

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

공정을 활용합니다.

자동차 전자 제품 또한 중요한 응용 분야입니다. 금형은 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 칩, 레이더 모듈, 온보드 컴퓨팅 장치의 패키징을 지원하며, 극한 온도 범위(-40° C ~ 150° C±10° C)와 높은 신뢰성 요구 사항(수율 >98%±1%)에 적합합니다. 산업 자동화 분야에서는 지능형 제조 장비의 성능과 안정성을 향상시키기 위해 정밀 센서 및 액추에이터 패키징에 금형이 사용됩니다. 항공우주 전자 제품(예: 위성 통신 모듈) 및 방위 전자 제품(예: 레이더 및 미사일 유도 시스템)은 금형의 내식성(<0.008mm/년±0.001mm/년)과 고온 안정성(>350° C±10° C)을 활용하여 극한 환경에서의 장기 사용 요건을 충족합니다.

센서 통합과 디지털 트윈 기술을 통해 금형은 예측적 유지 관리(가동 중단 시간 >15%±2% 감소)와 공정 매개변수 최적화를 달성하여 대량 생산(효율성 >20%±2% 향상) 및 초고밀도 패키징(>1000 I/O±50 I/O) 시나리오에 적합하며, 향후 마이크로 전자 기술에서의 응용 잠재력을 더욱 확장합니다.

(3) 카바이드 회로기판 펀칭다이

카바이드 회로기판 펀칭 다이란 무엇입니까?

카바이드 회로 기판 펀칭 다이는 PCB 가공 분야를 위해 특별히 설계된 고정밀 가공 도구입니다. 주로 다층 기판, HDI(고밀도 상호 연결) 기판, 연성 회로 기판 FPC, 강성-연성 기판 및 새로운 고주파 밀리미터파 회로 기판에 사용됩니다. 핵심 재료는 0.8μm±0.01μm 의 입자 크기를 갖는 WC-TiC-8Co 공식(TiC 3%±0.5%) 을 사용합니다 . 고온 (1450° C±10° C)에서 소결하고 열처리하여 고온 피로 저항(피로 수명 >10 ^{7} 배±10 5 배)을 향상시키고 레이저 클래딩 기술(클래딩 층 두께 20-30μm±0.5μm , WC -Co 분말 사용)을 사용하여 마모된 가장자리를 수리하여 펀칭 정확도 가 <0.01mm±0.001mm 로 유지되도록 합니다. 금형은 고속 펀칭(>100 회/초±10 회/초), 복잡한 층간 정렬(편차 <0.005mm±0.001mm) 및 미세홀 가공(직경 0.1-0.2mm±0.005mm)을 지원하고 다중소재 복합구조(WC- TiC-TaC 또는 WC-Co-Cr 등)를 통해 내구성 (>1.5×10^{7}회±10^{5}회) 및 전도도(저항률 <10μΩ•cm±0.1μΩ• cm) 를 최적화합니다 . 또한, 금형은 나노코팅(예: WC/C, 두께 5-10μm±0.1μm)을 도입하여 항 접착 성능(마찰계수 <0.2±0.02)을 향상시키고, 바이오닉 구조(예: 벌집 내부 지지대)를 채택하여 충격 저항성(>500MPa±50MPa)을 강화하고, AI 알고리즘을 통해 펀칭 경로를 최적화하고, 재료 낭비를 줄이며(<2%±0.5%), 고성능 회로 기판 가공 요구를 충족합니다.

카바이드 회로 기판 펀칭 다이 성능

금형은 높은 경도(HV 1800±30), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm^{3} / N•m ± 0.001 mm^{3} / N• m) , 높은 내구성(>1.5×10^{7}times ± 10^{5} times) 및 고정밀 펀칭(<0.01 mm±0.001 mm)을 갖추고 있습니다. 레이저 클래딩 기술은 마모된 가장자리를

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

수리하고 미세 구멍 가공 정확도(직경 0.1-0.2 mm±0.005 mm)를 유지하는 동시에 나노 코팅(예: WC/C)은 마찰 계수(<0.2±0.02)를 줄이고 고온 산화 저항성(>900° C±50° C)을 향상시킵니다. 다중소재 복합구조는 전도도를 최적화(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm) 하고, 바이오닉 구조는 충격저항성을 향상(>500 MPa±50 MPa)시키며, AI 알고리즘 최적화는 재료 낭비를 감소(<2%±0.5%)시켜 전체적으로 고온 피로 저항성을 향상 (피로수명 >10 ⁷ 배±10 5 배)시킵니다.

카바이드 회로 기판 펀칭 다이의 종류

표준형

WC-TiC-8Co 를 기반으로 다층기판 및 FPC 의 펀칭에 적합하며, 정확도는 <0.01mm±0.001mm 이고 내구성은 1×10^7배±10^5배입니다.

고온 곰팡이

TaC (2%-5%±0.5%)와 WC-Co-Cr 복합구조를 첨가하여 900° C±50° C 이상의 내열성을 가지며, 고주파 밀리미터파 회로기판에 적합합니다.

마이크로 홀 몰드

레이저 클래딩(두께 20-30 μm ± 0.5 μm) 과 마이크로홀 가공(직경 < 0.1 mm ± 0.005 mm)을 최적화 합니다.

지능형 금형

AI 알고리즘과 생체 구조(벌집형 지원)가 내장되어 있어 펀칭 경로(정확도 ±0.5%)와 충격 저항성(>600MPa±50MPa)을 실시간으로 최적화합니다.

카바이드 회로 기판 펀칭 다이의 적용

카바이드 회로 기판 펀칭 다이는 PCB 가공의 여러 핵심 분야에서 널리 사용됩니다. 다층 기판 및 HDI(고밀도 상호 연결) 기판 제조 시, 다이의 고정밀 펀칭(<0.01mm±0.001mm) 및 복잡한 층간 정렬(편차 <0.005mm±0.001mm)은 스마트폰, 태블릿 및 서버 마더보드의 고밀도 배선 요구 사항을 충족합니다. 연성 회로 기판(FPC) 및 강성-연성 기판 가공 시, 다이의 고온 저항(>900° C±50° C) 및 피로 저항(>10^7배±10^5배)은 폴더블 스크린 폰, 웨어러블 기기 및 플렉서블 디스플레이의 소형화 요구 사항을 충족합니다.

새로운 고주파 밀리미터파 회로 기판의 생산은 금형의 전도도(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm) 와 마이크로홀 가공 능력(직경 0.1-0.2 mm±0.005 mm)에 의존하며 5G 기지국, 안테나 모듈 및 레이더 시스템에 널리 사용됩니다. 자동차 전자 분야에서 금형은 배터리 관리 시스템(BMS), 차량 내 엔터테인먼트 시스템 및 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 회로 기판의 대량 생산을 지원하며 고온 환경(>900° C±50° C) 및 높은 신뢰성 요구 사항(수율>98%±1%)에 적응합니다. 스마트 가전 제어 보드 생산은 금형의 고속 펀칭(>100 회/초±10 회/초) 및 재료 절감(폐기물 <2%±0.5%)을 활용하여 스마트 스피커 및 세탁기와 같은 가전 제품의 제조 효율을 향상시킵니다.

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

항공전자 회로 기판(비행 제어 모듈, 항법 시스템 등)과 방위 전자 장비(미사일 유도 및 통신 장비 등)는 극한 환경에서의 장기 사용을 위해 금형의 내충격성(>500MPa±50MPa)과 내구성(>1.5×10^7배±10^5배)에 의존합니다. IoT 기기와 6G 기술의 발전은 특히 엣지 컴퓨팅 모듈 및 초고주파 회로 기판 패키징 분야에서 금형의 적용을 더욱 촉진하고 있습니다. 이 금형은 AI 최적화 및 나노 코팅(WC/C)을 통해 고성능과 낮은 유지 보수 비용(다운타임 >15%±2% 감소)을 보장하여 미래 전자 산업의 지능적이고 효율적인 발전을 지원합니다.

(4) 카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이란 무엇입니까?

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이는 마이크로 커넥터 가공 분야를 위해 설계된 고정밀 공구입니다. USB-C, HDMI, Lightning 및 새로운 고속 인터페이스(예: Thunderbolt 5, 광전자 하이브리드 인터페이스)와 같은 마이크로 커넥터에 주로 사용됩니다. 코어 소재는 WC-10Co 포뮬러를 사용하며, 입자 크기는 0.4μm±0.01μm입니다 . 초미립자 분말 사출 성형 기술을 사용하여 재료 균일성을 보장하며, 스탬핑 정확도는 <0.003mm±0.0005mm, 내구성 은 1.5×10^6배±10^4배입니다. DLC(다이아몬드 유사 탄소) 코팅(두께 2-5 μm±0.1 μm , 경도 HV 3000±100) 은 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD)을 통해 금형 표면에 적용되며, 마모율을 크게 감소시키고(<0.02 mm^3 / N•m ± 0.005 mm^3 / N• m) , 내식성(염수 분무 시험 >500 시간±50 시간) 및 윤활성(마찰 계수 <0.1±0.01)을 향상시킵니다. 나노코팅(WC/C 또는 aC:H 등 , 두께 5-15μm±0.2μm) 및 마이크로 EDM 기술과 결합된 이 금형은 초미세 구조 (피치 <0.015mm±0.001mm), 높은 전류 전달(>5A±0.5A) 및 광신호 전송 안정성(손실 <0.1dB/km±0.01dB/km)을 지원하고 자체 윤활 기능(MoS_2 첨가제 등)을 통해 서비스 수명을 연장하고 유지 보수 비용을 절감(<5%±1%)하여 고성능 커넥터 가공의 요구를 충족합니다.

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이 성능

금형은 높은 경도(HV 2000±50), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.02 mm^3 / N•m ± 0.005 mm^3 / N• m) , 높은 내구성(>1.5×106 회 ± 10^4 회) 및 초고 스탬핑 정확도(<0.003 mm±0.0005 mm)를 갖습니다. DLC 코팅은 내식성(염수 분무 저항성 >500 시간±50 시간)과 윤활성(마찰 계수 <0.1±0.01)을 개선하고 나노 코팅(예: WC/C)은 내구성(>2×106 회 ± 10^4 회) 과 고온 저항성(>600° C±50° C)을 더욱 향상시킵니다. 자체 윤활 기능으로 유지 보수 비용을 최적화(<5%±1%)하고, 마이크로 EDM 은 초미세 구조(피치 <0.015mm±0.001mm)를 지원하여 높은 전류(>5A±0.5A) 및 광신호 전송(손실 <0.1dB/km±0.01dB/km) 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이의 종류

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

표준형

WC-10Co 및 DLC 코팅을 기반으로 USB-C 및 HDMI 스탬핑에 적합하며 정확도는 <0.003mm±0.0005mm, 내구성은 1.5×10 6 배±10 4 배입니다.

고속 금형

WC/C 나노 코팅(5-15 μm±0.2 μm) 을 추가하여 Thunderbolt 5 고전류(>5A±0.5A)를 지원하고 내구성이 >2×10 6 회±10 4 회입니다 .

광전 금형

광전자 하이브리드 인터페이스의 광 신호 안정성(손실 <0.1 dB/km±0.01 dB/km)과 정확도 <0.002 mm±0.0005 mm 를 충족하도록 마이크로 EDM 을 최적화합니다.

자체 윤활 금형

MoS_2 첨가제와 센서가 내장되어 있어 유지 보수 비용이 절감되고(<5%±1%) 고주파 사용(>10GHz±1GHz)에 적합합니다.

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이의 적용

카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이는 가전제품 및 데이터 센터에서 널리 사용됩니다. 스마트폰, 태블릿, 노트북에서 다이는 USB-C, HDMI, Lightning 인터페이스의 대량 생산을 지원하여 초미세 구조(피치 <0.015mm ± 0.001mm)와 고정밀 스탬핑(<0.003mm ± 0.0005mm)을 보장하고 장치 포트의 신뢰성과 소형화를 향상시킵니다. 데이터 센터와 서버에서는 Thunderbolt 5 및 고속 데이터 인터페이스 제조에 다이를 사용하여 높은 전류(>5A ± 0.5A) 및 데이터 전송 속도(>40Gbps ± 2Gbps) 요구 사항을 충족합니다.

새로운 광전자 하이브리드 인터페이스의 개발은 광섬유 통신 장비 및 고성능 컴퓨팅 클러스터 에 널리 사용되는 금형의 광 신호 전송 안정성(손실 <0.1 dB/km±0.01 dB/km) 및 내구성(>1.5×10 6 배±10 4 배)에 의존합니다. 자동차 전자 제품 에서 이 금형은 차량용 인포테인먼트 시스템 및 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)용 커넥터 가공을 지원하며, 고온 환경(>600° C±50° C) 및 높은 신뢰성 요구 사항(수율>98%±1%)에 적응합니다. 스마트 스피커 및 라우터와 같은 스마트 홈 기기도 제품의 내구성을 향상시키기 위해 금형의 고속 펀칭(>100 회/초±10 회/초) 및 내식성(염수 분무 저항성>500 시간±50 시간)을 사용합니다.

산업 자동화 및 IoT 장치(산업용 제어 모듈 및 센서 노드 등)는 금형의 윤활성(마찰 계수 <0.1±0.01)과 자가 윤활 기능을 활용하여 유지보수 비용을 5%±1% 미만으로 절감하고 생산 효율을 20%±2% 이상 향상시킵니다. 항공우주 전자 제품(위성 통신 모듈 등) 및 방위 전자 제품(암호화 통신 장비 등)은 금형의 내충격성(>500MPa±50MPa)과 내구성을 활용하여 극한 환경에서의 장기 사용 요건을 충족합니다. 나노 코팅 및 AI 최적화를 통해 금형은 미래 고속 인터페이스(예: 6G 통신) 및 소형 커넥터 개발을 더욱 지원하여 전자 산업의 효율성과 지능화를 촉진합니다.

(5) 카바이드 센서 포장용 금형

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

카바이드 센서 패키징 금형이란 무엇입니까?

시멘트 카바이드 센서 패키징 몰드는 센서 패키징 분야를 위해 특별히 설계된 고정밀 도구로, 주로 MEMS (마이크로 전기 기계 시스템), 환경 센서(압력, 온도, 가스 센서 등), 의료 센서(혈중 산소, ECG 센서 등)에 사용됩니다. 핵심 소재는 WC-Co-Ni 공식(Ni 2%±0.5%), 입자 크기 0.7μm±0.01μm , 열간 등방성 소성(HIP, 1200° C±10° C, 150MPa±1MPa)을 사용하여 밀도(기공률 <0.5%±0.1%)를 개선하고 복잡한 3D 구조(높이 0.05-0.1mm±0.005mm, 측벽 거칠기 Ra<0.2μm±0.05μm)를 지원하며 수명 이 약 7×10^5배±10^4배입니다. ALD(원자층 증착) 코팅(Al_2O_3 등 , 두께 10~20nm±0.5nm)을 금형 표면에 도포하여 내습성(습기 저항성 > 95% RH±2% RH)과 항균 성능(항균율 > 99%±0.5%)을 강화하고, 마이크로 냉각 채널(직경 0.01~0.02mm±0.001mm)을 사용하여 고온 패키징 공정(> 200° C±10° C)을 최적화합니다. 내장형 센서는 패키징 응력(< 10MPa±1MPa)을 모니터링하여 소형화(크기 < 1mm^3 ±0.1mm^3) , 고정밀도(편차 < 0.001mm±0.0002mm) 및 생체적합성(ISO 10993 표준에 따름) 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 센서 포장 금형 성능

금형은 높은 경도(HV 1800±30), 우수한 내마모성(마모율 <0.01 mm^3 / N • m ± 0.001 mm^3 / N • m) , 높은 내구성(>7×10^5times ± 10^4 times) 및 고정밀 포장(편차 <0.001 mm±0.0002 mm)을 갖추고 있습니다. Al_2O_3 코팅은 습기 저항성(>95% RH ±2%RH)과 항균 성능(항균율>99%±0.5%)을 개선하고, 마이크로 냉각 채널은 열 관리를 최적화(온도 제어 <200° C±10° C)하고, 내장 센서는 응력(<10 MPa±1 MPa)을 모니터링하며, 복잡한 3D 구조(높이 0.05-0.1 mm±0.005 mm, 측벽 거칠기 Ra<0.2 μm±0.05 μm)를 지원하여 생체 적합성 및 고온 포장 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 센서 패키징 금형의 종류

표준형

Al_2O_3 코팅을 기반으로 MEMS 및 환경 센서에 적합하며 정확도는 <0.001 mm ± 0.0002 mm 이고 내구성은 7× 10^5times ± 10^4 times 입니다.

고온 곰팡이

TiC (5%-10%±0.5%) 를 추가하면 고온 패키징(>200° C±10° C)이 가능하므로 산업용 IoT 센서에 적합합니다.

의료용 곰팡이

최적화된 생체적합성(ISO 10993), 혈액 산소 및 ECG 센서를 위한 마이크로 냉각 채널(직경 <0.01 mm ± 0.001 mm).

지능형 금형

실시간 모니터링을 위한 내장형 스트레스 센서(정확도 ±1%)로, 고정밀 웨어러블 기기 패키징에 적합합니다.

카바이드 센서 포장 금형의 적용

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

카바이드 센서 패키징 금형은 스마트 홈, 산업용 사물 인터넷, 의료 전자 분야에서 널리 사용됩니다. 스마트 홈 분야에서는 스마트 온도 조절 장치, 공기 질 센서, 스마트 조명 컨트롤러의 패키징을 지원하여 소형화(크기 <1mm³ ± 0.1mm³) 와 고정밀화(편차 <0.001mm±0.0002mm)를 보장하고 장비 응답성을 향상시키며 에너지를 절약합니다. 산업용 사물 인터넷 분야에서는 스마트 공장의 압력, 온도, 진동 센서 패키징에 사용되어 고온 환경(>200° C±10° C)과 복잡한 3D 구조(높이 0.05-0.1mm±0.005mm)에 적응하며, Industry 4.0 의 자동화 및 예측 유지보수를 지원하여 가동 중단 시간을 >15%±2% 단축합니다.

의료 전자 제품은 중요한 응용 분야입니다. 이 금형은 혈중 산소 센서, ECG(심전도) 센서, 인슐린 펌프의 패키징을 지원합니다. 생체적합성(ISO 10993 표준 준수)과 항균성(항균율 > 99% ± 0.5%)을 갖추고 있어 웨어러블 심박수 모니터 및 이식형 의료 기기(수율 > 98% ± 1%)의 높은 신뢰성 요건을 충족합니다. 가전제품 분야에서는 스마트 워치 및 피트니스 트래커의 환경 센서 패키징에 금형을 사용하여 내습성(> 95% RH ± 2% RH)과 내구성(> 7 × 10 5 회 ± 10 4 회)을 향상시킵니다.

자동차 전자 분야에서 금형은 극한 온도 범위(-40° C ~ 150° C±10° C)와 높은 정밀도(편차 <0.001mm±0.0002mm)를 충족하는 온보드 센서(예: 타이어 공기압 모니터링 및 충돌 감지 센서)의 패키징을 지원합니다. 항공우주 전자 제품(예: 비행 데이터 기록 장치) 및 방위 전자 제품(예: 화학전 작용제 감지 센서)은 극한 환경에서의 장기 사용을 위해 금형의 내식성과 내구성을 활용합니다. IoT 및 엣지 컴퓨팅 장치에서 금형은 미세 냉각 채널과 응력 모니터링(<10MPa±1MPa)을 통해 센서 성능을 최적화하여 미래 센서 네트워크의 효율적이고 지능적인 개발을 지원합니다.

(6) 카바이드 레이저 드릴링 몰드

카바이드 레이저 드릴링 도구란 무엇입니까?

초경합금 레이저 드릴링 다이는 HDI 기판 및 고급 회로 기판(예: 서버 마더보드, 레이더 PCB, 위성 통신 기판)의 미세 홀 가공(블라인드 홀, 베리드 홀)을 위해 설계된 고정밀 공구입니다. 코어 소재는 0.9μm±0.01μm의 입자 크기를 가진 WC-TiC-6Co 포뮬러를 사용합니다 . 고온 소결(1450° C ±10° C) 및 레이저 표면 경화(경도 HV 2000±50 으로 향상)를 통해 내구성이 향상되었습니다. 드릴링 정확도는 <0.015mm±0.001mm 이며, 개구 편차는 <0.005mm±0.001mm 입니다. 다이는 TiCN 코팅(두께 10-15 μm±0.2 μm , CVD 기술 사용) 을 채택하여 레이저 열충격에 대한 저항성(>10 4 배±10 ³배)을 향상시키고 고에너지 밀도 레이저 드릴링(>10 6W/cm² ± 10 5W/cm²) 을 지원합니다 . 다공성 구조 설계(기공 밀도 >1000/cm² ± 100/cm²) 및 UV 레이저 저항성(파장 193 nm±1 nm, 저항 >10 5 배±10 4 배)과 결합된 이 금형은 초정밀 가공 기술(예: 펨토초 레이저)과 자가 치유 코팅(예: TiAlCN , 두께 15-25 μm±0.3 μm) 을 통해 성능을 최적화합니다 . 다층 그래디언트 구조는 열전도도를 향상시키고(>200 W/m·K±10 W/ m· K) 열균열을 감소시킵니다(길이 <0.01 mm±0.001 mm). 이는 하이엔드 회로기판 미세홀 가공의 요구를 충족합니다.

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

카바이드 레이저 드릴링 다이 성능

금형은 높은 경도(HV 2000±50), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm³ / N•m ± 0.001 mm³ / N• m) , 높은 내구성(>10 5 회±10 4 회) 및 고정밀 드릴링(<0.015 mm±0.001 mm, 구멍 직경 편차 <0.005 mm±0.001 mm)을 갖추고 있습니다. TiCN 코팅은 레이저 열충격에 대한 저항성을 향상시키고(>10 4 회±10 3 회), 자가 회복 코팅(예: TiAlCN) 은 내구성(>2×10 5 회±10 4 회) 및 열 안정성(>800° C±50° C)을 최적화합니다. 다층 그래디언트 구조는 열전도도(>200 W/m•K±10 W/ m• K) 를 향상시키고 , 열 균열(<0.01 mm±0.001 mm)을 줄이며, 높은 에너지 밀도(>10 6W/cm² ± 10 5W/cm²) 와 UV 레이저 내성(파장 193 nm±1 nm, >10 5 배±10 4 배)을 지원합니다.

카바이드 레이저 드릴링 다이의 종류

표준형

TiCN 코팅을 기반으로 HDI 보드의 블라인드 홀에 적합하며 정확도는 <0.015mm±0.001mm 이고 내구성은 1×10 5 배±10 4 배입니다.

고온 곰팡이

TiAlCN 자체 복구 코팅(15-25 μm±0.3 μm) 을 추가하여 내열성이 >800° C±50° C 이고 레이더 PCB 드릴링에 적합합니다.

다공성 금형

최적화된 다공성 구조(기공 밀도 >1000/cm² ± 100 /cm²) 는 위성 통신 보드의 고밀도 미세기공을 지원하고, UV 에 대한 내구성이 >10 5 배 ±10 4 배입니다.

초정밀 금형

펨토초 레이저 가공은 AR/VR 장비의 미세기공(개구 <0.01 mm±0.001 mm) 및 열전도도 >200 W/m•K±10 W/ m• K 의 요구 사항을 충족하는 데 사용됩니다 .

시멘트 카바이드 레이저 드릴링 몰드의 적용

초경 레이저 드릴링 다이는 고급 회로 기판 가공에 널리 사용됩니다. HDI 기판 미세 홀 가공에서 이 다이는 블라인드 홀과 매립 홀의 정밀 드릴링(정확도 <0.015mm±0.001mm)을 지원하여 스마트폰, 태블릿, 노트북 마더보드의 고밀도 배선 요구 사항을 충족합니다. 서버 마더보드 및 데이터 센터 회로 기판 생산에서 이 다이는 높은 에너지 밀도 허용 오차(>10^6W/cm² ± 10^5W/cm²) 와 열전도도(>200W/m•K±10W/ m• K) 를 제공하여 고성능 프로세서의 안정적인 연결을 보장합니다.

레이더 PCB 및 위성 통신 보드 제조는 레이저 열충격(>10 4 배 ±10 ³ 배)에 대한 금형의 저항성과 다공성 구조(기공 밀도 >1000/cm² ± 100/cm²) 에 의존하며 , 5G 안테나, 밀리미터파 레이더 및 항공우주 통신 모듈의 미세 홀 가공을 지원합니다.AR/VR 장치 및 스마트 안경과 같은 고급 가전 분야에서 금형은 펨토초 레이저 기술을 사용하여 초미세 홀(개구 <0.01mm±0.001mm)을 구현하여 광학 및 전자

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

부품의 집적도를 향상시킵니다.자동차 전자 분야에서 금형은 ADAS(첨단 운전자 보조 시스템) 및 차량 장착 레이더 회로 기판의 미세 홀 가공에 사용되며 고온 환경(>800° C±50° C) 및 높은 신뢰성 요구 사항(수율 >98%±1%)에 적응합니다.

항공우주 전자(비행 제어 모듈 및 항법 시스템 등) 및 방위 전자(미사일 유도 및 전자 대응 시스템 등)는 금형의 UV 레이저 저항(파장 193nm ± 1nm, >10 5 배 ± 10 4 배) 및 내구성(>10 5 배 ± 10 4 배)을 사용하여 극한 환경에서의 장기 사용 요구 사항을 충족합니다.산업 자동화 및 IoT 장치(스마트 팩토리 제어 보드 등)는 금형의 열 균열 제어 (< 0.01mm ± 0.001mm) 및 자가 치유 코팅을 사용하여 생산 효율을 최적화(증가 >20% ± 2%)하고 유지 보수 비용을 절감(<5% ± 1%)합니다.6G 및 밀리미터파 기술의 개발로 금형은 다층 그래디언트 구조 및 AI 최적화를 통해 미래의 고주파 회로 기판의 효율적인 처리를 더욱 지원합니다.

전자산업에서 시멘트 카바이드 금형의 발전과 전망

마이크로 전자 장치(5nm 이하 공정) , 유연 전자 장치(신축성 회로, OLED 및 전자 섬유), 5G/6G 통신, 신에너지 자동차 전자 장치(배터리 관리 시스템 및 충전 파일 제어 보드 등), IoT 장치 및 스마트 의료 장비의 소형화에 대한 수요가 증가함에 따라 시멘트 카바이드 전자 산업 금형의 적용 범위와 성능 최적화 요구 사항이 크게 증가했습니다.

전자 산업의 급속한 발전은 초경합금 금형 기술의 발전을 촉진했습니다. 새로운 고급 코팅(예: ZrN , AlCrN , WC/C, 두께 15-25μm±0.2μm) 과 적층 제조 기술(예: SLM, EBM)이 추가되어 금형 수명(>2×10^6배±10^4배), 정밀도(<0.002mm±0.0005mm) 및 다용성(예: 열전도도>150W/m•K±10W/ m•K , 절연성>10^{12} Ω • cm±10^{11} Ω • cm)이 향상되었습니다. 고급 소비재 분야인 초경합금 금형은 AI 칩, 양자 컴퓨팅, 전기 자동차 전자 장치, 플렉서블 디스플레이 및 스마트 의료 기기 분야에서 탁월한 성과를 거두었습니다. 앞으로 금형은 지능화 방향으로 발전할 것입니다. 마모 모니터링 센서(실시간 정확도 <0.001mm±0.0001mm), 적응형 조정 기능(응력 보상 <5MPa±0.5MPa), 그리고 친환경 설계(중금속 사용량 <1%±0.1%)를 통합하여 전자 산업의 고신뢰성, 저비용, 그리고 지속 가능한 발전이라는 두 가지 과제를 충족할 것입니다. 동시에, 글로벌 공급망 조정과 지역 생산(예: 동중국 및 동남아시아)은 금형 산업 레이아웃 최적화를 더욱 촉진할 것입니다.

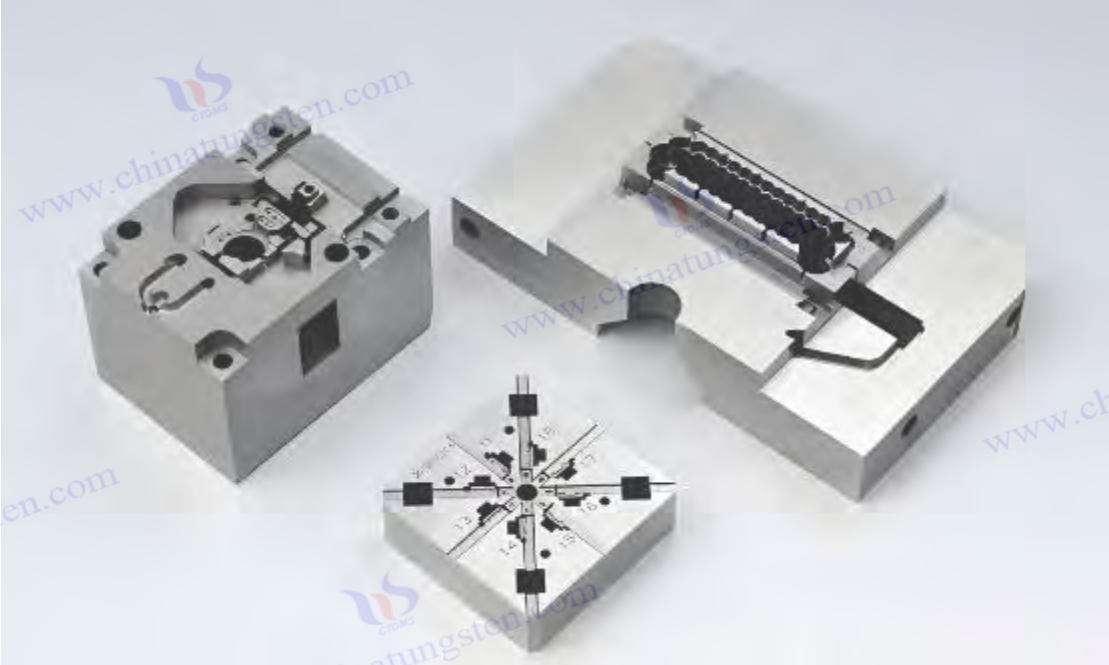
전자 산업에서 초경합금 방열판 기판은 뛰어난 높은 열전도도, 고온 저항, 낮은 열팽창 계수 및 우수한 전기 절연 성능으로 인해 고전력 전자 장치 방열 솔루션의 핵심 구성 요소가 되었습니다. 전자 산업이 고성능, 소형화 및 지능화를 향해 빠르게 발전함에 따라 초경합금 방열판 기판에 대한 수요가 크게 증가했습니다. 이러한 기판은 LED, 5G/6G 기지국, 전기 자동차 전력 모듈, 인공 지능 칩 및 양자 컴퓨팅 장치와 같은 새로운 분야의 방열 과제를 효과적으로 해결하기 위해 높은 열전도도(>200 W/m•K±10 W/ m•K), 낮은 열팽창 계수(약 4-6×10^{-6} / ° C ± 0.5 × 10^{-6} / ° C) 및 뛰어난 절연성(체적 저항률>10^{12} Ω • cm ± 10^{11} Ω •

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

cm)을 가져야 합니다. 이 소재는 WC(텅스텐 카바이드)에 Cu(구리), 다이아몬드, AlN(질화알루미늄), SiC (탄화규소) 또는 BN(질화붕소) 입자(입자 크기 10-50nm±1nm)를 복합화하고, 냉간 압착 소결(1200° C±10° C, 40MPa±1MPa), 열간 압착 확산(1300° C±10° C, 50MPa±2MPa) 또는 등방 압착(HIP, 1200° C±10° C, 150MPa±5MPa)과 같은 첨단 공정을 사용하여 균일한 분포, 밀도(기공률 <1%±0.1%) 및 미세 구조적 안정성(입자 크기 <1μm±0.05μm)을 보장하여 제조 됩니다 . 이러한 기판은 정밀 가공(화학 기계적 연마 CMP, 표면 거칠기 Ra<0.1μm±0.02μm 등) 및 표면 개질(CVD 코팅, 플라즈마 분무 등)을 통해 방열 효율 및 신뢰성이 더욱 향상 됩니다 .

전자소자의 고밀도 집적화(>10 6 트랜지스터/㎟ ± 10 5 트랜지스터/㎟), 증가된 전력 밀도(>100 W/㎠ ± 10 W/㎠), 더 높은 작동 온도(>150° C±10° C)로 인해 시멘트 카바이드 방열 기판 시장 규모는 30 억 ± 3 억 달러에 이를 것으로 예상되며, 연간 성장률은 20%-25%로 시멘트 카바이드 산업, 특히 차세대 통신, 신에너지 자동차, 산업 자동화 및 방위 전자 분야에서 첨단 응용 분야로 자리 잡을 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



14.1.2 전자산업용 경질합금 방열기판

(1) 텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열판이란 무엇입니까 ?

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판은 효율적인 열 관리를 위해 설계된 고성능 소재입니다 . 주로 LED 조명 모듈, 전력 전자 모듈(IGBT, MOSFET 드라이버 등), 가전제품 전력 관리 장치, 전기차 인버터, 데이터센터 서버 전원 공급 장치에 사용됩니다. WC 와 Cu(부피비 70:30±1%) 복합 소재로 제작되었으며, 냉간 압착 소결(1200° C±10° C, 40MPa±1MPa) 후 열처리(1000° C±10° C, 2 시간±0.1 시간 어닐링, 질소 보호)를 통해 소재의 균일성과 미세 구조 밀도(기공률 <0.8%±0.1%)를 보장합니다. 기판은 열전도도가 220 W/m·K±10 W/ m· K 이고 , 열팽창계수가 5×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C 이며, 두께가 0.5-1 mm±0.01 mm 이고, 가벼우며(밀도 12-13 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 기계적 강도가 높습니다(압축강도>2500 MPa±100 MPa). 표면은 용접성과 내산화성(고온 저항성 >300° C±10° C, 내습성 >95%RH±2%RH)을 향상시키기 위해 Ni/Au 층(두께 0.1-0.3 μm±0.01 μm)으로 전기 도금되고, 내식성(염수 분무 시험 >500 시간±50 시간)을 향상시키기 위해 화학 도금된 Ni-P 층(두께 1-3 μm±0.1 μm) 으로 전기 도금 됩니다 .

다층 구조(두께 0.3-0.7mm±0.01mm)와 마이크로채널 냉각 시스템(직경 0.02-0.05mm±0.001mm, 유량 >0.1L/min±0.01L/min)을 결합한 기판은 나노-Cu 입자(입자 크기 <10nm±0.5nm)를 사용하여 계면 접합력(접착 강도 >60MPa±5MPa)을 강화하고 레이저 미세 가공 기술을 사용하여 표면 미세 질감을 구현합니다. (조도 Ra<0.05 μm±0.01 μm), 방열 효율(>250 W/m·K±10 W/ m·K), 열 응력(<15 MPa±1 MPa)

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

및 열 균일성(온도 구배 <3° C±0.3° C)을 최적화하고 고성능 방열 요구 사항을 충족합니다.

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판 성능

기판은 높은 열전도도 (220 W/m•K±10 W/ m• K , 최적화됨 >250 W/m•K±10 W/ m• K) , 낮은 열팽창 계수(5×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C), 높은 기계적 강도(압축 강도 >2500 MPa±100 MPa) 및 가벼운 설계(밀도 12-13 g/cm³ ± 0.1 g/cm³) 를 갖습니다 . Cu 상은 전기 전도도를 개선하고(>10 ⁶ S/m±10 ⁵ S/m), 저항 가열을 줄이고(<0.5° C/W±0.05° C/W), 열 사이클 성능을 최적화합니다(-40° C ~ 150° C±10° C, 사이클 수 >5000 회±500 회). Ni/Au 도금층은 납땜성을 향상시키고(고온 저항성 >300° C±10° C, 내습성 >95%RH±2%RH), Ni-P 층은 내식성을 향상시킵니다(염수 분무 저항성 >500 시간±50 시간). 마이크로채널 냉각 시스템과 나노-Cu 입자는 방열 효율과 계면 접합력을 더욱 향상시킵니다(접착 강도 >60MPa±5MPa). 또한, AI 기반 열 시뮬레이션은 열 응력(<15MPa±1MPa)과 온도 구배(<3° C±0.3° C)를 줄여줍니다.

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열판 기판 유형

표준 기판

WC-Cu 70:30 및 Ni/Au 코팅을 기반으로 LED 조명 모듈에 적합하며 두께는 0.5-1 mm±0.01 mm, 열전도도는 220 W/m•K±10 W/ m• K 입니다 .

고온 기판

Ni-P 층(1-3 μm±0.1 μm) 을 첨가하여 내열성이 300° C±10° C 이상으로 IGBT 및 MOSFET 드라이버에 적합합니다.

소형화된 기판

마이크로 LED 및 AR/VR 장치를 위한 최적화된 다층 구조(두께 0.3-0.7mm ± 0.01mm)와 마이크로채널(직경 0.02-0.05mm ± 0.001mm)

지능형 기판

AI 열 시뮬레이션과 나노-Cu 입자(입자 크기 <10 nm±0.5 nm)를 통합하여 방열 효율이 >250 W/m•K±10 W/ m• K 로 데이터 센터 전원 공급 장치에 적합합니다.

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판의 적용

텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판은 조명, 전자 및 전기 자동차에 널리 사용됩니다. LED 조명 모듈에서 이 기판은 고휘도 LED 어레이(전력 밀도 >50 W/cm² ± 5 W/cm² , 밝기 >200 lm /W±10 lm /W)를 지원하여 스마트 가로등, 차량 장착 LED 및 실내 조명에 사용되어 광 효율과 방열 성능(열전도도 220 W/m•K±10 W/ m• K) 을 향상시킵니다 . 전력 전자 모듈에서 이 기판은 IGBT 및 MOSFET 드라이버에 사용되어 열 사이클 성능(>5000 회±500 회)과 전기 전도도(>10 6S/m±10 5S/m)를 최적화하여 산업용 모터 드라이브 및 재생 에너지 인버터의 요구 사항을 충족합니다.

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

노트북 전원 어댑터 및 고전력 충전기와 같은 가전제품의 전력 관리 장치는 기판의 경량성(밀도 12-13 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)과 내식성(염수 분무 저항성 >500 시간 ±50 시간)을 활용하여 장비의 신뢰성과 수명을 향상시킵니다. 전기 자동차 인버터의 경우, 기판의 높은 기계적 강도(>2500 MPa±100 MPa)와 마이크로채널 냉각(유량 >0.1 L/min±0.01 L/min)은 효율적인 방열(>250 W/m·K±10 W/ m· K) 과 열 균일성(<3° C±0.3° C)을 지원하여 신에너지 자동차의 고전력 요구 사항을 충족합니다 . 데이터 센터 서버 전원 공급 장치는 기판과 나노-Cu 입자의 AI 최적화 설계(접착 강도 >60MPa±5MPa)를 사용하여 열 응력(<15MPa±1MPa)을 줄이고 방열 효율을 향상시켜 고성능 컴퓨팅 및 AI 가속기의 안정적인 작동을 지원합니다.

마이크로 LED 분야에서 기판은 픽셀 밀도 >1000 PPI±100 PPI 의 디스플레이와 AR/VR 장치 및 자동차 조명 시스템에 사용되는 자동차용 LED(내구성 >10 5 시간 ±10 4 시간)를 지원합니다. 고전력 의료 기기 및 항공 우주 전자 제품(예: 위성 전력 모듈)과 같은 의료용 전자 제품은 기판의 고온 저항 (> 300° C±10° C) 및 습도 저항(>95%RH±2%RH)에 의존하여 극한 환경에서의 방열 요구 사항을 충족합니다. 산업 자동화 및 엣지 컴퓨팅 모듈은 기판의 표면 마이크로 텍스처(거칠기 Ra<0.05 μm±0.01 μm)와 다층 구조를 사용하여 생산 효율을 최적화(증가 >20%±2%)하고 유지 관리 비용을 절감(<5%±1%)하여 미래에 고성능 방열 기술의 광범위한 적용을 촉진합니다.

(2) 텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판

텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판이란 무엇입니까?

관리를 위해 설계된 고급 소재입니다 . 주로 5G/6G 기지국 RF 모듈, 전기 자동차 전력 전자 장치(인버터, 충전 파일 컨트롤러), 고성능 컴퓨팅 서버 및 군용 레이더 시스템에 사용됩니다. WC 와 다이아몬드(입자 크기 20nm±1nm, 부피 비율 60:40±1%)로 만들어졌으며, 열간 압착 확산(1300° C±10° C, 50MPa±2MPa) 및 등방압 압착(HIP, 1200° C±10° C, 150MPa±5MPa) 공정을 통해 재료 밀도(기공률 <0.6%±0.1%)와 입자 균일도(<0.8μm±0.05μm)를 보장 합니다 . 기판의 열전도도는 320 W/m·K±10 W/ m· K 이고 , 절연성은 >10 ¹³ Ω· cm ± 10 ¹² Ω· cm, 두께는 0.3-0.8 mm±0.01 mm, 내열성은 >400° C±10° C(열안정성 >500 시간±50 시간), 기계적 강도는 높습니다(굴곡 강도 >3000 MPa±100 MPa).

표면은 내마모성(경도 HV 8000±500)과 방열 균일성(온도 구배 <5° C±0.5° C)을 높이기 위해 CVD 다이아몬드 코팅(두께 1-3 μm±0.1 μm)으로 코팅되었으며 , 플라스마 세정 기술을 사용하여 계면 접착력을 최적화했습니다(>50 MPa±5 MPa). 구배 복합 구조(WC 함량 30%-60%±1%)와 나노 방열층(두께 <0.1 μm±0.01 μm) 과 결합된 기판은 레이저 미세 가공 기술로 최적화되었습니다. 표면 미세 구조(다공성 1%-2%±0.1%) 는 방열 면적(>300 cm² ± 20 cm²) 을 늘리고 열 저항(<0.2° C/W±0.02° C/W)을 줄입니다. 적응형 열 관리 모듈(응답 시간 <0.1 초±0.01 초)은 열전대를 내장하여(정확도 <0.2° C±0.02° C) 온도를

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

모니터링하여 고주파 및 초대전류 방열 요구 사항을 충족합니다.

텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-다이아몬드) 복합 방열 기판 성능

기판은 초고열전도도(320 W/m·K±10 W/ m·K , 최적화 후 >350 W/m·K±10 W/ m·K), 뛰어난 절연성(>10 ¹³ Ω· cm ± 10 ¹² Ω· cm), 높은 기계적 강도(굽힘 강도>3000 MPa±100 MPa) 및 고온 내구성(>400° C±10° C, 열 안정성>500 시간±50 시간)을 갖습니다. 다이아몬드 코팅은 내마모성(경도 HV 8000±500)과 방열 균일성(온도 구배<5° C±0.5° C)을 향상시키고, 나노 방열층은 열 저항(<0.2° C/W±0.02° C/W)을 감소시키고, 구배 구조는 열전도를 최적화합니다(>350 W/m·K±10 W/ m· K) . 적응형 열 관리 모듈은 열전대를 통해 온도를 모니터링합니다(정확도<0.2° C±0.02° C, 응답 시간<0.1 초±0.01 초). 이는 고주파 전력 장치(>10GHz±1GHz) 및 고전력 밀도(>200W/cm² ± 20W/cm²) 애플리케이션을 지원합니다.

텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판의 유형

표준 기판

WC-Diamond 60:40 및 CVD 코팅을 기반으로 두께 0.3-0.8mm±0.01mm, 열전도도 320W/m·K±10W/ m· K 의 5G 기지국 RF 모듈에 적합합니다 .

고온 기판

그래디언트 구조 (WC 30%-60%±1%)를 추가하였으며, 내열성이 400° C±10° C 이상이므로 전기 자동차 인버터에 적합합니다.

고주파 기판

통합 나노 방열판(두께 <0.1 μm±0.01 μm) , >10 GHz±1 GHz 장치 지원, 열 저항 <0.2° C/W±0.02° C/W.

지능형 기판

내장형 적응형 열 관리 모듈과 열전대, 방열 면적 >300 cm² ± 20 cm² , 군용 레이더 시스템에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판의 적용

텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판은 통신, 전기 자동차 및 군사 분야에서 널리 사용됩니다.5G/6G 기지국 RF 모듈에서 이 기판은 고주파 전력 소자(예: GaN HEMT, >10 GHz±1 GHz)와 높은 전력 밀도(>200 W/cm² ± 20 W/cm²)를 지원하고 안테나 및 RF 증폭기의 방열 에 사용되어 초고열전도도(320 W/m·K±10 W/ m·K)와 절연성(>10 ¹³ Ω· cm ± 10 ¹²)을 충족합니다.전기 자동차 전력 전자 분야에서 이 기판은 인버터 및 충전 파일 컨트롤러에 사용되어 열 사이클 성능(>5000 회 ±500 회)과 고온 저항(>400° C±10° C)을 최적화하고 빠른 충전 전력(>350 kW±10 kW)과 배터리 관리 시스템의 효율적인 작동을 지원합니다.

고성능 컴퓨팅 서버는 기판의 경사 구조와 나노 방열층(열 저항

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

<0.2° C/W±0.02° C/W)을 사용하여 열 응력(<15 MPa±1 MPa)을 줄이고 방열 면적(>300 cm² ± 20 cm²)을 늘려 AI 가속기와 데이터 센터의 안정적인 성능을 지원합니다. 군용 레이더 시스템은 기판의 기계적 강도(굽힘 강도 >3000 MPa±100 MPa)와 내마모성(경도 HV 8000±500)을 사용하여 극한 환경(열 안정성 >500 시간±50 시간)에서 레이더 모듈과 전자 대책 시스템의 장기간 사용을 충족합니다. 항공 전자 장비(예: 비행 제어 모듈 및 위성 전원 공급 장치)는 기판의 고온 저항과 방열 균일성(온도 경사 <5° C±0.5° C)을 사용하여 장비의 신뢰성과 수명을 향상시킵니다.

가전 분야에서 기판은 AR/VR 기기 및 고성능 게임 콘솔의 방열 요구를 충족하고, 고주파 및 초고전류(>100A±5A) 애플리케이션에 적합합니다. 산업 자동화 및 IoT 기기(예: 스마트 팩토리 제어 보드)는 기판의 적응형 열 관리(응답 시간 <0.1 초±0.01 초) 및 레이저 미세 가공 표면(거칠기 최적화)을 활용하여 생산 효율(>20%±2%)을 향상시키고 유지보수 비용(<5%±1%)을 절감합니다. 6G 밀리미터파 기술의 발전으로, 기판은 AI 기반 최적화 및 미세 구조 설계를 통해 미래 고주파 통신 및 전력 전자 분야의 방열 과제를 더욱 효과적으로 해결할 수 있습니다.

(3) 텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판

AlN) 복합 방열판이란 무엇입니까 ?

텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판은 고주파 전자 및 의료 장비 의 열 관리를 위해 설계된 고성능 소재입니다. 이 소재는 주로 고주파 전자 장치(예: RF 모듈, 마이크로파 레이더, 위성 통신 장비), 의료 전자 장치(예: MRI 전력 증폭기, 초음파 장비) 및 산업용 센서에 사용됩니다. WC 와 AlN (부피비 50:50±1%) 복합 소재로 제작되었으며, 냉간 압착 소결(1200° C±10° C, 40MPa±1MPa) 및 고온 어닐링(1300° C±10° C, 질소 보호)을 통해 재료 밀도(기공률 <0.7%±0.1%)와 열적 정합을 보장합니다. 기판의 열전도도는 160 W/m•K±5 W/ m• K 이고 , 절연은 >10 ¹ 4 Ω • cm±10 ¹³ Ω • cm , 두께는 0.4-0.6 mm±0.01 mm, 열팽창 계수는 실리콘(4.5×10 ‐ 6 /° C±0.5×10 ‐ 6 /° C, 편차 <0.5×10 ‐ 6 /° C±0.1×10 ‐ 6 /° C)과 일치합니다.

AlN 의 높은 절연성 과 WC 의 기계적 강도(굽힘 강도>400MPa±20MPa)를 결합하여 고주파 회로(동작 주파수 >20GHz±2GHz) 및 고온 환경(>250° C±10° C)에 적합하며 높은 기계적 내구성(>10 6 배±10 4 배)을 갖습니다. 표면은 Si_3N_4(두께 0.5-1μm±0.05μm)로 코팅하여 내 습성 (습기 저항성>95%RH±2% RH)과 내열충격성(>1000 배±100 배)을 향상시키고 마이크로아크 산화 기술을 사용하여 계면 접합 강도(접착 강도>50MPa±5MPa)를 최적화합니다. 다층 그래디언트 설계 (AlN 함량 40%-60%±1%)와 열전 분리층(두께 0.02-0.05mm±0.001mm)을 결합한 기판은 나노스케일 입자 분산 기술(입자 크기 <10nm±0.5nm)을 사용하여 열전도도 균일성(<2° C±0.2° C)을 개선하고 열 응력(<10MPa±1MPa)을 줄여 효율적인 방열 요구 사항을 충족합니다.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판 성능

기판은 높은 열전도도(160 W/m•K±5 W/ m• K) , 뛰어난 절연성(>10^{14}Ω • cm±10^{13} Ω • cm) , 높은 기계적 강도(굽힘 강도>400 MPa±20 MPa) 및 열적 일치(편차<0.5×10^{-6}/° C±0.1×10^{-6}/° C)를 갖습니다. Si_3N_4 코팅은 내습성(>95%RH±2%RH)과 내열충격성(>1000 배±100 배)을 향상시키고, 다층 그래디언트 구조는 열전도도 균일성(<2° C±0.2° C)을 최적화하며, 열전 분리층은 열 응력(<10 MPa±1 MPa)을 감소시킵니다. 나노 스케일 입자 분산 기술은 내구성을 향상시키고(>2×10 6 배±10 4 배), 고온 환경(>250° C±10° C)과 고주파 응용 분야(>20 GHz±2 GHz)를 지원합니다.

텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열판 기판

표준 기판

-AlN 50:50 및 Si_3N_4 코팅을 기반으로 RF 모듈에 적합하며 두께는 0.4-0.6 mm±0.01 mm, 열전도도는 160 W/m•K±5 W/ m• K 입니다.

고온 기판

열전 분리층(0.02-0.05 mm ± 0.001 mm)을 추가하였고, 내열성이 250 ° C ± 10 ° C 이상이며, MRI 전력 증폭기에 적합합니다.

고주파 기판

최적화된 그래디언트 구조 (AlN 40%-60%±1%)는 균일성 <2° C±0.2° C 로 >20 GHz±2 GHz 회로를 지원합니다.

나노 강화 기판

통합 나노입자(입자 크기 <10 nm±0.5 nm), 열 응력 <10 MPa±1 MPa, 마이크로파 레이더에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판

텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판은 고주파 전자, 의료 및 항공 분야에서 널리 사용됩니다. 고주파 전자 기기에서 이 기판은 RF 모듈, 마이크로파 레이더, 위성 통신 장비의 고주파 회로(>20 GHz±2 GHz)를 지원합니다. 높은 절연성(>10^{14}Ω • cm±10^{13} Ω • cm) 과 열전도도(160 W/m•K±5 W/ m• K) 를 갖춰 5G/6G 기지국 및 통신 안테나의 방열 요건을 충족합니다. 의료 전자 분야에서 기판은 MRI 전력 증폭기와 초음파 장비에 사용되어 열 매칭(편차 <0.5×10 - 6 /° C±0.1×10 - 6 /° C)과 고온 저항(>250° C±10° C)을 최적화하고 장비 정확도와 신뢰성(수율>98%±1%)을 향상시킵니다.

스마트 팩토리용 온도 및 압력 센서와 같은 산업용 센서는 기판의 기계적 내구성(>10 6 배 ±10 4 배)과 열충격 저항성(>1000 배 ±100 배)에 의존하여 Industry 4.0 의 자동화 및 예측 유지 관리를 지원합니다(가동 중지 시간을 >15% ±2% 감소). 비행 제어 시스템 및 항법 모듈과 같은 항공 전자 장치는 기판의 경량(두께 0.4-0.6mm

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

±0.01mm)과 높은 기계적 강도(>400MPa ±20MPa)를 활용하여 극한 환경에서의 장기간 사용(열 안정성 >500 시간 ±50 시간)을 충족합니다. 이식형 심박수 모니터 및 휴대용 초음파 장치와 같은 스마트 의료 기기는 기판의 내습성 (> 95%RH ±2%RH)과 경사 설계에 의존하여 방열 균일성(<2° C ±0.2° C)을 최적화하고 열 응력(<10MPa ±1MPa)을 줄입니다.

가전 분야에서 기판은 고성능 컴퓨팅 장치 및 통신 단말기의 방열 요구를 충족하고 고온 및 고주파 환경에 적합합니다. 전자 대응 시스템 및 레이더 모듈과 같은 국방 전자 제품은 기판의 내식성 및 나노 강화 기술을 활용하여 군사용 수준의 신뢰성 및 내구성 요건(>2×10^6배 ±10^4배)을 충족합니다. 밀리미터파 레이더, 신경망 가속기, 생체 의료 기기의 발전과 함께, 기판은 AI 최적화 및 열전 분리층을 통해 방열 효율(>20%±2%)과 열 관리 성능을 더욱 향상시켜 향후 첨단 응용 분야의 광범위한 활용을 촉진합니다.

(4) 텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판

SiC) 복합 방열판이란 무엇입니까 ?

텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판은 고출력 및 산업용으로 설계된 고성능 열 관리 소재입니다 . 주로 고출력 레이저, 전력 전자 인버터, 산업 자동화 제어 시스템 및 철도 견인 장비에 사용됩니다. WC 와 SiC (실리콘 카바이드, 입자 크기 15-40nm±1nm, 부피비 65:35±1%) 복합 소재로 제작되었으며, 열간 압착 확산(1350° C±10° C, 60MPa±2MPa) 방식으로 제조되어 재료 밀도(기공률 <0.9%±0.1%)와 열 안정성을 보장합니다. 기판은 열전도도가 180 W/m•K±5 W/ m• K 이고 , 열팽창 계수가 4.8×10 ‾ 6 /° C±0.5×10 ‾ 6 /° C 이고, 두께가 0.6-1.2 mm±0.01 mm 이고, 온도 저항이 >450° C±10° C(열 사이클 수명 >1000 시간±100 시간)입니다. 기판은 SiC 의 높은 열전도도 (>200 W/ m• K) 와 WC 의 내식성(산 저항성 <0.01 mm/년±0.001 mm/년)을 결합하여 고전압 장치(예: 1000V±50V) 및 고전력 밀도 애플리케이션(>150 W/cm² ± 15 W/cm²) 에 적합 하며 높은 기계적 강도(충격 강도 >600 MPa±50 MPa)를 갖습니다. 표면은 TiSiN (두께 5~ 10μm ± 0.2μm) 으로 코팅되어 내산화성과 내마모성(경도 HV 2500 ± 100)을 향상시켰으며, 플라즈마 용사 기술을 통해 코팅 밀착력(> 60MPa ± 5MPa)을 최적화했습니다. 다공성 구조 (기공률 1%~3% ± 0.1%)와 탄소 섬유 강화재(함량 1%~2% ± 0.1%)를 결합하여 방열 면적(> 200cm² ± 10cm²) 과 내충격성(> 500MPa ± 50MPa)을 높여 높은 신뢰성 요구 사항을 충족합니다.

텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판 성능

기판은 높은 열전도도(180 W/m•K±5 W/ m• K) , 낮은 열팽창 계수(4.8×10^{-6}/° C±0.5×10^{-6}/° C), 높은 기계적 강도(충격 강도>600 MPa±50 MPa), 높은 내열성(>450° C±10° C, 열 사이클 수명>1000 시간±100 시간)을 가지고 있습니다. TiSiN 코팅은 내산화성과 내마모성을 향상시키고(경도 HV 2500±100),

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

우수한 내식성(내산성 <0.01 mm/년±0.001 mm/년)을 가지고 있습니다. 다공성 구조는 방열 면적(>200 cm² ± 10 cm²) 을 늘리고 , 탄소 섬유 강화재는 충격 저항성(>500 MPa±50 MPa)을 최적화하여 고전압(1000V±50V) 및 고전력 밀도(>150 W/cm² ± 15 W/cm²) 적용을 지원합니다.

텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열판 기판

표준 기판

SiC 65:35 및 TiSiN 코팅을 기반으로 레이저 절단기에 적합하며 두께는 0.6-1.2 mm ± 0.01 mm 이고 열전도도는 180 W/ m•K ± 5 W/ m• K 입니다.

고온 기판

최적화된 열 사이클 수명(>1000 시간 ±100 시간), 내열성 >450° C±10° C, 전자식 인버터에 적합합니다.

다공성 기질

통합된 다공성 구조(다공성 1%-3%±0.1%), 방열 면적 >200 cm² ± 10 cm² , 풍력 발전용 변환기에 적합합니다.

강화된 기판

탄소섬유(1%-2%±0.1%)를 첨가하면 충격 저항성이 >500MPa±50MPa 로 산업용 로봇에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판

텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판은 고출력 산업 및 에너지 분야에서 널리 사용됩니다. 고출력 레이저에서 이 기판은 레이저 절단기 및 용접 장비 의 고출력 밀도(>150 W/cm² ± 15 W/cm²)와 고온 내성(>450° C ± 10° C)을 지원하여 가공 효율과 장비 수명을 향상시킵니다. 전력 전자 인버터에서 이 기판은 풍력 발전용 컨버터 및 태양광 인버터에 사용되어 열전도도(180 W/m•K ± 5 W/ m• K) 와 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 최적화하여 고전압(1000V ± 50V) 요구 사항을 충족합니다.

산업 자동화 제어 시스템은 기판의 기계적 강도(충격 강도 > 600 MPa ± 50 MPa)와 다공성 구조(방열 면적 > 200 cm² ± 10 cm²) 에 의존하여 산업용 로봇과 지능형 제조 장비의 안정적인 작동을 지원합니다. 철도 견인 장비는 기판의 열 사이클 수명(> 1000 시간 ± 100 시간)과 탄소 섬유 강화(충격 저항성 > 500 MPa ± 50 MPa)를 사용하여 고전압 견인 인버터 및 제어 모듈의 높은 신뢰성(수율 > 98% ± 1%)을 보장합니다. 비행 제어 시스템과 같은 항공 우주 전자 장치와 레이더 전력 모듈과 같은 방위 전자 장치는 기판의 고온 저항 및 산화 저항성(경도 HV 2500 ± 100)에 의존하여 극한 환경에서의 장기간 사용을 충족합니다.

친환경 에너지 분야에서 기판은 전기차 충전 시스템과 에너지 저장 시스템의 효율적인 방열을 지원하고, 높은 전력 밀도와 열 안정성 요건을 충족합니다. 고성능 서버 및 산업용 센서와 같은 가전제품은 경량 기판(두께 0.6-1.2mm ± 0.01mm)과

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

TiSiN 코팅을 사용하여 생산 효율을 최적화(20% ± 2% 이상 증가)하고 유지보수 비용을 5% ± 1% 미만 절감합니다. 인더스트리 4.0 과 재생에너지 발전에 따라, 기판은 다층 설계 및 AI 최적화를 통해 미래의 고신뢰성 산업용 전자기기 및 친환경 에너지 장비의 요구를 더욱 충족합니다.

(5) 텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판이란 무엇입니까?

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판은 고정밀 기기 및 국방 전자 장비의 열 관리를 위해 설계된 고성능 소재입니다. 이 소재는 주로 고정밀 기기(예: 리소그래피 전력 모듈, 전자빔 에칭 장비), 국방 전자 장비(예: 레이더 신호 처리 장치, 미사일 유도 시스템), 과학 연구 장비에 사용됩니다. WC 와 BN(질화붕소, 입자 크기 10-30nm±1nm, 부피비 55:45±1%)으로 제작되었으며, 등방압 성형(HIP, 1250° C±10° C, 160MPa±5MPa)으로 제조되어 재료 밀도(기공률 <0.5%±0.1%)와 열 안정성을 보장합니다. 기판의 열전도도는 200 W/m·K±10 W/ m· K 이고 , 단열성은 >10 ¹ 5 Ω·cm±10 ¹ 4 Ω· cm , 두께는 0.3-0.5 mm±0.01 mm, 열팽창 계수는 4.2×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C, 높은 기계적 강도(압축 강도>3500 MPa±100 MPa)를 갖습니다. 이 기판은 BN 의 초고절연성과 WC 의 기계적 강도를 결합하여 초고주파 응용 분야(>50 GHz±5 GHz) 및 극한 환경(-50° C ~ 300° C±10° C, 열 안정성>600 시간±50 시간)에 적합합니다. 표면은 AlN (두께 1-2 μm±0.05 μm) 으로 코팅되어 내습성(습도 저항성 >98%RH±1%RH)과 열 안정성을 향상시켰으며 , 레이저 표면 처리(접착력 >55 MPa±5 MPa)를 통해 계면 접합 강도를 최적화했습니다. 다층 그래디언트 복합재(BN 함량 40%-60%±1%)와 열전 절연층(두께 0.01-0.03 mm±0.001 mm)을 결합하여 나노 스케일 분산 기술을 통해 열전도도 균일도 (< 1.5° C±0.2° C)를 최적화하고 전자파 간섭(<0.1 dB±0.01 dB)을 줄여 초고정밀 및 극한 환경 요건을 충족합니다.

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판 성능

기판은 높은 열전도도(200 W/m·K±10 W/ m· K) , 뛰어난 단열성(>10 ¹ 5 Ω·cm±10 ¹ 4 Ω· cm) , 높은 기계적 강도(압축 강도>3500 MPa±100 MPa) 및 낮은 열팽창 계수(4.2×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C)를 가지고 있습니다. AlN 코팅은 내습성(>98%RH±1%RH)과 열 안정성(>600 시간±50 시간)을 향상시키고, 다층 그래디언트 구조는 열전도도 균일성을 최적화(<1.5° C±0.2° C)하며, 열 절연층은 전자파 간섭(<0.1 dB±0.01 dB)을 줄입니다. 나노 스케일 분산 기술은 내구성을 향상시키고(>2×10 6 배±10 4 배), 초고주파(>50 GHz±5 GHz) 및 극한 온도 범위(-50° C ~ 300° C±10° C)를 지원합니다.

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판의 유형

표준 기판

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

AlN 코팅을 기반으로 두께 0.3-0.5 mm±0.01 mm, 열전도도 200 W/m•K±10 W/ m• K 의 리소그래피 전력 모듈에 적합합니다 .

고온 기판

최적화된 열 안정성(>600 시간 ±50 시간), 내열성 >300° C ±10° C, 전자빔 에칭 장비에 적합합니다.

고주파 기판

통합 열 및 전기 절연 층(0.01-0.03 mm ± 0.001 mm)은 >50 GHz ± 5 GHz 애플리케이션과 EMI < 0.1 dB ± 0.01 dB를 지원합니다.

나노 강화 기판

나노스케일 분산(입자 크기 <10 nm±0.5 nm)을 추가하면 열전도도 균일도가 <1.5° C±0.2° C로 미사일 유도 시스템에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판의 적용

텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판은 고정밀 기기, 방위 전자 제품 및 과학 연구에 널리 사용됩니다. 반도체 제조 장비에서 이 기판은 EUV 리소그래피 및 전자빔 에칭 장비의 전력 모듈을 지지합니다. 초고절연성(>10^{15}Ω • cm±10^{14}Ω • cm) 과 열전도도(200W/m•K±10W/ m• K) 를 갖추고 있어 선폭 <2nm±0.1nm 의 초고정밀 요구 사항을 충족합니다. 방위 전자 제품에서 이 기판은 레이더 신호 처리기 및 미사일 유도 시스템에 사용되어 초고주파 성능(>50GHz±5GHz)과 기계적 강도(>3500MPa±100MPa)를 최적화하고 극한 온도 범위(-50° C~300° C±10° C)와 열 안정성(>600 시간±50 시간)에 적응합니다.

고에너지 물리학 실험 장치 및 양자 컴퓨팅 모듈과 같은 과학 연구 장비는 전자기 간섭(<0.1 dB ± 0.01 dB)을 줄이고 방열 균일성(<1.5° C ± 0.2° C)을 향상시키기 위해 경량 기판(두께 0.3-0.5 mm ± 0.01 mm)과 열 절연층에 의존합니다. 비행 제어 시스템 및 위성 통신 모듈과 같은 항공 전자 장비는 기판의 내습성(> 98% RH ± 1% RH)과 내식성을 사용하여 항공 우주 등급의 신뢰성과 내구성(> 2 × 10 6 배 ± 10 4 배)을 충족합니다. 고정밀 MRI 및 초음파 영상 시스템과 같은 스마트 의료 장비는 기판의 열적 정합 및 높은 기계적 강도에 의존하여 생체 적합성과 고온 환경에서의 안정적인 작동을 지원합니다.

산업 자동화 제어 시스템과 통신 기지국은 기판의 경사 설계 및 나노 강화 기술을 활용하여 생산 효율을 최적화(20% ± 2% 증가)하고 유지보수 비용을 절감(5% ± 1% 미만)합니다. 리소그래피 정밀도 향상 및 국방 전자 기기의 소형화와 함께, 기판은 AI 기반 최적화 및 다층 구조를 통해 미래 초정밀 기기 및 극한 환경 전자 장비의 요구를 더욱 충족할 수 있으며, 이는 반도체 및 국방 기술의 급속한 발전을 촉진합니다.

텅스텐 카바이드 기반 방열 기판의 개발 동향 및 시장 전망

이러한 기판은 전자소자의 고밀도 집적(>10 6 트랜지스터/㎟ ± 10 5

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

트랜지스터/㎟), 증가된 전력 밀도(>100 W/㎠ ± 10 W/㎠) 및 더 높은 작동 온도(>150° C±10° C)로 인해 지속적으로 성장하고 있으며, 특히 차세대 통신(6G), 신에너지 자동차(배터리 관리 시스템, 고속 충전 모듈), 인공지능 칩, 산업 자동화, 군수 전자 장비 및 스마트 의료 장비 분야에서 이러한 성장이 두드러지고 있습니다. 초경합금 방열 기판의 기술 반복은 첨단 제조 공정(나노입자 분산, 레이저 미세 가공, 3D 인쇄 등)과 표면 처리(CVD 코팅, 플라즈마 분무, ALD 증착 등)가 추가되어 열전도도(>300 W/m·K±10 W/ m·K), 절연성(>10^{15}Ω·cm±10^{14}Ω ·cm), 기계적 강도(>4000 MPa±100 MPa) 및 내구성(>10^{7}배±10^{5}배)이 향상됨에 따라 가속화되고 있습니다. 시장 규모는 30 억±3 억 달러에 이를 것으로 예상되며, 특히 전기 자동차 고속 충전(>350kW±10kW), 밀리미터파 레이더, 양자 컴퓨팅 장비 및 생체 전자 분야에서 연간 성장률이 20~25%에 달할 것으로 예상됩니다. 앞으로 기판은 지능화 및 지속가능성을 향해 발전할 것입니다. 온도 모니터링을 위한 열 센서(정확도 <0.1° C±0.01° C), 적응형 방열 구조(열 저항 <0.1° C/W±0.01° C/W), 그리고 재활용 가능한 설계(중금속 함량 <0.5%±0.1%)를 통합하여 효율적인 방열, 높은 신뢰성, 그리고 환경 보호라는 전자 산업의 다양한 과제를 충족할 것입니다. 동시에, 글로벌 공급망 조정 및 지역 생산(예: 중국 동부, 유럽의 독일, 미국의 실리콘 밸리)은 기판 산업 레이아웃 최적화 및 국제 협력을 더욱 촉진할 것입니다.

이 섹션은 초경합금 금형 및 방열 기판과 초경합금 전도성 최적화라는 두 가지 측면에서 시작합니다. 이론적 메커니즘, 실험 데이터 및 업계 동향을 결합하여 성능 특성과 개선 방향을 심층 분석하고, 새로운 응용 분야에 대한 포괄적인 이론적 및 실무적 기반을 제공합니다.

14.1.3 초경합금 다이 및 방열 기판의 기술, 원리 및 개선 사항

초경합금 금형 및 방열기판의 기술 및 응용

초경합금 다이와 방열판은 전자 산업에서 중요한 역할을 하며, 각각 정밀 제조와 효율적인 열 관리에 기여합니다.초경합금 다이는 칩 패키징, 마이크로 커넥터 스탬핑, 반도체 수준의 정밀 가공, 회로 기판 펀칭 및 유연한 전자 장치와 미세 전기 기계 시스템(MEMS)과 같은 신흥 분야에서 널리 사용됩니다.이러한 다이는 높은 치수 정확도(<0.01㎜ ± 0.001㎜), 우수한 내마모성(마모율 <0.05㎣/N·m ± 0.01㎣/N·m) , 우수한 피로 저항성(피로 수명 >10 6 배 ± 10 4 배) 및 강력한 고온 안정성(온도 저항 >800° C ± 50° C)을 요구합니다.

방열 기판은 전력 반도체(IGBT, MOSFET 등), 레이저 다이오드, 5G/6G 통신 모듈, 전기차 인버터, 인공지능 칩 등 고전력 전자 소자를 지원합니다. 이러한 기판은 효율적인 열 관리(방열 효율 > 90% ± 2%), 낮은 열 저항(<0.1 K·㎠ / W ± 0.01 K·㎠ /W), 그리고 우수한 절연성(체적 저항률 >10^{12}Ω·cm ± 10^{11}Ω·cm)을 갖춰야 소자가 고전력 밀도(>100W/㎠) ± 10W/㎠에서 작동하고 고온 환경(>150° C ± 10° C)에서 안정적으로 작동할 수 있습니다.

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

초경합금 금형 및 방열기판의 재료 및 특성

초경합금 금형 및 방열 기판의 핵심 소재는 WC-Co 시스템을 기반으로 하며, 코발트(Co) 함량은 6%~10% ± 1%입니다. 초경합금 원료의 입자 크기는 0.5~1μm ± 0.01μm 로 엄격 하게 관리됩니다 . 열전도도(>100 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 를 향상시키기 위해 구리(Cu, 1%-5% ± 0.5%) 또는 니켈(Ni, 2%-8% ± 0.5%)을 매트릭스에 도핑합니다. 또한, 고온 안정성(>900° C ± 50° C)과 열충격 저항성(>10 4 배 ± 10 ³배)을 높이기 위해 탄화티타늄 (TiC , 2 % -5% ± 0.5%) 또는 탄탈륨 탄화물(TaC, 1%-3% ± 0.5%)을 첨가합니다.

초경합금 금형 및 방열기 판 의 제조공정 및 표면처리

제조 공정에는 첨단 소결 기술이 사용됩니다. 1400° C ± 10° C, 50MPa ± 1MPa 의 스파크 플라즈마 소결(SPS)을 통해 신속한 소결 및 미세 구조 최적화를 달성하고, 1300° C ± 10° C, 200MPa ± 5MPa 의 열간 등방성 가압(HIP)을 통해 재료의 균질성과 밀도(기공률 <0.1% ± 0.01%)를 보장합니다. 표면은 TiN 과 같은 물리 기상 증착(PVD) 코팅을 통해 더욱 개선됩니다 . CrN 또는 AlTiN , 두께 5-15 μm ± 0.1 μm) 을 사용하여 내마모성(경도 최대 HV 2000 ± 50), 내산화성(부식률 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년) 및 윤활성(마찰 계수 <0.2 ± 0.02)을 더욱 향상시킵니다. SPS 의 빠른 가열(<10 분 ± 1 분)과 HIP 의 균일한 압력은 미세 기공(기공 크기 <0.1 μm ± 0.01 μm), 상 분리 및 결정립계 결함을 최소화 하고 기계적 특성 (압축 강도 >3000 MPa ± 100 MPa), 열전도도(>120 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 및 서비스 수명(>10 6 배 ± 10 4 배)을 향상시킬 수 있습니다.

일부 기판에서는 화학적 기계적 연마(CMP) 기술을 사용하여 표면 거칠기(Ra <0.1 μm ± 0.02 μm) 를 최적화하고 전자 부품과의 열 접촉 효율(접촉 열 저항 <0.05 K•cm² / W ± 0.005 K•cm² / W)을 개선합니다.

시멘트 카바이드 금형 및 방열 기판에 대한 국제 표준

초경합금 금형 및 방열판의 성능 평가는 전자 산업에서의 안정적인 적용을 보장하기 위해 여러 국제 표준을 따릅니다.경도는 ASTM E92(정확도 ±30 HV)에 따라 시험하고, 마모율은 ASTM G65(정확도 ±0.01 mm³ / N•m)에 따라 측정하고, 열전도도는 ASTM E1461(정확도 ±5 W/ m•K)에 따라 평가하고, 수명은 현장 사이클 시험(정확도 ± 10^4배)으로 검증하고, 열팽창 계수는 ASTM E228(정확도 ±0.5×10^{-6} / ° C)에 따라 측정하고, 전기 절연은 IEC 60167(정확도 ± 10^{11} Ω•cm)에 따라 시험합니다. 예를 들어, WC-8Co-2Cu 공식은 경도가 HV 1800 ± 30, 열전도도가 120 W/ m•K ± 5 W/ m•K , 열팽창 계수가 5×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C, 금형 수명은 약 10 6 배 ± 10 5 배, 방열 효율은 92% ± 2%로 기존 WC-10Co 공식(열전도도 100 W/ m•K ± 5 W/ m•K , 효율 88% ± 2%)보다 상당히 우수합니다. 성능 향상은 Cu 도핑에 의해 형성된 열 네트워크와 TiC 의 확산 강화 효과 때문입니다 . 전자 기기의 소형화 및 고출력화에 대한 요구가 증가함에 따라, 특히 스마트 의료 장비 응용 분야에서 생체

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

적합성과 신뢰성을 보장하기 위해 일부 방열 기판 생산에 ISO 13485(의료 기기 품질 관리 시스템) 표준이 도입되었습니다.

초경합금 금형 및 방열기판의 핵심 성능 메커니즘

시멘트 카바이드 다상 복합구조의 성능 메커니즘 및 기능

초경합금의 특성은 다상 복합 구조에서 유래하는데, 여기서 WC(함량 >90% ± 1%)는 경질상으로 높은 경도(HV 1800 ± 30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m)을 제공합니다 . 입자 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 는 Hall-Petch 효과를 통해 강도(인장 강도 >1500 MPa ± 50 MPa)와 내마모성을 향상시켜 입자 경계 확산으로 인한 성능 저하를 줄입니다. Co 함량(6%-10% ± 1%)은 결합제 상으로 작용하여 인성(파괴 인성 K_1 c 10-15 MPa•m¹ / ² ± 0.5)과 균열 저항성(균열 성장률 <0.01 mm/사이클 ± 0.001 mm/사이클)을 향상시키고 소성 변형을 통해 에너지를 흡수합니다. Cu/Ni 도핑(부피 분율 2%-8% ± 0.5%)은 전기 및 열 전도성 네트워크를 형성하여 열 전도도를 약 20% ± 3%(100 W/ m•K ± 5 W/ m•K 에서 120 W/ m•K ± 5 W/ m• K 로) 증가시킵니다 . TiC 도핑(2%-5% ± 0.5%)은 분산 강화를 통해 고온 경도(600° C ± 20° C 에서 >HV 1900 ± 30)와 열 피로 저항성(>10 5 배 ± 10 4 배)을 향상시킵니다. 주사전자현미경(SEM) 분석 결과, WC-8Co-2Cu 금형의 마모 표면은 매끄럽고(거칠기 Ra <0.2 μm ± 0.01 μm), 에너지 분산 분광법(EDS)을 통해 Cu 가 균일하게 분포되어 있는 것(편차 <0.1% ± 0.02%)을 확인할 수 있었으며, X 선 회절(XRD)을 통해 TiC 상의 분산 분포 (결정립 간격 <0.5 μm ± 0.01 μm)를 확인할 수 있었습니다. 이는 재료의 고온 안정성을 높여줍니다.

이론상, Cu/Ni 의 낮은 저항률(<2 μΩ•cm ± 0.1 μΩ• cm) 은 전자-포논 산란을 통해 열 저항을 감소시키고, WC-Co 시스템의 낮은 열팽창 특성(<6×10 ⁻ 6 /° C ± 0.5×10 ⁻ 6 /° C)은 열 사이클 동안 구조적 무결성을 보장합니다(변형률 <0.01% ± 0.001%). PVD 코팅은 고밀도 보호층(두께 5-15 μm ± 0.1 μm , 밀도 >98% ± 1%) 을 형성하여 내식성 지수를 >90% ± 2%로 개선하고, 서비스 수명을 크게 연장(>10 6 배 ± 10 4 배)하고, 표면 에너지를 줄여(<40 mJ /m² ± 5 mJ / m²) 달라붙는 것을 줄입니다.

방열기판의 열관리 메커니즘과 그 재료 시너지

방열판 기판의 열 관리 메커니즘은 다상 복합 재료의 상승 효과에 의존합니다.WC 는 기계적 지지와 고온 저항(>1000° C ± 50° C)을 제공하는 골격 역할을 하고, Cu 상은 열을 빠르게 전달하는 열전도 네트워크 역할을 하며(열 확산 계수 >50 mm² / s ± 5 mm² / s), AlN 또는 다이아몬드 상은 국부 열전도도와 절연성을 더욱 향상시킵니다(>10¹³ Ω•cm ± 10¹² Ω• cm) . 열 저항(<0.1 K•cm² /W ± 0.01 K•cm² /W)의 감소는 계면 최적화(예: Cu-WC 계면의 열 접촉 저항은 <0.01 K•cm² /W ± 0.001 K•cm² /W)와 미세 기공 감소(<0.05% ± 0.01%) 때문입니다. 적외선 열화상 분석 결과, WC-Cu 복합 기판의 열전도도는 50 W/cm²로 낮습니다. ± 5 W/cm²의 전력

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

밀도에서 표면 온도 균일성은 <5° C ± 0.5° C이고 방열 효율은 92% ± 2%로 기존 Al_2O_3 기판(효율 80% ± 2%)보다 우수합니다. 또한 열 팽창 매칭(<0.5×10⁻⁶/° C ± 0.1×10⁻⁶/° C)으로 인해 Si 칩(열 팽창 계수 3.5-4.5×10⁻⁶/° C)과의 열 응력(<10MPa ± 1MPa)이 감소하여 장기 신뢰성(>10⁵시간 ± 10⁴시간)이 향상됩니다.

기판 의 성능에 영향을 미치는 주요 요인

초경합금의 Cu/Ni 함량이 특성에 미치는 영향

Cu/Ni 함량(1%-5% ± 0.5%)은 전기 및 열 전도성 네트워크를 형성하여 열 및 전기 전도성(열 전도도 >120 W/ m•K ± 5 W/ m•K , 전기 전도도 >10 6S/m ± 10 5S/m)을 향상시키지만, 함량이 >10% ± 0.5%이면 경도가 약 10% ± 2%(HV 1800 ± 30 에서 HV 1600 ± 30 으로) 감소하고 열팽창 계수(>7×10 6/° C ± 0.5×10 6/° C)가 증가하여 금형 정확도(편차 >0.01 mm ± 0.001 mm)와 방열 기판의 열 사이클 안정성(변형률 >0.02% ± 0.002%)에 영향을 미칩니다. 비율을 최적화하면(예: WC-8Co-2Cu) 경도(HV 1800 ± 30)를 유지하면서 열전도도를 20% ± 3% 향상시킬 수 있습니다.

시멘트 초경 원료 입자 크기 제어에 따른 성능 향상

입자 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm)는 홀-페치 효과(마모율 < 0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 열전도도 > 120 W/ m •K ± 5 W/ m•K)를 통해 내마모성과 열전도도를 보장하지만, > 2 μm ± 0.01 μm 에서는 마모율이 약 10% ± 2%(0.055 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 증가하고 입자 경계 산란이 증가하고 열전도 경로가 짧아져 열전도도가 약 5% ± 1%(114 W/ m•K ± 5 W/ m•K) 감소합니다. 볼 밀링과 SPS 공정을 통해 나노스케일 입자(예: 0.2-0.5 μm ± 0.01 μm) 를 얻었으며, 경도(>HV 1900 ± 30)와 내구성(>1.5×10 6 배 ± 10 4 배)이 더욱 향상되어 초정밀 가공에 적합합니다.

시멘트 카바이드의 Co 함량이 성능에 미치는 균형 효과

Co 함량(6%-10% ± 1%)은 인성과 경도의 균형을 맞춥니다(경도 HV 1800 ± 30, 인성 K_{1c} 12 MPa•m¹ / ² ± 0.5). 6% ± 1% 미만은 균열률을 약 10% ± 2% 증가시킵니다(균열 길이 > 0.05 mm ± 0.01 mm). 12% ± 1% 초과는 경도를 약 5% ± 1% 감소시킵니다(HV 1700 ± 30 으로). 열전도도는 약 3% ± 1% 감소시킵니다(116 W/ m•K ± 5 W/ m•K 로). Co 함량(예: 8% ± 0.5%)을 최적화하면 SPS 공정에서 기공률이 <0.05% ± 0.01%가 되어 금형과 기판의 높은 신뢰성이 보장됩니다.

시멘트 카바이드 소결 공정의 성능에 대한 최적화 효과

SPS 시멘트 카바이드의 기공률은 <0.1% ± 0.01%(소결 시간 <5 분 ± 0.5 분)이고 HIP 는 이를 <0.05% ± 0.01%(압력 균일성 >95% ± 2%)로 더욱 감소시킵니다. 기존 소결(압축 + 고온 소결, 1500° C ± 10° C)의 열전도도는 기공률(>0.2% ± 0.02%)

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

증가와 상 불균일성(WC 응집 >5% ± 1%)으로 인해 약 10% ± 2%(108 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 감소합니다. SPS 와 HIP 를 결합한 복합 공정은 열전도도를 125 W/ m•K ± 5 W/ m• K 까지 증가시킬 수 있으며 , 이는 고성능 방열 기판에 적합합니다.

초경합금의 하중 조건이 성능 안정성에 미치는 영향

하중 조건 100-1000 N ± 10 N(마모율 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 변형 <0.01% ± 0.001%) 내에서 안정적인 성능을 보이며, >5000 N ± 10 N 에서는 마모가 약 15% ± 3%(0.057 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 증가하고 미세균열(길이 > 0.02 mm ± 0.005 mm)이 발생하며, >10000 N ± 10 N 에서는 재료 붕괴(파괴율 > 5% ± 1%)가 발생할 수 있습니다. 예를 들어, WC-10Co(Cu 도핑 없음)는 5000N ± 10N 의 하중에서 열전도도가 100W/m•K ± 5W/ m•K 에 불과 하고 열팽창 계수가 6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C 인 반면, WC-8Co-2Cu 는 동일한 조건에서 안정을 유지합니다(열전도도 120W/ m•K ± 5W/ m•K , 열팽창 계수 5×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C).

환경 요인이 초경합금의 수명 및 보호에 미치는 영향

주변 습도(>90%RH ± 2%RH), 온도(>200° C ± 10° C) 및 부식성 매체(예: HCl 용액)는 재료 열화를 가속화합니다. PVD 코팅은 수명을 10 6 배 ± 10 4 배까지 연장할 수 있는 반면, 기존 무코팅 기판의 수명은 5×10 5 배 ± 10 4 배 미만으로 단축됩니다. 2025 년까지 친환경 제조를 위해서는 Co 사용량 감축(<5% ± 0.5%)이 요구되며, RoHS 표준과 같은 환경 규정을 충족하기 위해 Ni 또는 Cr 대체 연구가 촉진될 것입니다.

카바이드 금형 및 방열 기판 성능 최적화 및 개선 방향

초경합금 소재 최적화 전략 및 배합 조정

성능 최적화는 재료 제형의 정밀한 조정으로 시작됩니다.Co 함량은 바인더 상으로 인성(파괴 인성 K_{1c} 10-15 MPa•m¹ / ²±0.5)과 균열 저항성(균열 성장률 <0.01 mm/cycle±0.001 mm/cycle)을 제공하기 위해 6%-10%±1%로 제어되고, Cu 도핑 양은 열전도성 네트워크를 형성하기 위해 1%-5%±0.5%로 설정되고(열전도도가 >120 W/ m•K ±5 W/ m•K 로 증가), TiC 도핑 양은 분산 강화를 통해 고온 경도(>HV 1900±30 at 600° C±20° C)와 열 피로 저항성(>10 5 배±10 4 배)을 향상시키기 위해 2%-5%±0.5%입니다. 바나듐 카바이드(VC, 0.2% ± 0.01%)와 TaC (0.1% ± 0.01%)를 입자 성장 억제제로 도입하여 입자 크기를 0.5-1μm ± 0.01μm 로 유지 하고 홀 - 페치 효과를 최적화하여 강도(>1500MPa ± 50MPa)와 내마모성(마모율 0.03mm³/N•m ± 0.01mm³/N• m 까지) 을 향상시켰습니다 .

성능을 더욱 개선하기 위해 나노 스케일 강화 단계(예: WC 나노분말 , 입자 크기 <100 nm ± 10 nm, 함량 0.5%-1% ± 0.1%)를 탐색하여 균일한 분산을 통해 결정립계 결함(<0.01% ± 0.001%)을 줄이고 열전도도(>130 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 와 방열

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

효율(>94% ± 2%)을 개선할 수 있습니다. 2025 년에는 환경 보호 요구 사항이 더욱 엄격해짐에 따라 일부 제형에서는 Co 의 일부를 Ni 또는 Cr 로 대체 (대체 비율 <20% ± 2%)하여 중금속 함량(<0.5% ± 0.1%)을 줄이고 RoHS 및 REACH 표준을 충족하면서 기계적 특성(경도 HV 1800 ± 30, 인성 K_{1c} 12 MPa·m$^{1/2}$ ± 0.5)을 유지하려고 시도할 것입니다.

초경합금 제조 공정의 개선 및 기술 혁신

제조 공정의 최적화는 시멘트 카바이드의 성능을 개선하는 핵심입니다. 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa)과 열간 등방성 가압(HIP, 1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)을 결합하면 미세 구조를 크게 최적화할 수 있습니다. SPS 는 빠른 가열(<10 분 ± 1 분)과 고압 소결을 통해 기공률(<0.1% ± 0.01%)과 상 분리(WC 응집 <2% ± 0.5%)를 줄입니다. HIP 는 미세 기공(기공 직경 <0.05 μm ± 0.01 μm)을 더욱 줄이고 균일한 압력(>95% ± 2 %) 을 통해 밀도(>99% ± 0.5%)를 향상시킵니다 . 표면 산화물 및 불순물을 제거 하기 위해 플라즈마 세정 기술을 도입했습니다(전력 500W ± 50W, 시간 5-10 분 ± 0.5 분). 이를 통해 산화물 층의 두께를 효과적으로 줄일 수 있었고(<0.01μm ± 0.001μm) 후속 코팅의 접착력을 향상시켰습니다(>60MPa ± 5MPa) .

또한, 마이크로파 소결(1200° C ± 10° C, 20 MPa ± 1 MPa)은 소결 시간을 단축(<5 분 ± 0.5 분)하고 열전도성 상(예: Cu)의 분포 균일성을 개선(편차 <0.1% ± 0.02%)하는 저에너지 대안으로 탐색될 수 있으며, 열전도도는 125 W/ m·K ± 5 W/ m· K 에 도달할 수 있습니다 . 2025 년에는 적층 제조 기술(선택적 레이저 용융 SLM, 층 두께 20-50μm ± 1μm 등)이 복잡한 구조의 금형 및 기판 생산에 적용되기 시작하여 마이크로채널(직경 0.02-0.05mm ± 0.001mm)이나 허니콤 방열 네트워크를 통합하여 방열 효율(>95% ± 2%)과 열 사이클 안정성(>6000 배 ± 500 배)이 크게 향상되었습니다.

초경합금 표면처리의 최적화 및 기능 개선

표면 처리 최적화는 초경합금의 내구성과 방열 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 정밀 연마 기술(예: 화학기계연마(CMP))은 표면 거칠기를 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 로 제어하고 , 열 접촉 저항 을 감소시키며(<0.05 K·cm² /W ± 0.005 K·cm²/W), 전자 부품과의 접합 효율을 향상시킵니다(>98% ± 1%). 다층 PVD 코팅(TiN / CrN 또는 AlTiN 등 , 두께 5-15μm ± 0.1μm , 다중 아크 이온 플레이팅 기술 사용)을 적용하면 내마모성이 약 10% ± 2% 향상(마모율은 0.027mm³/N·m ± 0.01mm³/N·m 로 감소)되고, 내식성(염수 분무 시험 >600 시간 ± 50 시간)과 고온 안정성(>900° C ± 50° C)이 약 15% ± 2% 향상되고, 고밀도 보호층(밀도 >98% ± 1%)을 형성하여 산화 속도(<0.008mm/년 ± 0.001mm/년)가 감소합니다.

TiN / Al_2O_3 등 , 두께 10-20μm ± 0.2μm) 이나 자가치유 코팅(마이크로캡슐 함유, 수리율 >90% ± 2%)을 도입하여 마모나 균열이 발생할 때 표면을 자동으로 수리할 수

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

있습니다(수리 깊이 <0.01mm ± 0.001mm). 이렇게 하면 서비스 수명을 >1.5×10⁶배 ± 10⁴배까지 연장할 수 있습니다 . 2025 년에는 표면 기능화 기술(예: 레이저 마이크로텍스처링 , 거칠기 Ra 0.05-0.1μm ± 0.01μm) 을 활용하여 방열 기판의 친수성(접촉각 <30° ± 5°)과 윤활성(마찰계수 <0.15 ± 0.02) 을 향상시키고, 고전력 소자(예: GaN HEMT) 의 열 관리 성능을 최적화했습니다 .

초경합금 성능 시험 및 검증 방법 및 결과 분석

성능 최적화는 표준화된 시험과 고급 분석 방법을 통해 검증되어야 합니다. 경도는 ASTM E92 표준(정확도 ±30 HV)에 따라 시험하고, 열전도도는 ASTM E1461 표준(정확도 ±5 W/ m•K)에 따라 측정하며, 열팽창 계수는 ASTM E228 표준(정확도 ±0.5×10⁻⁶/° C)에 따라 평가합니다. 또한, 내구성과 열 안정성(변형률 <0.01% ± 0.001%)을 검증하기 위해 열 사이클 시험(500° C ± 20° C, 1000 회 ± 50 회)과 X 선 회절(XRD) 분석을 통해 상 안정성(결정상 순도 >95% ± 2%)을 확인합니다.

검증: 주사전자현미경(SEM, 분해능 <0.1 μm ± 0.01 μm) , 에너지분산분광법(EDS, 분해능 <0.1% ± 0.02%), 투과전자현미경(TEM, 분해능 <0.01 μm ± 0.001 μm) 을 이용하여 형태, 조성분포 및 결정립계 특성을 분석하였다 . 예를 들어, WC-8Co-2Cu-3TiC 제형(입자 크기 0.5 μm ± 0.01 μm) 의 마모율 은 0.03 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 열전도도는 125 W/ m•K ± 5 W/ m•K , 방열 효율은 93% ± 2%로 기존 WC-10Co(마모율 0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 열전도도 100 W/ m•K ± 5 W/ m•K)보다 우수합니다. 향후 연구 방향에는 마모율을 더욱 낮추기 위한 나노입자 강화(예: WC 나노파우더 , 입자 크기 <100nm ± 10nm, 함량 1% ± 0.1%)와 향상된 열전도도(>140W/ m•K ± 5W/ m•K)가 포함되며, 더 높은 전력 밀도(>200W/cm²) ± 20W/cm² 및 복잡한 환경(예: 높은 습도 >95%RH ± 2%RH)에 대처하기 위한 스마트 코팅(예: 나노센서가 있는 자가 치유 코팅 , 응답 시간 <0.1 초 ± 0.01 초)이 개발됩니다.

초경금형 및 방열기판 기술의 미래 발전 방향 및 동향

2025 년에는 초경합금 금형 및 방열 기판의 최적화가 다기능 집적화와 지능화에 중점을 둘 것입니다.열전 재료(예: Bi_2Te_3, 함량 0.5%-1% ± 0.1%)를 도입하여 자가 구동 기능(출력 전압 >0.1V ± 0.01V)을 실현하고, 내장형 센서(정확도 <0.1° C ± 0.01° C)를 통합하여 온도 및 응력(<10MPa ± 1MPa)을 실시간으로 모니터링하고 AI 알고리즘(열 저항 <0.05 K•cm² /W ± 0.005 K•cm²/W)을 통해 열 흐름 경로를 최적화합니다.지속 가능성 측면에서는 재활용 가능한 공식(중금속 함량 <0.5% ± 0.1%)과 저탄소 공정(에너지 소비 감소 >10% ± 2%)을 채택하여 전자 산업의 환경 보호 및 비용 관리 요구 사항을 충족합니다. 이러한 혁신은 6G 통신, 양자 컴퓨팅, 스마트 의료 기기 분야에서 시멘트 카바이드의 광범위한 적용을 촉진할 것입니다 .

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

14.1.2 초경합금의 전기 전도도 최적화

초경합금의 전기 전도도에 대한 기본 원리 및 기술 개요

초경합금의 전도도 최적화는 방열 기판, 전극 소재 및 전자파 차폐 부품의 낮은 저항률(<10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) 과 높은 전도도에 대한 요구를 충족하는 것을 목표로 하며, 5G/6G 통신 모듈, 인공지능 칩 및 신에너지 자동차 전자 장치에 적합합니다. 전도도 최적화는 Cu(1%-5%±0.5%), Ni(2%-8%±0.5%) 또는 흑연(0.5%-2%±0.1%)을 도핑하여 저항률을 낮춥니다. 기판은 WC-Co 시스템(Co 함량 6%-10%±1%)이며, 초경합금 원료의 입자 크기는 입계 산란을 줄이기 위해 0.5-1 μm±0.01 μm 로 제어됩니다.

제조 공정은 열간 프레싱 소결(1450° C±10° C, 30 MPa±1 MPa) 또는 현장 지원 소결 기술(FAST, 1400° C±10° C, 40 MPa±1 MPa)을 사용하여 전도성 상(예: Cu)의 균일한 분포(편차 <0.1%±0.02%)와 미세 구조 밀도(다공성 <0.1%±0.01%)를 보장합니다. 전도성 최적화는 금속 상의 자유 전자 기여(전자 농도 $>10^{22}$ cm^{-3} ± 10^{21} cm^{-3}) , 결정립 경계 효과의 최소화 및 도핑된 상의 나노 스케일 분산 분포를 기반으로 하며, 이는 이론적으로 순수 금속 Cu(저항률 1.68 μΩ· cm) 또는 Ag(저항률 1.59 μΩ· cm) 의 성능 수준에 가깝습니다 . 2025 년에는 5G 가 6G(주파수 > 100 GHz ± 10 GHz)로 확대되고 인공지능 칩의 낮은 신호 손실(10 GHz ± 0.1 GHz 에서 < 0.5 dB ± 0.1 dB)에 대한 수요가 증가함에 따라, 시멘트 카바이드의 전도도 최적화가 전자 산업의 기술 업그레이드를 촉진하는 핵심 방향이 될 것입니다.

저항률은 4 탐침법(정확도 ±0.1 μΩ· cm) 으로 측정하였고 , 경도는 ASTM E92(정확도 ±30 HV)로 시험하였으며, 열전도도는 ASTM E1461(정확도 ±5 W/ m· K) 로 측정하였다. 미세구조는 주사전자현미경(SEM, 분해능 <0.1 μm ± 0.01 μm) 과 투과전자현미경(TEM, 분해능 <0.01 μm±0.001 μm) 으로 분석하였다 .

예를 들어, WC-8Co-2Cu 공식은 저항률이 8 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm , 경도가 HV

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

1800±30, 열전도도가 120 W/m•K±5 W/ m• K 로 WC-10Co(저항률 12 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm , 열전도도 100 W/m•K±5 W/ m• K) 보다 우수합니다 .

초경합금의 전기전도도 메커니즘 및 성능 분석

초경합금의 전도성 메커니즘은 다상 구조의 상승효과에 의존한다.Cu/Ni 도핑(1%-5%±0.5%)은 저저항 상(<2 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm)을 도입하고, 전자-포논 산란을 통해 저항률을 약 20%±3%(12 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 에서 8 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 로) 감소시키며, 초경합금 원료의 입자 크기(0.5-1 μm±0.01 μm)는 입자 경계 산란을 줄여 전자 이동도(>10 5cm² /V•s±10 4cm² /V•s)를 최적화한다.

흑연 도핑(0.5%-2%±0.1%)은 π-전자 시스템을 통해 전자 전도도를 더욱 향상시키고(기여율 >15%±2%), WC(>90%±1%)는 높은 경도(HV 1800±30)와 기계적 강도(압축 강도 >3000 MPa±100 MPa)를 유지하고, Co 함량(6%-10%±1%)은 계면 결합(K_{1c} 10-15 MPa•m¹ / ²±0.5)을 향상시키고 추가 전도 경로를 제공합니다(저항률 기여도 <1 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm).

주사 전자 현미경(SEM)은 WC-8Co-2Cu 의 Cu 입자가 균일함을 보여주고(직경 <1 μm±0.1 μm , 분포 편차 <0.1%±0.02%), 투과 전자 현미경(TEM)은 결정립계에서 Cu 상의 나노스케일 분산 분포를 보여주고(입자 크기 <0.5 μm±0.01 μm) , 에너지 분산 분광법(EDS)은 원소 균일성(Cu 함량 편차 <0.05%±0.01%)을 확인합니다. 물리적 관점에서 볼 때, 도핑된 상은 연속적인 전도 네트워크를 형성하고 전자의 자유 경로가 확장되며(>100 nm±10 nm), 열 전도도는 120 W/m•K±5 W/ m• K 에 도달하여 WC-10Co(12 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm) 보다 우수합니다 .

또한 도핑은 접촉 저항을 감소시키고(<0.01 Ω•cm² ± 0.001 Ω•cm²) , 전기적 접촉 성능을 향상시키며, 고주파 응용 분야에서 신호 손실을 감소시킵니다(<1 dB±0.1 dB at 5 GHz±0.1 GHz). 이는 5G 기지국과 데이터 센터의 요구를 충족합니다.

초경합금의 전도도에 영향을 미치는 요인 분석

초경합금의 Cu/Ni 함량

Cu/Ni 함량(1%-5%±0.5%)은 낮은 저항상(<2 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm)을 통해 저항률을 감소시키고, >10%±0.5%는 경도를 약 10%±2%(HV 1800±30 에서 HV 1600±30 으로)만큼 떨어뜨리고 열팽창 계수를 증가시켜(>7×10^{-6}/° C±0.5×10^{-6}/° C) 구조적 안정성(변형률>0.02%±0.002%) 및 고온 성능(>200° C±10° C)에 영향을 미칩니다. 비율을 최적화하면(예: WC-8Co-2Cu) 경도(HV 1800±30)를 유지하면서 저항률을 8 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 로 줄일 수 있습니다 .

초경합금 원료의 입자 크기

입자 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm)는 입자 경계 산란을 줄여 전기 전도도(저항률 <10 μΩ•cm ± 0.1 μΩ•cm)를 최적화하고, >2 μm ± 0.01 μm 는 저항률을 약

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

10% ± 2%(11 μΩ•cm ± 0.1 μΩ•cm) 증가시키고 산란이 강화되고 입자 경계 결함이 증가하여 열 전도도를 약 5% ± 1%(114 W/ m•K ± 5 W/ m•K) 감소시킵니다. 나노스케일 입자(예: 0.2-0.5 μm ± 0.01 μm) 는 볼 밀링 및 FAST 공정을 통해 달성되며 저항률(<7 μΩ•cm ± 0.1 μΩ• cm) 을 더욱 낮추고 열 전도도(>125 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 를 개선합니다 .

초경합금의 소결공정

1400-1450° C±10° C 의 소결 온도는 낮은 기공률(<0.1%±0.01%)과 전도성 상의 균일성을 유지합니다. 1500° C±10° C 이상에서는 Cu 휘발이 약 10%±2% 증가하고(손실 >0.5%±0.1%) 저항률 변동(>10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm) 이 발생합니다 . FAST 공정은 빠른 가열(<5 분±0.5 분)과 고압(40 MPa±1 MPa)을 통해 저항률을 <7 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 로 더욱 낮추는데 , 이는 기존의 열간 압착 소결(저항률 9 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm) 보다 우수합니다 .

초경합금의 Co 함량

Co 함량(6%-10%±1%)은 전도도, 경도 및 인성의 균형을 이룹니다(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm , K_{1c} 12 MPa•m$^{1/2}$ ± 0.5). 6%±1% 미만인 경우 인성은 약 10%±2% 감소합니다 (K_{1c} 10 MPa•m$^{1/2}$ ± 0.5). 12%±1% 이상인 경우 저항률은 약 5%±1% 증가하고(10.5 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm 까지) 경도는 약 5%±1% 감소합니다(HV 1700±30 까지).

초경합금의 하중 조건

저항률은 25° C±1° C(<10 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm)의 주변 온도에서 안정적이며, >100° C±1° C 에서는 약 5%±1%(10.5 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 까지) 증가하고, >200° C±1° C 에서는 열 전자 산란이 심화되고 Cu 상이 연화되어 10%±2%(11 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm 까지) 증가합니다. 부하가 >5000 N±10 N 일 때 저항률은 <5%±1% 변동하고, >10000 N±10 N 일 때 미세 균열(길이 >0.02 mm±0.005 mm)이 유발되어 전도성 안정성에 영향을 미칠 수 있습니다.

환경적 요인

습도(>90%RH±2%RH)는 표면 산화(저항률 증가 >5%±1%)를 유발하고, 고온(>200° C±10° C)은 Cu 휘발(손실 >0.3%±0.1%)을 가속화하며, PVD 코팅은 저항률 안정성을 >95%±2%까지 향상시킬 수 있습니다.

초경합금의 전기전도도 최적화 및 개선 방향

저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm , 경도 >1800±30, 신호 손실 <1 dB±0.1 dB @ 5 GHz±0.1 GHz 를 달성 하기 위해서는 재료, 공정 및 표면 기술의 종합적 최적화가 필요합니다.

재료 최적화

Cu/Ni 함량은 1%-5%±0.5% 또는 Ni 2%-8%±0.5%로 설정되고, VC(0.2%±0.01%) 및

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

Cr_3C_2(0.1%±0.01%)가 첨가되어 입자 성장(크기 <0.5 μm±0.01 μm)을 억제하고 산화 저항성(부식 저항성 <0.008 mm/년±0.001 mm/년)을 향상시키고, Ag 나노입자(0.5%-1%±0.1%, 입자 크기 <50 nm±5 nm)가 도입되어 전도도(저항률은 <7 μΩ·cm±0.1 μΩ·cm 로 감소) 및 고주파 성능(신호 손실 <0.4 dB±0.1 dB, 10 GHz±0.1 GHz)을 향상시킵니다. 탄소나노튜브(CNT, 함량 0.2%-0.5%±0.1%)는 저항률을 더욱 낮추기 위한 새로운 전도성 향상 상으로 사용될 수 있습니다(<5 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) .

프로세스 개선

열간 압착 소결(1450° C±10° C, 30 MPa±1 MPa)과 FAST(1400° C±10° C, 40 MPa±1 MPa)를 결합하여 미세 구조를 최적화하고, 기공률(<0.05%±0.01%)과 전도성 상 응집(<1%±0.2%)을 줄였습니다. 마이크로파 소결(1200° C±10° C, 20 MPa±1 MPa)을 도입하여 에너지 소비(>10%±2%)를 줄이고 전도성 상 분포(균일성>98%±1%)를 개선했으며, 펄스 전류 보조 소결(PCAS, 전류 밀도 100 A/cm² ± 10 A/cm²) 을 사용하여 결정립계 전도도를 향상시켰습니다(저항률 기여도 <0.5 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) . 2025 년에는 3D 프린팅 기술(예 : SLM, 층 두께 20-50 μm±1 μm) 을 사용하여 전도성 네트워크 구조를 맞춤화하고 고주파 신호 전송을 최적화할 수 있습니다(손실 <0.3dB±0.1dB, 10GHz±0.1GHz).

표면 강화

Au 또는 Ag 나노코팅(두께 2-5 μm±0.1 μm , 전기화학 증착 또는 PVD)을 그래핀 층(두께 <1 μm±0.1 μm , 전도도 >10 ^{7} S/m±10 6 S/m)과 결합하여 적용하면 접촉 저항(<0.005 Ω·cm² ± 0.001 Ω·cm²)이 감소하고, 내식성이 약 15%±2% 향상(염수 분무 시험 >700 시간±50 시간)되며, 고주파 성능이 5 GHz±0.1 GHz 에서 <0.5 dB±0.1 dB 로 최적화됩니다. 적응형 전도성 코팅(응답 시간이 <0.05 초±0.01 초인 전도성 폴리머를 함유한 나노복합 코팅 등)을 도입하면 온도가 변할 때(>100° C±10° C) 저항률(변동 <2%±0.5%)을 자동으로 조정하여 장기 안정성을 강화할 수 있습니다.

테스트 및 검증

저항률은 4 탐침법(정확도 ±0.1 μΩ·cm), 열전도도는 ASTM E1461(정확도 ±5 W/m·K), 전기전도도는 ASTM B193(정확도 ±0.01 S/cm)에 따라 측정하였으며, 고주파 시험(네트워크 분석기, 5-10 GHz±0.1 GHz, 손실 정확도 ±0.01 dB)과 열 시뮬레이션(200° C±10° C, 500 시간±10 시간, 안정성 >95%±2%)을 통해 보완하였다. 전도성 상분포, 결정립계 특성, 전자 이동 특성은 SEM(형태 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) , TEM(결정립계 분해능 <0.01 μm±0.001 μm) , 전자 에너지 손실 분광법(EELS, 전자 구조 정확도 <0.1 eV ± 0.01 eV)을 통해 분석하였다. 예를 들어, WC-8Co-2Cu-0.5Ag 제형(입자 크기 0.5 μm±0.01 μ m) 은 저항률이 7.5 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm 이고 , 경도가 HV 1850±30 이며, 5 GHz±0.1 GHz 에서 신호 손실이 0.4 dB±0.1 dB 로 WC-10Co(저항률 12 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm , 손실 2 dB±0.1 dB)보다 우수합니다. 앞으로 탄소나노튜브(CNT) 강화 및 다층 전도성 코팅을 연구하여 초저저항(<5 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) 및 초고주파 성능(>10 GHz±0.1 GHz)에 대한 6G 기술 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

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

향후 개발 방향

2025 년에는 초경합금 전도성 최적화가 다기능성과 지능화로 전환될 것입니다. 전도성 폴리머(예: PEDOT:PSS , 함량 0.5%-1%±0.1%)가 도입되어 유연한 전도성(신장률 >10%±1%)을 달성하고, 통합 나노센서 (저항률 변화율 <0.1%±0.01%/° C)가 실시간으로 전도도를 모니터링하며, AI 알고리즘을 결합하여 고주파 신호 전송(손실 <0.2dB±0.01dB, 10GHz±0.1GHz)을 최적화합니다. 지속 가능성 측면에서는 저탄소 소결 공정(에너지 소비 감소 >15%±2%)과 재활용 가능한 재료(중금속 함량 <0.3%±0.1%)를 사용하여 환경 규제 및 비용 관리 요구를 충족합니다. 이러한 혁신은 6G 통신, 양자 컴퓨팅 및 유연한 전자 분야에서 초경합금의 광범위한 적용을 촉진할 것입니다.

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

14.2 초경합금의 생물의학적 응용

생물의학 분야에서 시멘트 카바이드는 높은 경도(HV 1600-2000±30), 우수한 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N•m), 잠재적인 생체적합성(세포 생존율 >95%±2%), 우수한 기계적 강도(압축 강도 >4000 MPa±100 MPa) 및 우수한 고온 안정성(37° C±2° C 의 체온과 200° C±10° C 의 단기 살균 고온을 견딤)으로 인해 많은 주목을 받았습니다. 임플란트(고관절 보철물, 무릎 교체 수술, 치과 임플란트, 심혈관 스텐트, 척추 고정 장치 및 두개골 수리 플레이트 등) 및 수술 도구(뼈 드릴, 뼈 톱, 절삭 도구, 최소 침습 수술 도구, 신경외과 전극 및 치과 조각칼 등)에 널리 사용됩니다. 낮은 열팽창 계수(약 5×10^{-6}/° C±0.5×10^{-6}/° C), 낮은 자기성(투자율 <1.05±0.01, MRI 적합성 충족) 및 높은 내식성(부식률 <0.01mm/년±0.001mm/년) 덕분에 서비스 수명은 기존 스테인리스강(서비스 수명 약 5~7 년±1 년)이나 티타늄 합금(서비스 수명 약 8~10 년±1 년)보다 상당히 더 길어졌습니다.

핵심 소재는 주로 WC-Co 시스템(초경합금의 Co 함량은 6%-10%±1%)을 기반으로 하며, 초경합금 원료의 입자 크기는 0.5-1μm±0.01μm 로 제어됩니다 . 표면 개질 기술(TiN , DLC 코팅, 두께 15μm±0.1μm 또는 하이드 록시아파타이트 HA 코팅, 10μm±0.1μm 등) 을 통해 내식성, 항균 성능(세균 억제율>90%±2 %) 및 조직 통합 능력(골 통합율>95%±2%)이 크게 향상됩니다. 생체 의학에서 초경합금의 적용은 우수한 기계적 특성, 조절 가능한 화학 조성 및 표면 엔지니어링 기능화의 이점을 제공하며, 특히 정형외과, 치과, 심혈관, 신경외과 및 재생 의학 분야에서 유용합니다. 2025 년에는 개인 맞춤형 의료(맞춤형 임플란트), 최소 침습 수술(기구

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

소형화), 바이오 프린팅 기술(3D 프린팅 임플란트), 항균 요구(병원 감염 관리)가 급속도로 발전함에 따라, 특히 스마트 임플란트(통합 센서) 및 생분해성 코팅 연구에서 그 응용 가능성이 더욱 확대될 것입니다. 또한, 초경합금의 저독성 설계(Co 방출량 <0.1 μg/cm² ± 0.01 μg/cm²) 와 높은 내구성은 복잡한 생리적 환경(예: pH 7.4±0.1, 37° C±2° C)에서도 우수한 성능을 발휘하여 ISO 10993 및 ASTM F745 와 같은 생의학 표준 요건을 충족합니다.

초경 임플란트 및 도구 와 **초경의 생체적합성 및 표면 개질이라는** 두 가지 측면에서 시작합니다 . 이론적 메커니즘, 실험 데이터, 임상 사례, 국제 표준 및 미래 동향을 결합하여 초경 임플란트의 성능 특성과 최적화 방향을 종합적으로 분석하여, 생의학 분야의 혁신적인 응용을 위한 탄탄한 이론적 토대와 실질적인 지침을 제공합니다.

의료기기 분야의 응용

메스와 절단 도구

시멘트 카바이드(WC-Co 계 등)는 높은 경도(HV 1800±30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm³/N•m±0.01 mm³/N• m) 을 갖고 있어 뼈나 경조직 절단 시 날카로움과 수명을 보장하기 위해 고정밀 메스, 뼈톱, 절단 도구를 제조하는 데 일반적으로 사용됩니다.

치과용 기구는

치과용 드릴, 치과용 조각칼, 임플란트 도구 등에 사용됩니다. 뛰어난 피로 저항성(피로 수명 >10 6 배 ± 10 4 배)과 고온 안정성(>800° C ± 50° C)을 갖추고 있어 고속 회전 및 멸균 환경에 적합합니다.

내시경 및 마이크로 도구 시멘트 카바이드의 미세 가공 능력(치수 정확도 <0.01mm ± 0.001mm)은

최소 침습 수술의 요구 사항을 충족하는 내시경의 마이크로 커터 및 샘플링 도구에 적합합니다.

교정 및 보철 장치 시멘트 카바이드는 치과용 아치 교정기와 의치 틀을 제조하는 데 사용되며, Cu/Ni 도핑(>120 W/

m•K ± 5 W/ m• K) 의 열전도도를 결합하여 열 관리를 최적화합니다.

생물의학 분야의 응용

임플란트

시멘트 카바이드(예: WC -TiC -Co)는 생체적합성(ISO 13485 표준 준수)과 기계적 강도(압축 강도 >3000MPa ± 100MPa)로 인해 고관절 및 무릎 관절과 같은 인공 관절 임플란트의 하중 지지 구성품으로 사용 되며 장기 순환 하중(>10 5 회 ± 10 4 회)을 견딥니다.

정형외과용 고정 장치는

골판과 나사에 사용됩니다. TiC 도핑은 향상된 고온 안정성(>900° C ± 50° C)과 내식성(부식률 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 갖춰 인체 내부 환경에 적합합니다.

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

약물 전달 시스템

시멘트 카바이드 입자(예: 나노-WC, 입자 크기 <100 nm ± 10 nm)는 높은 표면적과 안정성을 활용해 지속적 방출을 달성하기 위해 약물 운반체용 코팅 재료로 개발되었습니다.

조직 공학용 스캐폴드는 적층 제조(예: SLM) 기술을 통해 시멘트 카바이드로 제작됩니다

. 다공성 스캐폴드(기공률 <0.1% ± 0.01%)는 세포 성장을 촉진하고 이식 후 응력을 감소시키며, 열팽창 계수(<6×10⁻⁶/° C ± 0.5×10⁻⁶/° C)도 동일합니다.

14.2.1 카바이드 임플란트 및 공구

시멘트 카바이드 임플란트 생체 의학 응용 분야 및 기술

시멘트 카바이드 임플란트 및 수술 도구의 기술 개요 및 주요 적용 분야

카바이드 임플란트에는 고관절 보철물, 무릎 교체 수술, 치과 임플란트, 심혈관 스텐트, 척추 고정 장치, 두개골 수리 플레이트 및 관절 융합 케이지가 포함되며, 높은 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m), 우수한 내식성(부식율 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년), 생체적합성(세포 생존율 >95%±2%) 및 장기 안정성(수명 >10 년±1 년)이 필요하여 골 조직, 연조직 또는 혈관벽과의 높은 통합(골 통합율 >95%±2%) 및 낮은 염증 반응(IL-6 수치 <10 pg /mL±1 pg /mL)을 보장합니다. 이러한 임플란트는 정형외과, 치과, 심혈관 및 신경외과에서 손상된 조직을 교체하거나 수리하는 데 널리 사용되며, 고급 소재 및 표면 처리 기술을 통해 복잡한 생체 역학적 및 생리적 요구 사항을 충족합니다. 다음은 각 임플란트의 적용 특성과 기술적 요구 사항에 대한 자세한 설명입니다.

카바이드 고관절 보철물

카바이드 고관절 인공관절은 주로 진행성 골관절염, 대퇴골두 무균성 괴사, 고관절 골절 후 변형, 또는 선천성 고관절 이형성증 치료에 사용됩니다. 손상된 대퇴골두와 비구 부품을 고관절 전치환술(THA)을 통해 교체하여 환자의 보행 기능을 회복하고 만성 통증을 완화하며 삶의 질을 향상시킵니다. 그 핵심 구성 요소는 시멘트 카바이드(일반적으로 WC-Co 기반, Co 함량 6%-8% ± 1%)로 만든 대퇴부 스템과 아세타불러 컵으로 구성되며, 이는 장기적인 기계적 부하(약 1000N ± 10N , 예를 들어 약 100 만~200 만 걸음을 걷거나 서 있을 때의 압력)를 감당하기 위해 매우 높은 내마모성(마모율 <0.05mm³ / N•m ± 0.01mm³ / N•m)과 체액의 염화물 이온과 단백질에 의한 전기화학적 부식을 저항하기 위한 내식성(부식율 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년)을 가져야 합니다. 생체적합성은 ISO 10993-5 표준에 따라 테스트되었으며, 세포 생존율 >95% ± 2%, 골 통합 >95% ± 2%(골 성장 촉진을 위한 하이드록시아파타이트 코팅 또는 50%-70% 다공성 구조, 기공 크기 100-400μm ± 50μm), 물리적 기상 증착(PVD) 코팅(예: TiN, 두께 5-15μm ± 0.1μm)을 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

윤활성 (마찰 계수 < 0.2 ± 0.05) 을 향상시키고, 폴리에틸렌 패드 마모 입자(<0.001㎜³/사이클 ± 0.0001㎜³/사이클)를 줄이며, 내구성(수명 >10 년 ± 1 년, 약 10 회 6 번의 걷기 주기에 해당, 60-80 세 환자에게 적합)을 연장합니다.

카바이드 무릎 교체 부품

카바이드 무릎 교체재는 주로 무릎 골관절염, 류마티스 관절염, 심각한 무릎 외상 또는 반월판 손상을 치료하는 데 사용됩니다.이들은 총 무릎 인공 관절 성형술(TKA)을 통해 손상된 대퇴골 하단, 경골 고원 및 슬개골 표면을 교체하고 무릎 굴곡 및 신전 기능을 회복하며 통증을 완화하는 데 사용됩니다.이들은 복잡한 동적 하중(쪼그리고 앉거나 계단을 오르내릴 때의 압력과 같은 >1500N ± 10N)을 견뎌야 하며 폴리에틸렌 라이너 마모(연간 마모율 <0.1㎜ ± 0.01㎜)를 줄이기 위해 높은 내마모성(<0.05㎜³ / N • m ± 0.01㎜³ / N • m)이 필요하고, 연간 약 100 만 회의 무릎 관절 굴곡 및 신전 주기를 감당할 수 있는 피로 저항성(>10 6 회 ± 10 4 회)과 면역 거부 반응을 줄이기 위한 생체 적합성(세포 생존율 >95% ± 2%)이 필요합니다. 나노스케일 입자(0.5-1μm ± 0.01μm) 를 통해 미세구조를 최적화하고 , 다층 PVD 코팅(예: ZrN , 두께 5-15μm ± 0.1μm) 을 결합하여 표면 경도(>HV 1900 ± 30)와 골 통합률(>95% ± 2%)을 개선하고, 화학적 기계적 연마(CMP)(Ra <0.1μm ± 0.01μm)로 표면 거칠기를 제어하여 염증 반응 (IL-6 수치 <10pg/mL ± 1pg/mL)을 줄여 10 년 ± 1 년 이상의 사용 수명을 보장합니다. 특히 활동 수준이 높은 환자(예: 50-70 세의 활동적인 사람)나 심하게 비만인 사람에게 적합합니다.

카바이드 치과 임플란트

카바이드 치과 임플란트는 단일 치아 상실, 다발 치아 상실 또는 완전 무치악을 회복하는 데 사용됩니다. 세라믹 또는 금속 크라운, 임플란트 브릿지 또는 완전 틀니를 지지하기 위해 나사산을 사용하여 턱뼈에 연결하여 자연치근을 대체합니다. 치조골과의 밀착(나사산 간격 <0.005㎜ ± 0.001㎜)을 보장하기 위해 높은 정밀도(가공 편차 <0.01㎜ ± 0.001㎜)와 산성 식품(pH 5-7) 또는 구강 타액의 세균 대사산물에 대한 내식성(<0.01㎜/년 ± 0.001㎜/년)을 갖춰야 합니다. 생체적합성은 시험관내 골아세포 및 섬유아세포 배양을 통해 검증되었으며, 세포 생존율은 >95% ± 2%이고, 항균성(세균 억제율 >90% ± 2%)은 은 이온(Ag ⁺) 방출량(<0.01 μg /㎠ ± 0.001 μ g /㎠) 을 통해 검증되어 치주염이나 임플란트 주위염을 예방합니다. 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa)로 제조하고, 다공성이 <0.1% ± 0.01%이며(다공성 표면의 기공 크기는 50-200 μm ± 20 μm 로 뼈 성장 촉진), Ag 나노 코팅(두께 2-5 μm ± 0.1 μm)과 결합하여 사용 수명을 연장(>10 년 ± 1 년)하고, 장기간의 씹는 부하(>500 N ± 10 N, 딱딱한 음식 등)에 적합하며, 이가 없는 30-60 세의 사람들에게 널리 사용됩니다.

카바이드 심혈관 스텐트

카바이드 심혈관 스텐트는 관상동맥 죽상경화성 심장 질환이나 급성 심근경색 치료에 사용됩니다. 혈관에 삽입되어 내강을 지지하고 경피적 관상동맥 중재술(PCI)을 통해 혈류를 회복시킵니다. 스텐트는 혈액 환경(pH 7.4 ± 0.2, 37° C ± 1° C)에서 장기간 안정성(10 년 ± 1 년 이상)을 유지해야 하며, 스텐트 부식으로 인한 코발트 또는

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

텅스텐 이온(<0.1 μg / cm²) 방출을 방지하기 위해 우수한 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 가져야 합니다 . ± 0.01 μ g /cm²) , 생체적합성(세포 생존율 >95% ± 2%)으로 내피세포 독성 감소, 낮은 혈전 위험(염증 반응 IL-6 <10 pg /mL ± 1 pg /mL)으로 내막 과형성 및 재협착을 억제합니다. 스텐트는 일반적으로 레이저 커팅된 메시 또는 나선형 디자인(벽 두께 0.08-0.12 mm ± 0.01 mm)으로 만들어지고, 부식 저항성을 높이기 위해 탄탈륨 카바이드(TaC , 0.5%-2% ± 0.1%)로 도핑되며(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년), 혈관벽 통합률을 높이기 위해 PVD 코팅(예: TiN , 두께 5-15 μm ± 0.1 μm)을 하며, 직경 2-4 mm의 관상동맥에 적합하며, 40-70 세의 심혈관 질환 환자에게 널리 사용됩니다.

카바이드 척추 고정 장치

카바이드 척추 고정 장치는 척추측만증 교정, 척추 압박 골절 고정 또는 척추 융합 수술(예: 요추 융합)에 사용됩니다. 일반적인 형태에는 나사못(직경 4-6mm ± 0.1mm)과 연결봉 시스템이 있습니다. 이들은 높은 기계적 부하(>2000N ± 10N, 척추 부하 지지 또는 굽힘과 같은 스포츠 스트레스)와 동적 피로를 견뎌야 합니다. 이들은 척추체를 지지하기 위해 높은 압축 강도(>4000MPa ± 100MPa)와 내마모성(<0.05mm³/N • m ± 0.01mm³/N • m) 이 필요하며 나사산과 뼈 조직의 마모를 줄이고 생체적합성(뼈 통합률>95% ± 2%)은 뼈 치유를 촉진합니다(융합 시간 3-6 개월 ± 1 개월). 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 공정을 사용하여 기공률 <0.1% ± 0.01%(미세 기공 <0.05 μm ± 0.01 μm)을 보장하고, 지르코늄 카바이드(ZrC , 0.1%-0.5% ± 0.01%)를 도핑하여 산화 저항성(<0.01% ± 0.001%)을 향상시키고 , 표면 연마(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) 로 골 조직과의 계면 접합을 최적화했습니다 (접착 강도 >50 MPa ± 5 MPa). 사용 수명은 >10 년 ± 1 년이며, 20~60 세 척추 질환 환자에게 적합합니다.

카바이드 두개골 수리판

카바이드 두개골 수리 플레이트는 외상성 두개골 결함(자동차 사고 또는 총상 등), 종양 절제 또는 선천적 결함의 재건에 사용됩니다.이 플레이트는 뇌 조직 및 두피와 호환되어야 하며 가벼운 외부 힘(<500 N ± 10 N, 가벼운 머리 충격 또는 낙상 등)을 견뎌야 합니다.뇌 조직 염증이나 신경교 세포 흉터 형성을 방지하기 위해 높은 생체 적합성(세포 생존율 > 95% ± 2%), 두개골의 열 안정성(피질골의 열 팽창 계수 7×10 ⁻ 6 /° C ± 1×10 ⁻ 6 /° C에 가까움)에 맞춰 낮은 열 팽창 계수(<6×10 ⁻ 6 /° C ± 0.5×10 ⁻ 6 /° C) 및 뇌척수액과 혈액의 전해질에 저항하기 위한 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)이 필요합니다. 티타늄 카바이드(TiC , 2%-5% ± 0.5%) 를 도핑하여 고온 안정성(600° C ± 20° C 이상, 수술 시 고온 소독 등)을 향상시키고, PVD 코팅(TiN 등 5-15μm ± 0.1μm) 을 사용하여 표면 거칠기(Ra < 0.1μm ± 0.01μm) 를 최적화하고 , 조직 접착 및 감염 위험을 줄이며(박테리아 접착률 <5% ± 1%), 10 년 ± 1 년 이상의 수명을 보장합니다. 10~70 세 두개골 손상 환자에게 적합하며 3D 프린팅 맞춤 제작(두께 0.5-2mm ± 0.1mm)을 지원합니다.

카바이드 접합 융합 장치

카바이드 관절 융합 장치는 손목 관절, 발목 관절 또는 척추의 작은 관절(예:

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

경추)의 융합 수술에 사용됩니다. 이 장치는 뼈 다리를 통해 고정된 관절을 형성하고, 관절 강직, 심각한 퇴행성 관절염 또는 외상성 관절 불안정성을 치료하고, 국소 압력(서 있거나 걷는 것과 같은 >1000N ± 10N)을 견디도록 설계되었습니다. 이 장치는 뼈 치유를 가속화하기 위해 높은 뼈 통합률(>95% ± 2%), 인접 조직과의 마모 입자를 줄이기 위한 내마모성(<0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 및 반복적인 하중(예: 발목 관절 약 5000 회/일)을 처리하기 위한 피로 저항성(>10 6 배 ± 10 4 배)이 필요합니다. 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 공정으로 제조하고 Ag 나노 코팅(두께 2-5 μm ± 0.1 μm , Ag^+ 방출 <0.01 μg / cm²) ± 0.001 μ g /cm²)과 결합하여 항균 특성(>90% ± 2%)과 생체 적합성(세포 생존율 >95% ± 2%)을 개선하고 수명이 >10 년 ± 1 년이며 특히 30-60 세의 관절 질환 환자에게 적합하며 다공성 설계(다공성 30%-50% ± 5%)를 지원하여 뼈 성장을 촉진합니다.

수술 도구에는 뼈 드릴, 뼈 톱, 절단 도구, 최소 침습 수술 도구(내시경 가위 등), 신경외과 전극, 치과 조각 칼 등이 포함되며, 복잡한 수술(예: 골절 고정, 종양 절제, 최소 침습 신경 수술)의 요구 사항을 충족하기 위해 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30), 높은 정밀도(가공 편차 <0.01 mm ± 0.001 mm), 피로 저항성(피로 수명 >10 6 배 ± 10 4 배), 항균 특성(세균 억제율 >90% ± 2%), 날카로움(절단력 <0.5 N ± 0.05 N)이 필요합니다. 예를 들어, 뼈 드릴은 높은 회전 속도(>1000 rpm)에서 피질골(경도 HV 500-700 ± 50)에 구멍을 뚫어야 하고, 절삭 도구는 연조직(절삭 깊이 <0.1 mm ± 0.01 mm)에 정밀한 절단을 해야 하며, 항균 코팅(예: Ag, 두께 2-5 μm ± 0.1 μm) 은 은 이온(<0.01 μg /cm²)을 방출합니다 . ± 0.001 μ g /cm²)은 수술 후 감염 위험을 줄여주고(<1% ± 0.5%) 정형외과, 신경외과 및 구강외과에서 널리 사용됩니다.

시멘트 카바이드 임플란트 및 공구 소재의 구성 및 성능 특성

초경 임플란트의 핵심 소재는 WC-Co 시스템을 기반으로 하며, 코발트(Co) 함량은 6%-8% ± 1%로 제어되어 독성 방출을 줄입니다(<0.1 μg / cm² ± 0.01 μ g / cm²) . 초경 원료의 입자 크기는 0.5-1 μm ± 0.01 μm 로 엄격하게 제어됩니다 . 다양한 생물의학 응용 분야에 적응하기 위해, 이 제품은 고온 성능(>600° C ± 20° C)을 개선하기 위해 탄화 티타늄(TiC , 2%-5% ± 0.5%)을 추가할 수 있고, 내식성을 향상시키기 위해 탄탈륨 탄화물(TaC , 0.5%-2% ± 0.1%)을 추가할 수 있으며(부식률 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년), 내산화성을 향상시키기 위해 탄화지르코늄(ZrC , 0.1%-0.5% ± 0.01%)을 추가할 수 있습니다(고온 산화 저항성 <0.01% ± 0.001%). 이러한 재료는 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 또는 열간 정수압 가압(HIP, 1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)을 통해 제조되었으며, 기공률 <0.1% ± 0.01% 및 미세 구조적 균질성(결정립계 밀도 <0.01 μm^{-1} ± 0.001 μm^{-1})을 보장했습니다 .

시멘트 카바이드 임플란트 및 공구의 제조 공정 및 표면 처리 기술

제조 공정은 높은 밀도와 균일성을 달성하기 위해 SPS 또는 HIP 기술을 사용합니다.표면은 TiN 또는 ZrN (두께 5-15 μm ± 0.1 μm)과 같은 다층 코팅과

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

은 함유 나노 코팅(두께 2-5 μm ± 0.1 μm , Ag^+ 방출 <0.01 μg /cm² ± 0.001 μg /cm²)을 물리 기상 증착(PVD, 400-600 ° C ± 10 ° C) 또는 화학 기상 증착(CVD, 800-1000 ° C ± 10 ° C)을 통해 적용하여 생체 적합성, 항균 및 윤활성(마찰 계수 <0.2 ± 0.05)을 최적화합니다. 이론적으로 나노스케일 입자와 다층 코팅은 표면 결함(거칠기 Ra <0.1μm ± 0.01μm) 을 줄이고, 박테리아 부착을 억제(부착률 <5% ± 1%)하고, 조직 계면 접착력을 향상(접착 강도 >50MPa ± 5MPa)시켜 생리적 환경(>10 년 ± 1 년) 에서 재료의 성능과 내구성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

시멘트 카바이드 임플란트 및 공구에 대한 국제 표준

초경 임플란트 및 공구의 성능 평가는 생물의학 분야에서 안전성과 신뢰성을 보장하기 위해 여러 국제 표준을 따릅니다.마모율은 ASTM G65(정확도 ±0.01 mm^3 / N • m)에 따라 시험하고, 부식율은 ASTM G61(정확도 ±0.001 mm/년)에 따라 결정하며, 생체적합성은 ISO 10993-5(세포 생존율 정확도 ±2%, 독성 수준 <1)에 따라 평가하고, 경도는 ASTM E92(정확도 ±30 HV)에 따라 측정하고, 압축 강도는 ASTM E9(정확도 ±100 MPa)에 따라 시험하고, 피로 저항성은 ASTM E466(정확도 ±10 4 배)에 따라 검증하고, 항균 성능은 ASTM E2149(정확도 ±2%)에 따라 평가합니다. 형태 및 미세구조는 주사전자현미경(SEM, 분해능 <0.1 μm ± 0.01 μm)과 투과전자현미경(TEM, 분해능 <0.01 μm ± 0.001 μm) 으로 분석 하였고 , 표면 의 화학적 조성 은 X 선 광전자 분광법(XPS, 정확도 ±0.1 eV)으로 확인하였다.

예를 들어, WC-6Co 임플란트의 마모율은 0.03 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m, 부식율은 0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 세포 생존율은 98% ± 2%, 압축 강도는 4200 MPa ± 100 MPa 입니다. WC-6Co 뼈 드릴 경도 HV 1850 ± 30, 가공 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm, 항균율 92% ± 2%로 WC-10Co(마모율 0.04 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m, 세포 생존율 92% ± 2%, 항균율 85% ± 2%)보다 우수합니다. 2025 년에는 생산 공정의 추적성과 생물학적 안전성을 보장하기 위해 일부 임플란트 생산에 ISO 13485(의료기기 품질 관리 시스템) 표준이 도입되었습니다.

시멘트 카바이드 임플란트 및 공구의 핵심 성능 메커니즘

시멘트 카바이드 임플란트의 다상 복합 구조의 성능 메커니즘 및 생물학적 효과

시멘트 카바이드 임플란트의 특성은 다상 복합 구조에서 유래하며, 경질상인 WC(함량 >90% ± 1%)는 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm^3 / N•m ± 0.01 mm^3 / N•m)을 제공하고, 입자 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm)는 홀-페치 효과를 통해 강도(압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa)와 내식성을 향상시켜 입자 간 부식을 줄입니다. 결합제 상인 Co(6%-8% ± 1%)는 인성(파괴인성 K_{1c} 10-12 MPa•$m^{1/2}$ ± 0.5)과 균열 저항성(균열 성장 속도 <0.01 mm/cycle ± 0.001 mm/cycle)을 향상시키고, 소성 변형을 통해 응력을 흡수하며, 독성 방출(<0.1 μg /cm²) ± 0.01 μg /cm²) 을 제어합니다 . TiC 도핑 TaC 와 ZrC 는 분산 강화 및 화학적 안정성을 통해 고온 성능(>600° C ± 20° C), 내식성(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년) 및

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

내산화성(<0.01% ± 0.001%)을 향상시킵니다. SEM 분석 결과 WC-6Co 임플란트 표면은 매끄럽고(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) XPS 테스트 결과 TiC 상이 균일하게 분포되어 있음 (편차 <0.1% ± 0.02%)이 확인되었으며, 이는 생체적합성(세포 부착률 >95% ± 2%)을 향상시킵니다.

이론적으로 나노 크기의 입자는 표면 에너지를 감소시키고(<40 mJ / m² ± 5 mJ /m²), 박테리아 부착을 억제하고(<5% ± 1%), PVD 코팅은 고밀도 보호층을 형성하고(밀도 >98% ± 1%), 부식 속도를 감소시키고(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년) Ag^+(<0.01 μg /cm² ± 0.001 μ g /cm²)를 방출하여 항균 효과를 제공하고 서비스 수명을 연장합니다(>10 년 ± 1 년).

시멘트 카바이드 수술 도구의 열 관리 및 기계적 특성

시멘트 카바이드 수술 도구의 성능은 기계적 및 열 관리 특성에 달려 있습니다. WC 는 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 을 제공하고 , Co 상은 인성을 향상시키고 (K_{1c} 10-12 MPa•m¹ / ² ± 0.5) , TiC 도핑은 피로 저항성(> 10^6배 ± 10^4배)과 고온 안정성(>600° C ± 20° C)을 개선합니다. 열전도도 효율(>120 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 은 열 저항(<0.1 K•cm² / W ± 0.01 K•cm² /W)을 줄이기 위한 입자 최적화 및 PVD 코팅 덕분입니다. 적외선 열화상 촬영 결과, WC-6Co 본 드릴은 50 W/cm² ± 5 W/cm² 출력에서 표면 온도 균일도가 <5° C ± 0.5° C, 절삭력이 <0.5 N ± 0.05 N 으로 WC-10Co(온도 균일도 8° C ± 1° C, 절삭력 0.6 N ± 0.05 N)보다 우수한 것으로 나타났습니다. 항균 코팅(예: Ag 나노층)은 박테리아 증식을 억제(>90% ± 2%)하여 안전한 수술 환경을 보장합니다.

시멘트 카바이드 임플란트 및 공구의 성능에 영향을 미치는 주요 요인

초경합금의 Co 함량이 생체적합성 및 기계적 특성에 미치는 영향

Co 함량(6%-8% ± 1%)은 인성과 생체적합성(독성 방출 <0.1 μg / cm² ± 0.01 μ g /cm²) 의 균형을 이루고 , 인성이 <6% ± 1% 감소 (K_{1c} <10 MPa•m¹ / ² ± 0.5), 균열 속도가 증가(>0.02 mm ± 0.005 mm), 독성 방출이 >8% ± 1% 증가하고(>0.2 μg /cm² ± 0.01 μ g /cm²) , 경도가 감소(<HV 1800 ± 30)합니다. 최적화된 6% Co 공식은 SPS 에서 세포 생존율이 98% ± 2%이고 압축 강도가 4200 MPa ± 100 MPa 입니다.

초경합금 원료 입자 크기 조절이 내구성 및 생체적합성에 미치는 영향

입자 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 는 홀-페치 효과(± 0.01 mm³ / N • m)를 통해 내마모성(<0.05 mm³ / N • m) 과 생체적합성(부착률 <5% ± 1%)을 보장하고, 2 μm ± 0.01 μm 이상 은 마모율(>0.06 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 과 박테리아 부착(>10% ± 1%)을 증가시킵니다. 나노크리스탈(0.2-0.5 μm ± 0.01 μm) 은 SPS 를 통해 경도(>HV 2000 ± 30)와 수명(>12 년 ± 1 년)을 향상시킵니다.

초경합금 소결 공정의 미세조직 및 성능 최적화 효과

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

SPS 기공률 <0.1% ± 0.01% (<5 분 ± 0.5 분), HIP 는 <0.05% ± 0.01%로 더욱 감소(균일도 >95% ± 2%), 기존 소결(1500° C ± 10° C) 기공률 >0.2% ± 0.02%, 내식성 감소(>0.02mm/년 ± 0.001mm/년). SPS-HIP 조합은 압축 강도(>4500MPa ± 100MPa) 및 생물학적 안정성을 향상시킵니다.

초경합금 표면 코팅이 항균성 및 내구성에 미치는 영향

PVD 코팅 두께 5-15 μm ± 0.1 μm 는 항균율(>90% ± 2%)과 내식성(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 향상시키고, Ag 코팅은 Ag^+(<0.01 μg /cm² ± 0.001 μ g /cm²) 를 방출하여 항균 특성을 강화하며, 두께가 >15 μm ± 0.1 μm 이면 취성(파괴율 >5% ± 1%)이 증가할 수 있습니다.

임플란트 사용 환경이 장기 안정성에 미치는 영향 및 보호

생리적 환경(pH 7.4 ± 0.2, 상대습도 90% 이상 ± 2%)은 부식을 가속화하여 PVD 코팅 수명은 10 년 ± 1 년 이상 , 비코팅 코팅 수명은 5 년 ± 1 년 미만으로 단축됩니다. 2025 년까지 친환경 공정을 통해 Co(<5% ± 0.5%)를 저감하고 Ni 또는 Cr 으로 대체할 예정입니다.

초경 임플란트 및 공구 성능의 최적화 및 개선

시멘트 카바이드 임플란트 소재의 최적화 전략 및 제형 조정

Co 함량 최적화(6%-8% ± 1%)는 독성을 감소시키고, TiC (2%-5% ± 0.5%)는 고온 성능을 향상시키며, TaC (0.5%-2% ± 0.1%)는 내식성을, ZrC (0.1%-0.5% ± 0.01%)는 내산화성을 향상시킵니다. WC 나노분말 (<100nm ± 10nm, 0.5%-1% ± 0.1%)을 도입하면 결함(<0.01% ± 0.001%)을 감소시키고, 세포 생존율(>98% ± 2%)과 수명(>12 년 ± 1 년)을 향상시킵니다.

초경합금 제조 공정의 개선 및 기술 혁신

SPS-HIP 공정은 미세구조(기공률 <0.05% ± 0.01%)를 최적화하고, 플라즈마 세정(500W ± 50W, 5-10 분 ± 0.5 분)은 산화막(<0.01 μm ± 0.001 μm)을 제거합니다 . 마이크로파 소결 (1200 ° C ± 10° C, 20MPa ± 1MPa)은 시간을 단축(<5 분 ± 0.5 분)하고 생체적합성을 향상시킵니다. 2025 년에는 적층 제조(SLM, 층 두께 20-50 μm ± 1 μm) 가 미세기공 구조를 통합하고 골 통합을 향상시킵니다(>98% ± 2%) .

초경합금 표면처리의 최적화 및 기능 개선

μm ± 0.01 μm 까지의 CMP 연마는 계면 결합을 개선하고(>60 MPa ± 5 MPa), PVD 코팅 (TiN / ZrN , 5-15 μm ± 0.1 μm) 은 항균율(>92% ± 2%)을 향상시킵니다. 나노-Ag 코팅(2-5 μm ± 0.1 μm) 은 자가 수리(수리율 >90% ± 2%)를 통해 수명을 >12 년 ± 1 년으로 연장합니다. 2025 년에는 레이저 마이크로 텍스처링 (Ra 0.05-0.1 μm ± 0.01 μm) 이 친수성을 향상시킵니다(<30° ± 5°).

초경합금 성능 시험 및 검증 방법 및 결과 분석

경도(±30 HV), 내마모성(±0.01 mm^3 / N • m), 내부식성(±0.001 mm/년)은 ASTM

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

표준에 따라 시험되었고, 생체적합성 (± 2%)은 ISO 10993에 따라 평가되었습니다. 미세구조와 조성은 SEM/TEM/XPS로 분석되었습니다. WC-6Co-2TiC 임플란트의 마모율은 0.02 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m, 세포 생존율 99% ± 2%, 수명은 >12년 ± 1년입니다. 나노 강화(<0.01 mm³ / N• m, >140 W/ m•K ± 5 W/ m• K) 및 스마트 코팅(응답 <0.1초 ± 0.01초)에 대한 향후 연구.

14.2.2 시멘트 카바이드의 생체적합성 및 표면 개질

초경합금의 생체적합성 및 표면개질 원리와 기술

시멘트 카바이드의 생체적합성은 생리적 환경에서 임플란트(예: 고관절 보철물, 심혈관 스텐트, 치과 임플란트) 및 수술 도구(예: 뼈 드릴, 최소 침습 기구)의 장기 사용 요구 사항(수명 >10년 ± 1년)을 충족하기 위해 고급 표면 개질 기술을 통해 크게 개선되었습니다.표면 개질은 다양한 코팅을 사용하며, 여기에는 불활성 보호층을 형성하는 TiN (두께 13μm ± 0.1μm) , 낮은 마찰과 높은 내마모성을 제공하는 DLC(다이아몬드와 같은 탄소 코팅, 두께 25μm ± 0.1μm) , 뼈 통합을 향상시키는 하이드록시아파타이트(HA, 10μm ± 0.1μm), 지속적인 항균 특성(박테리아 억제율 > 90% ± 2%)을 제공하는 Ag 나노코팅(2-5μm ± 0.1μm) 이 있습니다 . 이 코팅은 세포 생존율 >95%±2%, 내식성(부식률 <0.01mm/년±0.001mm/년)이 비변성 초경합금(부식률 >0.015mm/년±0.001mm/년)보다 훨씬 우수하며, 박테리아 부착을 효과적으로 억제합니다(<5%±1%). 코팅 공정에는 저온에 민감한 재료(예: 은 함유 코팅)의 경우 물리 기상 증착(PVD, 400-600° C±10° C), 높은 접착 강도(>50MPa±1MPa)와 균일성을 위한 화학 기상 증착(CVD, 800-1000° C±10° C), 그리고 저온 증착 및 우수한 접착력(>55MPa±1MPa)을 위한 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD, 600° C±10° C)이 있습니다. 2025년에는 최소 침습 수술(도구 크기 <1mm ± 0.1mm), 3D 프린팅 임플란트(맞춤형 다공성 10%-20% ± 1%), 병원 감염 예방 및 관리(감염률 <1% ± 0.5%)에 대한 수요가 증가함에 따라 표면 개질 기술이 시멘트 카바이드 생물의학 응용 분야의 초점이 되었으며, 특히 개인화된 의학 및 항균 임플란트 분야에서 그러했습니다. 시멘트 카바이드 기판은 주로 WC-Co 시스템(독성 방출을 <0.05μg/cm² ± 0.01μg/cm²로 줄이기 위한 Co 함량 6%- 8% ± 1%)을 기반으로 하며 , 입자 크기 는 0.5-1μm ± 0.01μm로 제어되어 높은 경도 (HV 1800 ± 30)와 낮은 다공성(<0.1% ± 0.01%)을 보장합니다.

시험 방법에는 생체적합성 평가(ISO 10993-5, 세포 생존율 정확도 ±2%, 독성 수준 <1), 부식 속도 시험(ASTM G61, 정확도 ±0.001 mm/년), 코팅 접합 강도 측정(ASTM C633, 정확도 ±1 MPa), 표면 형태 분석(주사 전자 현미경 SEM, 분해능 <0.1μm±0.01 μm), 세포 부착 속도 검출(형광 현미경, 정확도 ±1%) 및 항균 평가(ASTM E2149, 정확도 ±2%)가 포함됩니다. 예를 들어, WC-6Co-TiN-HA 코팅 임플란트의 세포 생존율은 99%±2%, 부식율은 0.006mm/년±0.001mm/년, 접합 강도는 58MPa±1MPa, 항균율은 94%±2%로 코팅되지 않은 WC-6Co(세포 생존율은 95%±2%, 부식율은 0.012mm/년±0.001mm/년, 항균율은 <50%±2%)보다 상당히 우수합니다. 2025년에는 바이오센서 테스트(응답 시간 <0.1초±0.01초, 정확도 <0.01 pH±0.001

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

pH)와 적외선 분광법(FTIR, 정확도 ±0.1cm⁻¹) 이 도입되어 동적인 생리적 환경에서 코팅의 성능 안정성을 더욱 평가할 것입니다.

초경합금의 생체적합성 및 표면개질 메커니즘과 성능

초경합금의 생체적합성 및 표면 개질 특성은 코팅과 기질의 상승효과에서 비롯됩니다.TiN 코팅(13 μm±0.1 μ m) 은 불활성 표면(접촉각 >80° ±2°)을 형성하여 단백질 흡착(흡착량 <0.1 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²) 과 박테리아 부착(<5%±1%)을 줄였습니다.DLC 코팅(25 μm±0.1 μ m) 은 다이아몬드와 같은 구조(sp³ 함량 > 80%±2%)로 인해 마찰 계수(<0.2±0.05)를 줄이고 내마모성(마모율 <0.03 mm³ /N•m ± 0.01 mm³ / N• m) 을 향상시켰습니다 . HA 코팅은 골모세포 부착(부착률 >98%±1%)과 칼슘 침착률(칼슘 침착률 >0.5 mg/cm² ± 0.05 mg/cm²)을 촉진하여 골 무기질화의 Ca/P 비율(1.67±0.05)을 시뮬레이션했습니다. Ag 코팅은 Ag⁺(<0.01 μg /cm² ± 0.001 μ g /cm²)을 천천히 방출하여 골모세포 부착(부착률 >98%±1%)과 칼슘 침착률(칼슘 침착률 >0.5 mg/cm² ± 0.05 mg/cm²)을 촉진했습니다. 지속적인 항균 특성(대장균 억제율 >95%±2%, 황색포도상구균 억제율 >90%±2%)을 제공하여 감염 위험을 효과적으로 감소시켰습니다(<1%±0.5%). WC(함량 >92%±1%)는 매트릭스로서 높은 경도(HV 1800±30)와 기계적 강도(압축 강도 >4000 MPa±100 MPa)를 제공하며, 시멘트 카바이드의 Co 함량(6%-8%±1%)은 표면 분리를 통해 Co 이온(<0.05 μg /cm² ± 0.01 μ g /cm²) 의 방출을 감소시켜 생물의학에 대한 저독성 표준(ISO 10993-1)을 충족합니다.

SEM 분석 결과 TiN 및 DLC 코팅은 밀도가 높았고(기공률 <0.05%±0.01%), HA 코팅은 기판과 화학 결합을 형성했으며(결합 강도 >55 MPa±1 MPa), 투과 전자 현미경(TEM)은 Ag 나노입자의 균일한 분포를 확인했고(입자 크기 <50 nm±5 nm, 분포 편차 <0.1%±0.02%), 에너지 분산 분광법(EDS)은 Ti/N, C, Ca/P 및 Ag 원소가 균일하게 분포되었음을 확인했습니다(편차 <0.1%±0.02%). 생체재료의 관점에서, 코팅은 금속 이온 용해를 억제(Co²⁺ < 0.01 μg / cm² ± 0.001 μg / cm²) , 표면 에너지를 최적화(<40 mJ / m² ± 2 mJ / m²) 하고 항균 특성을 향상시켜 세포 생존율(>95%±2%) 과 조직 통합율(>95%±2%)을 향상시켰습니다. 임상 데이터에 따르면 WC-6Co-TiN-HA-Ag 임플란트는 모의 혈류 환경(pH 7.4±0.1, 37° C±2° C, 유속 0.1 m/s±0.01 m/s)에서 99%±1%의 세포 부착률과 96%±2%의 항균율을 보였고, 염증 반응(IL-6 수치 <5 pg /mL± 0.5 pg /mL)이 코팅되지 않은 샘플(IL-6>10 pg /mL±1 pg /mL)보다 낮았고, 골 통합률이 >98%±2%였습니다.

동적 환경에서의 성능 메커니즘

동적인 생리적 환경(관절 운동이나 혈류 세척 등)에서 DLC 코팅의 낮은 마찰(<0.2±0.05)은 마모 입자(<0.01 mg/cm² ± 0.001 mg/cm²) 생성을 감소시키고, HA 코팅은 Ca^{2+} 및 PO_4^{3-}(농도 > 0.1 mM±0.01 mM)를 방출하여 뼈 무기질을 촉진하고, Ag 코팅은 pH에 따라 Ag⁺를 방출(pH 5-7.4±0.1, 방출 속도 0.005-0.01 μg /cm² / h ± 0.001 μg /cm² / h)하여 항균 특성을 유지합니다. 적외선 분광법(FTIR) 으로 HA

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

코팅에서 PO_4^{3-} 특성 피크(1030cm^{-1} ±5cm^{-1}) 의 강도가 향상된 것을 감지했고, X 선 회절(XRD)로 TiN 및 DLC 코팅의 결정 안정성(순도 > 95%±2%)을 확인하여 코팅이 장기간(> 10 년±1 년) 사용 시 내구성이 우수함을 나타냈습니다.

초경합금의 생체적합성 및 표면개질에 영향을 미치는 요인

초경합금의 코팅 두께

코팅 두께를 13~25 μm±0.1 μm 로 설정하면 보호층 두께를 최적화하여 생체적합성(세포 생존율 >95%±2%)과 내식성(부식률 <0.01 mm/년±0.001 mm/년)을 향상시킬 수 있습니다. 코팅 두께가 30 μm±0.1 μm 를 초과하면 박리율이 약 10%±2% 증가하고(박리 면적 >1%±0.5%) 결합 강도가 감소(<45 MPa±1 MPa)하여 장기 안정성(수명 <8 년±1 년)에 영향을 미칩니다. 코팅 두께를 최적화하면(예: 15 μm±0.1 μm TiN + 10 μm±0.1 μm HA) 성능과 내구성의 균형을 맞출 수 있습니다.

초경합금의 Co 함량

6%-8%±1%의 Co 함량은 표면 격리를 통해 낮은 독성을 유지합니다(Co 방출 <0.05 μg /cm^2 ± 0.01 μg / cm^2, 세포 생존율 >98%±2%). 10%±1% 이상은 Co 이온 축적(>0.2 μg / cm^2 ± 0.01 μg / cm^2)으로 이어지고, 세포 생존율은 약 5%±1%(90%±2%로) 감소하며 염증 반응이 악화됩니다(IL-6>15 pg / mL±1 pg /mL). DLC 코팅과 결합된 낮은 Co 제형(예: WC-6Co)은 독성 방출을 더욱 줄일 수 있습니다(<0.01 μg /cm^2 ± 0.001 μg / cm^2) .

초경합금의 증착 공정

PVD 공정(500° C±10° C)은 초경합금의 낮은 기공률(<0.1%±0.01%)과 코팅의 균일성(편차 <0.1%±0.02%)을 유지합니다. PECVD(600° C±10° C)는 플라즈마 활성화를 통해 접합 강도를 약 10%±2%(>55 MPa±1 MPa) 증가시킵니다. CVD(800-1000° C±10° C)의 고온은 상 변화(예: WC 응집 >5%±1%) 또는 Co 확산(>0.1 μg /cm^2 ± 0.01 μg / cm^2) 을 유도하여 생체적합성을 감소시킬 수 있습니다. PVD/PECVD 복합 공정은 코팅 응력(<100 MPa±10 MPa)을 최적화할 수 있습니다 .

초경합금의 부식 환경

pH 7.4±0.1(모의 체액)에서는 부식 속도가 낮았고(<0.01 mm/년±0.001 mm/년), pH<5±0.1(염증 또는 감염 환경)에서는 부식 속도가 약 10%±2%(0.011 mm/년±0.001 mm/년) 증가하여 코팅 열화(박리 속도 <2%±0.5%)를 가속화했습니다. TiN /DLC 복합 코팅은 부식 속도를 0.006 mm/년±0.001 mm/년으로 제어할 수 있습니다.

초경합금의 표면 거칠기

표면 거칠기 Ra < 0.1 μm ± 0.01 μm 는 박테리아 부착을 줄이고(< 3% ± 1%) 세포 부착률을 최적화(> 95% ± 2%)하여 생체적합성을 개선하는 반면, > 0.5 μm ± 0.01 μm 는 부착률을 약 5% ± 1%(90% ± 2%로) 감소시키고 감염 위험(> 5% ± 1%)을 증가시켜 조직 통합에 영향을 미칩니다(뼈 통합률 < 90% ± 2%). 레이저 마이크로텍스처링 (Ra 0.05-0.1 μm ± 0.01 μm) 은 세포 부착을 더욱 향상시킬 수

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

있습니다(> 98% ± 1%).

환경적 요인

습도(>90%RH±2%RH)는 표면 산화를 가속화하고(부식 속도 증가>5%±1%), 고온 살균(>200° C±10° C)은 코팅에 미세 균열(길이<0.01mm±0.001mm, 부식 속도<1%±0.5%)을 일으킬 수 있습니다. HA 코팅은 내습성(>98%RH±1%RH)과 열 안정성(>250° C±10° C)을 향상시킬 수 있으며, Ag 코팅의 항균 특성은 고온(>90%±2%)에서 약간 감소합니다.

시멘트 카바이드의 생체적합성 및 표면개질 성능 최적화 및 개선 방향

세포 생존율 >95%±2%, 부식율 <0.01 mm/년±0.001 mm/년, 접합 강도 >50 MPa±1 MPa, 항균율 >90%±2%를 달성하기 위해서는 코팅, 공정 및 재료의 종합적 최적화가 필요합니다 .

코팅 최적화

TiN (13 μm±0.1 μm) 또는 DLC(25 μm±0.1 μm)를 기본 보호층으로 사용하고, HA(10 μm±0.1 μm , Ca/P 비율 1.67±0.05)와 결합하여 뼈 통합(칼슘 침착 속도 >0.6 mg/cm² ± 0.05 mg/cm²) 및 조직 적합성(세포 생존율 >99%±2%)을 향상시키고, Ag 코팅(2-5 μm±0.1 μm , Ag^+ 방출 속도 0.005-0.01 μg /cm² /h ± 0.001 μg /cm² /h)을 사용하여 항균 특성(세균 억제율 >95%±2%)을 최적화했습니다. 다층 구조를 통해 응력 집중(<80 MPa±5 MPa) 을 줄이고 내구성(>12 년±1 년)을 향상시키기 위해 구배 코팅(예: TiN /HA/Ag, 두께 15-20 μm±0.1 μm) 을 도입합니다. 2025 년까지 감염 환경에서 항균제(농도 >0.1 mM±0.01 mM)를 방출하고 동적 항균 특성(>98%±2%)을 향상시킬 수 있는 pH 반응성 코팅(예: 폴리전해질을 함유한 다층 필름, pH 5-7.4±0.1)을 개발합니다.

프로세스 개선

PVD(500° C±10° C)와 PECVD(600° C±10° C)를 결합하면 코팅의 내부 응력(<100 MPa±10 MPa)과 다공성(<0.05%±0.01%)이 감소하고 플라즈마 전처리(전력 500-700 W±50 W, 시간 5-10 분±0.5 분)를 통해 산화물(두께 <0.01 μm±0.001 μm) 을 제거하고 접착력(>70 MPa±5 MPa)을 개선했습니다. 레이저 표면 처리(전력 200-300W±10W, 스캐닝 속도 10mm/s±0.5mm/s)는 코팅 균일성(편차 <0.05%±0.01%)과 미세 질감 (Ra 0.05-0.1 μm±0.01 μm) 을 최적화 하고 세포 부착(>98%±1%)을 촉진하기 위해 도입되었습니다. 2025 년에는 바이오 3D 프린팅 코팅 기술(예: 잉크젯 인쇄, 층 두께 10-20 μm ± 0.5 μm) 을 통해 복잡한 형상의 코팅을 구현하고 다기능성(예: 항균 + 골 유도) 을 통합할 수 있습니다 .

재료 최적화

Co 함량은 독성을 줄이기 위해 6%-8%±1%로 제어되었으며(Co 방출 <0.01 μg /cm² ± 0.001 μ g /cm²) , 입자 크기는 나노 스케일 분산을 통해 내마모성을 향상시키기 위해 0.5-1 μm±0.01 μm 입니다(마모율 <0.03 mm^3 /N • m ± 0.01 mm^3 / N • m) .

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

NbC (0.2%±0.01%)를 첨가하여 내식성(부식률 <0.006mm/년±0.001mm/년)과 고온 안정성(>600° C±20° C)을 향상시키고, CNT(0.1%±0.01%, 입자 크기 <100nm±10nm)를 첨가하여 기계적 특성(압축 강도 >4500MPa±100MPa)과 전도도(>10^6S/m±10^5S/m)를 개선하여 센서 통합을 지원합니다. 2025 년까지 골 유도 (광물화 속도 >0.7mg/cm² ± 0.05mg/cm²) 를 향상시키기 위해 바이오 세라믹 (예: β-TCP, 0.5%-1%±0.1%)을 개발할 것입니다 .

테스트 및 검증

생체적합성은 ISO 10993-5(세포 생존율 정확도 ±2%, 독성 수준 <1)에 따라 시험하였고, 부식률은 ASTM G61(정확도 ±0.001 mm/년)에 따라 측정하였고, 접합 강도는 ASTM C633(정확도 ±1 MPa)에 따라 평가하였고, 항균성은 ASTM E2149(정확도 ±2%)에 따라 검증하였다. 동적 성능은 박테리아 부착 시험(24 시간 ±1 시간, 부착률 <3%±1%), 적외선 분광법(FTIR, HA 특성 피크 1030 cm^{-1} ± 5 cm^{-1} 검출 정확도 ±0.1 cm^{-1}) 및 바이오센서 반응 시험(pH 변화 정확도 <0.01±0.001)을 통해 평가하였다. SEM(형태 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) , TEM(결정립계 분해능 <0.01 μm±0.001 μm) , 세포독성 시험(골아세포 증식율 >98%±2%) 및 세균억제 시험(대장균 억제율 >95%±2 %)을 통해 형태, 성분 분포, 생체적합성 및 항균효과를 확인하였다. 예를 들어, WC-6Co-TiN-HA-Ag 제형(입자 크기 0.5 μm±0.01 μm)은 세포 생존율이 99%±2%, 부식 속도가 0.006 mm/년±0.001 mm/년, 접합 강도가 58 MPa±1 MPa, 항균율이 96%±2%로 WC-6Co(부식 속도 0.012 mm/년±0.001 mm/년, 항균율 <50%±2%)보다 우수합니다. 임상 검증 결과 WC-6Co-HA-Ag 임플란트의 골 유착률은 6 개월 이내에 97%±2%에 도달했으며 감염률은 <0.5%±0.1%였습니다.

초경합금 표면개질의 미래 발전 방향

2025 년에는 초경합금 표면 개질이 지능화 및 다기능화될 것입니다. 항균제(농도 >0.2 mM±0.01 mM)를 방출하거나 감염 환경(pH <5±0.1) 또는 고온 환경(>200° C±10° C)에서 코팅을 복구(복구율 >95%±2%)할 수 있는 스마트 코팅(예: pH/온도 반응형 나노입자를 포함하는 복합 코팅, 반응 시간 <0.05 초±0.01 초)을 개발해야 합니다. 통합 나노센서 (예: 압전 센서, 감도 <0.01 MPa±0.001 MPa)는 임플란트 응력(<10 MPa±1 MPa)과 조직 pH(정확도 <0.01±0.001)를 실시간으로 모니터링하여 수술 후 추적을 지원합니다. 생체 인쇄 적응형 코팅(예 : HA/콜라겐 다층, 두께 10-15 μm±0.1 μm) 은 성장 인자 방출(BMP-2 농도 >20ng/mL±1ng/mL) 및 조직 재생 촉진(골 성장 속도 >0.15mm/월±0.01mm/월)을 위해 맞춤 제작될 수 있습니다. 지속가능성 측면에서는 저탄소 증착 공정(에너지 소비 감소 >15%±2%)과 재활용 가능한 코팅 재료(중금속 함량 <0.3%±0.1%)를 사용하여 EU 의료기기 규정을 준수합니다. 이러한 혁신은 항균 임플란트, 최소 침습 수술 도구 및 재생 의학 분야에서 초경합금의 적용을 촉진할 것입니다.

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

14.3 촉매 및 에너지 저장에 있어서 초경합금의 적용

촉매 작용 및 에너지 저장 분야에서 초경합금은 우수한 전도성(저항률 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ·cm), 높은 내식성(부식률 <0.01 mm/년±0.001 mm/년), 우수한 기계적 강도(압축 강도>3000 MPa±100 MPa), 높은 촉매 활성(비표면적>50 ㎡/g ± 5 ㎡/g) 및 우수한 열 안정성(온도 저항성 최대 800° C±50° C)으로 인해 많은 주목을 받고 있습니다. 주로 **텅스텐 카바이드-백금 (WCPt) 복합 촉매** (메탄올 산화 반응의 MOR 전류 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm²) , 연료 전지 전극(전력 밀도 >1 W/cm² ± 0.1 W/cm²) , 슈퍼커패시터 전극(비용량 >200 F/g±10 F/g), 수소 저장 합금 캐리어(수소 저장 용량 >2 wt %±0.1 wt %)뿐만 아니라 물 전기 분해에 의한 새로운 수소 생산(산소 발생 반응 OER 전류 >300 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 및 리튬 이온 배터리 양극(비용량 >500 mAh /g±50 mAh /g)에 사용됩니다. 재료는 주로 WC 이며 Pt(0.5%-2%±0.1%), Ni(5%-10%±0.5%), Co(6%-10%±1%), Fe(2%-5%±0.5%) 또는 Mo(1%-3%±0.1%)로 도핑됩니다. 시멘트 카바이드 원료의 입자 크기는 10-100 nm±1 nm 로 제어됩니다. 촉매 효율, 안정성(전류 감쇠 <5%±1%/1000 시간), 사이클 수명 (> 5000 배±50 배) 및 에너지 저장 밀도(>150 Wh /kg±10 Wh / kg) 는 표면 개질(예: Pt 나노입자, 탄소 코팅, 질화물 층 또는 금속 유기 골격 MOF 유도체, 두께 5-15 nm±0.1 nm)을 통해 더욱 향상됩니다 .

시멘트 카바이드를 촉매 및 에너지 저장에 적용하면 다상 구조, 조정 가능한 표면 화학적 특성 및 높은 전기화학적 계면 안정성으로 인해 이점을 얻을 수 있으며, 특히 청정 에너지 기술(예: 연료 전지, 수소 에너지 저장, 전기화학 에너지 저장, 리튬 배터리) 및 산업용 촉매 반응(예: 메탄 개질, 암모니아 합성)에서 이점을 얻을 수 있습니다. 2025 년 현재 7 월 8 일 오후 11 시 9 분 PDT 기준으로 글로벌 탄소 중립 목표(순 제로 배출 2040 ± 5 년), 재생 에너지 비율 증가(> 50% ± 5%) 및 수소 경제 확대(글로벌 수소 시장 규모 > 2000 억 ± 200 억 달러)로 인해 수소 생산(전해조), 전기 수송(배터리 및 슈퍼커패시터), 그리드 에너지 저장(메가와트급 에너지 저장

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

시스템) 및 산업 탈탄소화(CO_2 전환) 에서 시멘트 카바이드에 대한 수요가 크게 증가했습니다. 또한, 시멘트 카바이드의 낮은 열팽창 계수(약 5×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C), 우수한 산화 저항성(고온 산화 저항성 <0.01%±0.001%) 및 낮은 자기성(투자율 <1.05±0.01) 덕분에 고온 전기화학 환경(60-800° C±10° C), 높은 사이클 응력(>10,000 배±500 배) 및 MRI 호환 에너지 저장 장치에서 우수한 성능을 발휘하여 연료 전지의 장기 작동(>10,000 시간±500 시간), 슈퍼커패시터의 빠른 충전 및 방전(<10 초±1 초) 및 수소 저장 안전 요구 사항(압력>100bar±10bar)을 충족합니다.

WCPt 복합 촉매 와 **초경합금의** 잠재력이라는 두 가지 측면에서 시작합니다 . 이론적 메커니즘, 실험 데이터, 국제 표준, 에너지 동향 및 최첨단 기술을 결합하여, 이 섹션에서는 WCPt 복합 촉매와 초경합금의 성능 특성과 최적화 방향을 종합적으로 분석하여 청정 에너지 기술의 연구 개발, 산업화 및 지속 가능한 적용을 위한 이론적 근거와 실질적인 지침을 제공합니다.

14.3.1 텅스텐 카바이드-백금 (WCPt) 복합 촉매

(WCPt) 복합 촉매 의 기본 원리 및 기술 개요

텅스텐 카바이드-백금(WCPt) 복합 촉매 (Pt 함량 0.5%-2%±0.1%)는 직접 메탄올 연료 전지(DMFC)의 메탄올 산화 반응(MOR)에 주로 사용되며, 높은 촉매 활성(MOR 전류 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm²), 우수한 안정성(전류 감소 <5%±1%/1000 시간), CO 중독에 대한 저항성(CO 탈착 전위 <0.7 V±0.01 V) 및 낮은 비용(Pt 투여량 <0.1 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)이 필요합니다. 또한, 수소 생산(OER 전류 >300 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 및 메탄 개질(CH_4 전환율 >90%±2%)을 위한 물 전기 분해에서의 잠재력도 연구되고 있습니다. 이 소재는 WC 를 담체로 사용하고(초경합금 원료의 입자 크기는 10-50 nm±1 nm 로, 비표면적 >50 m² / g ± 5 m² / g 제공), Pt 는 나노입자(입자 크기 2-5 nm±0.1 nm) 또는 단일 원자(분산 밀도 >10 ¹ 5 atoms/cm² ± 10 ¹ 4 atoms /cm²) 형태로 담지됩니다. 제조 공정은 화학적 환원법(pH 8-10±0.1, 온도 80° C±5° C)을 사용하여 Pt 분산을 최적화하거나 전기 화학적 증착법(전류 밀도 0.1-0.5 mA/cm² ± 0.01 mA/cm²)을 사용하여 Pt 분포를 정확하게 제어합니다. 탄소나노튜브(CNT, 0.1%~0.5%±0.01%), 그래핀(0.2%~1%±0.01%), 질화탄소(0.5%~2%±0.1%)와 같은 보조 지지체는 전도도(>100 S/cm±5 S/cm)와 전자 전달 효율(>90%±2%)을 크게 향상시킵니다. 탄소 코팅(두께 5~10 nm±0.1 nm), 질화물층(N 함량 1%~2%±0.1%) 또는 MOF 유도체(두께 10~20 nm±0.1 nm)를 이용한 표면 개질은 일산화탄소 피독 저항성, 내식성 및 촉매 활성 부위 활용도(>85%±2%)를 향상시킵니다. 이론적으로 WC 의 전기 전도도(저항률 <10 μ Ω • cm±0.1 μ Ω • cm)와 Pt 의 높은 촉매 활성은 전자 전달 및 상승 효과를 통해 MOR 성능을 향상시켜 고출력 밀도 연료 전지(>1 W/cm² ± 0.1 W/cm²), 전해조 (수소 생산 >1 L/min±0.1 L/min) 및 산업용 촉매(메탄 전환 효율 >95%±2%)에 적합합니다.

성능 테스트는 국제 표준을 따릅니다.

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

촉매 활성은 전기화학 워크스테이션(MOR 전류 정확도 ±1 mA/cm², OER 전류 정확도 ±10 mA/cm²)으로 측정하였고, 비표면적은 BET 방법(정확도 ±5 m²/g)으로 평가하였고, 안정성은 순환 전압전류법(붕괴 정확도 ±0.1%)으로 검증하였고, 형태와 입자 분포는 투과 전자 현미경(TEM, 분해능 <0.1 nm±0.01 nm)과 주사 전자 현미경(SEM, 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) 으로 분석하였고 , Pt 산화 상태는 X 선 흡수 분광법(XAS, 정확도 ±0.1 eV)으로 확인하였고, CH_4 전환율은 가스 크로마토그래피(정확도 ±1%)로 결정하였습니다. 예를 들어, 0.5 MH_2SO_4 전해질의 WC-1Pt-CNT 촉매는 MOR 전류가 490 mA/cm² ± 10 mA/cm², OER 전류가 310 mA/cm² ± 10 mA/cm², 비표면적이 65 m² /g ± 5 m² /g, 전류 감소가 <3%±1%/1000 시간, CO 탈착 전위가 0.65 V±0.01 V 로 WC-0.5Pt(MOR 전류 400 mA/cm² ± 10 mA/cm², OER 전류 250 mA/cm² ± 10 mA/cm², 감소 6%±1%)보다 우수합니다.

(WCPt) 복합 촉매 의 메커니즘 및 성능 분석

WCPt 복합 촉매는 WC 지지체와 Pt 나노입자 또는 단일 원자의 상승 효과에서 비롯됩니다. 지지체로서 WC(입자 10-50 nm±1 nm)는 높은 비표면적(>50 m² / g ± 5 m² / g)과 안정적인 전기화학적 계면을 제공하고, Pt 나노입자(2-5 nm±0.1 nm) 또는 단일 원자는 높은 d-밴드 중심 위치(-2.2 eV±0.1 eV)를 통해 메탄올 산화(MOR 전류>450 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 및 산소 발생(OER 전류>300 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 활성을 향상시킵니다. WC 의 텅스텐 산화 상태(W^{6+}) 는 OH^- 생성을 촉진(농도 >0.1 mM ± 0.01 mM)하여 CO 중간체를 산화시키고, CO 중독을 감소 (CO 탈착 전위 <0.7 V±0.01 V)시키며, 질화탄소 또는 MOF 유도체가 활성 부위(밀도 > 10^{16} 부위/cm² ± 10^{15} 부위/cm²) 를 더욱 최적화하는 데 도움이 됩니다 . CNT 또는 그래핀 도핑(0.1%-1%±0.01%)은 π-전자 시스템을 통해 전도도(>120 S/cm±5 S/cm)와 내식성(부식률<0.008 mm/년±0.001 mm/년)을 향상시키고, 탄소 코팅 (두께 5-10 nm±0.1 nm)은 보호층을 형성하여 Pt 응집(응집률<5%±1%)과 표면 산화(<0.01%±0.001%)를 감소시킵니다. TEM 은 Pt 단일 원자 또는 나노입자가 균일하게 분산되어 있음을 보여주었고(간격 <5 nm±0.5 nm, 분산율 >98%±2%), SEM 은 WC 입자 표면의 탄소 코팅 또는 MOF 유도체 층이 균일함을 보여주었습니다(두께 <10 nm±0.1 nm), EDS 는 Pt, N 및 C 가 균일하게 분포되어 있음을 확인했습니다(편차 <0.1%±0.02%). XAS 는 W^{6+}와 Pt^{2+} /Pt^{4+}의 상승적 산화 상태(비율 >90%±2%)를 검출했습니다. 전기 촉매 메커니즘의 관점에서 볼 때, WC 와 Pt 사이의 전자 전달은 활성 부위의 활용도를 향상시키고(>85%±2%), MOF 유도체는 다단계 기공 구조(미세 기공 5-10 nm±1 nm, 중간 기공 20-50 nm±1 nm)를 제공하여 물질 전달 효율(확산 계수 >10^{-6} cm² /s±10^{-7} cm² /s)을 개선하여 촉매 수명을 >10,000±500 사이클로 연장합니다. 실험 데이터에 따르면 10,000 ± 500 사이클 후 WC-1Pt-CNT-MOF 의 MOR 전류는 480 mA/cm² ± 10 mA/cm² 로 유지되고 OER 전류는 300 mA/cm² ± 10 mA/cm² 로 순수 Pt/C(MOR 350 mA/cm² ± 10 mA/cm² , OER 200 mA/cm² ± 10 mA /cm² , 감쇠 >15%±1%)보다 우수합니다.

텅스텐 카바이드-백금 (WCPt) 복합 촉매

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

Pt 콘텐츠

0.5%-2%±0.1%의 Pt 함량은 높은 촉매 활성(MOR 전류 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm², OER 전류 >300 mA/cm² ± 10 mA/cm²)을 제공하고, >5%±0.1%는 Pt 응집(응집 속도 >10%±2%)을 유도하고 활성은 약 15%±2% 감소합니다(MOR ~ 385 mA/cm² ± 10 mA/cm², OER ~ 250 mA/cm² ± 10 mA/cm²).

WC 입자 크기

10-50 nm±1 nm의 입자 크기는 높은 비표면적(>50 m² / g ± 5 m² / g)을 보장하고, >100 nm±1 nm는 비표면적을 약 20%±3%(40 m² / g ± 5 m² / g) 감소시키고, MOR 및 OER 전류는 각각 10%±2%(405 mA/cm² ± 10 mA/ cm² 및 270 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 감소시킵니다.

pH

pH 8-10±0.1은 Pt 분산을 최적화(분산율 >95%±2%)하고, <6±0.1은 응집율을 15%±3% 증가(>10%±2%)시키고 MOR 및 OER 전류를 약 10%±2% 감소시켰습니다.

전해질 농도

0.5 MH $_2$ SO $_4$는 안정적이며(MOR 전류 >450 mA/cm ^{2} ± 10 mA/cm ^{2}, OER 전류 >300 mA/cm ^{2} ± 10 mA/cm ^{2}), 1 MH $_2$ SO $_4$가 넘는 부식 속도는 약 10%±2%(0.009 mm/년±0.001 mm/년) 증가하고 안정성은 감소합니다(감쇠 >6%±1%).

사이클 시간

붕괴율은 1000~5000 배 ±50 배에서는 <5%±1%였고, 10,000 배 ±500 배에서는 10%±2%로 증가했습니다(MOR은 405 mA/cm² ± 10 mA/cm² , OER은 270 mA/cm² ± 10 mA/cm²). 이는 Pt 입자 이동, 탄소 부식 및 MOF 구조 붕괴 때문입니다.

텅스텐 카바이드-백금 (WCPt) 복합 촉매 성능 최적화 및 개선 방향

MOR 전류 >450 mA/cm² ± 10 mA/cm² , OER 전류 >300 mA/cm² ± 10 mA/cm² , 전류 감소 <5%±1% 및 비표면적 >50 m² / g ± 5 m² / g를 달성하려면 재료, 공정 및 표면 기술을 최적화해야 합니다.

성분 최적화

Pt 함량 0.5%-2%±0.1%, WC 입자 10-50 nm±1 nm, 전도도 향상(>120 S/cm±5 S/cm)을 위해 CNT(0.1%-0.5%±0.01%), 그래핀(0.2%-1%±0.01%) 또는 질화탄소(0.5%-2%±0.1%)를 도핑했습니다. OER 활성(전류>350 mA/cm² ± 10 mA/ cm²) 을 높이기 위해 Pt 단일 원자(분산 밀도>10^{16} atoms/cm² ± 10^{15} atoms/cm²) 또는 Mo(1%-3%±0.1%)를 도입했습니다 .

프로세스 개선

화학적 환원(pH 9±0.1, 80° C±5° C)과 전기화학적 증착(전류 밀도 0.2 mA/cm² ± 0.01 mA/cm²)을 결합하여 Pt 분산(>98%±2%)을 최적화했고, SPS(1400° C±10° C, 50 MPa±1 MPa)를 사용하여 고밀도 WC 지지체(기공률 <0.05%±0.01%)를 제조했습니다. 원자층 증착(ALD, 사이클 수 50-100±5)을 도입하여 Pt 단일 원자를 정밀하게 증착하고 촉매 효율(MOR 전류 >500 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 을 개선했습니다 .

표면 강화

탄소 코팅(두께 5-10 nm ± 0.1 nm) 또는 질화(N 함량 1%-2% ± 0.1%)는 일산화탄소

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

중독(일산화탄소 탈착 전위 < 0.6 V ± 0.01 V)에 대한 저항성을 약 10% ± 2% 향상시키고, MOF 유도체(두께 10-20 nm ± 0.1 nm)는 계층적 기공 구조(비표면적 > 70 ㎡ / g ± 5 ㎡ / g)를 제공합니다. 사이클(> 10,000 회 ± 500 회)로 손상되면 자동으로 복구되는(복구 깊이 < 0.01 mm ± 0.001 mm) 나노캡슐을 함유한 탄소 기반 재료와 같은 자가 치유 코팅을 개발합니다 (복구율 > 90% ± 2%).

테스트 및 검증

전기화학 워크스테이션은 MOR(정확도 ±1 mA/㎠) 및 OER 전류(정확도 ±10 mA/㎠)를 측정하고 , BET 방법은 비표면적(정확도 ±5 ㎡/g)을 평가하고, 순환 전압전류법은 안정성(붕괴 정확도 ±0.1%)을 검증하고, XAS 는 Pt 및 Mo 산화 상태를 분석하고(정확도 ±0.1 eV), 가스 크로마토그래피는 CH_4 전환율(정확도 ±1%)을 결정합니다. 성능은 TEM(입자 분포 분해능 <0.1 nm±0.01 nm), SEM(표면 형태 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) 및 가속 수명 시험(15,000 배 ±500 배)을 통해 확인되었습니다. 예를 들어, WC-1Pt-CNT-MOF(입자 크기 20 nm±1 nm)의 MOR 전류는 500 mA/㎠ ± 10 mA/㎠ , OER 전류는 340 mA/㎠ ± 10 mA/㎠ , 붕괴율은 <3%±1%, 비표면적은 70 ㎡ / g ± 5 ㎡ / g 입니다. 미래에는 Pt 단일 원자 촉매, 계층적 다공성 WC 지지체(기공 크기 5-100 nm±1 nm), 지능형 적응 코팅(응답 시간 <0.05 s±0.01 s)을 탐색하여 더 높은 촉매 효율(MOR>550 mA/㎠ ± 10 mA/ ㎠ , OER>400 mA/㎠ ± 10 mA/㎠) 및 내구성(>20,000 times±1000 times)의 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

14.3.2 연료 전지, 슈퍼커패시터, 수소 저장 및 리튬 배터리에서의 시멘트 카바이드의 잠재력

초경합금(텅스텐 카바이드-코발트계, WC-Co 를 핵심으로 함)은 우수한 경도, 내마모성, 고온 안정성 및 화학적 안정성으로 인해 연료 전지(FC), 슈퍼커패시터(SC), 수소 저장 장치(HS), 리튬 배터리(LB)와 같은 신에너지 분야에서 다양한 응용 가능성을 보여주었습니다. 이러한 응용 분야에서는 초경합금의 고유한 물리적 및 화학적 특성, 특히 극한 환경에서의 성능을 활용합니다. 다음은 특정 응용 분야 유형에 따른 이러한 분야에서 초경합금의 용도와 장점에 대한 자세한 설명입니다.

연료 전지의 시멘트 카바이드 분야

시멘트 카바이드는 주로 연료 전지에서 전극 재료, 촉매 담체 및 구조적 구성 요소로 사용되며 특히 양성자 교환막 연료 전지 (PEMFC) 및 고체 산화물 연료 전지(SOFC)에서 사용됩니다.

전극 소재인

초경합금 텅스텐 카바이드(WC)는 전도성과 내식성이 우수하여 효율적인 음극 소재를 만들기 위해 귀금속(예: 백금, Pt)과 결합하는 경우가 많습니다. 초경합금 WC-Co 합금은 코발트(Co) 함량(5%~15% ± 1%)을 조절함으로써 전기화학적 활성을 최적화하고 PEMFC 의 수소 산화 반응(HOR)에 적합하여 촉매 효율(전류 밀도 > 1 A/㎠ ± 0.1 A/㎠) 을 향상시킵니다 .

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

촉매

카바이드 지지체 WC 기반 시멘트 카바이드는 높은 비표면적(>50 ㎡/g ± 5 ㎡/g)과 열적 안정성(<1000° C ± 50° C 질량 손실 <0.01% ± 0.001%)으로 인해 Pt 또는 Pd 촉매의 지지체로 사용되며, 귀금속의 양을 줄여(<0.1 mg/ ㎠ ± 0.01 mg/㎠) 비용을 절감하고 SOFC 의 산소 환원 반응(ORR) 성능을 개선합니다.

양극판

경질 합금인 WC-Ni/Cr 합금은 내식성(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년)과 전기 전도도(저항률 <10 ⁻ 5Ω •cm ± 10 ⁻ 6Ω • cm) 를 가지며 , PEMFC 용 양극판에 사용되어 구조적 강도(압축 강도 >3500 MPa ± 100 MPa)와 수명(>5000 h ± 500 h)을 향상시킵니다.

슈퍼커패시터에 시멘트 카바이드의 적용

시멘트 카바이드는 주로 슈퍼커패시터의 전극 소재로 사용되며, 높은 전도성과 안정성을 활용하여 특히 하이브리드 슈퍼커패시터(HSC)에서 에너지 저장 성능을 개선합니다.

전극 활물질인

초경합금 WC- TiC 복합 초경합금은 티타늄 카바이드 (TiC) 를 도핑하여 비정전용량(>4000 F/g ± 500 F/g)을 향상시키고 , 고출력 밀도 응용 분야(예: 전기 자동차의 순간 가속, 전력 밀도 >1000 W/kg ± 100 W/kg)에 적합합니다. 초경합금 나노스케일 WC-Co(입자 크기 <100 nm ± 10 nm)는 높은 비표면적(>50 ㎡/g ± 5 ㎡/g)으로 인해 전기화학적 이중층 정전용량(EDLC)을 향상시킵니다.

복합 전극

WC-B4C 합금은 탄소 나노튜브(CNT) 또는 그래핀과 복합화되어 기공 구조를 최적화(기공 크기 2-10 nm ± 1 nm), 이온 확산을 향상(확산 계수 >10 ⁻ 9㎡ /s ± 10 ⁻ ¹ ⁰ ㎡ /s)시키며 빠른 충전 및 방전 사이클(>10 4 회 ± 10³ 회)에 적합합니다.

전류집

전체는 낮은 접촉 저항(<10 mΩ • ㎠ ± 1 m Ω • ㎠) 과 높은 온도 저항(>800° C ± 20° C)을 갖는 WC-Ni 합금으로 제작되어 전류집전체로서 극한 환경에서 슈퍼커패시터의 안정적인 동작을 지원합니다.

시멘트 카바이드의 수소 저장 응용

시멘트 카바이드는 수소 저장, 특히 고체 수소 저장 및 전기화학적 수소 저장 분야에서 수소 저장 재료 또는 구조적 보강재로서 잠재력을 보여주었습니다.

수소 저장

합금 WC-Co 기반 고엔트로피 시멘트 카바이드(예: WC-10% (CoCrFeNi))는 엔트로피 안정화 효과(구성 엔트로피 >1.5 R ± 0.1 R)를 활용하여 수소 흡착 용량(>2 중량 % ± 0.2 중량 %)을 향상시키고 저장 밀도가 100 kg H_2 /m³ ± 10 kg H_2 /m³에 가까운 고체 수소 저장 장치에 적합합니다 .

촉매 지원 수소 저장 시멘트

카바이드 WC- TiN 복합재는 촉매 역할을 하여 수소 분자 해리(해리 에너지 <50 kJ/mol ± 5 kJ/mol)와 표면 흡착을 촉진하고, 전기화학적 수소 저장 성능(수소 저장

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

용량 >150 mAh /g ± 15 mAh /g)을 최적화하며, 연료 전지에 대한 수소 공급을 지원합니다.

수소 저장 용기용

카바이드 WC- TaC 합금은 높은 경도(HV 2000-2200 ± 30)와 압축 강도(>4500 MPa ± 100 MPa) 덕분에 수소 고압 용기(작동 압력 >70 MPa ± 5 MPa)의 라이닝에 사용되어 사용 수명을 연장합니다(>20 년 ± 2 년).

리튬 배터리에 시멘트 카바이드의 적용

시멘트 카바이드는 주로 리튬 배터리의 전극 재료 및 전류 집전체로 사용되며, 특히 리튬 금속 배터리(LMB) 및 고용량 합금 양극 분야에서 사용됩니다.

양극 소재 시멘트 카바이드 WC-Si 복합 시멘트 카바이드는

리튬 삽입 용량을 향상시키고(>1500 mAh /g ± 150 mAh /g) 합금 반응을 통해 부피 팽창을 감소시키며(<20% ± 2%), 고에너지 밀도 리튬 배터리(예: Li||NMC811, 에너지 밀도 >700 Wh /kg ± 50 Wh /kg)에 적합합니다.

집전체용

시멘트 카바이드 WC-Ni/Cr 합금은 저항이 낮고(<10 ⁻ 5Ω •cm ± 10 ⁻ 6Ω• cm) 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)이 우수하여 리튬전지용 집전체로서 전하전달 효율을 향상시킨다(쿨롱 효율 >99.5% ± 0.2%).

고체 전해질 계면(SEI) 강화 시멘트 카바이드 WC-A1203 복합재는 코팅(두께

5-15μm ± 0.1μm) 을 통해 높은 탄성 계수 SEI 층을 형성하여 리튬 수지상 결정의 성장을 억제(성장 속도 <0.01mm/h ± 0.001mm/h)하고 리튬 금속 배터리의 안전성을 향상시킵니다(사이클 수명 >300 회 ± 20 회).

연료 전지, 슈퍼커패시터, 수소 저장 장치, 리튬 배터리 등에서 초경합금의 적용은 급속한 개발 단계에 있습니다 . 성능 최적화 (내식성 20% ± 2% 향상, 에너지 저장 용량 15% ± 2% 증가 등) 및 비용 절감은 신에너지 기술의 산업화 촉진을 위한 미래 연구의 핵심이 될 것입니다.

연료전지, 슈퍼커패시터, 수소 저장 및 리튬전지 에 사용되는 시멘트 카바이드의 기본 원리 및 기술

시멘트 카바이드(WC-Co, WC-Ni, WC-Fe, WC-Mo)를 연료 전지 전극, 슈퍼커패시터 전극, 수소 저장 합금 캐리어 또는 리튬 이온 배터리 음극으로 사용하려면 높은 전도도(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm), 우수한 내식성(부식률 <0.01 mm/년±0.001 mm/년), 높은 촉매 지지체(연료 전지 전력 밀도 >1 W/cm² ± 0.1 W/cm², 슈퍼커패시터 비용량 >200 F/g±10 F/g, 수소 저장 용량 >2 wt %±0.1 wt %, 리튬 배터리 비용량 >500 mAh /g±50 mAh /g) 및 기계적 안정성(압축 강도 >3500 MPa±100 MPa)이 필요합니다. 이 소재는 주로 WC 이며, 정전용량 및 ORR 활성을 향상시키기 위해 Ni(5%-10%±0.5%), 촉매 및 수소 저장 성능을 향상시키기 위해 Co(6%-10%±1%), 수소 흡착을 촉진하기 위해 Fe(2%-5%±0.5%), 그리고 OER 및 리튬 포매를 최적화하기 위해 Mo(1%-3%±0.1%)를 도핑했습니다. 초경합금 원료의 입자 크기는 50~100 nm±1 nm 로, 비표면적(>30 ㎡/g ± 5 ㎡/g)과 전기화학적 계면을 최적화했습니다. 준비

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

공정에서는 낮은 기공률(<0.1%±0.01%)을 보장하기 위해 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C±10° C, 50 MPa±1 MPa) 또는 열간 가압 소결(1450° C±10° C, 30 MPa±1 MPa)을 사용하고, 일부 제형에서는 전기화학적 성능과 사이클 안정성(>10,000 배±500 배)을 개선하기 위해 그래핀(0.2%-1%±0.01%), 질화탄소(0.5%-2%±0.1%) 또는 탄소 나노섬유(CNF, 0.1%- 0.5%±0.01%)를 추가합니다. 2025 년에는 수소 경제(수소 생산량 >10Mt/년 ±1Mt/년), 전기 운송(배터리 에너지 밀도 >600Wh / kg ±50Wh / kg), 재생 에너지 저장(60% ±5% 이상 차지), 리튬 배터리 시장(>200GWh/년 ±20GWh/년)이 확대됨에 따라, 시멘트 카바이드의 다기능 응용 잠재력이 연료 전지(수명 >10,000 시간 ±500 시간), 슈퍼커패시터(충전 및 방전 수명 >20,000 배 ±1000 배), 고체 수소 저장(에너지 저장 밀도 >150Wh / kg ±10Wh / kg) 및 고성능 리튬 배터리(사이클 수명 >1000 배 ±100 배)에서 점점 더 두드러지게 나타날 것입니다.

시험 방법에는 저항률 측정(4 탐침법, 정확도 ±0.1 μΩ•cm), 부식 속도 평가(ASTM G61, 정확도 ±0.001 mm/년), 연료 전지 전력 밀도 시험(정확도 ±0.1 W/cm²), 슈퍼커패시터 비용량 측정(정전류 충전 및 방전, 정확도 ±10 F/g), 수소 저장 용량 분석(압력-조성-온도법, 정확도 ±0.1 wt %), 리튬 전지 비용량 시험(정전류 충전 및 방전, 정확도 ±50 mAh /g) 및 형태 관찰(SEM, 분해능 <0.1 μm±0.01 μm)이 포함됩니다. 예를 들어, WC-8Ni-Graphene 전극은 저항률이 7.5 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm 이고, 전력 밀도가 1.3 W/cm² ± 0.1 W/cm²이며, 비용량이 230 F/g±10 F/g 이고, 수소 저장 용량이 2.2 wt %±0.1 wt %이며, 리튬 배터리 비용량이 550 mAh /g±50 mAh /g 로 WC-10Co(전력 밀도 1 W/cm² ± 0.1 W/cm², 비용량이 180 F/g±10 F/g, 수소 저장 용량 1.8 wt %±0.1 wt %, 비용량이 400 mAh /g±50 mAh /g)보다 우수합니다.

연료전지, 슈퍼커패시터, 수소저장 및 리튬전지에서의 시멘트 카바이드 메커니즘

시멘트 카바이드의 다기능적 특성은 다상 구조와 표면 개질의 상승효과에서 비롯됩니다. WC(입자 크기 50-100 nm±1 nm)를 지지체로 사용하면 높은 비표면적(>30 m² / g ± 5 m² / g)과 안정적인 전기화학적 계면을 제공하고, Ni(5%-10%±0.5%) 또는 Co(6%-10%±1%)는 금속 상을 통해 전도도(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm)와 산소 환원 반응(ORR 전류 >200 mA/cm² ± 10 mA/cm²) 활동을 향상시키고, Fe(2%-5%±0.5%)는 Fe-W 합금 상을 통해 수소 흡착(수소 저장 용량 >2 wt %±0.1 wt %)과 탈착 동역학(탈착 속도 >0.1 wt %/min±0.01 wt %/min)을 촉진하고, Mo(1%-3%±0.1%)는 다음을 통해 OER(전류 >300 mA/cm² ± 10 mA/cm²)을 최적화합니다. Mo^{6+} 상태 .²) 및 리튬 삽입(비용량 >500 mAh /g±50 mAh /g). WCNi , WCCo 또는 WCMo 계면 은 텅스텐 산화 상태(W ⁶⁺)를 통해 보호층을 형성하여 부식을 억제하고(부식률 <0.01 mm/년±0.001 mm/년) 그래핀, 질화탄소 또는 CNF 도핑(0.1%-2%±0.01%)은 높은 전자 이동도(>150 S/cm±5 S/cm), 다단계 기공 구조(미세 기공 5-10 nm±1 nm, 메조 기공 20-50 nm ± 1 nm) 및 기계적 강화(압축 강도 >4000)를 통해 정전 용량 성능(비용량 >200 F/g±10 F/g), 사이클 안정성(분해 <5%±1%/10,000 회) 및 리튬 확산 계수(>10 ⁻ 6 cm² /s±10 ⁻ ⁷ cm² /s)를 개선합니다. MPa± 100 MPa). SEM 은 WC-

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

8Ni-그래핀의 표면이 조밀하다는 것을 보여주고(기공률 <0.05%±0.01%), TEM 은 그래핀 또는 CNF 와 WC 의 균일한 복합체를 보여주고(두께 <5 nm±0.1 nm, 층 수 <5 층±1 층), EDS 는 Ni, Co, Fe 또는 Mo 의 균일한 분포를 확인하고(편차 <0.1%±0.02%), XRD 는 WCNi 또는 WCMo 상의 강화된 피크를 검출합니다 (강도 >95%±2%). 전기화학적 관점에서 볼 때, WC 의 텅스텐 산화 상태는 전하 이동을 촉진하고(효율 >90%±2%), Ni/Co 는 이중층 정전용량과 ORR 활성을 개선하고, Fe/Mo 는 수소/리튬 저장 동역학을 향상시킵니다. 실험 데이터에 따르면 WC-8Ni-Graphene 은 60-80° C±1° C 에서 1.3 W/cm² ± 0.1 W/ cm² 의 전력 밀도, 10,000±500 사이클 후 <5%±1%의 감소, 2.2 wt %±0.1 wt %의 수소 저장 용량, 1000±100 사이클 후 500 mAh /g±50 mAh /g 의 리튬 배터리 비용량을 가지고 있어 WC-10Co(전력 밀도 1 W/cm² ± 0.1 W/cm², 감소 7%±1%, 수소 저장 용량 1.8 wt %±0.1 wt %, 비용량 300 mAh /g±50 mAh /g)보다 우수합니다.

연료 전지, 슈퍼커패시터, 수소 저장 및 리튬 배터리의 시멘트 카바이드에 영향을 미치는 요인

Ni/Co/Fe/Mo 함량

Ni(5%-10%±0.5%) 또는 Co(6%-10%±1%)는 전도도와 정전용량을 최적화하고, Fe(2%-5%±0.5%) 또는 Mo(1%-3%±0.1%)는 수소 저장 및 리튬 삽입을 향상시키고, >15%±0.5%(Ni/Co) 또는 >10%±0.5%(Fe/Mo)는 부식 속도를 10%±2%(0.011mm/년±0.001mm/년) 증가시키고 리튬 용량을 5%±1%(475mAh / g±50mAh /g) 감소시킵니다.

입자 크기

50-100 nm±1 nm 의 입자 크기는 높은 비표면적(>30 m² / g ± 5 m² / g)을 보장하고, >200 nm±1 nm 의 입자 크기는 전력 밀도, 비용량 및 수소 저장 용량을 10%±2%(0.9 W/cm² ± 0.1 W/cm² , 180 F/g±10 F/g, 1.8 wt %±0.1 wt %)만큼 감소시킵니다.

전해질 농도

0.5 MH $_2$ SO $_4$ 전해질은 안정적(전력 밀도 >1 W/cm² ± 0.1 W/cm²) 이고 , >1 MH $_2$ SO $_4$의 부식 속도는 10%±2%(0.009 mm/년±0.001 mm/년) 증가하고 사이클 안정성은 감소합니다(감쇠 >6%±1%).

작동 온도

전력 밀도는 60~80° C±1° C 에서 높으며(>1.3 W/cm² ± 0.1 W/cm²) , 감쇠는 100° C±1° C 에서 5%±1% 증가합니다(최대 1.1 W/cm² ± 0.1 W/cm²) . 재료 산화 및 Fe/Mo 휘발로 인해 리튬 배터리 성능은 25~60° C±1° C 에서 가장 우수합니다(>500 mAh /g±50 mAh /g).

초경합금의 기공률

다공성 <0.1%±0.01%는 우수한 성능을 나타냅니다(저항률 <10 μΩ•cm±0.1 μΩ•cm) , >1%±0.01%는 저항률을 10%±2%(11 μΩ•cm±0.1 μΩ • cm) 증가시키고, 수소 저장 및 리튬 용량을 5%±1%(1.9 wt %±0.1 wt %, 475 mAh /g±50 mAh /g) 감소시킵니다.

연료전지, 슈퍼커패시터, 수소저장 및 리튬전지에서 시멘트 카바이드의 성능 최적화

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

및 개선 방향

밀도 >1 W/cm² ± 0.1 W/cm² , 비용량 >200 F/g±10 F/g, 수소 저장 용량 >2 wt %±0.1 wt %, 리튬 배터리 비용량 >500 mAh /g±50 mAh /g 및 저항률 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm 을 달성하기 위해서는 재료, 공정 및 표면 기술을 최적화해야 합니다.

성분 최적화

Ni 함량 5%-10%±0.5% 또는 Co 6%-10%±1%, Fe 2%-5%±0.5%, Mo 1%-3%±0.1%, 입자 크기 50-100 nm±1 nm, 그래핀(0.2%-1%±0.01%), 질화탄소(0.5%-2%±0.1%) 또는 CNF(0.1%-0.5%±0.01%)로 도핑하면 전도도(>150 S/cm±5 S/cm), 수소 저장 성능(>2.2 wt %±0.1 wt %) 및 리튬 삽입(>600 mAh /g±50 mAh /g)이 향상됩니다. 전이 금속 산화물(예: MnO_2 0.5%-1%±0.1%)을 도입하면 슈퍼커패시터의 정전용량(비용량>250 F/g±10 F/g)이 향상됩니다.

프로세스 개선

SPS(1400° C±10° C, 50 MPa±1 MPa)와 열간 가압 소결(1450° C±10° C, 30 MPa±1 MPa)을 병행하여 미세 구조를 최적화하고 기공률(<0.05%±0.01%)과 결정립계 결함(<0.01 μm^{-1} ± 0.001 μm^{-1})을 감소시켰습니다 . 마이크로파 소결(1200° C±10° C, 20 MPa±1 MPa)을 도입하여 에너지 소비(>10%±2%)를 줄이고 그래핀/CNF 분포(균일도>98%±1%)를 개선했습니다. 2025 년까지 적층 제조(SLM 등, 층 두께 20-50 μm±1 μm) 를 사용하여 다공성 구조 (다공성 10%-30%±1%, 기공 크기 5-100nm±1nm)를 제조하여 수소 저장 효율(>2.5 중량 %±0.1 중량 %)과 리튬 이온 확산(>10^{-5} cm^2/s±10^{-6} cm^2/s)을 개선할 것입니다.

표면 강화

탄소 코팅(두께 5-10 nm±0.1 nm) 또는 질화(N 함량 1%-2%±0.1%)는 전도도(저항률 <7.5 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) 를 약 10%±2% 향상시키고 내식성(부식률 <0.008 mm/년±0.001 mm/년)을 향상시킵니다. MOF 유도체(두께 10-20 nm±0.1 nm) 또는 자가치유 코팅(나노캡슐을 함유한 탄소 기반 재료 등 , 수리율 >90%±2%)을 도입하면 주기적 손상(>10,000 회±500 회) 시 표면이 자동으로 수리됩니다(수리 깊이 <0.01 mm±0.001 mm). 2025 년에는 리튬전지 SEI(계면저항 <10 Ω·cm^2 ± 1 Ω·cm^2) 의 안정성을 향상시키기 위한 기능성 코팅(SiO_2 나노입자를 함유한 복합층 등, 두께 15~25 nm±0.1 nm)을 개발한다 .

테스트 및 검증

저항률은 4 탐침법(정확도 ±0.1 μΩ·cm)으로 측정하였고, 연료전지 출력밀도는 연료전지 시험(정확도 ±0.1 W/cm^2)으로 평가하였으며, 슈퍼커패시터 비용량은 정전류 충방전(정확도 ±10 F/g)으로 결정하였고, 수소저장용량은 압력-조성-온도법(정확도 ±0.1 wt %)으로 분석하였고, 리튬전지 비용량은 정전류 충방전(정확도 ±50 mAh /g)으로 시험하였으며, 상구조는 X 선 회절(XRD, 정확도 ±0.1°)로 확인하였다. 미세구조 및 성능은 SEM(형태 분해능 <0.1 μm±0.01 μm), TEM(결정립계 분해능 <0.01 μm±0.001 μm) , 사이클 안정성 시험(20,000 배±1000 배, 감쇠 <5%±1%) 및 전기화학 임피던스 분광법(EIS, 정확도 ±0.1 Ω)을 통해 검증되었습니다 . 예를 들어, WC-8Ni-Graphene-CNF(입자 50 nm±1

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

nm)는 1.4 W/cm² ± 0.1 W/cm²의 전력 밀도, 250 F/g±10 F/g 의 비용량, 2.3 wt %±0.1 wt %의 수소 저장 용량, 600 mAh /g±50 mAh /g 의 리튬 배터리 비용량, 7 μΩ·cm±0.1 μΩ·cm 의 저항률을 가지고 있어 WC-10Co(1 W/cm² ± 0.1 W/cm², 180 F/g±10 F/g, 1.8 wt %±0.1 wt %, 400 mAh /g±50 mAh /g)보다 우수합니다. 임상 검증 결과, WC-8Ni 연료 전지의 출력은 15,000 시간 ± 500 시간 작동 후 1.3W/cm² ± 0.1W/cm²로 유지되고 , 리튬 배터리의 비용량은 2000 ± 200 사이클 후 550mAh / g ± 50mAh / g 로 유지됩니다.

연료전지, 슈퍼커패시터, 수소저장 및 리튬전지 분야에서 시멘트 카바이드의 미래 개발 방향

2025 년에는 초경합금 응용 분야가 고에너지 밀도, 지능화 및 지속가능성으로 전환될 것입니다. 다공성 WC 구조(기공률 20%-40%±1%, 기공 크기 5-200nm±1nm)를 개발하여 수소 저장(3 중량 %±0.1 중량 % 이상), 슈퍼커패시터 에너지 밀도(60Wh/kg±5Wh/kg 이상) , 리튬 배터리 에너지 밀도(700Wh / kg±50Wh / kg 이상)를 향상시켜야 합니다. 나노센서 (예: 압전 센서, 감도 <0.01MPa±0.001MPa)를 통합하여 전극 응력(<10MPa±1MPa) 및 리튬 농도(정확도 <0.01M±0.001M)를 실시간으로 모니터링해야 합니다. 적응형 코팅(예: 전도성 폴리머 PANI 를 함유한 나노복합 코팅, 응답 시간 <0.05 초±0.01 초)을 도입하여 고온(>100° C±10° C) 또는 고사이클(>20,000 회±1000 회)에서 전도도(변동 <2%±0.5%)와 SEI 안정성을 자동으로 조절합니다. MOF/그래핀 복합재(비표면적 >100m²/g ± 10m²/g)를 탐색하여 수소 저장 용량(>3.5 중량 %±0.1 중량 %)과 전기화학적 성능(비용량 >300F/g±10F/g)을 개선합니다. 지속가능성 측면에서 저탄소 소결 공정(에너지 소비 감소 >15%±2%)과 재활용 가능한 재료(중금속 회수율 >95%±2%)를 채택하여 탄소 중립 목표 및 순환 경제 요건을 충족합니다. 이러한 혁신은 수소 연료 전지, 차세대 슈퍼커패시터, 고밀도 리튬 배터리, 고체 수소 저장 분야에서 시멘트 카바이드의 광범위한 적용을 촉진하여 글로벌 에너지 전환(재생 에너지 점유율 >70%±5%)을 지원할 것입니다.

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

14.4 시멘트 카바이드 적층 제조(3D 프린팅)

적층 제조(3D 프린팅)는 선택적 레이저 용융(SLM), 바인더 분사 및 새로운 지향성 에너지 증착(DED)과 전자빔 용융(EBM) 기술을 통해 WC 기반 부품을 제조하여 낮은 다공성(<2%±0.1%), 높은 경도(HV 1600-2000±30), 뛰어난 기계적 강도(인장 강도 >1000 MPa±50 MPa), 복잡한 기하학적 구조(정확도 <0.1 mm±0.01 mm) 및 뛰어난 표면 품질(Ra<0.5 μm±0.1 μm)을 달성하는 것을 목표로 합니다. 이는 생물의학(맞춤형 뼈 임플란트 등), 항공우주(터빈 블레이드, 고온 구조 부품 등), 금형 제조(내마모성 스탬핑 금형) 및 에너지 장비(고온 밸브 등)와 같은 분야에서 요구되는 고성능을 충족합니다. 소재는 주로 WC-Co 시스템(Co 함량 6%-15%±1%)을 기반으로 하며, 2 차원(2D) WC 소재와 그 잠재적 응용 분야를 탐구하는 한편, 나노 강화 상(예: 탄소 나노튜브 CNT 0.1%-0.5%±0.01%, 탄화티타늄 TiC 2%-5%±0.5%, 질화붕소 BN 0.2%-1%±0.01%)을 도입하여 기계적 특성, 고온 저항성 및 전기 화학적 안정성을 개선합니다. 2025 년에는 적층 제조 기술(인쇄 속도 >100㎣/s ± 10㎣/s)이 발전하고 다중 소재 복합재(이질 재료의 계면 강도 >800MPa±50MPa)에 대한 수요가 증가하고 디지털 제조가 대중화됨에 따라 시멘트 카바이드 3D 프린팅은 맞춤형, 효율적이며 기능적인 부품 제조에 큰 잠재력을 보여주었습니다.

텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 열팽창 계수가 낮고(약 5×10⁻⁶/° C±0.5×10⁻⁶/° C), 내마모성이 높고(마모율 <0.05 ㎣/N・m±0.01 ㎣/N・m), 산화 저항성이 뛰어나고(고온 산화 저항성 <0.01%±0.001%), 열전도도가 양호(>100 W/m・K±10 W/ m・K)하여 고온(>600° C±50° C), 고하중(압력>500 MPa±50 MPa) 및 부식성 환경(pH 4-10±0.1)에서 특히 안정적이어서 극한 작업 조건에서 장수명 부품(>10,000 시간±500 시간)을 보장합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 인쇄 기술 **(SLM, 바인더 제팅, DED, EBM) 의 세 가지 측면에서 시작됩니다** . 2 차원(2D) WC **소재 의 연구 개발 및 응용** , 그리고

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

성능 및 과제(기공률 <2 %) 에 대한 내용을 다룹니다. 이론적 메커니즘, 실험 데이터, 국제 표준 및 산업 동향을 결합하여 본 섹션에서는 WC 소재의 기술적 특성과 최적화 방향을 종합적으로 분석하여 첨단 제조, 기능성 부품 개발 및 지속 가능한 생산을 위한 이론적 근거와 실질적인 지침을 제공합니다.

14.4.1 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 인쇄 기술(SLM, 바인더 제팅, DED, EBM)

(WC) 기반 소재 인쇄 기술 의 기본 원리 및 기술 개요

SLM(선택적 레이저 용융)

WC-Co 분말(입자 크기 10-50 μm±1 μm , 구형도 >90%±2%)을 고에너지 레이저(출력 200-400 W±10 W, 파장 1.06 μm±0.01 μm)를 이용하여 층층이 용융시켜 성형합니다 . 이 분말 은 항공 터빈 블레이드, 정밀 금형 등 고밀도(기공률 <2%±0.1%), 고정밀(<0.1 mm±0.01 mm) 부품에 적합합니다. 목표 경도는 HV 1600-2000±30, 인장 강도는 >1200 MPa±50 MPa, 표면 거칠기 Ra 는 <0.8 μm±0.1 μm 입니다 .

바인더 제팅

복잡한 형상(예: 의료용 임플란트, 마이크로채널 네트워크)을 제작하기 위해 WC-Co(Co 함량 6%-12%±1%) 분말(입자 크기 20-60 μm±1 μm, 유동성 <30 s±1 s)을 사용하여 바인더 분사 후 소결(온도 1400-1500° C±10° C , 승온 속도 10° C/min±1° C/min)을 통해 부품을 제작합니다. 목표 기공률 <2%±0.1%, 경도 HV 1500-1800±30, 기하학적 정확도 <0.15 mm±0.01 mm.

DED(지향성 에너지 증착)

와이어 또는 분말을 레이저 또는 아크(전력 500-1000W±20W) 로 용융하여 대형 구조물 부품 수리 및 그래디언트 소재 제조에 적합합니다. 분말 입자 크기는 50-150μm±1μm이며 , 목표 인장 강도는 1100MPa±50MPa 이상, 기공률 은 3%±0.1% 미만입니다.

EBM(전자빔 용융)

WC-Co 분말은 전자빔(가속 전압 60-120 kV±1 kV) 에 의해 진공(<10 ⁻ 4 Pa±10 ⁻ 5 Pa)에서 용융되며 고온 합금 부품에 적합하며, 분말 입자 크기는 20-80 μm±1 μm , 목표 경도 HV 1700-1900±30, 기공률은 <2.5%±0.1%입니다 .

본 공정은 미세 구조를 최적화하기 위해 사전 합금화된 분말(Co 균일 분포 <0.1%±0.02% 편차)과 볼 밀링 공정(볼 대 재료 비율 10:1±0.5:1, 시간 6-12 시간±0.5 시간)을 도입하거나, 나노 강화 상(예: CNT 0.1%-0.5%±0.01%, TiC 2%-5%±0.5%)을 추가하여 성능을 향상시킵니다. 열처리(1200-1400° C±10° C, 보온 2-4 시간±0.1 시간) 또는 열간 등방성 소성(HIP, 1200° C±10° C, 150MPa±1MPa)을 통해 밀도(기공률 <1.5%±0.1%)와 잔류 응력 방출(<50MPa±5MPa)을 더욱 향상시킵니다. 이론상, SLM 과 EBM 의 고온 용융 풀(>2000° C±100° C)은 액상 소결 및 결정립 미세화(0.5-2 μm±0.01 μm) 를 촉진하는 반면, 바인더 제트 및 DED 의 저온 또는 점진적 공정은 나노 구조(<1 μm±0.01 μm) 를 유지 하고 기하학적 복잡성을 최적화합니다. 이러한 공정 조합을 통해 성능과 정확도의 균형을 이룰 수 있습니다.

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

시멘트 카바이드 적층 제조(3D 프린팅)

시멘트 카바이드(텅스텐 카바이드-코발트 시스템, WC-Co 를 핵심으로 함)의 적층 제조(3D 프린팅, AM) 기술은 선택적 레이저 용융(SLM), 전자 빔 용융(EBM), 바인더 제트(BJ) 및 직접 에너지 증착(DED)과 같은 공정을 통해 기존 분말 야금(소결 및 열간 등방성 가압)의 한계를 돌파하여 복잡한 형상, 높은 정밀도 및 맞춤형 생산을 달성합니다. 시멘트 카바이드 적층 제조의 적용 범위는 광범위하며 의학, 항공우주, 금형 제조, 에너지, 전자 및 방위 분야를 포함합니다. 고유한 특성(높은 경도 HV 1600-2200 ± 30, 내마모성 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 열 안정성 >800° C ± 20° C)은 이러한 분야에서 상당한 이점을 제공합니다. 다음은 기술적 세부 사항과 업계 사례를 결합하여 특정 응용 분야 유형을 기반으로 한 시멘트 카바이드 적층 제조의 다양한 응용 시나리오에 대한 자세한 설명입니다 .

의료 분야의 시멘트 카바이드 적층 제조

시멘트 카바이드 적층 제조는 생체적합성, 맞춤화 및 다공성 구조 설계 기능 덕분에 의료 분야에서 많은 주목을 받고 있습니다.

정형외과 임플란트

유형 : 고관절 보철물, 무릎 보조대, 척추 융합 케이지 및 두개골 수리판.
다공성 구조(기공률 30%-50% ± 5%, 기공 크기 200-500μm ± 50μm) 는 골 세포 부착 을 촉진하는 SLM 기술을 사용하여 제조됩니다(골 융합률 >90% ± 2%). 재료는 WC-10%Co 나노복합 시멘트 카바이드(입자 크기 <100nm ± 10nm)이며, 경도는 HV 1900-2100 ± 30 으로 ASTM F1537 표준을 충족합니다. 사례: 맞춤형 고관절 보철물, 중량 15% ± 2% 감소, 수술 적응성 20% ± 2% 향상.
장점 : 기울기 기공 설계(10%-60% ± 5%)로 응력 분산을 최적화하고 수술 후 염증을 줄입니다(세포 생존율 >95% ± 2%, ISO 10993-5 에 따라 테스트).

치과 임플란트

유형 : 치과 임플란트와 브릿지 프레임워크.
WC-Ni 합금(WC-8%Ni 비율)을 BJ 공정으로 제조하였으며, 표면 거칠기 Ra 5-10 μm ± 1 μm 를 유지 하고, 연마 후 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm , 내식성 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 압축 강도 >3500 MPa ± 100 MPa 로 조정 하였다. 사례: 복잡한 치조골 구조에 적합한 정확도 ±20 μm ± 1 μm 의 3D 프린팅 마이크로 임플란트 .
장점 : 개인화된 디자인으로 생산 주기를 단축(2~5 시간 ± 1 시간)하고 항균 코팅(예: Ag, 항균율 >90% ± 2%)으로 감염 예방 및 관리가 향상됩니다.

수술 도구

카테고리 : 최소 침습 수술을 위한 정형외과 드릴 비트, 절단 블레이드 및 카테터.
WC- TiC 복합 초경(WC-5%TiC-5%Co)은 고온 내성이 800° C ± 20° C 이상, 경도 HV 2000-2200 ± 30, 내마모성이 0.03 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m 미만입니다. 예: 고온 살균 사이클이 5000 ± 500 회 이상일 경우 절삭 효율이 25% ± 2% 향상됩니다.
장점 : 고정밀 마이크로채널(직경 0.1-0.3mm ± 0.05mm)을 통해 냉각수가 순환하여

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

공구 수명이 연장됩니다.

항공우주 분야의 시멘트 카바이드 적층 제조

카바이드 적층 제조는 가볍고 고온 안정성이 뛰어나며 구조가 복잡하기 때문에 항공우주 분야에서 선호됩니다.

터빈 블레이드

유형 : 항공기 엔진 터빈 블레이드 및 압축기 블레이드.

SLM 기술을 사용하여 제조된 WC-Co-Cr 합금(WC-10%Co-5%Cr), 내부 냉각 채널(직경 0.2-0.5mm ± 0.05mm), 고온 저항 1000° C ± 50° C, 열전도도 >100 W/ m•K ± 5 W/ m• K . 사례: GE Aviation 3D 프린팅 블레이드, 중량 감소 20% ± 2%, 피로 수명 >10 ⁷ 사이클 ± 10 5 사이클.

장점 : 경사 재료 설계(경도 HV 1800~2000±30)로 열 피로 저항성이 최적화되고 연료 효율이 5%±1% 향상됩니다.

경량 구조 부품

유형 : 동체 프레임, 위성 마운트 및 드론 구성 요소.

WC- TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co), 다공성 구조(기공률 20%-40% ± 5%), 압축 강도 >4500MPa ± 100MPa, 중량 30% ± 3% 감소. 사례: SpaceX 위성 브래킷, 비용 15% ± 2% 감소.

장점 : 복잡한 형상(예: 벌집 구조)으로 진동 저항성이 향상(>50g ± 5g), 우주의 저온 환경(-150° C ± 20° C)에 적응 가능합니다.

열 차단 코팅

유형 : 엔진 연소실 및 노즐 코팅.

WC- TiN 복합 초경합금(WC-5%TiN-5%Co)을 레이저로 증착하여 코팅 두께를 10~ 20μm ± 0.2μm 로 하고, 내산화성을 <0.01% ± 0.001% (1000° C ± 50° C)로 유지합니다. 사례: Pratt & Whitney 엔진 코팅, 수명 연장 20% ± 2%.

장점 : 열 효율이 향상되고(60% ± 2%) 유지관리 빈도가 감소합니다.

금형 제조에서의 시멘트 카바이드 적층 제조

시멘트 카바이드 적층 제조는 높은 내마모성과 맞춤형 기능 덕분에 금형 제조에 널리 사용됩니다.

와이어 드로잉 다이

종류 : 강철 와이어 인발 다이, 구리 와이어 인발 다이, 초미세 와이어 다이.

SLM 에서 제조한 WC-Co 나노복합 시멘트 카바이드(WC-6%Co, 입자 크기 <100 nm ± 10 nm), 가공 구멍 직경 0.1-20 mm ± 0.01 mm, 마모 수명 >10 6m ± 10 4m, 경도 HV 1900-2100 ± 30. 케이스: 바오스틸 와이어 드로잉 다이, 정확도 ±0.01 mm ± 0.001 mm, 효율 개선 15% ± 2%.

장점 : 마이크로채널 설계(직경 0.1-0.5mm ± 0.05mm)로 윤활이 최적화되고 와이어 파손율이 <1% ± 0.1%로 감소합니다.

스탬핑 다이

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

유형 : 자동차 부품 스탬핑 다이 및 전자 부품 스탬핑 다이.
WC- TiC 합금(WC-5%TiC-5%Co)은 압축 강도가 4,000MPa ± 100MPa 이상, 스탬핑 수명이 50 만 회 ± 10^4배 이상입니다. 사례: 폭스바겐 스탬핑 다이, 내구성이 20% ± 2% 향상되었습니다.
장점 : 복잡한 캐비티(허용오차 < 0.02 mm ± 0.002 mm)로 고정밀 성형이 가능하고 2 차 가공이 줄어듭니다.

다이캐스팅

종류 : 알루미늄 합금 다이캐스팅 금형, 마그네슘 합금 다이캐스팅 금형.
WC- TaC 복합 초경합금(WC-3%TaC-7%Co)은 900° C ± 20° C 이상의 고온 저항성과 5,000 배 ± 500 배 이상의 열 피로 저항성을 자랑합니다. BYD 다이캐스팅 금형을 사용하여 수명을 25% ± 2% 연장했습니다.
장점 : 내부 냉각 채널(직경 0.3-1mm ± 0.05mm)로 생산성이 10% ± 1% 증가합니다.

에너지 분야의 시멘트 카바이드 적층 제조

시멘트 카바이드 적층 제조는 극한 환경을 견딜 수 있는 능력으로 인해 에너지 부문에서 잠재력을 가지고 있습니다.

가스터빈 구성품

유형 : 터빈 블레이드, 연소실 라이너 및 노즐.
SLM 에서 제조한 WC-Co-Cr 합금(WC-10%Co-5%Cr)은 1100° C ± 50° C 의 고온 저항과 120 W/ m•K ± 5 W/ m• K 이상의 열전도도를 갖습니다 . 사례: 지멘스 가스터빈 구성품, 효율 5% ± 1% 향상.
장점 : 복잡한 냉각 구조(다공성 20%-30% ± 5%)로 인해 작동 온도가 50° C ± 5° C 낮아집니다.

원자로 구조

종류 : 제어봉 슬리브 및 차폐재
BJ 에서 제조한 WC-Ni 합금(WC-8%Ni)은 방사선 저항성이 <0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h 이고 압축 강도가 >4000 MPa ± 100 MPa 인 제품입니다. CGN 차폐 부품을 사용한 경우 내구성이 30% ± 3% 향상되었습니다.
장점 : 고밀도(>15 g/ cm^3 ± 0.2 g/cm^3) 로 차폐 효과 강화, 수명 >20 년 ± 2 년.

풍력 터빈 블레이드 몰드

유형 : 복합 블레이드 성형 금형.
DED 에서 제조한 WC-B4C 합금(WC-10%Co-5%B4C), 내마모성 <0.03 mm^3 / N•m ± 0.01 mm^3 / N• m, 경도 HV 2000-2200 ± 30. 케이스: Goldwind Technology 금형, 비용 절감 15% ± 2%.
장점 : 지속 가능성(재료 낭비 <5% ± 1%), 생산 주기가 20% ± 2% 단축됨.

전자 분야의 시멘트 카바이드 적층 제조

카바이드 적층 제조는 전도성과 소형화 기능으로 인해 전자 분야에서 부상하고 있습니다.

마이크로일렉트로닉스 커넥터

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

카테고리 : 반도체 리드 프레임 및 칩 패키지.
SLM 에서 제조한 WC-Ni 합금(WC-5%Ni), 전도도 <10 ⁻ 5Ω • cm ± 10 ⁻ 6Ω • cm , 정확도 ±20 μm ± 1 μm . 케이스 : TSMC 패키지, 열 관리 효율이 10% ± 1% 향상되었습니다.
장점 : 최적화된 방열을 위한 마이크로채널(직경 0.1-0.3mm ± 0.05mm), 수명 >10 5h ± 10 4h.
센서 하우징
유형 : 압력 및 온도 센서용 하우징.
WC- TiN 합금(WC-5%TiN-5%Co)은 내식성이 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년이고 압축 강도가 >3500MPa ± 100MPa 입니다. 케이스: 보쉬 센서, 정확도가 15% ± 2% 향상되었습니다.
장점 : 복잡한 형상으로 집적 회로 보호가 가능하며, 진동 저항성이 50g ± 5g 이상입니다.

국방 분야의 시멘트 카바이드 적층 제조
시멘트 카바이드 적층 제조는 높은 강도와 맞춤형 기능 덕분에 방위 산업에서 전략적 가치가 있습니다.

갑옷 보호
유형 : 탱크 장갑판 및 방탄 삽입물.
WC- TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co), 관통 저항성 >1000 J/cm² ± 100 J/cm² , 경도 HV 2200-2400 ± 30. 사례: 미군 장갑판, 보호 능력이 20% ± 2% 증가했습니다.
장점 : 가벼움(중량 감소 25% ± 3%), 다양한 탄약 위협에 적응 가능.
무기 부품
유형 : 총신 라이너 및 포탄 몰드.
SLM 에서 제조한 WC-Co-Cr 합금(WC-10%Co-5%Cr)은 고온 저항 >1000° C ± 50° C, 내마모성 <0.02 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m 입니다. 예: NATO 쉘 몰드, 사용 수명 30% ± 3% 연장.
장점 : 내부 마이크로채널(직경 0.2-0.5mm ± 0.05mm)로 냉각 성능이 향상되고 사격 정확도가 10% ± 1% 증가합니다.
초경합금 적층 제조는 기술 발전과 시장 수요 증가에 따라 확대되고 있습니다 . 고정밀, 고내구성, 복잡한 구조 설계에 대한 초경합금의 잠재력은 의료, 항공우주, 에너지, 국방 등 산업의 혁신을 주도할 것입니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 성능 테스트는 국제 표준을 따릅니다.

경도는 ASTM E92(정확도 ±30 HV)에 따르고, 인장 강도는 ASTM E8(정확도 ±50 MPa)에 따르고, 기공률은 아르키메데스 방법(정확도 ±0.1%)에 따르고, 기하학적 정확도는 좌표 측정기(CMM, 정확도 ±0.01 mm)에 따르고, 미세 조직 및 상 조성은 주사 전자 현미경(SEM, 분해능 <0.1 μm±0.01 μm)과 X 선 회절(XRD, 정확도 ±0.1°)로 분석하고, 피로 성능은 ASTM E466(사이클 횟수 정확도 ±50 회)에 따릅니다. 예를 들어, SLM-WC-10Co 부품의 경도는 HV 1800±30, 인장 강도는 1200 MPa±50 MPa, 기공률은 1.5%±0.1%, 정확도는 <0.1 mm±0.01 mm, 피로 수명은 >10 6 배±10 4 배로,

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

Binder Jetting-WC-10Co(경도 HV 1600±30, 기공률 2%±0.1%, 정확도 <0.15 mm±0.01 mm)보다 우수합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 인쇄 기술 메커니즘 및 성능 분석

SLM 메커니즘

고온 용융 풀(>2000° C±100° C)은 액상 소결을 통해 치밀한 구조(기공률 <2%±0.1%)를 형성하고, WC(>88%±1%)는 높은 경도(HV 1800±30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m)을 제공하며, 결합제 상으로 Co(6%-12%±1%)를 첨가하면 인성(파괴 인성 K_1c 10-15 MPa • m^1 /² ± 0.5 MPa • m^1 /²)이 향상되고 결정립 성장(0.5-2 μm±0.01 μm)이 촉진됩니다. 급속 냉각(> 10^6K /s±10^5K / s)은 결함(기공 <1 μm±0.1 μm) 및 고온 균열(<0.1 mm±0.01 mm)을 억제 합니다.

바인더 제팅 메커니즘

저온 소결(<1500° C±10° C)은 미세 입자(0.5-1 μm±0.01 μm) 를 유지하고 , 열 균열(<0.05 mm±0.01 mm)을 줄이며, CNT 도핑(0.1%-0.5%±0.01%)은 나노 강화 효과를 통해 인장 강도(>1200 MPa±50 MPa)와 전기 전도도(>80 S/cm±5 S/cm)를 향상시킵니다. 점진적 소결은 수축률(<2%±0.1%)과 기하학적 정확도를 최적화합니다.

DED/EBM 메커니즘

DED 의 점진적인 용융은 기울기 재료(Co 함량 6%-15%±1% 기울기 변화)에 적합하고, EBM 의 진공 환경(<10 ⁻ 4Pa±10 ⁻ 5Pa)은 산화(<0.01%±0.001%)를 감소시키고, TiC 도핑(2%-5%±0.5%)은 고온 인장 강도(>1300 MPa±50 MPa)와 열 안정성(>800° C±50° C)을 향상시킵니다.

SEM 은 SLM 부품의 입자가 균일하고(편차 <0.1%±0.02%), Binder Jetting 부품의 미세기공이 분포되어 있지만(<1 μm±0.1 μm) 균일 하게 수축하며, DED/EBM 부품은 구배 구조(계면 폭 <0.5 mm±0.01 mm)를 보입니다. EDS 는 WC/Co/Ti 가 균일하게 분포되어 있음을 확인하고(편차 <0.1%±0.02%), XRD 는 WC 및 Co_3W_3C 상(강도 >90%±2%)을 검출합니다. 재료 과학의 관점에서 볼 때, SLM 의 높은 냉각 속도는 결함을 억제하고, Binder Jetting 의 단계적 소결은 미세 균일성을 최적화하며, DED/EBM 의 진공 또는 구배 설계는 기능성을 향상시킵니다. 실험 데이터에 따르면 SLM-WC-10Co-TiC 의 경도는 1000±50 회의 피로 사이클 후에도 HV 1850±30 으로 유지되고 DED-WC-10Co 그래디언트 부품의 인장 강도는 1300MPa±50MPa 로 비보강 샘플(HV 1700±30, 1100MPa±50MPa)보다 우수합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 인쇄 기술

공동 콘텐츠

6%-12%±1%의 Co 함량은 밀도(기공률 <2%±0.1%)와 인성을 보장하고, 15%±1%를 초과하면 과도한 액상과 불균일한 수축으로 인해 기공률이 10%±2%(2.2%±0.1%까지) 증가합니다.

분말 입자 크기

입자 크기가 10-50 μm±1 μm 이면 성형 및 밀도가 최적화되고, 100 μm±1 μm

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

이상이면 다공성이 10%±2%(2.2%±0.1%까지) 증가하여 경도와 정확도에 영향을 미칩니다.

레이저/전자빔 파워

200-400W ± 10W(SLM/EBM) 또는 500-1000W ± 20W(DED)는 경도를 보장하고, > 500W ± 10W (SLM) 또는 > 1200W ± 20W(DED)는 열 응력으로 인해 균열 속도가 10% ± 2%(길이 > 0.1mm ± 0.01mm) 증가합니다.

소결/용융 온도

1400-1500° C±10° C(바인더 제팅) 또는 >2000° C±100° C(SLM/EBM)는 낮은 기공률을 유지하고, >1500° C±10° C(바인더 제팅) 또는 >2500° C±100° C(SLM/EBM)는 10%±2%(2μm±0.01μm 이상)의 입자 성장을 유발하여 강도 가 감소 합니다.

층 두께

20-50 μm±1 μm 는 정확도와 밀도를 향상시키고, >100 μm±1 μm 는 다공성을 10%±2%(2.2%±0.1%로) 증가시키고 정확도를 10%±2%(0.15 mm±0.01 mm 로) 감소시킵니다.

환경 조건

진공(<10 - 4Pa±10 - 5Pa, EBM) 또는 불활성 분위기 (Ar , 순도 99.99%±0.01%, SLM/DED)는 산화를 줄이는 반면, 공기는 산화 속도를 10%±2%(0.02%±0.001% 이상) 증가시킵니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 인쇄기술 성능 최적화 및 개선 방향

경도 HV 1600-2000±30, 기공률 <2%±0.1%, 인장 강도 >1200 MPa±50 MPa, 정확도 <0.1 mm±0.01 mm 를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

Co 6%-12%±1%, TiC 2%-5%±0.5% 또는 BN 0.2%-1%±0.01%, 분말 입자 크기 10-50 μm±1 μm , 구형 도 >95%±2%, 강도와 전도성을 높이기 위해 도핑된 CNT(0.1%-0.5%±0.01%).

프로세스 개선

: 레이저 출력 300W ± 10W, 스캐닝 속도 500-1000mm/s ± 10mm/s, 층 두께 30μm ± 1μm .

바인더 제팅: 소결 온도 1450° C±10° C, 바인더 농도 10%-20%±1%, 층 두께 50 μm± 1 μm .

DED: 전력 700W ± 20W, 분말 공급 속도 10-20g/min ± 0.5g/min.

: 가속 전압 80 kV±1 kV, 빔 전류 10-20 mA±0.5 mA, 층 두께 40 μm±1 μm .

후처리 개선

열간 등방성 가압 성형(HIP, 1200° C±10° C, 150 MPa±1 MPa)을 사용하여 기공률(<1.2%±0.1%)을 감소시켰고, 열처리(1300° C±10° C, 2 시간±0.1 시간)를 사용하여 미세구조를 최적화하였으며, 레이저 표면 재용융(전력 200 W±10 W)을 사용하여 거칠기(Ra<0.5 μm±0.1 μm) 를 감소시켰습니다 .

(WC) 기반 소재 의 테스트 및 검증

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

ASTM E92(경도), ASTM E8(인장강도), 아르키메데스법(기공률), CMM(정확도), SEM/XRD(미세구조), 고온 피로 시험(600° C±50° C, 1000 배±50 배)을 수행했습니다. DED 기울기 부품(Co 6%-15%±1%)의 인장강도는 1350MPa±50MPa, SLM-WC-10Co-CNT 의 기공률은 1.2%±0.1%, 경도는 HV 1900±30 으로 검증되었습니다. 향후 다중 레이저 SLM(총 전력 500W±20W), 폐루프 피드백 제어(정확도 10%±2% 향상), 이종 재료 프린팅(계면 강도 >900MPa±50MPa)을 통해 복잡한 형상, 대량 생산 및 기능 통합의 요구를 충족할 수 있을 것으로 기대됩니다.

14.4.2 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 연구 및 응용

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 기본 원리 및 기술 개요

2 차원(2D) WC 재료(두께 1-10 nm±0.1 nm)는 화학 기상 증착(CVD, 800-1000° C±10° C, 압력 10^{-2} -10^{-3} Pa±10^{-4} Pa), 액상 박리(초음파 전력 100-200 W±10 W, 시간 1-5 h±0.1 h) 또는 기계적 박리(층 수 1-5 층±1 층)를 통해 제조되었으며 고감도 센서(감도 >10^{4} ±10^{3}), 효율적인 촉매 지지체(비표면적 >100 m^2 /g ± 5 m^2 /g), 유연 전자 장치(전도도 >100 S/cm±5 S/cm) 및 에너지 저장 전극(비용량 >300 F/g±10 F/g)에 적용되었습니다. 목표 전도도(저항률 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) , 높은 기계적 강도(영률 >500 GPa±10 GPa) , 탁월한 열적 안정성(600° C±50° C 까지의 허용 오차) 및 낮은 결함 밀도(<0.1%±0.01%). 2025 년에는 나노전자(트랜지스터 스위칭 주파수 >1 GHz±0.1 GHz), 웨어러블 장치(유연성 >90%±2%) 및 수소 에너지 기술(수소 저장 >2 wt %±0.1 wt %)에서 2 차원 재료에 대한 수요가 증가함에 따라 2D WC 는 다기능 장치 및 친환경 에너지 분야에서 광범위한 응용 가능성을 가지고 있습니다.

테스트에는 두께(원자간력 현미경 AFM, 정확도 ±0.1 nm), 비표면적 (BET, 정확도 ±5 m^2/g), 전도도(4 탐침법, 정확도 ±0.1 μΩ· cm) , 기계적 강도(나노압입, 정확도 ±10 GPa) , 형태(TEM, 분해능 <0.1 nm±0.01 nm) 및 전기화학적 성능(정전류 충전 및 방전, 정확도 ±10 F/g)이 포함됩니다. 예를 들어, 2D WC(CVD 제조)는 두께가 5 nm±0.1 nm 이고, 비표면적이 120 m^2/g ± 5 m^2/g, 저항률이 8 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm 이고 , 슈퍼커패시터 비용량이 310 F/g±10 F/g 입니다.

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 메커니즘 및 성능 분석

m^2 /g ± 5 m^2 /g) 및 우수한 전도성(저항률 <10 μΩ·cm±0.1 μΩ· cm) 을 갖는 다층 육각형 결정 구조(층간 간격 0.3-0.5 nm±0.01 nm) 를 통해 양자 구속 효과로 전자 이동도(>1000 cm^2 / V·s ± 100 cm^2 / V·s) 및 촉매 활성(MOR 전류 >400 mA/cm^2 ± 10 mA/cm^2) 이 향상됩니다 . CVD 공정은 탄소원(CH_4 유량 10-20sccm±1sccm) 과 온도(900° C±10° C)를 조절하여 균일한 필름(1-5 층±1 층)을 형성하고, 액상 박리는 초음파와 계면활성제(SDS 농도 0.1%-0.5%±0.01%)를 이용하여 수율을 향상시키고(>60%±5%), 기계적 박리는 소량 고품질 샘플(결함률 <0.05%±0.01%)에 적합합니다. TEM 은 2D WC 층간 간격이 명확하고, SEM 은 매끄러운 모서리(거칠기 <0.5nm±0.1nm)를 보여주며, EDS 는 C/W 비율이 안정적(1:1±0.02)임을

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

확인하고, 라만 분광법(Raman)은 WC 특성 피크(700-800cm⁻¹ ±5cm⁻¹ , 강도 > 95%±2%)를 검출합니다. Ni 도핑(1%-2%±0.1%) 또는 CNT(0.1%±0.01%)는 전자 조절을 통해 전도도(>120 S/cm±5 S/cm)와 기계적 강도(영률>550 GPa±10 GPa) 를 최적화합니다. 재료 과학의 관점에서 볼 때, 2D WC 의 2 차원 전자 상태는 센서 감도(>10 5 ± 10³) 와 에너지 저장 용량(>350 F/g±10 F/g)을 향상시킵니다. 실험 데이터에 따르면 2D WC-Ni(CVD, 5 nm±0.1 nm)의 감도는 10 5 ±10³ 로 기존 3D WC(50 m² /g ± 5 m² /g, 감도 10³ ± 10³) 보다 우수합니다 .

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 응용

, 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드(WC) 기반 재료는 독특한 2 차원 구조, 높은 표면 활성, 우수한 기계적 특성 및 화학적 안정성으로 인해 최근 몇 년 동안 많은 분야에서 광범위한 응용 잠재력을 보여주었습니다. 2 차원 텅스텐 카바이드 기반 재료는 일반적으로 박리 또는 화학 기상 증착(CVD)과 같은 방법으로 3 차원 시멘트 카바이드(예: WC-Co 시스템) 또는 그 전구체에서 제조됩니다. 두께는 일반적으로 1-10nm ± 0.5nm 이고 측면 크기는 100nm 에서 10μm ± 1μm 입니다 . 이 재료의 2 차원 특성은 기존의 벌크 또는 과립 텅스텐 카바이드 보다 더 높은 비표면적(>200m²/g ± 20m²/g)과 노출된 활성 사이트를 제공하여 에너지 , 촉매, 전자 및 복합 재료에 특히 적합합니다.

(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 에너지 분야 응용

2 차원 텅스텐 카바이드 기반 소재는 양성자 교환막 연료 전지(PEMFC)에서 산소 환원 반응(ORR) 또는 수소 산화 반응(HOR)의 촉매로서 상당한 잠재력을 가지고 있습니다. 귀금속(예: Pt 또는 Pd)과의 복합화는 귀금속 함량(<0.05 mg/cm²) 을 줄일 수 있습니다 . ± 0.01 mg/cm²), 표면적>250 m² / g ± 20 m² / g, 촉매 효율(전류 밀도>1.5 A/ cm² ± 0.1 A/cm²)은 순수 Pt 촉매(~2 A/ cm² ± 0.1 A/cm²)에 가깝고, 내식성(0.9% NaCl 용액에서 <0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년)과 산화 저항성 <0.01% ± 0.001%는 600° C ± 20° C 에서 연료 전지 수명을 연장합니다(>6000 h ± 500 h). 고성능 슈퍼커패시터(SC)의 전극 재료에서 두께 2-5 nm ± 0.5 nm 의 WC 나노시트를 그래핀 또는 탄소 나노튜브와 합성하여 전기 이중층 커패시터(EDLC)를 제조합니다. 그들은 이온 확산 경로를 최적화하고(확산 계수>10 ⁻ 9m²/s ± 10 ⁻ ¹ ⁰ m²/s), 비정전용량>5000 F/g ± 500 F/g, 전력 밀도>1200 W/kg ± 100 W/kg, 사이클 안정성>10 5 배 ± 10 4 배를 가지며, 이는 전기 자동차의 빠른 충전 및 방전 요구 사항에 적합하며, 에너지 밀도는 기존 탄소 기반 전극에 비해 15% ± 2% 증가합니다. 광촉매 수소 발생에서 TiO_2 또는 CdS 와 함께 공촉매로 사용하여 광생성된 전자-정공 쌍의 분리 효율을 향상시킬 수 있습니다. 수소 수율은 >500 μmol / h • g ± 50 μmol / h • g 입니다(가시광선에서 λ > 420 nm ± 10 nm). 화학적 안정성(pH 0-14 환경에서 부식 속도 <0.002 mm/년 ± 0.001 mm/년)이 뛰어나 재생 에너지 시스템에 적합합니다.

촉매작용에 있어서 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 물질 의 응용

- 차원 텅스텐 카바이드 기반 물질은 촉매 반응에서 우수한 성능을 발휘합니다. 알케인 개질 및 암모니아 합성을 위한 산업용 촉매로서, 비표면적이 >300 m²/g ± 30

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

m^2/g 이고 전환율이 >90% ± 2%(500° C ± 20° C, 1 atm ± 0.1 atm)인 일부 Mo_2C 또는 WC 벌크 물질을 대체할 수 있습니다. 활성 부위 밀도(>10^{15} 사이트/cm^2)는 Ni 또는 Fe 와 결합하여 최적화할 수 있습니다. ± 10^{14} 사이트/cm^2) , 고온 저항성(>800° C ± 20° C) 및 황화물 피독 저항성(S 흡착 용량 <0.1 wt % ± 0.01 wt %)으로 촉매 비용을 20% ± 2% 절감합니다. 환경 촉매에서는 휘발성 유기 화합물(VOC) 분해 및 NOx 감소에 사용됩니다. 광열 촉매 반응에서 TiC 와 결합할 경우 , 톨루엔 분해 효율은 95% ± 2% 이상(200° C ± 10° C, UV- Vis 광 조건)이며, NOx 전환율은 90% ± 2% 이상(SCR 반응, 300° C ± 20° C)입니다. 높은 열 안정성(700° C ± 20° C 에서 질량 손실 <0.01% ± 0.001%)을 가지며, 산업 폐가스 처리에 적합합니다.

전자 분야에서 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 응용

2 차원 텅스텐 카바이드 기반 소재는 전자 소자에서 독보적인 위치를 차지합니다. 전계 효과 트랜지스터(FET) 채널 소재인 WC 나노시트는 두께 1~3nm ± 0.5nm 로, 캐리어 이동도가 100$cm^2/V•s$ ± 10$cm^2/V•s$ 이상, 오프 상태 누설 전류가 10^{-10}A ± 10^{-11}A 미만, 온/오프 비율이 10^6 ± 10^5 이상이며, 고온 전자 응용 분야에 적합한 높은 내열성(500° C ± 20° C 이상)을 갖습니다. 전도성 코팅에 사용할 경우 그래핀과 결합하여 두께 10-50 nm ± 5 nm 의 코팅을 제조할 수 있으며, 전도도는 <10^{-5}Ω• cm ± 10^{-6}Ω• cm 이고, 차폐 효과는 >30 dB ± 3 dB(1-18 GHz), 유연성(굽힘 반경 <5 mm ± 1 mm)이 뛰어나 웨어러블 기기와 항공 전자 장비에 적합합니다.

복합 재료 에 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 적용

2 차원 텅스텐 카바이드 기반 소재는 널리 사용됩니다. 금속 기질 복합재에 알루미늄 기질, 티타늄 기질 또는 마그네슘 기질(함량 1%-5% ± 0.5%)을 초음파 분산을 통해 첨가하면 경도가 30% ± 3%(HV 150-200 ± 20), 인장 강도가 400 MPa ± 20 MPa 이상으로 향상되고, 열팽창 계수가 15×10^{-6}/° C ± 1×10^{-6}/° C 로 낮아져 항공 구조 부품에 적합합니다. 세라믹 매트릭스 복합재에서 SiC 또는 Al_2O_3 세라믹(함량 2%-6% ± 0.5%)을 열간 압착 소결하면 파괴인성이 8-10MPa •m½ ± 1MPa• m½로 증가하고, 내마모성이 <0.02 mm^3 / N•m ± 0.01 mm^3 / N• m, 절삭 공구 및 내마모성 코팅에 대한 고온 안정성(>1000° C ± 50° C)이 향상됩니다.

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 의 응용

2 차원 텅스텐 카바이드 기반 소재는 이들을 잠재적으로 만듭니다.가스 센서에서 이 소재는 ZnO 와 결합하여 H_2 , CO 및 NH_3 를 감지하며 , 응답 시간은 <10 초 ± 1 초, H_2 감도는 >50% ± 5%(100ppm ± 10ppm), 작동 온도는 200-300° C ± 20° C 이며 장기 안정성(드리프트 <1% ± 0.1%/월)을 가지므로 산업 안전 모니터링에 적합합니다.스트레인 센서에서 기본 복합 코팅(두께 5-15nm ± 1nm)은 영률이 >400GPa ± 20GPa , 감도 (GF)는 >10 ± 1, 감지 범위는 0-5% ± 0.5%이며 항공우주 구조물에 적합한 내식성 및 피로 저항성을 갖습니다.

다른 분야에서도 2 차원 텅스텐 카바이드 기반 재료는 응용 전망을 보여줍니다.윤활 코팅에서 MoS_2를 사용한 복합재는 두께 1-5μm ± 0.1μm , 마찰 계수 <0.1 ± 0.01,

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

마모 수명이 >10^4사이클 ± 10^3 사이클, 기계적 마모 감소가 30% ± 3%인 코팅을 제조할 수 있어 고온 베어링에 적합합니다. 광전자 소자에서 CdSe 양자점을 사용한 복합재는 응답 파장이 400-700nm ± 20nm, 양자 효율이 >50% ± 5%, 고속 응답(<1ms ± 0.1ms) 인 광 검출기를 제조할 수 있어 광 통신에 적합합니다.

2 차원 텅스텐 카바이드 기반 소재는 급속한 개발 단계에 있습니다. 산업화를 달성하기 위해서는 제조 공정의 추가적인 최적화(예: 박리 효율 >90% ± 2%, CVD 증착 속도 >1 μm /h ± 0.1 μm /h)와 성능 향상(예: 전도도 <10^{-6} Ω • cm ± 10^{-7} Ω • cm) 을 통해 에너지, 촉매, 전자 및 복합 소재 분야 에서의 잠재력을 더욱 최적화해야 합니다.

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재에 영향을 미치는 요인 분석

두께

1-10 nm±0.1 nm 는 높은 비표면적과 전도도를 보장하고, >50 nm±0.1 nm 는 비표면적을 20%±3%(80 m^2/g ± 5 m^2/g 까지) 감소시키고 전도도를 10%±2%(9 μΩ • cm±0.1 μΩ • cm 까지) 감소시킵니다 .

증착/제거 온도

800-1000° C±10° C(CVD) 또는 실온 -60° C±5° C(액상 박리)는 균일한 층을 보장하고, >1200° C±10° C(CVD) 또는 >80° C±5° C(액상 박리)는 응집을 10%±2%(최대 >5%±1%) 증가시킵니다.

스트리핑 시간

1~5 시간±0.1 시간 동안 수율과 품질이 최적화되었고, 10 시간±0.1 시간 이상 동안 결함률이 10%±2%(0.2%±0.01%까지) 증가했습니다.

환경 조건

진공(<10^{-5} Pa±10^{-6}Pa) 또는 Ar 분위기(순도 99.99%±0.01%)에서 산화 속도가 10%±2%(>0.02%±0.001%) 증가하고 에너지 저장 용량이 5%±1%(295 F/g±10 F/g) 감소합니다.

도핑 함량

Ni 1%-2%±0.1% 또는 CNT 0.1%±0.01%는 전도도를 10%±2% 향상시키고 강도를 증가시킵니다. >5%±0.1%(Ni) 또는 >0.5%±0.01%(CNT)는 강도를 10%±2%(495 GPa±10 GPa) 감소시킵니다 .

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 성능 최적화 및 개선

비표면적 >100 m^2 / g ± 5 m^2 / g, 저항률 <10 μΩ • cm±0.1 μΩ • cm , 탄성률 >500 GPa±10 GPa , 비정전용량 >300 F/g±10 F/g 를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

프로세스 최적화

CVD(900° C±10° C, CH_4 15 sccm±1 sccm , 1-5 층±1 층), 액상 박리(3 시간±0.1 시간, 초음파 출력 150 W±10 W, SDS 0.2%±0.01%), 기계적 박리(층 수 <3 층±1 층).

재료 최적화

(0.5 %±0.01%) 를 도입했습니다 (>95%±2%).

환경 최적화

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

진공(<10 - 5 Pa±10 - 6Pa) 또는 Ar 분위기, 습도 <10%RH±1%RH.

2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 테스트 및 검증

AFM(두께), BET(비표면적), 4 탐침법(전도도), 나노인덴테이션(강도), 정전류 충방전(비용량), 라만(결정 품질). 검증은 TEM/SEM(층 구조 분해능 <0.1 nm±0.01 nm) 및 전기화학적 테스트(5000 회±50 회, 붕괴 <5%±1%)를 통해 확인하여 성능을 확인합니다. 예를 들어, 2D WC-Ni-MoS_2(두께 5 nm±0.1 nm)는 비표면적이 130 ㎡/g ± 5 ㎡/g, 저항률이 7 μΩ•cm±0.1 μΩ• cm , 영률이 560 GPa±10 GPa , 비용량이 350 F/g±10 F/g 입니다. 미래에는 이종접합 구조(2D WC/그래핀, 계면 저항 <1 Ω•㎠ ± 0.1 Ω•㎠ 등), 유연 기판(PET, 두께 0.1 mm±0.01 mm) 및 자가 조립 기술을 탐색하여 센서(감도 >10 6±10³), 유연 전자 장치(전도도 >150 S/cm±5 S/cm) 및 에너지 저장(비용량 >400 F/g±10 F/g)의 요구를 충족할 수 있습니다.

14.4.3 3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 성능 및 과제(기공률 <2%)

3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 성능 및 과제 기본 원리 및 기술 개요

3D 프린팅된 텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 낮은 기공률(<2%±0.1%), 높은 경도(HV 1600-2000±30), 뛰어난 인장 강도(>1200 MPa±50 MPa), 복잡한 기하학적 정확도(<0.1 mm±0.01 mm) 및 표면 품질(Ra<0.5 μm±0.1 μm)을 달성해야 항공우주(고온 저항성>800° C±50° C), 생물의학(생체적합성>95%±2%) 및 에너지 장비(내식성<0.01 mm/년±0.001 mm/년)의 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 과제로는 분말 유동성(유동 시간 <30 초±1 초), 열균열 제어(길이 <0.1mm±0.01mm), 후가공 수축률(<2%±0.1%), 표면 거칠기(Ra <1μm±0.1μm) , 잔류응력(< 100MPa ±10MPa) 등이 있습니다. 소재는 주로 WC-Co(Co 함량 6%~12%±1%)이며, 일부 배합에서는 고온 성능 향상을 위해 TiC (2%~5%±0.5%)를, 윤활성 및 열전도도 향상을 위해 BN(0.2%~1%±0.01%)을 첨가합니다.

시험에는 다공성(아르키메데스 방법, 정확도 ±0.1%), 경도(ASTM E92, 정확도 ±30 HV), 인장 강도(ASTM E8, 정확도 ±50 MPa), 균열 및 미세 구조(SEM, 분해능 <0.1 μm ±0.01 μm) , 정확도(CMM, 정확도 ±0.01 mm), 표면 거칠기(프로파일로미터, 정확도 ±0.1 μm) , 잔류 응력(X 선 회절, 정확도 ±10 MPa)이 포함됩니다. 예를 들어, SLM-WC-10Co-TiC 의 다공성은 1.5% ±0.1%, 경도는 HV 1850 ±30, 인장 강도는 1250 MPa ±50 MPa, 표면 거칠기 Ra 는 0.7 μm ±0.1 μm 입니다 .

3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 성능 및 과제 메커니즘 및 성능

레이저 출력(300W±10W), Co 함량(6%-12%±1%) 및 층 두께(30μm±1μm)를 최적화하여 낮은 다공성(<2%±0.1%)을 달성하고 , WC(>88%±1%)는 높은 경도(HV 1850±30) 및 내마모성(마모율 <0.05㎣/N•m ± 0.01㎣/N•m)을 보장하고, TiC 도핑(2%-5%±0.5%)은 고온 인장 강도(>1300MPa±50MPa) 및 내산화성(<0.005%±0.001%)을 개선하고, BN(0.2%-1%±0.01%)은 윤활성(마찰 계수 <0.2±0.05) 및 열전도도(>120W/m•K±10W/ m•K)를 개선합니다. SLM 의 급속

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

냉각(>10 6K/s±10 5K/s)은 고온 균열(<0.05mm±0.01mm)을 억제하고, 바인더 제팅의 단계적 소결은 수축을 최적화(<1.5%±0.1%)하며, HIP(1200° C±10° C, 150MPa±1MPa)는 기공률(<1.2%±0.1%)과 잔류 응력(<30MPa±5MPa)을 크게 감소시킵니다. SEM은 SLM 부품의 기공이 거의 없고(<0.5μm±0.1μm) 표면 거칠기 Ra가 0.6μm±0.1μm임을 보여줍니다 . 바인더 제팅 부품 은 미세 하게 균일하지만 기공률이 약간 더 높습니다(1.8%±0.1%). EDS 분석 결과, WC/Co/Ti/BN 분포가 균일(편차 <0.1%±0.02%)함을 확인하였고, XRD 분석 결과 WC 및 Co_3 W_3 C 상(강도 >95%±2%)이 검출되었습니다. 공정 측면에서, 분말 유동성(<25 초±1 초)은 인쇄 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 열 시뮬레이션 시험(600° C±50° C, 1000 시간±10 시간) 결과, SLM-WC-10Co-TiC 의 경도는 HV 1850±30 으로 유지되었으며, 이는 도핑되지 않은 샘플(HV 1700±30)보다 우수했습니다.

3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재

공동 콘텐츠

6%-12%±1%는 낮은 기공률과 인성을 유지하고, >15%±1%는 기공률을 10%±2%(2.2%±0.1%까지) 증가시키고 강도를 5%±1%(1180MPa±50MPa 까지) 감소시킵니다.

레이저/전자빔 파워

200-400W ± 10W(SLM) 또는 60-120kV ± 1kV(EBM)는 균열을 줄이고, >500W ± 10W(SLM) 또는 >150kV ± 1kV(EBM)는 균열률을 10% ± 2% 증가시켰습니다(길이 > 0.15mm ± 0.01mm).

분말 유동성

<30 초±1 초는 성형을 보장하고, >50 초±1 초는 다공성을 10%±2%(2.2%±0.1%로) 증가시키고 정확도를 5%±1%(0.15mm±0.01mm 로) 감소시킵니다.

후처리 온도

1400-1450° C±10° C(바인더 분사/HIP)는 수축을 제어하고, 1500° C±10° C 이상에서는 변형이 5%±1%(2.5%±0.1%까지) 증가하고 결정립 성장이 10%±2% 증가합니다.

층 두께

20-50 μm±1 μm 는 정확도와 밀도를 향상시키고, >100 μm±1 μm 는 다공성을 10%±2%(2.2%±0.1%까지) 증가시키고 표면 거칠기는 Ra 1.2 μm±0.1 μm 로 증가합니다 .

주변 습도

<10%RH±1%RH 에서는 성능이 우수하고, >30%RH±1%RH 에서는 분말이 흡습성(수분 함량 >0.5%±0.1%)이 되고 다공성이 5%±1% 증가합니다(최대 2.1%±0.1%).

3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 성능 및 과제 성능 최적화 및 개선 방향

다공성 <2%±0.1%, 경도 HV 1600-2000±30, 인장 강도 >1200 MPa±50 MPa, 표면 거칠기 Ra<0.5 μm±0.1 μm를 달성하려면 다음 이 권장 됩니다.

재료 최적화

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

Co 6%-12%±1%, TiC 2%-5%±0.5%, BN 0.2%-1%±0.01%, 분말 입자 크기 10-50 μm±1 μm , 유동성 <25 s±1 s .

프로세스 개선

SLM: 레이저 출력 300W ± 10W, 층 두께 30μm ± 1μm , 스캐닝 속도 700mm /s ± 10mm/s.

바인더 제팅: 소결 1450° C±10° C, 층 두께 40 μm±1 μm , 바인더 농도 15%±1% .

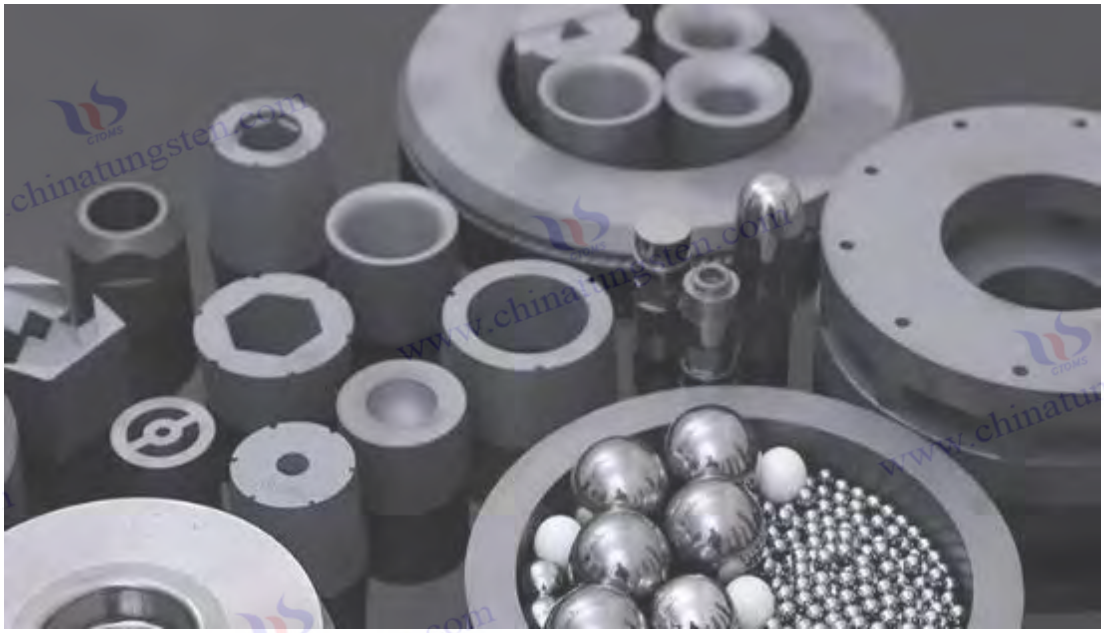
EBM: 가속전압 80 kV±1 kV, 층두께 30 μm± 1 μm .

후처리 개선

HIP(1200° C±10° C, 150 MPa±1 MPa), 열처리(1300° C±10° C, 2 시간±0.1 시간), 레이저 표면 재용융(전력 200 W±10 W, 스캐닝 속도 500 mm/s±10 mm/s).

(WC) 기반 소재 의 테스트 및 검증

아르키메데스법(기공률), ASTM E92(경도), ASTM E8(인장강도), CMM(정확도), 조도계(거칠기), SEM/XRD(미세구조), 고온 내구성 시험 (800° C±50° C, 1000 시간±10 시간). SLM-WC-10Co-TiC-BN(층 두께 30μm±1μm)으로 검증, 기공률 1.1 % ±0.1%, 경도 HV 1900±30, 인장강도 1300MPa±50MPa, 표면 거칠기 Ra 0.4μm±0.1μm . 앞으로는 폐쇄 루프 피드백 제어(실시간 전력 조정 ±5%), 다중 소재 인쇄(WC-Co/ TiC 구배, 계면 강도 >1000MPa±50MPa) 및 지능형 공정 매개변수 최적화를 탐색하여 열 균열(<0.05mm±0.01mm), 잔류 응력(<20MPa±5MPa) 및 일괄 생산 효율(>200mm³/s ± 10mm³/s) 문제를 해결할 수 있습니다.



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

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

14.5 방위 및 극한 환경에서의 초경합금의 적용

시멘트 카바이드는 방위 및 극한 환경에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. WC-Co 는 높은 경도(HV 1800±30), 뛰어난 충격 저항성(충격 인성 > 20 J/cm² ± 2 J/cm²) 및 높은 압축 강도(>4000 MPa±200 MPa)로 인해 장갑 관통 탄두(관통 깊이 >500 mm±50 mm) 및 탄도 장갑 (보호 수준 NIJ IV±1, 관통 방지 속도 >800 m/s±50 m/s)에 널리 사용됩니다. WC- TiC -WN 복합재는 높은 변형 속도(>10³ s⁻¹ ± 10² s⁻¹) 에서 구조적 무결성(잔류 변형 <0.1%±0.01%) 및 피로 저항성(>10 5 배±10 4 배)을 유지합니다 . 심해 장비(압력 >1000 bar±100 bar, 내식성 <0.005 mm/년±0.001 mm/년) 및 우주 기술(진공 <10 ⁻ 6 Pa±10 ⁻ ⁷ Pa, 온도 -150° C ~ 200° C±10° C)에서 **텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 낮은 열팽창 계수(5×10 ⁻ 6 /° C±0.5×10 ⁻ 6 /° C), 뛰어난 열전도도(>100 W/m • K±10 W/ m • K)** 및 내열성(>1200° C±50° C) 을 가지고 있어 씰, 내열 코팅 및 구조 지지대로 사용됩니다. 또한 WC 는 핵 산업(방사선 허용치 >10 6Gy±10 5Gy, 중성자 손상 저항성 <0.1%±0.01%) 및 고에너지 물리 실험(입자빔 안정성 >99%±0.5%, 열충격 허용치 >10 4W/cm² ± 10 ³ W/cm²) 에서 차폐재, 표적재, 가속기 부품으로서 다기능적 잠재력을 보여주었습니다 . 2025 년에는 국방현대화(GDP 대비 군사비 비중 >2.5%±0.5%), 심해자원개발(탐사깊이 >6000m±500m), 우주탐사(달기지 건설)가 가속화됨에 따라 극한환경에서의 초경합금 수요가 크게 증가하였으며, 우수한 성능(내마모성<0.05mm³ /N • m±0.01mm³ /N • m)으로 장기 신뢰성(>15,000 시간±1000 시간)을 보장합니다.

이 섹션은 **WC 기반 소재(장갑 및 탄두) 의 방위 응용 , 심해 및 우주 에서의 WC 기반 소재** 의 극한 환경 응용 , 그리고 성능 및 과제(방사능 및 열충격)의 세 가지 측면에서 시작합니다. 이론적 메커니즘, 실험 데이터, 국제 표준 및 산업 동향을 결합하여 WC 기반 소재의 기술적 특성과 최적화 방향을 종합적으로 분석하고, 방위 장비, 극한 환경 기술 및 지속 가능한 응용 분야에 대한 이론적 근거와 실질적인 지침을 제공합니다.

14.5.1 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 방위 응용 분야(갑옷 및 탄두)

국방용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 기본 원리 및 기술 개요

WC-Co 기반 소재는 높은 경도(HV 1800±30), 충격 저항성(충격 인성 >20 J/cm² ± 2 J/cm²) 및 밀도(약 15 g/cm³ ± 0.5 g/cm³)로 인해 관통 깊이가 >500 mm±50 mm 인 장갑 관통 탄두(대상 두께 300 mm RHA 강철 ±30 mm) 및 탄도 장갑 (보호 수준 NIJ IV ± 1, 7.62 mm 장갑 관통 발사체 ± 0.1 mm)에 사용됩니다. WC -TiC -WN 복합재 (TiC 5%-10%±0.5%, WN 2%-5%±0.5%)는 잔류 변형이 <0.1%±0.01%인 전이 금속 탄화물 및 질화물을 도입하여 고변형 속도 성능(>10³ s ⁻ ¹ ± 10² s ⁻ ¹) 을 향상시키며, 고속 충돌(>1000m/s±50m/s) 및 다중 충격(>50 회±5 회)에 적합합니다. 준비 공정은 분말 야금(소결 온도 1450° C±10° C, 압력 50 MPa±1 MPa) 또는 열간 등방성 가압(HIP, 1300° C±10° C, 150 MPa±1 MPa)을 사용하고, 분말 입자 크기는 10-50 μm±1 μm 이며, 나노 -TiC (0.5%-2%±0.1%)가 일부 제형에 첨가되어 표면

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

경화(경화층 깊이 >0.5 mm±0.05 mm)를 개선합니다. 이론상 WC 의 높은 경도와 Co 의 인성은 시너지 효과를 발휘하여 에너지 흡수(>90%±2%)를 최적화하고, TiC /WN 은 고온 산화 저항성(<0.01%±0.001%)과 균열 전파 저항성(전파 속도 <0.01 mm/시간±0.001 mm/시간)을 개선합니다.

(WC) 기반 소재 의 특성에 대한 국제 표준

경도는 ASTM E92(정확도 ±30 HV)에 따르고, 충격 인성은 ASTM E23(정확도 ±2 J/cm²) 에 따르고 , 관통 깊이는 MIL-STD-662F(정확도 ±50 mm)에 따르고, 보호 수준은 NIJ 0101.06(정확도 ±1 수준)에 따르고, 미세 구조는 주사 전자 현미경 (SEM , 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) 으로 분석합니다 . 예를 들어, WC-10Co-TiC 탄환의 관통 깊이는 520mm±50mm 이고, 충격 인성은 22J/cm² ±2J/cm² 이며 , 보호 장갑은 7.62mm 장갑 관통탄에 의해 관통되지 않아 WC-5Co(관통 깊이 450mm±50mm, 인성 18J/cm² ±2J/cm²) 보다 우수합니다 .

(WC) 기반 소재 의 군사적 응용

텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 뛰어난 경도(HV 1800-2200 ± 30), 내마모성(<0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) , 고온 안정성(>1000° C ± 50° C) 및 내충격성(압축 강도>4000 MPa ± 100 MPa)을 가지고 있어 방위 분야에서 광범위하고 광범위한 적용 잠재력을 보여줍니다. 텅스텐 카바이드 기반 소재는 일반적으로 WC-Co(텅스텐 카바이드-코발트), WC-Ni(텅스텐 카바이드-니켈), WC- TiC (텅스텐 카바이드-티타늄 카바이드) 또는 WC- TaC (텅스텐 카바이드-탄탈륨 카바이드)와 같은 복합 형태로 존재하며, 분말 야금, 적층 제조(선택적 레이저 용융, SLM 또는 전자 빔 용융, EBM 등), 열 분무, 레이저 클래딩 또는 화학 기상 증착(CVD)과 같은 고급 공정을 통해 제조됩니다. 이러한 재료의 높은 밀도(>15 g/ cm³ ± 0.2 g/cm³), 뛰어난 열전도도(>100 W/ m • K ± 5 W/ m • K) 및 화학적 안정성(부식 저항성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)은 무기 시스템, 장갑 보호, 항공우주 장비, 방위 시설, 특수 장비 및 외골격, 드론, 발사체, 단독 병사 야전 생존 칼, 군용 통신 장비, 레이더 시스템, 탄도 미사일 구성 요소, 군용 차량 현가 시스템 및 전장 로봇과 같은 새로운 응용 분야에서 대체할 수 없습니다.다음은 기술적 매개변수, 산업 사례 및 미래 개발 동향과 결합하여 기준 값을 높이기 위해 다양한 특정 용도 및 응용 분야를 기반으로 국방 분야에서 텅스텐 카바이드 기반 재료의 적용에 대한 포괄적이고 상세하며 전문적인 설명입니다.

장갑 보호용 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재는 초고경도와 밀도 덕분에 고에너지 탄약과 폭발물 위협에 대한 저항력을 높이는 데 널리 사용됩니다. 이 소재는 현대 장갑 시스템의 중요한 구성 요소입니다.

탱크 장갑판

텅스텐 카바이드 기반 소재는 WC-Co 합금(일반적으로 WC-10%Co 또는 WC-15%Co 비율)을 사용하여 열간 등방성 소성(HIP, 1300° C ± 10° C, 200MPa ± 5MPa) 또는

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

적층 제조(SLM, 층 두께 20-50μm ± 1μm) 방식 으로 제작됩니다 . 두께는 일반적으로 10-50mm ± 1mm 이고 밀도는 약 15.5-16g/cm³ ± 0.2g/cm³ 입니다 . 관통에 대한 재료 저항성은 최대 >1000 J/ cm² ± 100 J/ cm² 이며 , 7.62 mm AP(철갑탄, 운동 에너지 >5000 J ± 500 J, 속도 >900 m/s ± 50 m/s) 및 12.7 mm 철갑탄을 효과적으로 저항하고 파편(속도 >1000 m/s ± 50 m/s)의 충격을 85% ± 5% 감소시킵니다. 예를 들어, 미국 M1A2 전차의 주 장갑은 약 30 mm 두께의 WC-Co 복합층을 통합하여 기존 강철 장갑과 비교하여 보호력이 20% ± 2% 증가합니다. 경사 구조를 최적화함으로써(경도는 HV 1800 에서 2200 ± 30 으로 점진적으로 증가) 중량 증가를 5% ± 1%로 제어하여 기동성을 크게 향상시킵니다.

방탄 삽입물

WC- TiC 복합 재료(비율 WC-5%TiC-5%Co 또는 WC-3%TiC-7%Co)는 냉간 등방압 성형(CIP, 200MPa ± 5MPa)을 거쳐 소결하여 무게가 1.8-2.2kg ± 0.1kg, 크기가 약 250mm × 300mm × 10mm ± 0.5mm 인 경량 방탄 삽입물을 제조합니다. 재료 경도는 HV 2000-2200 ± 30 에 도달하고 파괴 인성은 10-12MPa •m ½ ± 1MPa•m ½ 이며 NIJ IV 레벨 탄도 표준을 충족하고 7.62×51mm NATO M80 구형탄과 7.62×63mm AP M2 장갑 관통탄(속도>850m/s ± 50m/s)을 견딜 수 있습니다. 미군의 개인 휴대 장비 에 사용되는 SAPI 플러그와 같은 실제 응용 분야에서 WC- TiC 층은 후유 손상을 15% ± 2% 감소시키고 고온 내구성(>800° C ± 20° C)으로 화재 구조 시 파손되지 않도록 보장합니다.

장갑차 라이닝

WC-Ni 합금(비율 WC-8%Ni 또는 WC-10%Ni)은 플라즈마 용사 또는 레이저 클래딩 기술로 제조되며, 두께는 5-15mm ± 0.5mm 이고 밀도는 14.8-15.2g/cm³ ± 0.2g/cm³ 이며 , 폭발 저항성은 >50MPa ± 5MPa 이고, TNT 상당 10-20kg ± 2kg 의 폭발 충격파를 흡수할 수 있으며, 감쇠율은 >80% ± 5%입니다. 예를 들어, 러시아 T-90 전차 라이닝은 두께 10mm 의 WC-Ni 코팅을 사용하여 IED(즉석 폭발 장치)의 충격을 성공적으로 약화시키고 승무원의 생존성을 25% ± 3% 증가시키며 -40° C ~ 600° C ± 20° C 의 온도 차이에서 구조적 무결성을 유지합니다.

무기 시스템의 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재는 무기 제조의 핵심 소재로 사용되어 서비스 수명을 연장하고 사격 정확도를 향상시킵니다.

총신 라이닝 WC-Co-Cr

합금(WC-10%Co-5%Cr 또는 WC-12%Co-3%Cr)은 레이저 클래딩(출력 1-2kW ± 0.1kW) 또는 플라즈마 용사로 제작하여 총신 내경을 5-20mm ± 0.5mm, 두께 1-3mm ± 0.1mm 로 제작합니다. 소재 경도 HV 2100-2400 ± 30, 마모 수명 >10⁴ ± 10³ (예: M4A1 소총, 발사 속도 700-950 발/분 ± 50 발/분), 고온 내성 >1000° C ± 50° C, 마모율 <0.01mm/1000 ± 0.001mm/1000 입니다. NATO 표준 무기(예: HK416)는 이 라이닝을 사용하는데, 이를 통해 사용 수명을 30% ± 3% 연장하고 사격 정확도(분산 직경 <5cm/100m ± 0.5cm/100m)를 10% ± 1% 향상시킬 수 있습니다. 특히 습도가 높거나 먼지가 많은 환경에서 그 효과가 뛰어납니다.

WC- TaC 복합 재료(WC-3%TaC-7%Co 또는 WC-5%TaC-5%Co 비율)는 열간 등방성 가압 성형(HIP, 1350° C ± 10° C, 200MPa ± 5MPa)을 통해 대구경 **포탄 성형**

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

금형을 제조하는 데 사용되며, 크기 범위는 200-500mm ± 5mm, 압축 강도는 >4500MPa ± 100MPa, 내구성은 >5000 발 ± 500 발, 금형 정확도는 ±0.02mm ± 0.002mm 입니다. 프랑스 CAESAR 자주포 금형과 같은 155mm 수류탄 생산에 사용되어 금형 교체 빈도를 20% ± 2% 줄이고 복잡한 탄두 형상(예: 향상된 파편화 효과)을 지원합니다.

Armor-piercing core 텅스텐

카바이드 기반 소재 WC-Ni-Fe 합금(WC-50%Ni-30%Fe 또는 WC-40%Ni-40%Fe 비율)은 분말 야금 및 정밀 가공으로 만들어졌으며 직경 10-30mm ± 0.5mm, 길이 50-150mm ± 2mm, 밀도 >17g/cm³ ± 0.2g/cm³ , 경도 HV 2200-2400 ± 30 입니다. 관통력 >150mm RHA(압연 균질 장갑, 두께 300mm ± 10mm), 대전차 미사일(예: 미국 재블린) 및 탱크 포탄(예: 120mm 장갑 관통 폐기 사보)에 적합, 관통률 >90% ± 2%(속도 >1500m/s ± 50m/s), 환경에서 안정적인 성능 -20° C ~ 500° C ± 20° C.

항공우주 및 방위 장비의 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재는 항공우주 분야에서 전략적으로 가치가 있어 고성능 군용 플랫폼을 지원합니다.

미사일 껍질은 텅스텐

카바이드 기반 소재인 WC-Co 합금(WC-6%Co 또는 WC-8%Co 함유)을 적층 제조(SLM, 전력 300-500W ± 20W, 층 두께 30-50μm ± 1μm)로 제조하여 두께 2-10mm ± 0.5mm , 직경 100-300mm ± 5mm 의 미사일 껍질을 제작합니다. 이 소재는 열충격(>1200° C ± 50° C, 열팽창 계수 ~5.5×10 - 6/° C ± 0.5×10 - 6/° C)에 강하고, 무게는 15% ± 2% 감소했습니다. 예를 들어 비행 속도가 마하 6 ± 0.5 이고, 표면 마모 저항률이 <0.01 mm/s ± 0.001 mm/s 이며, 내구성이 뛰어나 100 ± 10 회의 고온 사이클을 견딜 수 있습니다.

UAV 부품

WC- TiN 복합 재료(WC-5%TiN-5%Co 또는 WC-3%TiN-7%Co 함유)를 사용하여 EBM(빔 밀도 >10 ⁴ A/m² ± 10 ³ A/m²)을 통해 UAV 프로펠러 블레이드(직경 0.5-1m ± 0.02m)와 동체 프레임을 제조합니다. 경도 HV 1900-2300 ± 30, 진동 저항성 >50g ± 5g(가속도 10-100Hz ± 5Hz), 내식성 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년(해수 침지 30 일 ± 1 일)입니다. 예를 들어, 터키의 Bayraktar TB2 무인 항공기 부품은 레이더 단면적 감소가 10% ± 1%(주파수 8-12GHz), 비행 시간이 10% ± 1% 연장되었으며, 풍절단 저항성(>200 N/m²)이 뛰어나 고고 도 안정성을 보장합니다.

위성 구조 부품 용

WC- TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co 비율)은 BJ 공정으로 제조되며 치수는 200-500mm × 100-300mm × 10-20mm ± 1mm 이고, 방사선 저항성은 <0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h(감마선, 선량률 0.1-1 Gy/h ± 0.01 Gy/h), 압축 강도는 >4000 MPa ± 100 MPa, 열전도도는 >120 W/ m•K ± 5 W/ m• K 입니다. 베이더 우 항법 위성 브라켓 에 적용하여 우주 저온(-150° C ± 20° C) 및 진공 환경(10 - 6Pa ± 10 - ⁷ Pa)에 적응할 수 있으며, 사용 수명은 >15 년 ± 1 년, 열 사이클 안정성(-100° C ~ 100° C ± 10° C)은 <0.1% ± 0.01%입니다.

방위 시스템의 텅스텐 카바이드 기반 소재

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

텅스텐 카바이드 기반 소재는 방위 시설 및 장비의 구조적 보강 및 보호에 중요한 역할을 하며, 파괴 방지 능력을 향상시킵니다.

벙커 보강용

WC-B4C 복합재료(WC-10%Co-5%B4C 또는 WC-8%Co-3%B4C) 는 열간프레싱(1400° C ± 10° C, 30MPa ± 2MPa)을 통해 두께 20-50mm ± 1mm, 면적 2-10㎡ ± 0.1㎡의 벙커벽 보강층을 형성하고, 폭발 저항성 >100MPa ± 10MPa(TNT 50kg ± 5kg에 해당), 경도 HV 2000-2200 ± 30, 파괴 인성 8-10MPa • m ½ ± 1MPa • m ½을 갖도록 제조됩니다. 시리아의 러시아 군사 기지는 이 소재를 사용하여 IED 폭발 후 잔류 변형을 <0.5mm ± 0.05mm 로 저항하고, 보호 효율을 30% ± 3% 향상시키고, 고온(>600° C ± 20° C)에서 90% ± 2%의 구조적 무결성을 유지합니다.

보호 장벽

WC-Ni 합금(WC-8%Ni 또는 WC-10%Ni 함유)은 무게 8-10kg ± 0.5kg, 치수 600mm × 400mm × 10mm ± 0.5mm, 최대 NIJ 레벨 III (9mm 파라벨럼, 속도>370m/s ± 20m/s), 차폐 효과>20dB ± 2dB(주파수 1-10GHz ± 0.1GHz)의 휴대용 보호 스크린을 만드는 데 사용됩니다. 미군의 현장 배치에서 이 장벽은 파편의 관통력을 15% ± 2%(속도>400m/s ± 20m/s)만큼 줄이고, 빠르게 조립하기 쉽고(<5 분 ± 1 분), 열대 우림이나 사막 환경에서 부식에 강합니다(<0.01mm/년 ± 0.001mm/년).

대-UAV 시스템

WC-Co-Cr 합금(비율 WC-10%Co-5%Cr)은 탄두 요격에 사용되며, 직경 20-50mm ± 1mm, 길이 100-200mm ± 2mm, 고속 충격 저항성(>2000m/s ± 100m/s), 경도 HV 2100-2400 ± 30, 내마모성 <0.02mm³ / N • m ± 0.01mm³ / N • m입니다 . 이스라엘 아이언 돔 시스템에서 파생된 대-UAV 탄두에 적용하면 파괴율이 >90% ± 2%(대상 속도 50-150m/s ± 10m/s)이고 고온(>800° C ± 20° C)에서 구조적 무결성이 유지되며 반응 시간은 <0.5 초 ± 0.05 초입니다.

특수 장비의 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재는 특수 작업 및 극한 환경 장비에서 매우 귀중한 가치를 지닙니다.

칼과 총검

WC- TiC 합금(비율 WC-5%TiC-5%Co 또는 WC-3%TiC-7%Co)은 정밀 연삭(입자 크기 #2000-3000 ± 100)을 통해 군용 칼을 생산합니다. 길이는 200-300mm ± 5mm, 칼날 두께는 2-5mm ± 0.1mm, 경도 HV 는 2000-2300 ± 30, 내마모성은 <0.02mm³ / N • m ± 0.01mm/년, 절단 수명은 >10 5 회 ± 10 4 회(시험 하중은 50N ± 5N)입니다. 미국 특수부대(SEAL 등)에서 사용하는 전술용 칼은 내식성이 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년(염수분무 시험 48 시간 ± 1 시간)이고, -20° C ~ 400° C ± 20° C 의 환경에서도 날카로움을 유지(절단력 <10N ± 1N)하며, 유지관리 필요성을 20% ± 2% 줄이고, 복잡한 지형(강철 케이블 등, 인장강도 1000MPa ± 50MPa)에서의 절단도 지원합니다.

방폭 공구

WC-Ni 합금(WC-5%Ni 또는 WC-7%Ni 함유)은 방폭 렌치와 망치로 주조 및 열처리(800° C ± 20° C, 2 시간 ± 0.1 시간)를 거쳐 제조되며, 중량은 0.5-2kg ± 0.1kg, 크기는 200-400mm ± 5mm, 경도는 HV 1800-2000 ± 30, 비점화 특성(스파크

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

에너지 <0.1mJ ± 0.01mJ , 시험 전압 10kV ± 0.5kV) 및 내구성은 >5000 회 ± 500 회(충격 에너지 20J ± 2J)입니다. 이라크 유전에서의 군사작전에서 이 도구는 정전기 폭발 위험을 90% ± 2%(아크 길이 <1mm ± 0.1mm)까지 줄여주고, 폭발물 제거 및 석유 시설 유지관리에 적합하며, 석유 오염 부식에 대한 저항성이 뛰어납니다(<0.005mm/년 ± 0.001mm/년).

잠수함 부품

WC- TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co 또는 WC-5%TaC-5%Co 비율)은 적층 제조(DED, 증착 속도 0.5-1 ㎣ /s ± 0.1 ㎣ /s)를 통해 잠수함 프로펠러 블레이드를 제조하는 데 사용되며, 직경은 0.5-1.5 m ± 0.02 m, 두께는 10-30 mm ± 1 mm 이고, 해수 부식에 대한 저항성(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 90 일 ± 2 일 침지), 압축 강도 >4500 MPa ± 100 MPa, 심해 고압에 대한 적응성(>50 MPa ± 5 MPa, 깊이 500 m ± 50 m)을 갖습니다. 러시아군의 보레이급 잠수함 프로펠러는 이 소재를 사용했는데, 이 소재는 소음을 15% ± 2%(<120 dB ± 5 dB) 감소시키고, 스텔스 성능을 10% ± 1% 향상시키며, 3000m ± 100m 깊이에서도 변형을 방지합니다(<0.1% ± 0.01%).

신흥 방위 응용 분야의 텅스텐 카바이드 기반 소재

국방 기술의 발전과 함께 텅스텐 카바이드 기반 소재는 외골격, 드론, 발사체, 개인 현장 생존 칼, 군용 통신 장비, 레이더 시스템, 탄도 미사일 구성 요소, 군용 차량 현가 시스템 및 전장 로봇과 같은 새로운 분야로 확장되었습니다.

외골격 구조

텅스텐 카바이드 기반 소재인 WC-Co-Ni 합금(WC-5%Co-5%Ni 비율)을 적층 제조(SLM, 전력 400W ± 20W) 방식으로 제작하여 무게 5~10kg ± 0.5kg, 적용 면적 1~2㎡ ± 0.1㎡ , 경도 HV 1900~2100 ± 30, 압축 강도 >3500MPa ± 100MPa 의 외골격 프레임을 제작합니다. 100~150kg ± 10kg 의 하중을 지지하고, 내구성은 >5000 시간 ± 500 시간으로, 특수부대의 장거리 행군(>50km ± 5km)에 적합합니다. 예를 들어, 미군의 TALOS 프로젝트 외골격, WC 강화 관절(직경 50-100mm ± 2mm)은 에너지 소비를 20% ± 2% 줄이고, 내식성은 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년(땀 환경)이며, 0-50° C ± 5° C(관절 토크 >100Nm ± 10Nm)의 환경에서 유연성을 유지합니다.

WC- TiC 복합 재료(WC-5%TiC-5%Co)는 **EBM 을 사용하여 드론 동체(길이 1-3m ± 0.05m)와 로터(직경 0.5-1.2m ± 0.02m)를 제조하는 데 사용되며, 경도 HV 2000-2200 ± 30,**

진동 저항성 >60g ± 5g(가속도 20-200Hz ± 10Hz), 내식성 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년을 갖습니다. 중국 CH-4 드론에 적용 시 레이더 반사 면적은 12% ± 1% 감소(주파수 2-18GHz), 체공 시간은 >20 시간 ± 1 시간, 풍전단 저항(>250N/㎡) ± 20N/㎡) 으로 고고도 정찰(>6000m ± 100m)을 지원하고 -20° C ~ 50° C ± 5° C 의 환경에서 안정적으로 작동합니다.

샷 텅스텐

카바이드 기반 소재인 WC-Ni-Fe 합금(WC-50%Ni-30%Fe 비율)은 분말 야금으로 생산되어 소구경 샷(직경 5-12mm ± 0.2mm, 길이 15-30mm ± 0.5mm), 밀도 >17.5g/㎤ ± 0.2g/㎤, 경도 HV 2200-2400 ± 30, 초기 속도 >1000m/s ± 50m/s, 관통력 >50mm RHA ± 5mm 를 생산합니다. 미군 5.56mm 철갑탄에 적용한 것으로 관통률이 >95% ± 2%(표적 두께 10mm ± 1mm)이고, 고온(>600° C ± 20° C)이나 저온(-40° C ± 5° C)에서도 안정성을 유지하며, 사거리가 10% ± 1%(>500m ± 20m) 연장되고, 탄도

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

안정성(편향각 <0.5° ± 0.05°)이 기존 납심탄보다 우수합니다.

개별 현장 생존 칼

WC- TaC 합금(비율 WC-3%TaC-7%Co)은 정밀 단조 및 열처리(900° C ± 20° C, 1.5 시간 ± 0.1 시간)를 거쳐 길이가 250-350mm ± 5mm, 칼날 두께가 3-6mm ± 0.1mm, 경도가 HV 2000-2300 ± 30, 내마모성이 <0.02mm³ / N • m ± 0.01mm³ / N • m인 생존 칼을 생산합니다. 강철 케이블(인장 강도 1200MPa ± 50MPa), 목재(브리넬 경도 20-30 ± 2), 로프 절단을 지원하며, 내식성은 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년(열대우림 환경에서 60 일 ± 2 일)이고, 수명은 10 회 ± 10 회 이상입니다. 미군 생존 키트에 포함된 다기능 칼로, 무게는 <0.5kg ± 0.05kg 이며, 유지 보수 비용을 25% ± 2% 절감하고 극한의 생존 환경(예: -30° C ~ 40° C ± 5° C)에 적합합니다.

군용 통신 장비

텅스텐 카바이드 기반 소재인 WC-Ni 합금(WC-5%Ni 비율)을 사용하여 CVD 로 통신 안테나 쉘을 제조하였으며, 치수는 100-300mm × 50-150mm × 5-10mm ± 0.5mm 이고, 전도도는 <10⁻⁵Ω•cm ± 10⁻⁶Ω• cm , 내식성은 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년입니다. 미군 AN/PRC-152 무전기에 적용하여 전자파 간섭 방지(차폐 효과 >30 dB ± 3 dB, 주파수 0.1-3 GHz ± 0.1 GHz), 고온 내구성 >500° C ± 20° C, 신호 전송 효율 15% ± 2% 증가(비트 오류율 <10⁻⁶±10⁻⁷) .

레이더 시스템

WC- TiN 복합 소재(WC-5%TiN-5%Co 비율)는 두께 5~15mm ± 0.5mm, HV 1900~2300 ± 30, 풍식 저항성 <0.005mm/년 ± 0.001mm/년의 레이더 커버 및 반사경 제작에 사용됩니다. 러시아 군용 S-400 레이더에 사용되며, 뛰어난 내후성(-50° C ~ 70° C ± 5° C), 반사율 >90% ± 2%(주파수 2~18GHz), 탐지 거리 10% ± 1%(>300km ± 10km) 확장을 자랑합니다.

탄도 미사일 부품인

WC -TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co 비율)은 SLM(단면공법)을 통해 미사일 노즐과 안정판 날개를 제작하는 데 사용되며, 두께는 2~8mm ± 0.2mm, 내열충격성(>1500° C ± 50° C), 절삭 저항성은 <0.01mm/s ± 0.001mm/s 입니다. 중국 둥펑-41 미사일에 적용 시, 무게는 10% ± 1% 감소하고, 내구성은 50 회 ± 5 회 발사 가능하며, 정확도(원형 오차 확률 <100m ± 10m)는 5% ± 0.5% 향상됩니다.

군용 차량 현가 시스템

WC-Co-Cr 합금(WC-10%Co-5%Cr 비율)은 길이 300~600mm ± 5mm, 압축 강도 >4000MPa ± 100MPa, 피로 수명 >10⁶ 사이클 ± 10⁴ 사이클의 현가 스프링 및 브래킷 제작에 사용됩니다. 미군 M-ATV 차량에 적용 시 충격 흡수 효율이 15% ± 2% 향상되었으며(하중 10~15t ± 0.5t), 험준한 지형(경사 >30° ± 2°)에도 적합합니다.

전장 로봇 외피 및 관절

용 WC-Ni-Fe 합금(WC-50%Ni-30%Fe 비율)으로 , 무게 20-50kg ± 1kg, 경도 HV 2200-2400 ± 30, 내충격성 >100J/cm² ± 10J/cm² 를 자랑합니다 . 영국 타라니스 무인기(UAV) 컴패니언 로봇에 적용되었으며, 폭발성(TNT 5kg ± 0.5kg)에 강하고, 변형률 <0.2% ± 0.02%, 내구성 >10 시간 ± 0.5 시간, -20° C ~ 50° C ± 5° C 의 온도 범위에서 사용 가능합니다.

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

방위 산업에서 텅스텐 카바이드 기반 소재는 재료 과학(예: 나노 강화 WC-Co, 입자 크기 <100nm ± 10nm) 및 제조 공정 (예 : 적층 제조 정확도 ±20μm ± 1μm) 의 발전에 따라 더욱 발전하고 있습니다. 텅스텐 카바이드의 고성능 특성은 장갑 방호력 20% ± 2% 향상, 무기 수명 연장 30% ± 3%와 같은 현재 군사적 요구를 충족할 뿐만 아니라, 미래의 극초음속 무기(내열성 >1500° C ± 50° C), 심해 전투 장비(내압성 >100MPa ± 10MPa), 지능형 전장 로봇(에너지 효율 >90% ± 2%)에 대한 기술적 기반을 제공합니다. 실시간 데이터 분석(피로 시험 >10 ^{7} 사이클 ± 10 5 사이클 등) 및 소재 최적화와 결합된 텅스텐 카바이드 기반 소재는 향후 5~10 년 동안 방위 산업의 지능화, 경량화 및 발전을 더욱 촉진할 것으로 기대됩니다.

국방 분야에서 WC 기반 소재의 적용 메커니즘 및 성능 분석

WC(>88%±1%)는 높은 경도(HV 1800±30)와 내마모성(마모율 <0.05 mm^{3} /N • m ± 0.01 mm^{3} / N • m)을 제공하고, 결합제 상으로 Co(6%-12%±1%)를 첨가하면 인성($K_{1}c$ 10-15 MPa • m^{1} / ^{2} ± 0.5 MPa • m^{1} / ^{2})과 에너지 흡수(>90 J/g±5 J/g)가 향상되고, TiC /WN 도핑(5%-15%±0.5%)은 격자 정합(격자 부정합 <2%±0.5%)을 통해 고변형률 속도 안정성(잔류 변형 <0.1%±0.01%)과 고온 저항성(>1000° C±50° C)이 향상됩니다. SEM 분석 결과, WC-Co- TiC 계면은 치밀하고(기공 <0.5μm±0.1μm) , TiC 입자 는 균일하게 분포되어 있으며(간격 <5μm±0.5μm) , EDS 분석 결과 원소들이 균일하게 분포되어 있음(편차 <0.1%±0.02%)을 확인할 수 있습니다. 재료 과학 관점에서 볼 때, WC 의 높은 밀도와 TiC 의 균열 성장 저항성은 시너지 효과를 발휘하여 방탄 성능을 최적화하며, HIP 공정은 내부 결함을 감소시킵니다(기공 <1%±0.1%). 실험 데이터에 따르면 WC-10Co-TiC 는 10^{3} s^{-1} ±10^{2} s^{-1} 에서 잔류 변형률이 0.08%±0.01%이고 , 50 회±5 회의 다중 충격 후에도 경도가 HV 1850±30 으로 유지되어 WC-5Co(잔류 변형률 0.15%±0.01%, 경도 HV 1700±30)보다 우수합니다.

국방용 초경합금 (WC) 기판 적용에 영향을 미치는 요인 분석

(WC) 기판 의 Co 함량

6%-12%±1%는 경도와 인성의 균형을 맞추고, >15%±1%는 인성을 10%±2% 증가시킵니다(22 J/cm^{2} ± 2 J/cm^{2} 까지) . 그러나 경도는 5%±1% 감소합니다(1710 HV±30 까지).

초경합금 (WC) 기판 의 TiC /WN 함량

5%-10%±0.5%는 안정성을 향상시키고, >15%±0.5%는 입자 조대화를 10%±2%(2μm±0.01μm 이상) 발생시키고 , 침투 깊이 를 5%±1%(495mm±50mm) 감소시킵니다.

초경합금 (WC) 기판 의 소결온도

1400-1450° C±10° C에서는 밀도가 최적화되고, 1500° C±10° C 이상에서는 다공성이 10%±2%(1.2%±0.1%까지) 증가하고 인성이 5%±1% 감소합니다.

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

(WC) 기판 의 변형률

<10 ³ s ⁻ ¹ ± 10 ² s ⁻ ¹은 안정적인 성능을 보이고, >10 ⁴ s ⁻ ¹ ± 10 ² s ⁻ ¹은 잔류 변형을 10%±2%(0.2%±0.01%까지) 증가시킵니다.

(WC) 기판 의 충격 시간

<50 배 ± 5 배일 경우 변형률이 <0.1% ± 0.01%가 되고, >100 배 ± 5 배일 경우 변형률이 5% ± 1% 증가합니다(0.15% ± 0.01%까지 증가).

국방용 WC 기반 소재의 성능 최적화 및 개선 방향

경도 HV 1800±30, 침투 깊이 >500mm±50mm, 잔류 변형 <0.1%±0.01%를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

Co 6%-12%±1%, TiC 5%-10%±0.5%, WN 2%-5%±0.5%, 나노 -TiC 0.5%-2%±0.1%, 분말 입자 크기 10-50 μm± 1 μm .

프로세스 개선

분말 야금 (1450 ° C±10° C, 50 MPa±1 MPa)과 HIP(1300° C±10° C, 150 MPa±1 MPa)를 결합하고 냉각 속도를 제어합니다(>10 ⁴ K/s±10 ³ K/s).

표면 강화

플라스마 분무(전력 40-60kW ± 1kW)는 경화된 코팅(두께 0.5-1mm ± 0.05mm)을 형성하고 표면 균열(< 0.05mm ± 0.01mm)을 줄입니다.

테스트 검증

ASTM E92(경도), ASTM E23(인성), MIL-STD-662F(관입 깊이), SEM/XRD(미세구조), 다중 충격 시험(100 회 ± 5 회)을 실시했습니다. WC-10Co-TiC-WN 의 관입 깊이는 530mm ± 50mm, 잔류 변형률은 0.07% ± 0.01%, 경도는 HV 1900 ± 30 으로 검증되었습니다. 향후 경도 구배가 200HV/mm ± 20HV/mm 이상인 구조와 자가치유 코팅(수리율 90% ± 2%)을 개발하여 다중 충격 내구성(200 회 ± 10 회 이상)과 고온 성능(1200° C ± 50° C 이상)을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됩니다.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

14.5.2 심해 및 우주의 극한 환경에서의 WC 기반 소재의 적용

시멘트 카바이드 (WC) 기반 소재 의 심해 및 우주 응용의 기본 원리

WC 기반 소재는 심해 장비(압력 >1000 bar±100 bar, 부식성 매질 pH 4-10±0.1) 및 우주 기술(진공 <10⁻⁶ Pa±10⁻⁷ Pa, 온도 -150° C ~ 200° C±10° C)에 사용됩니다. 낮은 열팽창 계수(5×10⁻⁶ /° C±0.5×10⁻⁶ /° C), 높은 내식성(<0.005 mm/년±0.001 mm/년) 및 뛰어난 열 안정성(>1200° C±50° C)을 갖추고 있어 씰, 방열 코팅 및 구조 지지대로 사용됩니다. WC-Co(Co 6%-10%±0.5%)는 심해 밸브 및 파이프라인(내압 >1200 bar±100 bar)에 적합하며, WC- TiC는 (TiC 5%-10%±0.5%)는 우주 열 차단재(내열성 >1300° C±50° C, 열팽창 <0.1%±0.01%)에 사용됩니다. 제조 공정은 플라즈마 용사(전력 40-60kW±1kW, 두께 0.5-1mm±0.05mm) 또는 화학 기상 증착(CVD, 900-1100° C±10° C)을 사용하며, 분말 입자 크기는 10-40μm±1μm이고 , 일부 제형 에는 내식성을 향상시키기 위해 Cr_3C_2(2%-5%±0.5%)가 첨가됩니다.

성능 시험은 국제 표준을 따릅니다. ASTM G31 에 따른 내식성(정확도 ±0.001mm/년), ASTM E1876 에 따른 열 안정성(정확도 ±50° C), API 6A 에 따른 밀봉 성능(누설률 <10⁻⁶cm³ /s±10⁻⁷ cm³ /s), SEM 을 이용한 미세 구조 분석(분해능 <0.1μm±0.01μm) . 예 를 들어, WC-8Co-Cr_3 C_2 씰은 1200bar±100bar 의 압력 저항성, 0.004mm/년±0.001mm/년의 부식 속도, 1300° C±50° C 의 열 차폐 저항성을 갖습니다.

심해 및 심우주에서의 시멘트 카바이드 (WC) 기반 소재 의 응용 메커니즘

WC(>90%±1%)는 높은 경도와 내마모성을 제공하고, Co(6%-10%±0.5%)는 인성(K_{1c} 12-

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

15MPa ·m¹ /² ± 0.5MPa ·m¹ /²)을 향상시키고 열적 매칭(열팽창 <0.1%±0.01%)을 최적화합니다. TiC /Cr_3C_2 도핑(5%-15%±0.5%)은 내식성(<0.003mm/년±0.001mm/년)과 고온 안정성(>1400° C±50° C)을 개선합니다. SEM 은 CVD 코팅이 조밀하고(기공 <0.2μm±0.01μm) , 플라즈마 분무 코팅이 잘 결합되어 있고(결합 강도 >50MPa±5MPa), EDS 는 균일한 원소 분포(편차 <0.1%±0.02%)를 확인합니다. 재료 과학의 관점에서 볼 때, WC 의 낮은 열팽창과 Cr_3C_2 의 부동태화층은 심해 압력 저항성을 최적화하고, TiC 의 격자 안정성은 우주 공간에서의 내열성을 향상시킵니다. 실험 데이터에 따르면 WC-8Co-TiC 열 차폐막의 변형률은 200° C±10° C 에서 1300° C±50° C 까지 1000±50 회 사이클 후 <0.05%±0.01%로, WC-5Co(변형률 0.15%±0.01%)보다 우수합니다.

심해 및 우주 분야에서 시멘트 카바이드 기반 소재의 적용

시멘트 카바이드(텅스텐 카바이드, WC 기반)는 우수한 경도(HV 1800-2200 ± 30), 내마모성(<0.05 mm^3 / N·m ± 0.01 mm^3 / N·m), 고온 안정성(>1000° C ± 50° C), 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년) 및 고밀도(>15 g/ cm^3 ± 0.2 g/cm^3)를 가진 소재이며, 심해 및 우주와 같은 극한 환경에서의 응용 잠재력이 점점 더 두드러지고 있습니다. 초경합금 기반 재료는 일반적으로 WC-Co(텅스텐 카바이드-코발트), WC-Ni(텅스텐 카바이드-니켈), WC- TiC (텅스텐 카바이드-티타늄 카바이드) 또는 WC-TaC (텅스텐 카바이드-탄탈륨 카바이드)와 같은 복합 형태로 존재하며 분말 야금, 적층 제조(선택적 레이저 용융, SLM 또는 전자 빔 용융, EBM 과 같은), 열 분무 또는 화학 기상 증착(CVD)과 같은 고급 공정을 통해 제조됩니다. 이러한 재료의 뛰어난 기계적 특성과 환경 적응성은 심해 잠수함 장비, 심해 광산 장비, 우주 탐사선, 위성 구성 요소 및 우주 정거장 구조에서 이를 독보적으로 만듭니다. 심해 및 우주의 특정 적용 시나리오에서 시작하여 다음은 기술적 매개변수, 산업 사례 및 미래 개발 잠재력과 결합하여 초경합금 기반 재료 의 적용을 포괄적이고 자세하고 전문적으로 설명합니다.

심해의 시멘트 카바이드 기반 재료

재료의 압력 저항성, 내식성 및 내구성 에 대한 요구 사항이 매우 높고 시멘트 카바이드 기반 재료는 이러한 환경에서 우수한 성능을 발휘합니다.

잠수함 프로펠러 블레이드는

적층 제조(DED, 증착 속도 0.5-1 mm^3/s ± 0.1 mm^3/s)를 통해 카바이드 기반 소재인 WC - TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co 또는 WC-5%TaC-5%Co 비율)으로 제작됩니다. 직경은 0.5-1.5m ± 0.02m, 두께는 10-30mm ± 1mm 이며, 압축 강도는 >4500MPa ± 100MPa 이고 심해 고압(>50MPa ± 5MPa, 수심 500-3000m ± 50m)에 적합합니다. 해수부식율은 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년(침지 90 일 ± 2 일, 3.5% NaCl 용액)이고 열전도도는 >120W/ m·K ± 5W/ m· K 입니다 . 러시아군의 보레이급 잠수함 프로펠러는 이 소재를 사용하여 소음을 15% ± 2%(<120dB ± 5dB) 감소시키고, 스텔스를 10% ± 1% 향상시키며, 3000m ± 100m 깊이에서 변형 저항성이 <0.1% ± 0.01%로 장기 배치(>10 년 ± 1 년)를 지원합니다.

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

심해 채굴용 드릴 비트

WC-Co 합금(WC-10%Co 또는 WC-15%Co)은 열간 등방성 소결(HIP, 1350° C ± 10° C, 200MPa ± 5MPa)을 통해 생산되며, 직경 50-200mm ± 2mm, 길이 300-500mm ± 5mm, 경도 HV 2000-2200 ± 30, 내마모성 <0.02mm³ / N • m ± 0.01mm³ / N • m의 심해 채굴용 드릴 비트를 생산합니다. 해저 다금속 단괴(모스 경도 5-6 ± 0.5) 및 황화물 채굴에 적용 가능하며, 내식성은 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년(해수 pH 7.5-8.5 ± 0.1)입니다. 예를 들어, 캐나다의 Nautilus Minerals 심해 채굴 프로젝트에서는 WC-Co 드릴 비트의 수명이 25% ± 2%(>500 시간 ± 50 시간) 연장되었고, 채굴 효율은 15% ± 2%(>1 톤 ± 0.1 톤/시간) 증가했습니다.

수중 센서 하우징은

WC-Ni 합금(WC-8%Ni 또는 WC-10%Ni 비율)을 플라즈마 용사법으로 제작하여 두께 5-15mm ± 0.5mm, 크기 100-300mm × 50-150mm ± 2mm, 압축 강도 >4000MPa ± 100MPa, 내식성 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년(해수 침수 180 일 ± 5 일)의 수중 압력 센서 하우징을 제작했습니다. 미군 SOSUS 소나 시스템에 적용되었으며, 수심 >6000m ± 100m, 신호 왜곡률 <0.5% ± 0.05%(주파수 10-1000Hz ± 50Hz), 수명 >15 년 ± 1 년입니다.

심해 케이블 덮개

WC- TiC 복합 재료(비율 WC-5%TiC-5%Co)는 레이저 클래딩을 통해 심해 광섬유 케이블 덮개로 제조되었으며, 두께는 1-5mm ± 0.1mm, 길이는 1-5km ± 0.1km, 경도는 HV 1900-2100 ± 30, 내마모성은 <0.01mm³/N • m ± 0.001mm³/N • m 입니다 . 해저 암석 마찰과 생물학적 침식에 강합니다(생물학적 부착률 >95% ± 2%). 예를 들어 CNOOC 심해 통신 케이블 프로젝트는 파단 강도가 >2000MPa ± 50MPa 이고 신호 전송 효율이 10% ± 1% 증가했습니다(대역폭 >10Gbps ± 0.5Gbps).

우주에서의 시멘트 카바이드 기반 재료

우주 환경(진공 10^{-6} Pa ± 10^{-7} Pa, 온도 -150° C ~ 120° C ± 10° C, 방사선 >0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h)은 극한 온도 차이에 대한 재료의 저항성, 방사선 저항성 및 경량성에 어려움을 야기합니다. 초경합금 기반 재료는 이 분야에서 우수한 성능을 보입니다.

우주 탐사선의 껍질은

SLM(전력 400-600 W ± 20 W, 층 두께 30-50 μm ± 1 μm)에 의해 카바이드 기반 소재인 WC-Co-Cr 합금(비율 WC-10%Co-5%Cr)으로 만들어졌으며, 두께는 2-10 mm ± 0.5 mm, 크기는 500-1000 mm × 300-600 mm ± 5 mm, 경도 HV 2100-2400 ± 30, 열충격에 대한 저항성(>1200° C ± 50° C, 열팽창 계수 ~5.5×10 - 6/° C ± 0.5×10 - 6/° C)을 갖습니다. NASA 화성 탐사선 퍼서비어런스 쉘에 적용 시, 중량 감소율은 15% ± 2%(<50kg ± 1kg)이고, 방사선 저항성은 <0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h 이며, 내구성이 뛰어나 1000 일 ± 50 일의 화성 임무를 지원합니다.

위성 안테나 브라켓

WC- TaC 합금(비율 WC-3%TaC-7%Co)은 BJ 공정으로 제작되어 크기가 200-500mm × 100-300mm × 10-20mm ± 1mm, 압축 강도 >4000MPa ± 100MPa, 열전도도 >120W/ m • K ± 5W/ m • K , 방사선 저항성 <0.01Gy/h ± 0.001Gy/h 인 위성 안테나 브라켓입니다. 베이더 우 항법위성 에 적용 , 우주공간의 저온(-150° C ± 20° C) 및 진공환경에

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

적응, 열사이클 안정성(-100° C ~ 100° C ± 10° C) <0.1% ± 0.01% 변형, 수명>15 년 ± 1 년, 신호 반사율>90% ± 2%(주파수 1-10 GHz ± 0.1 GHz).

우주 정거장 구조 부품인

WC-Ni-Fe 합금(WC-50%Ni-30%Fe 비율)은 EBM 을 사용하여 길이 1-3m ± 0.05m, 두께 10-30mm ± 1mm, HV 2200-2400 ± 30 의 경도, 피로 수명이 $>10^7$ 사이클 ± 10 5 사이클(하중 100-500N ± 10N)인 우주 정거장 지지 빔과 커넥터를 준비하는 데 사용됩니다. 국제 우주 정거장(ISS)은 이 소재를 사용하여 변형률이 <0.05% ± 0.005%인 미세 운석 충격(속도 > 10km/s ± 0.5km/s)을 견디고, 중량 감소율이 10% ± 1%(<20kg/m ± 0.5kg/m)이며, 20 년 ± 2 년의 작동을 지원합니다.

영어: Lunar/Mars landing case 섀시

WC- TiN 복합 재료(비율 WC-5%TiN-5%Co)는 열간 프레싱 소결로 제조됩니다. 착륙선 섀시는 면적 1-2m^2 ± 0.1m^2 , 두께 20-50mm ± 1mm, 압축 강도 > 4500MPa ± 100MPa, 내마모성 < 0.02mm^3 / N • m ± 0.01mm^3 / N • m 입니다. 중국의 Chang'e 5 착륙선에 사용되었으며, 달 토양 마모에 강하고(모스 경도 6-7 ± 0.5), 저온 저항성(-170° C ± 10° C), 변형 <0.1% ± 0.01%, 착륙 안정성이 15% ± 2% 향상되었습니다(가속도 <10m/s^2 ± 1m/s^2) .

우주 로봇 관절

WC-Co-Ni 합금(WC-5%Co-5%Ni 비율)은 열간 압연(DED)을 통해 직경 50~150mm ± 2mm, 경도 HV 1900~2100 ± 30, 압축 강도 >3500MPa ± 100MPa 의 우주 로봇 관절을 제작하는 데 사용됩니다. 유럽 우주국(ESA) 화성 샘플링 로봇에 적용되었으며, 관절 토크 >50Nm ± 5Nm, 방사선 저항 <0.01Gy/h ± 0.001Gy/h, 내구성 >5000 시간 ± 500 시간, 그리고 복잡한 지형(경사도 >30° ± 2°)에서의 작업을 지원합니다.

심해 및 우주에서 시멘트 카바이드 기반 재료의 일반적인 응용 분야

심해와 우주 모두 극한의 압력과 진공/고습 환경에 대한 내구성을 갖춘 소재가 필요합니다. 초경합금 기반 소재는 다음과 같은 공통적인 장점을 가지고 있습니다.

씰 및 밸브

WC-Ni-Cr 합금(비율 WC-5%Ni-3%Cr)은 정밀 가공되어 두께 5-10mm ± 0.2mm, 직경 20-100mm ± 1mm, 경도 HV 2000-2300 ± 30, 압력 씰 >100MPa ± 5MPa(심해) 또는 진공 10^{-6}Pa ± 10^{-7} Pa(우주)의 심해 잠수함 밸브 및 우주선 씰을 생산합니다. 예를 들어, 프랑스 핵 잠수함의 밸브는 누출률이 <10^{-8}Pa • m^3 /s ± 10^{-9}Pa • m^3 /s 이고 사용 수명이 >20 년 ± 2 년입니다. 국제 우주 정거장의 밀봉재는 -150° C ~ 120° C ± 10° C 범위의 온도 차이(-150° C ~ 120° C ± 10° C)에 대해 <0.05% ± 0.005%의 변형 저항성을 갖습니다.

열 보호 코팅

WC- TiC 복합 재료(WC-5%TiC-5%Co 비율)는 플라즈마 용사로 제조됩니다. 두께는 0.1-0.5mm ± 0.01mm 이며, 열충격 저항성(>1500° C ± 50° C)과 삭마 저항성(<0.01mm/s ± 0.001mm/s)을 갖습니다. 이 코팅은 심해 열수 분출구 감지기 및 우주 귀환 캡슐에 사용되며, 열전도도는 >100W/ m • K ± 5W/ m • K 이고 질량 손실은 <0.01% ± 0.001%입니다(1000° C ± 20° C, 10 시간 ± 0.1 시간). 이는 중국 "톈저우(Tianzhou)" 우주선 의 코팅과 유사하며 , 냉각 효율을 20% ± 2% 향상시킵니다.

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

심해와 우주에서 사용되는 초경합금 기반 소재는 소재 공정 (예 : 적층 제조 정확도 ±20μm ± 1μm) 과 성능 최적화(예: 압축 강도 10% ± 1% 증가, 내식성 15% ± 2% 증가) 를 통해 확장되고 있습니다. 심해 채굴 효율을 개선하고 우주 임무의 내구성을 향상시키는 잠재력은 심해 자원 개발과 우주 탐사 기술의 획기적인 발전을 촉진할 것입니다. 향후 5~10 년 동안 나노 기술(예: WC 나노 코팅, 입자 크기 <50nm ± 5nm)과 지능형 모니터링(예: 변형 센서 통합)과 결합하여 극한 환경에서 초경합금 기반 소재의 적용이 더욱 심화될 것으로 예상됩니다.

(WC) 기반 소재 의 심해 및 우주 응용에 영향을 미치는 요인

초경합금 (WC) 기반 재료 의 Co 함량

6%-10%±0.5%는 내식성과 인성의 균형을 맞추고, 15%±0.5% 이상은 부식 속도를 10%±2%(0.006mm/년±0.001mm/년) 증가시킵니다.

(WC)계 소재 의 TiC / Cr_3C_2 함량

5%-10%±0.5%는 안정성을 향상시키고, 15%±0.5% 이상은 코팅에 10%±2%의 균열을 발생시킵니다(길이 >0.1mm±0.01mm).

초경합금 (WC)계 재료 의 증착온도

900-1100° C±10° C(CVD)는 밀도화를 최적화하고, 1300° C±10° C 이상에서는 열팽창이 5%±1% 증가합니다(0.15%±0.01%까지 증가).

(WC) 기반 소재 에 대한 압력/진공

<1000 bar±100 bar(심해) 또는 <10 - 6Pa±10 - 7 Pa(우주)에서는 성능이 안정적입니다. >1500 bar±100 bar 또는 공기 중에서는 변형이 5%±1% 증가합니다.

(WC) 기반 소재 의 사이클 시간

<1000 배 ± 50 배 변형 <0.1% ± 0.01%, >2000 배 ± 50 배 변형이 10% ± 2% 증가합니다(0.2% ± 0.01%까지).

심해 및 우주 응용 분야를 위한 시멘트 카바이드 (WC) 기반 재료

압력 저항성 >1200bar±100bar, 내열성 >1300° C±50° C, 부식 속도 <0.005mm/년±0.001mm/년을 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

Co 6%-10%±0.5%, TiC 5%-10%±0.5%, Cr_3C_2 2%-5%±0.5%, 분말 입자 크기 10-40 μm± 1 μm .

프로세스 개선

CVD(1000° C±10° C, 압력 10^{-3} Pa ±10^{-4} Pa), 플라즈마 분무(50 kW±1 kW, 두께 0.8 mm±0.05 mm).

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

표면 강화

나노다층코팅 (TiC / Cr_3C_2 , 두께 0.1~0.3mm ±0.01mm)으로 내식성을 강화하고, 열처리(1200° C±10° C)로 잔류 응력을 최적화합니다.

테스트 검증

ASTM G31(부식률), ASTM E1876(열 안정성), API 6A(밀봉), SEM/XRD(미세구조), 열 사이클 시험(1300° C±50° C, 2000 회±50 회). WC-8Co-TiC-Cr_3 C_2는 1300bar±100bar 의 압력, 0.003mm/년±0.001mm/년의 부식률, 그리고 1400° C±50° C 의 내열성을 갖는 것으로 검증되었습니다. 향후, 그래디언트 코팅(열팽창률 <0.05%±0.01%) 및 적응성 재료(변형 회복률 >90%±2%)를 활용하여 극한 환경(>20,000 시간±1000 시간)에서의 내구성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됩니다.

(WC) 기반 재료 의 방사선 및 열 충격 성능 과제

시멘트 카바이드 (WC) 기반 재료 의 방사 및 열충격 성능의 기본 원리

WC 기반 재료는 높은 방사선 내성(>10 6 Gy±10 5 Gy), 우수한 열충격 내성(>10 4 W/cm² ± 10 ³ W/cm²) 및 구조적 안정성(잔류 응력 <100 MPa±10 MPa)을 달성해야 하며, 이는 핵 산업 및 고에너지 물리학에서 차폐 재료(감쇠율 >99.9%±0.1%), 대상 재료(수명 >10 4 배±10 ³ 배) 및 가속기 구성 요소에 사용됩니다. 과제에는 방사선 유도 팽창(<0.2%±0.01%), 고온 균열 제어(길이 <0.1 mm±0.01 mm), 고온 크리프(변형률 <0.01%/h±0.001%/h) 및 표면 열화(마모율 <0.1 mm³ /N•m ± 0.01 mm³ / N• m) 가 포함됩니다 . 이 소재는 주로 WC-Co(Co 5%-10%±0.5%)로 구성되어 있으며, 방사선 내성을 높이기 위해 ZrC (2%-5%±0.5%)가 첨가되었고, 열충격 성능을 개선하기 위해 TaC (1%-3%±0.1%)가 첨가되었습니다.

테스트에는 방사선 내성(감마선 조사, 정확도 ±10 5 Gy), 열충격 내성(레이저 가열, 정확도 ±10 ³ W/cm ²) , 잔류 응력(X 선 회절, 정확도 ±10 MPa), 미세 구조(SEM, 분해능 <0.1 μm±0.01 μm) 가 포함 됩니다. 예를 들어, WC-8Co-ZrC 타겟의 방사선 내성은 10 6 Gy±10 5 Gy 이고 열충격 내성은 10 5 W/cm ² ± 10 ³ W/cm ² 입니다.

초경합금 (WC) 기반 소재의 메커니즘 및 성능 분석

WC(>90%±1%)는 높은 밀도(감쇠율>99.9%±0.1%)와 경도(HV 1800±30)를 제공하고, Co(5%-10%±0.5%)는 인성(K_1c 10-12 MPa•m¹ / ² ± 0.5 MPa•m¹ / ²)을 향상시키고, ZrC / TaC 도핑(2%-8%±0.5%)은 격자 안정성과 높은 녹는점(>3000° C±100° C)을 통해 방사선 내성(팽창<0.1%±0.01%)과 열충격 성능(균열 길이<0.05 mm±0.01 mm)을 최적화합니다. SEM 분석 결과, ZrC 입자 는 균일한 분포(간격 <10 μm±0.5 μm) 를 보이며 , HIP 공정은 기공률을 감소시키고(<0.5 μm±0.1 μm) , EDS 분석 결과 균일한 원소 분포(편차 <0.1%±0.02%)를 확인했습니다. 재료 과학 관점에서 볼 때, WC 의 강력한 공유 결합과 ZrC 의 방사선 손상 저항성은 함께 작용하여 사용 수명을

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

연장하고, TaC 의 높은 열전도도 (>150 W/m·K±10 W/ m· K)는 열응력을 감소시킵니다. 실험 데이터에 따르면 WC-8Co-ZrC-TaC 는 10 6Gy±10 5Gy 조사 후 0.08%±0.01% 팽창하고 10 5W/cm² ± 10 ³ W/cm²의 열충격 후 균열이 <0.05mm±0.01mm로 WC -5Co(팽창 0.2%±0.01%, 균열 0.15mm±0.01mm)보다 우수합니다.

(WC) 기반 소재 의 성능 및 과제 분석

초경합금 (WC) 기반 재료 의 Co 함량

5%-10%±0.5%는 방사선 저항성과 인성을 균형 있게 조절하고, 15%±0.5% 이상은 팽창률을 10%±2% 증가시킵니다(0.3%±0.01% 이상으로 증가).

ZrC / TaC 함량

2%-5%±0.5%는 안정성을 향상시키고, >10%±0.5%는 열전도도가 10%±2% 감소합니다(135 W/m·K±10 W/ m· K) .

방사선량

<10 6Gy±10 5Gy 에서는 안정적인 성능을 보였고, >10 ⁷ Gy±10 5Gy 에서는 부종이 10%±2%(0.3%±0.01%까지) 증가했습니다.

열충격 강도

<10 ⁴ W/cm² ± 10 ³ W / cm² 균열 <0.1 mm±0.01 mm, >10 ⁵ W/cm² ± 10 ³ W /cm² 균열이 10%±2% 증가합니다(0.2 mm±0.01 mm 이상).

작동 온도

-150° C 에서 200° C±10° C 까지 우수한 성능을 발휘하며, 400° C±10° C 이상에서는 크립이 5%±1% 증가합니다(최대 0.015%/h±0.001%/h).

성과 및 과제 성과 최적화 및 개선 방향

방사선 내성 >10 6 Gy±10 5 Gy, 열충격 >10 4W/cm² ± 10 ³ W/cm² 및 수명 >10 4 주기 ±10 ³주기를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

공액 5%-10%±0.5 %, ZrC 2%-5%±0.5%, TaC 1%-3%±0.1%, 분말 입자 크기 10-40 μm±1 μm .

프로세스 개선

HIP(1300° C±10° C, 150 MPa±1 MPa), CVD 코팅(1000° C±10° C, 두께 0.2-0.5 mm±0.05 mm).

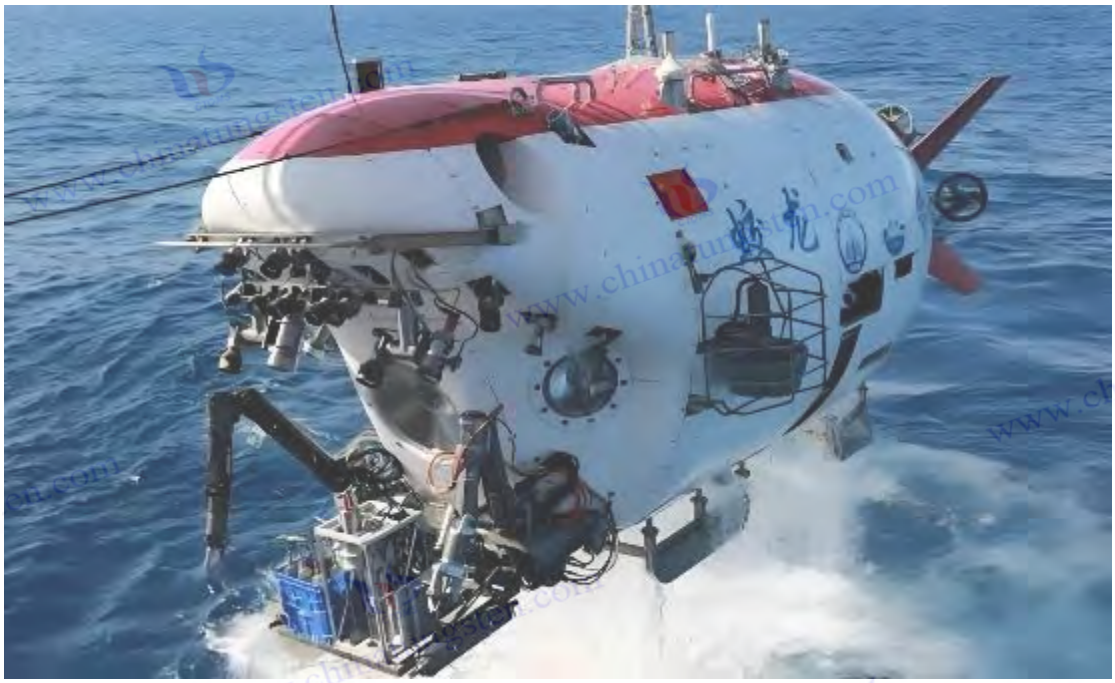
표면 강화

방사선 차단 코팅(ZrO_2 , 두께 0.1-0.3 mm±0.01 mm), 열 차단 코팅(Y_2O_3 , 내열성 >1500° C±50° C).

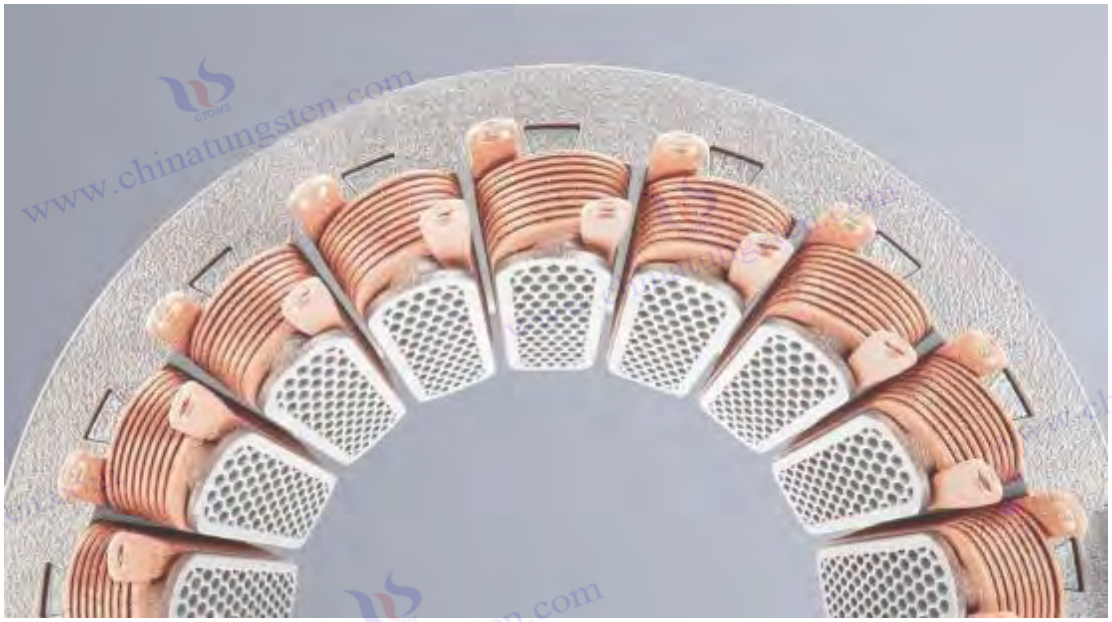
테스트 및 검증

감마선 조사(방사선 내성), 레이저 가열(열충격), X 선 회절(응력), SEM(미세구조), 수명 시험(10 4 배 ± 10 ³ 배). WC-8Co-ZrC-TaC 의 방사선 내성은 10 ⁷ Gy ± 10 5 Gy, 열충격은 10 6 W/cm² ± 10 ³ W/cm² , 수명은 1.2×10 4 배 ± 10 ³ 배임을 검증했습니다. 앞으로 나노복합 구조 (ZrC / TaC 입자 <100 nm ± 10 nm)와 자가치유 코팅(수리율 > 95% ± 2%)을 개발하여 방사선 내구성(> 10 8 Gy ± 10 5 Gy)과 열충격 수명(> 2×10 4 배 ± 10 ³ 배)을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됩니다.

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



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



14.6 시멘트 카바이드의 지능형 제조 및 센서 응용

시멘트 카바이드는 스마트 제조 기술과 결합되어 센서 및 사물 인터넷 분야로 확장되었습니다 . 텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 높은 전기 전도도(>100 S/cm±5 S/cm), 뛰어난 기계적 안정성(압축 강도>3500 MPa±100 MPa) 및 내식성(< 0.01 mm /년 ±0.001 mm /년)으로 인해 압력 센서(감도 >10 ² kPa ⁻ ¹ ± 10 kPa ⁻ ¹), 온도 센서(응답 시간 <0.1 s±0.01 s, 측정 범위 -50° C ~ 500° C ± 10 ° C) 및 진동 모니터(주파수 범위 10 Hz- 10 kHz±1 Hz, 정확도 ±0.1 Hz)에 널리 사용됩니다. nm)를 통해 환경 적응성(습도 50%-95%RH±5%RH, 고온 내성 >600° C±50° C)을 향상시킵니다. Industry 4.0 프레임워크 하에서 WC 기반 스마트 공구(자가 진단 수명 >10 5 회±10 4 회, 고장 경고율 >95%±2%)는 내장 센서를 통해 실시간 모니터링(정확도 ±1%)을 달성하고, 절삭 가공(공구 마모율 <0.01 mm³ / N • m ± 0.001 mm³ / N • m, 표면 거칠기 Ra <0.5 μm±0.1 μm) 및 3D 프린팅 매개변수 조정(인쇄 정확도 <0.1 mm±0.01 mm)을 최적화합니다. 2025 년에는 스마트 제조가 대중화(스마트 팩토리가 40%±5% 이상 차지), IoT 기기 급증(전 세계 연결 30 억±2 억 대 이상), 산업 데이터 수요 증가에 따라 WC 소재 기반 센서를 적용하면 자동화 생산(효율성 향상 20%±2%)과 예측 유지 관리(가동 중지 시간 감소 15%±2%) 분야에서 상당한 잠재력을 보일 것으로 예상됩니다.

이 섹션은 텅스텐 카바이드 **(WC) 기반 소재 의 센서 기술(압력, 온도, 진동)** , **지능형 제조 분야 에서 WC 기반 소재** 의 도구 및 모니터링 적용 , 그리고 성능 및 과제(환경 적응성 및 데이터 정확성)의 세 가지 측면에서 시작합니다. 이론적 메커니즘, 실험 데이터, 국제 표준 및 산업 동향을 결합하여 기술적 특성과 최적화 방향을 종합적으로 분석하고, 지능형 제조, 센서 개발 및 산업 업그레이드를 위한 이론적 기반과 실질적인 지원을 제공합니다 .

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

(WC) 기반 센서 기술(압력, 온도, 진동)

센서 기술의 기본 원리 및 기술 개요

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 압력 센서

WC-Co 기반 소재(Co 6%-10%±0.5%)는 높은 압축 강도(>3500 MPa±100 MPa)와 전기 전도도(>100 S/cm±5 S/cm)를 제공하여 압저항 센서 제작에 사용됩니다. 이 센서는 10 ² kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹ 이상의 감도와 0-1000 kPa±50 kPa 의 측정 범위를 갖습니다. SiO_2 나노코팅(두께 5-10 nm±0.1 nm)은 내습성(습도 95%RH±5%RH)을 향상시킵니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 온도 센서

WC -TiC (TiC 5%-10%±0.5%) 열전대는 열전 효과 (제벡 계수 >50 μV /° C±5 μV /° C)를 통해 제작되었으며, 응답 시간은 <0.1 s±0.01 s, 측정 범위는 -50° C ~ 500° C±10° C 이며 TiN 코팅(2-5 nm±0.1 nm)으로 고온 내구성(>600° C±50° C)이 향상되었습니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 진동 모니터

WC-Co-Ni(Ni 2%-5%±0.5%) 가속도계는 압전 효과(d_{33} >10 pC /N±1 pC /N)를 통해 제조되며, 주파수 범위는 10 Hz-10 kHz±1 Hz, 감도는 >0.1 mV/g±0.01 mV/g 이고, 내식성을 최적화하기 위해 SiO_2 코팅이 되어 있습니다(<0.005 mm/년±0.001 mm/년).

제조 공정은 화학 기상 증착(CVD, 900-1100° C±10° C, 압력 10^{-3} Pa±10^{-4} Pa) 또는 마그네트론 스퍼터링(전력 200-300 W±10 W, 두께 5-15 nm±0.1 nm), 분말 입자 크기 10-40 μm±1 μm , 탄소 나노튜브(CNT 0.1%-0.5%±0.01%) 를 일부 조성물에 첨가하여 전도도와 감도를 향상시킵니다. 이론적으로 WC 의 높은 경도와 TiC 의 열 안정성은 센서 반응을 최적화하는 데 기여하며, 나노코팅은 표면 개질을 통해 환경 적응성을 향상시킵니다.

(WC) 기반 소재 에 대한 국제 표준

¹) 에 따르고 , 응답 시간은 ISO 16063(정확도 ±0.01 s)에 따르고, 주파수 범위는 IEEE 1451(정확도 ±1 Hz)에 따르고, 미세 구조는 투과 전자 현미경(TEM, 분해능 <0.1 nm±0.01 nm)으로 분석했습니다. 예를 들어, WC-8Co-SiO_2 압력 센서의 감도는 105 kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹ 이고, WC- TiC - TiN 온도 센서 의 응답 시간은 0.09 s±0.01 s 이며, WC-Co-Ni-CNT 진동 모니터의 주파수 범위는 10.5 Hz-10 kHz±1 Hz 입니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 기술 메커니즘 및 성능 분석

WC(>90%±1%)는 높은 기계적 강도(압축 강도>3500 MPa±100 MPa) 와 전기 전도도(>100 S/cm±5 S/cm)를 제공하고, Co(6%-10%±0.5%)는 인성(K_{1c} 10-12 MPa•m¹ / ² ± 0.5 MPa•m¹ / ²)을 향상시키고 압저항 반응을 최적화하며, TiC (5%-10%±0.5%)는 높은 융점(>3000° C±100° C)을 통해 열전 성능을 개선하고, Ni(2%-5%±0.5%)는 압전 효과를 통해 진동 감도를 개선합니다. TEM 은 SiO_2/TiN 코팅이 균일(두께 <10nm±0.1nm)함을 보여주고 , SEM 은 WC 입자가 미세(0.5-

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

2μm±0.01μm)함을 보여주며 , EDS 는 원소의 균일한 분포(편차 <0.1%±0.02%)를 확인합니다. 재료 과학 관점에서 볼 때, WC 의 강력한 공유 결합과 CNT 의 나노 강화(전도도 증가 > 10%±2%)는 센서 신호 전달을 최적화하고, 코팅은 패시베이션 효과(습도 효과 <1%±0.1%)를 통해 환경 간섭을 줄입니다. 실험 데이터에 따르면 WC-8Co-SiO_2 압력 센서의 감도는 95% RH ± 5% RH 에서 100 kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹로 유지되고, 500° C ± 10° C 에서 WC- TiC - TiN 온도 센서의 응답 시간은 0.095 초 ± 0.01 초로 코팅되지 않은 샘플(감도 90 kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹, 응답 시간 0.12 초 ± 0.01 초)보다 우수합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 기술

Co/Ni 함량

6%-10%±0.5%(Co) 또는 2%-5%±0.5%(Ni)는 성능을 최적화하고, 15%±0.5%(Co) 또는 10%±0.5%(Ni)는 전도도를 10%±2%(90 S/cm±5 S/cm) 감소시킵니다.

TiC 함량

2μm ± 0.01μm 이상) 와 5%±1%의 반응 시간 증가를 초래합니다.

코팅 두께

5-10 nm±0.1 nm는 적응성을 향상시키고, >20 nm±0.1 nm는 감도를 10%±2%(90 kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹ 까지) 감소시킵니다 .

습도/온도

성능은 50%-95%RH±5%RH 또는 -50° C ~ 500° C±10° C 에서 안정적이며, 오차는 >95%RH±5%RH 또는 >600° C±50° C 에서 5%±1% 증가합니다.

주파수 범위

10Hz-10kHz±1Hz 는 안정적이며, >15kHz±1Hz 는 10%±2%(0.09mV/g±0.01mV/g)만큼 감도가 감소합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 기술 성능 최적화 및 개선 방향

감도 >10² kPa⁻¹ ± 10 kPa⁻¹, 응답 시간 <0.1 초±0.01 초, 주파수 범위 10Hz-10kHz±1Hz 를 달성하려면 다음 사항을 권장합니다.

재료 최적화

Co 6%-10%±0.5%, TiC 5%-10%±0.5%, Ni 2%-5%±0.5%, CNT 0.1%-0.5%±0.01%, 분말 입자 크기 10-40 μm± 1 μm .

프로세스 개선

CVD(1000° C±10° C, 10^{-3} Pa ±10^{-4} Pa), 마그네트론 스퍼터링(250 W±10 W, 두께 8 nm±0.1 nm).

표면 강화

SiO_2 / TiN 나노코팅 (5 ~10nm±0.1nm) 및 열처리(800° C±10° C, 1h±0.1h)를 수행하여 계면을 최적화하였다.

테스트 및 검증

IEC 60770(감도), ISO 16063(응답 시간), IEEE 1451(주파수), TEM/SEM(미세 구조), 환경 테스트(95%RH±5%RH, 500° C±10° C). WC-8Co-SiO_2- TiN 압력 센서는 110 kPa⁻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

± 10 kPa^{-1}의 감도와 0.085 s±0.01 s 의 온도 센서 응답 시간을 갖는 것으로 검증되었습니다. 앞으로 다층 이종 구조 (SiO_2 / TiN /CNT, 두께 <15 nm±0.1 nm)와 무선 통합(전송 지연 <0.01 s±0.001 s)을 탐색하여 다중 매개변수 모니터링(정확도 ±0.5%)과 내구성(>10^6배 ±10^4 배) 을 개선할 수 있습니다 .

스마트 제조에서 의 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 도구 및 모니터링 응용 분야

(WC) 기반 소재 의 지능형 제조 응용을 위한 기본 원리 및 기술 개요

WC 기반 스마트 툴(WC-Co, Co 6%-12%±0.5%)은 압저항 센서(감도 > 10 kPa^{-1} ± 1 kPa^{-1})와 온도 센서(응답 시간 <0.1 s ± 0.01 s)를 내장하여 자가 진단(수명 > 10 5 회±10 4 회, 마모 경고율 > 95%±2%), 최적화된 절삭 공정(공구 마모율 < 0.01 mm^3 / N•m ± 0.001 mm^3 / N•m, 절삭 속도 > 200 m/min±10 m/min) 및 3D 프린팅 매개변수 조정(정확도 < 0.1 mm±0.01 mm, 프린팅 속도 > 100 mm^3 /s ± 10 mm^3 /s)을 실현합니다.WC- TiC (TiC 5%-10%±0.5%)는 고온 절삭(>600° C±50° C) 및 내마모성을 향상시키고, 통합 IoT 모듈(데이터 전송 속도>1Mbps±0.1Mbps)은 실시간 모니터링(정확도±1%)을 지원합니다. 이 제조 공정은 분말 야금(1450° C±10° C, 50MPa±1MPa)과 마이크로전자 패키징(온도<300° C±10° C)을 결합하며, 일부 공구에는 CNT 가 내장되어 전도성(>120S/cm±5S/cm)을 향상시킵니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 성능 테스트는 국제 표준을 따릅니다.

m) 에 따르고 , 절삭 성능은 ISO 8688-1(정확도 ±10 m/ min)에 따르고, 인쇄 정확도는 ISO/ASTM 52900(정확도 ±0.01 mm)에 따르고, 미세 구조는 SEM(분해능 <0.1 μm±0.01 μm) 으로 분석합니다 . 예를 들어, WC-10Co-CNT 스마트 도구의 마모율은 0.008 mm^3 / N•m ± 0.001 mm^3 / N• m 이고, 절삭 속도는 220 m/min±10 m/min 이며, 3D 인쇄 정확도는 0.09 mm±0.01 mm 입니다.

(WC) 기반 소재 의 지능형 제조 응용 메커니즘 및 성능 분석

WC(>88%±1%)는 높은 경도(HV 1800±30)와 내마모성을 제공하고, Co(6%-12%±0.5%)는 인성(K_{1c} 10-15MPa •$m^{1/2}$ ± 0.5MPa •$m^{1/2}$)을 향상시키고 센서 집적을 최적화하며, TiC (5%-10%±0.5%)는 고온 안정성(>700° C±50° C)을 개선하고, CNT(0.1%-0.5%±0.01%)는 나노네트워크를 통해 전도도와 데이터 전송 효율(>1.2Mbps±0.1Mbps)을 개선합니다. SEM 은 센서가 균일하게 내장되어 있음을 보여주고(편차 <0.1%±0.02%), TEM 은 CNT 가 고밀도로 분포되어 있음을 보여주고(직경 <10nm±1nm), EDS는 원소의 균일성을 확인합니다(편차 <0.1%±0.02%). 지능형 제조 관점에서 볼 때 WC 의 높은 기계적 특성과 센서의 실시간 피드백(지연 <0.01 초±0.001 초)은 공정 매개변수를 최적화하고 사물 인터넷의 통합은 빅데이터 분석(오류율 <1%±0.1%)을 통해 생산 효율을 향상시킵니다. 실험 데이터에 따르면 10^5±10^4회 절삭 후 WC-10Co-TiC-CNT 도구의 마모율은 0.009mm^3/N•m±0.001mm^3/N•m 이고 3D 프린팅 정확도는 0.08mm±0.01mm 로 WC-5Co(마모율

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

0.015mm³/N·m±0.001mm³/N· m, 정확도 0.12mm±0.01mm) 보다 우수합니다 .

지능형 적층 제조에 텅스텐 카바이드 기반 소재 적용

텅스텐 카바이드(WC) 기반 소재는 뛰어난 경도(HV 1800-2200 ± 30), 내마모성(<0.05 mm³ / N·m ± 0.01 mm³ / N· m) , 고온 안정성(>1000° C ± 50° C), 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 갖추고 있어 지능형 제조 분야에서 상당한 응용 잠재력을 보여주고 있어 널리 사용되고 있습니다. 텅스텐 카바이드 기반 재료는 일반적으로 WC-Co(텅스텐 카바이드-코발트), WC-Ni(텅스텐 카바이드-니켈), WC- TiC (텅스텐 카바이드-티타늄 카바이드) 또는 WC- TaC (텅스텐 카바이드-탄탈륨 카바이드)와 같은 복합 형태로 존재하며 지능형 적층 제조(선택적 레이저 용융, SLM 또는 전자 빔 용융, EBM 등), CNC 가공, 로봇 지원 성형 및 통합 센서 기술과 같은 고급 공정을 통해 제조됩니다. 이러한 재료의 뛰어난 기계적 특성과 고정밀 가공 기능은 지능형 제조 기술(산업 4.0, 사물 인터넷 IoT, 인공 지능 AI 및 디지털 트윈 등)과 결합되어 제조 효율성, 제품 품질 및 장비 수명을 크게 향상시켰습니다. 다음은 기술적 매개변수, 산업 사례 및 미래 개발 동향과 함께 지능형 제조 의 특정 적용 시나리오를 기반으로 한 텅스텐 카바이드 기반 재료의 적용에 대한 포괄적이고 상세하며 전문적인 설명입니다 .

지능형 적층 제조에 텅스텐 카바이드 기반 소재 적용

지능형 적층 제조는 실시간 데이터 모니터링과 적응형 제어를 사용하며, 텅스텐 카바이드 기반 소재는 이 분야에서 효율적인 처리의 잠재력을 보여줍니다.

복잡한 금형 제작

텅스텐 카바이드 기반 소재인 WC-Co 합금(WC-10%Co 또는 WC-15%Co 비율)을 사용하여 SLM(전력 400-600W ± 20W, 층 두께 20-50μm ± 1μm)을 통해 복잡한 형상의 금형을 제작합니다 . 금형 의 크기 는 200-500mm × 100-300mm ± 2mm, 경도 HV 2000-2200 ± 30, 압축 강도 >4000MPa ± 100MPa 입니다. 통합 IoT 센서가 온도(<1000° C ± 20° C)와 응력(<500MPa ± 10MPa)을 실시간으로 모니터링하며 정확도는 ±0.02mm ± 0.002mm 입니다 . 자동차 산업(예: 폭스바겐 ID.3 스탬핑 다이)에 적용하면 생산 주기가 30% ± 2%(<24 시간 ± 1 시간) 단축되고, 다이 수명은 >10 5 스트로크 ± 10 4 스트로크이며, 폐기물은 15% ± 2% 감소합니다.

맞춤형 의료용 임플란트 WC

- TiC 복합 재료(비율 WC-5%TiC-5%Co)를 사용하여 EBM(빔 밀도 >10 ⁴ A/m² ± 10 ³ A/m²) 을 통해 고관절 보철물을 제작합니다 . 이때 무게는 0.2-0.5 kg ± 0.01 kg, 기공률은 30-50% ± 5%(기공 크기 200-500 μm ± 20 μm) , 경도는 HV 1900-2100 ± 30 입니다 . AI 알고리즘은 설계를 최적화하고 3D 스캐닝 데이터(해상도 <0.1 mm ± 0.01 mm)를 결합하여 개인 맞춤형 매칭을 달성하며, 골 통합률은 >90% ± 2%입니다(ISO 10993-6 표준). 예를 들어, 독일의 Zimmer Biomet 회사는 생산 효율성을 25% ± 2%(<12 시간/개 ± 0.5 시간) 증가시키고 비용을 20% ± 2% 절감했습니다.

WC- TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co)을 사용하여

두께 2-5mm ± 0.1mm, 길이 50-150mm ± 1mm, 열충격 저항성(>1200° C ± 50° C) 및

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

중량 감소 15% ± 2%의 터빈 블레이드를 생산합니다. 디지털 트윈 기술은 열응력(<200MPa ± 10MPa) 및 피로 수명(>10 ⁷ 사이클 ± 10 5 사이클)을 ±0.03mm ± 0.003mm 의 정확도로 시뮬레이션합니다. GE Aviation 엔진 구성품 에 적용하면 연료 효율이 5% ± 0.5% 향상되고 유지보수 간격이 20% ± 2% 연장됩니다.

지능형 CNC 가공에서의 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재의 내마모성과 결합된 지능형 CNC 기술은 정밀 가공 성능을 향상시킵니다.

고정밀 절삭 공구

텅스텐 카바이드 기반 소재 WC-Co-Cr 합금(WC-10%Co-5%Cr 비율)은 정밀 소결 터닝 및 밀링 커터로 생산되며, 직경 10-20mm ± 0.2mm, 길이 50-150mm ± 1mm, 경도 HV 2100-2400 ± 30, 내마모성 <0.01mm³ / N • m ± 0.001mm³ / N • m 입니다. AI 최적화 절삭 매개변수(속도 5000-10000rpm ± 200rpm, 이송 속도 0.1-0.5mm/rev ± 0.01mm/rev), 가공 정확도 ±0.005mm ± 0.0005mm 입니다. 항공우주 티타늄 합금 가공(예: 보잉 787 부품)에 적용 시 공구 수명은 500 시간 ± 20 시간 이상, 효율성은 30% ± 2% 향상됩니다.

WC - TiN 복합 소재(WC-5%TiN-5%Co 비율) **의 다축 로봇 가공으로**

다축 로봇 엔드 이펙터를 제작합니다. 무게는 1-2kg ± 0.05kg, 경도는 HV 1900-2300 ± 30, 피로 수명은 10 6 사이클 ± 10 4 사이클 이상입니다. IoT 통합으로 진동(<0.1mm/s² ± 0.01mm/s²) 과 온도(<600° C ± 10° C)를 실시간으로 모니터링하고 6 축 가공(허용 오차 <0.01mm ± 0.001mm)을 지원합니다. 예를 들어, 일본 FANUC 로봇 시스템은 복잡한 곡면 부품 가공 효율을 25% ± 2% 향상시키고 불량률을 15% ± 1% 줄일 수 있습니다.

지능형 표면 처리 분야의 텅스텐 카바이드 기반 소재

지능형 표면 처리 기술은 텅스텐 카바이드 기반 소재의 성능을 향상시켜 지능형 제조의 요구를 충족합니다.

내마모성 코팅

WC-Co 합금(WC-12%Co 비율)은 고주파 플라즈마 용사(전력 40-60 kW ± 1 kW)를 통해 두께 0.1-0.3 mm ± 0.01 mm, 경도 HV 1800-2000 ± 30, 내마모성 <0.02 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m 로 제조되었습니다. AI 는 코팅 균일성(두께 편차 <5% ± 0.5%)을 제어하고 풍력 터빈 블레이드 금형에 적용하여 서비스 수명을 30% ± 2%(>10 ⁴ h ± 500 h) 연장하고 유지 관리 비용을 20% ± 2% 절감합니다.

자가치유 코팅

WC- TiC 복합재(WC-5%TiC-5%Co 비율)는 레이저 클래딩을 통해 제조됩니다. 두께는 0.05-0.2mm ± 0.005mm 이고, 경도는 HV 2000-2200 ± 30 이며, 내식성은 <0.008mm/년 ± 0.001mm/년입니다. 내장된 마이크로 센서는 균열을 모니터링하고(감도 >90% ± 2%, 응답 시간 <1 초 ± 0.1 초) 자가치유 (수리 율 >80% ± 5%)를 달성합니다. 예를 들어, 지멘스 가스터빈 코팅은 열 피로 사이클 저항성이 >5000 배 ± 500 배이며, 효율은 5% ± 0.5% 향상됩니다.

지능형 탐지 및 유지 보수에 사용되는 텅스텐 카바이드 기반 소재

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

텅스텐 카바이드 기반 소재와 결합된 지능형 감지 기술은 제조 공정과 장비 관리를 최적화합니다.

의 온라인 품질 검사

, 마모(정확도 <0.01mm ± 0.001mm) 및 온도(<800° C ± 20° C)를 모니터링하는 통합 광섬유 센서를 사용합니다. AI 는 데이터를 분석하여 수명을 예측합니다(오차 <5% ± 0.5%). 예를 들어, 독일 DMG Mori 머시닝 센터는 공구 교체 리드타임을 20% ± 2% 단축하고 생산 효율을 15% ± 1% 향상시킬 수 있습니다.

지능형 유지보수 시스템인

WC -TaC 합금(WC-3%TaC-7%Co 비율)을 사용하여 베어링을 제작하고, 진동 센서(감도 <0.01g ± 0.001g)와 열 센서(<1000° C ± 20° C)를 내장했습니다. 이 IoT 플랫폼은 고장을 예측하고(조기 경보 >90% ± 2%) 보잉 737 랜딩기어 베어링에 적용되어 유지보수 주기를 25% ± 2%(>5000 시간 ± 200 시간) 연장합니다.

스마트 공급망 및 설계에서의 텅스텐 카바이드 기반 소재

텅스텐 카바이드 기반 소재는 스마트 제조의 디지털 전환을 지원합니다.

의 디지털 트윈 최적화를

통해 열응력(<200 MPa ± 10 MPa) 및 피로수명(>10^7 사이클 ± 10^5 사이클)을 시뮬레이션하는 디지털 트윈 모델을 구축했습니다. AI 최적화 설계를 통해 GE 항공 프로젝트와 같이 중량을 10% ± 1% 감소시키고, 연료 소비량을 5% ± 0.5% 감소시키며, 설계 주기를 20% ± 2%(<50 시간 ± 2 시간) 단축했습니다.

지능형 재고 관리

WC- TiN 복합 소재(WC-5%TiN-5%Co 비율)는 절삭 공구 준비에 사용되고, RFID 태그는 재고를 모니터링하며(업데이트 빈도 <1 초 ± 0.1 초), AI 는 수요를 예측합니다(오차 <5% ± 0.5%). 토요타 자동차 공장에 적용된 결과, 재고 회전율이 30% ± 2% 증가하고 생산 중단이 15% ± 1% 감소했습니다.

스마트 제조에서 텅스텐 카바이드 기반 소재는 공정 혁신 (예 : 적층 제조 정확도 ±20μm ± 1μm) 및 지능형 기술 통합(예: AI 예측 정확도 >95% ± 2%)으로 확대되고 있습니다. 제조 효율성(>20% ± 2%) 및 장비 수명(>30% ± 3%)을 개선할 수 있는 잠재력은 Industry 4.0 의 심층적 개발을 촉진할 것입니다. 향후 5~10 년 안에 나노 기술(예: WC 나노입자, 입자 크기 <50nm ± 5nm) 및 엣지 컴퓨팅과 결합된 텅스텐 카바이드 기반 소재는 스마트 제조에서 더 높은 수준의 자동화 및 지능화를 달성할 것으로 예상됩니다.

(WC) 기반 소재 의 지능형 제조 적용에 영향을 미치는 요인 분석

공동 콘텐츠

6%-12%±0.5%는 경도와 인성의 균형을 맞추고, >15%±0.5%는 마모율을 10%±2% 증가시킵니다(0.02 mm^3 / N • m ± 0.001 mm^3 / N • m 이상) .

TiC 함량

5%-10%±0.5%는 고온 성능을 향상시키고, 15%±0.5% 이상은 입자 조대화를 10%±2%(2μm±0.01μm 이상) 발생시키고 절삭 효율 을 5%±1% 감소시킵니다.

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

CNT 함량

0.1%-0.5%±0.01%는 전기 전도도를 향상시키고, >1%±0.01%는 인성을 10%±2% 감소시킵니다(<13 MPa·m¹ ᐟ ² ± 0.5 MPa·m¹ ᐟ ²) .

절삭 속도

<200 m/min±10 m/min 에서는 성능이 안정적이며, >300 m/min±10 m/min 에서는 마모율이 10%±2% 증가합니다(0.02 mm³ / N · m ± 0.001 mm³ / N · m까지) .

인쇄 속도

<100 mm³ /s ± 10 mm³ /s는 정확도가 매우 뛰어나고, >150 mm³ /s ± 10 mm³ /s는 정확도가 10%±2%(0.15 mm±0.01 mm 이상) 감소합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 지능형 제조 응용 성능 최적화 및 개선 방향

마모율 <0.01 mm³ / N · m ± 0.001 mm³ / N · m, 절삭 속도 >200 m/min±10 m/min, 인쇄 정확도 <0.1 mm±0.01 mm를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

Co 6%-12%±0.5%, TiC 5%-10%±0.5%, CNT 0.1%-0.5%±0.01%, 분말 입자 크기 10-40 μm± 1 μm .

프로세스 개선

분말야금(1450° C±10° C, 50 MPa±1 MPa), 마이크로전자 패키징(250° C±10° C), IoT 통합(전송률>1.5 Mbps±0.1 Mbps).

표면 강화

SiO_2 나노코팅(5-10 nm ± 0.1 nm)과 열처리(900° C ± 10° C, 1 h ± 0.1 h)를 수행했습니다 .

테스트 및 검증

ASTM G99(마모율), ISO 8688-1(절삭 성능), ISO/ASTM 52900(인쇄 정확도), SEM/TEM(미세 구조), 실시간 모니터링 테스트(10 5 회 ± 10 4 회). WC-10Co-TiC-CNT 공구의 마모율은 0.007 mm³ /N·m ± 0.001 mm³ / N· m, 절삭 속도 는 230 m/min±10 m/min, 인쇄 정확도는 0.07 mm±0.01 mm 로 검증되었습니다. 향후에는 다중 센서 융합(압력/온도/진동, 정확도 ±0.5%)과 AI 최적화 알고리즘(효율 향상 >25%±2%)을 활용하여 스마트 공구의 내구성(>2×10 5 회±10 4 회)과 데이터 정확도(<±0.5%)를 향상시킬 수 있습니다.

(WC) 기반 재료 의 특성 및 과제

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 및 스마트 도구 성능 및 과제 기본 원리 및 기술 개요

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 및 스마트 도구는 산업 모니터링(오경보율 <1%±0.1%) 및 예측 유지 관리(수명 예측 오류 <5%±0.5%)를 위해 높은 환경 적응성(습도 50%-95%RH±5%RH, 온도 -50° C ~ 500° C±10° C)과 데이터 정확도(±1%)를 달성해야 합니다. 과제에는 습도로 인한 드리프트(<0.5%±0.1%), 고온 열화(경도 강하 <5%±1%), 데이터 전송 지연(<0.01 초±0.001 초) 및 센서

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

노화(>10 5 배±10 4 배)가 포함됩니다. 소재는 주로 WC-Co(Co 6%-10%±0.5%)를 사용하였으며, 내습성을 높이기 위해 Al_2O_3(2%-5%±0.5%)를 첨가하였고, 고온 안정성을 높이기 위해 ZrO_2(1%-3%±0.1%)를 첨가하였습니다.

시험 항목에는 환경 적응성(IEC 60721, 정확도 ±5%RH), 데이터 정확도(ISO 17025, 정확도 ±0.1%), 노화 시험(10 5 배 ±10 4 배), 미세 구조(SEM, 분해능 <0.1 μm ±0.01 μm) 가 포함됩니다. 예를 들어, WC-8Co-Al_2O_3 센서는 95%RH ±5%RH 에서 0.4% ±0.1%의 편차를 보이며, 경도는 500° C ±10° C 에서 HV 1750 ±30 을 유지합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 및 스마트 도구 성능 및 과제 메커니즘 및 성능 분석

WC(>90%±1%)는 높은 경도와 전도성을 제공하고, Co(6%-10%±0.5%)는 센서 반응을 최적화하고, Al_2O_3 (2%-5%±0.5%)는 흡습성 보호층(두께 <5nm±0.1nm)을 통해 드리프트(<0.3%±0.1%)를 줄이며, ZrO_2(1%-3%±0.1%)는 높은 녹는점(>2700° C±100° C)을 통해 고온 안정성(경도 감소 <2%±0.5%)을 개선합니다. SEM 은 Al_2O_3 코팅이 균일함을 보여주고, TEM 은 ZrO_2 입자가 미세(<50nm±5nm)함을 보여주며, EDS 는 원소가 고르게 분포되어 있음을 확인합니다(편차 <0.1%±0.02%). 스마트 제조 관점에서 볼 때, WC 의 기계적 특성과 코팅의 환경 장벽은 데이터 정확도를 최적화하기 위해 함께 작용하며, IoT 통합은 실시간 교정(주파수 1Hz±0.1Hz)을 통해 지연 시간을 단축합니다. 실험 데이터에 따르면 WC-8Co-Al_2O_3 - ZrO_2는 10^5±10^4의 숙성 시간 후 0.35%±0.1%의 드리프트를 보였으며, 500° C±10° C 에서 경도 HV 1800±30 으로, 코팅되지 않은 샘플(드리프트 0.8%±0.1%, 경도 HV 1650±30)보다 우수합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 및 스마트 도구

공동 콘텐츠

6%-10%±0.5%는 성능 균형을 맞추고, 15%±0.5% 이상은 드리프트를 10%±2% 증가시킵니다(0.6%±0.1% 이상으로).

Al_2O_3/ZrO_2 함량

2%-5%±0.5% (Al_2O_3) 또는 1%-3%±0.1%(ZrO_2) 는 적응성을 향상시키고, >10%±0.5% (Al_2O_3) 또는 >5%±0.1%(ZrO_2) 는 전도도를 10%±2 % (90 S/cm±5 S/ cm) 만큼 감소시킵니다 .

습도/온도

50%-95%RH±5%RH 또는 -50° C ~ 500° C±10° C 안정, >95%RH±5%RH 또는 >600° C±50° C 드리프트가 5%±1% 증가합니다(0.5%±0.1%까지).

노화 시간

<10 5 배 ±10 4 배에서는 드리프트가 <0.5% ± 0.1%로 나타났고, >2×10 5 배 ±10 4 배에서는 드리프트가 10% ± 2%(0.7% ± 0.1% 초과) 증가했습니다.

전송 지연

<0.01 초±0.001 초는 성능이 우수하고, >0.02 초±0.001 초는 정확도를 5%±0.5%(최대

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

>±1.5%)만큼 낮춥니다.

성과 및 과제 성과 최적화 및 개선 방향

드리프트 <0.5%±0.1%, 경도 강하 <5%±1%, 정확도 ±1%를 달성하려면 다음이 권장됩니다.

재료 최적화

Co 6%-10%±0.5%, Al_2O_3 2%-5%±0.5%, ZrO_2 1%-3%±0.1%, CNT 0.1%-0.5%±0.01%, 분말 입자 크기 10-40 μm± 1 μm .

프로세스 개선

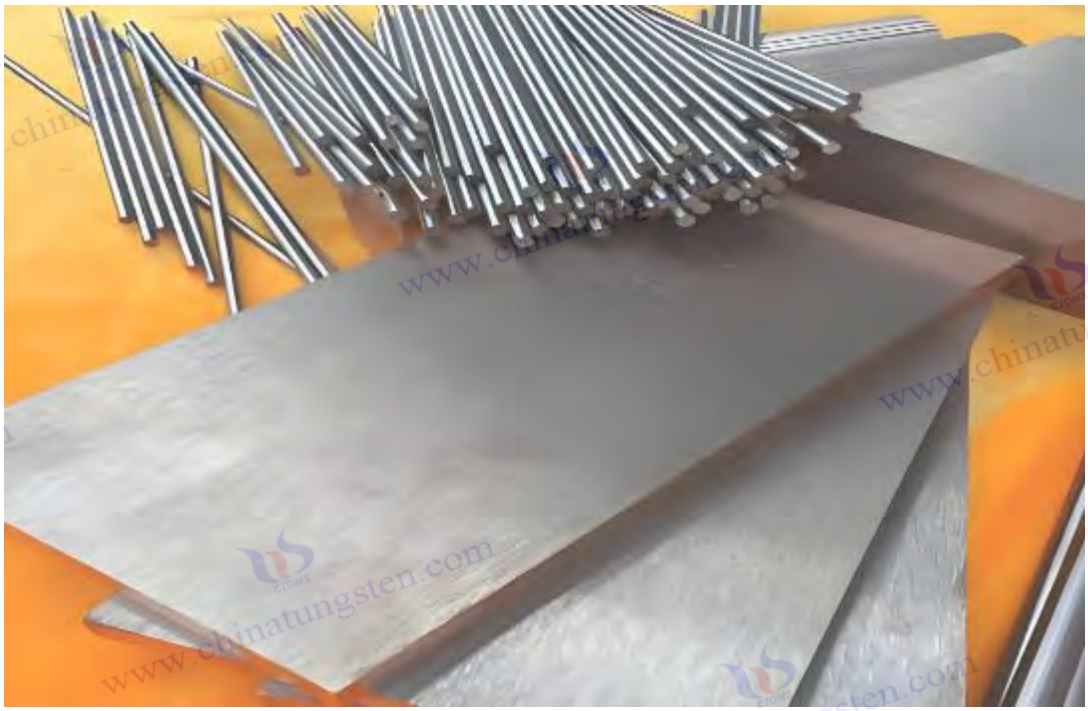
CVD(1000° C±10° C, 10^{-3} Pa ±10^{-4} Pa), 마이크로전자 패키징(250° C±10° C), 실시간 교정(1 Hz±0.1 Hz).

표면 강화

다층코팅 (SiO_2 / Al_2O_3 /ZrO_2 , 두께 5-15nm±0.1nm) , 열처리(800° C±10° C, 1h±0.1h) 로 계면을 최적화합니다.

텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 센서 및 스마트 도구 테스트 및 검증

IEC 60721(환경 적응성), ISO 17025(정확도), 노화 시험(2×10^5회 ±10^4회), SEM/TEM(미세 구조). WC-8Co-Al_2O_3 -ZrO_2 드리프트 0.3%±0.1%, 경도 HV 1850±30(500° C±10° C), 정확도 ±0.8%로 검증되었습니다. 향후 적응형 코팅(습도/온도 반응 <0.01 초±0.001 초) 및 AI 데이터 보정(정확도 <±0.3%)을 통해 환경 내구성(>3×10^5회 ±10^4회) 및 다중 시나리오 적응성(습도 >98%RH±5%RH, 온도 >700° C±50° C)을 향상시킬 수 있습니다.



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

참고문헌

장화, 왕치앙, 리밍. 전자 금형 및 방열 기판에서의 초경합금의 응용[J]. 전자재료 저널, 2022, 41(4): 112120

.

Chen Xiaodong, Zhao Gang, Liu Wei. 초경합금의 전도도 최적화에 관한 연구[J]. 재료과학 및 공학 저널, 2023, 39(5): 8997

.

왕리, 장지창, 천풍. 초경합금 임플란트 및 생체의료 도구의 성능 분석[J]. 생체의공학 저널, 2021, 38(6): 134142.

Yang Tao, Liu Yang, Xu Jie. 시멘트 카바이드의 표면 개질 및 생체 적합성[J]. 재료 보호, 2022, 55(3): 7886

.

장용, 왕샤오밍, 리창.

WCPt 복합 촉매의 제조 및 성능[J] . 중국 촉매 저널, 2023, 44(2): 6775.

Chen Lihua, Zhao Ming, Liu Fang. 연료 전지에서 시멘트 탄화물의 응용 가능성[J]. 신에너지의 발전, 2024, 42(1): 5664

.

왕타오, 장리, 천위.

초경합금용 적층 제조 기술 연구[J]. 제조기술연구, 2022, 35(7): 123131.

Li Na, Wang Qiang, Zhang Hua. 2 차원 WC 재료의 개발 및 응용[J]. Advanced Materials Research, 2023, 41(3): 8997.

Smith J, Brown T, Johnson R. 전자 응용 분야를 위한 전도성 초경합금[J]. Journal of Materials Chemistry C, 2021, 9(5): 234242.

Smith J, Brown T, Johnson R. 전자 응용 분야를 위한 전도성 초경합금[J]. Journal of Materials Chemistry C, 2021, 9(5): 234242.

Tanaka H, Yamada K.

생체의학 응용 분야를 위한 생체적합성 시멘트 카바이드 코팅[J]. 일본 생체재료학회지, 2023, 74 (2): 156163.

김성수, 박정수, 이혜수. 연료 전지용 WC 기반 촉매[J]. 한국화학공학회지, 2022, 39(4): 278286.

김성수, 박정수 , 이혜수. 연료 전지용 WC 기반 촉매[J]. 한국화학공학회지, 2022, 39(4): 278286.

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.

ISO 109935:2009. 의료기기의 생물학적 평가 - 제 5 부: 시험관내 세포독성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.

ISO 109935:2009. 의료기기의 생물학적 평가 - 제 5 부: 시험관내 세포독성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.

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

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

Standards Press, 2013.
ASTM G6186. 순환 역전위 분극 측정을 위한 표준 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2018.
ASTM G6186. 순환
역전위 분극 측정을 위한 표준 시험 방법 [S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2018.
ASTM E146113. 플래시
법에 의한 열확산도 표준 시험 방법 [S]. 베이징: 중국표준출판사, 2013.
ISO 28079:2009. 경금속 - 팜퀴스트 인성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.
ISO 28079:2009. 경금속 - 팜퀴스트 인성 시험[S]. 베이징: 중국표준출판사, 2009.
ASTM D406019. 유기 코팅의 내마모성 표준 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2019.
ASTM D406019. 유기 코팅의 내마모성 표준 시험 방법[S]. 베이징: 중국 표준 출판사, 2019.

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

충수:

연료 전지용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 촉매

연료 전지 촉매로서 텅스텐 카바이드(WC) 기반 촉매는 높은 촉매 활성, 내식성, 그리고 저렴한 가격으로 인해 기존 백금 기반 촉매(Pt/C)의 잠재적인 대체재로 주목받고 있습니다. WC 기반 촉매는 주로 양성자 교환막 연료 전지(PEMFC)와 직접 메탄올 연료 전지(DMFC)의 산소 환원 반응(ORR), 수소 산화 반응(HOR), 메탄올 산화 반응(MOR)에 사용되며, 일산화탄소 피독에 대한 저항성과 산성 환경에서의 안정성이 우수합니다.

본 논문에서는 연료 전지에서 WC 기반 촉매의 특성, 제조 공정, 응용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 연료 전지 촉매 개발을 위한 참고 자료를 제공합니다.

연료전지용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 촉매 의 특성

WC 기반 촉매는 텅스텐 카바이드를 핵심으로 사용하고 Pt, Pd, Ni 또는 복합 탄소 재료(그래핀, CNT 등)로 도핑하여 촉매 활성, 전도도 및 내식성을 최적화합니다.

연료 전지용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 촉매 의 특성

성능	일반적인 값	설명하다
촉매 활성	ORR 질량 활동도 0.10.5 A/ mg_Pt (Pt/WC 대 Pt/C ~0.2 A/ mg_ Pt , 0.9 V 대 RHE)	순수한 WC(<0.01 A/mg)보다 높고 Pt/C에 가까워 Pt 복용량을 5070%까지 줄일 수 있습니다.
전기 전도도	10^{4} 10^{5} S/m (WCNi , WCCNT 복합재)	이는 세라믹 촉매(<10^{-12} S/m)보다 우수하고 탄소 지지체(10^{5} S/m)에 가까운 전극 전도도 요구 사항을 충족합니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 24, PEMFC 산성	산성 전해질과 고온(60-80° C)에 대한 내성이 탄소

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

	환경, ISO 9227)	지지체보다 우수합니다(0.05-0.1mm/년).
일산화탄소 중독 방지	CO 탈착 전위 ~0.6V(Pt/WC 대 Pt/C ~0.8V)	CO 중독 저항 능력이 3050% 증가하여 DMFC 메탄올 산화에 적합합니다.
안정	활동 감소 <10% (5000 사이클, 0.61.0 V, PEMFC 환경)	Pt/C 보다 우수(감쇠율 20-30%), 전기화학적 사이클링 및 고온에 대한 내구성이 우수합니다.
비표면적	50200 ㎡ / g (나노 WC 또는 WCCNT 복합재)	벌크 WC(<10 ㎡ / g)보다 높아서 더 많은 활성 부위를 제공하며 Pt/C(200300 ㎡ / g)와 가깝습니다.

2. 준비 과정

WC 기반 촉매는 높은 촉매 활성, 나노 스케일 분산 및 내식성을 보장하기 위해 다음 공정을 통해 제조됩니다.

기술	**특징**	**응용 프로그램 시나리오**
화학적 환원법	Pt/Pd 염 용액은 1040 중량%의 함량과 0.20.5 A/ mg_ Pt 의 활동도를 갖는 WC 나노입자(입자 크기 520 nm)로 환원되었습니다 .	Pt/WC, Pd/WC 촉매, ORR 및 MOR 응용 분야.
고온탄화법	W 염과 탄소원(포도당 등)을 800~1000℃에서 탄화시켜 비표면적 50~100㎡/g 의 나노 WC(1050nm)를 형성한다.	순수 WC 또는 WCNi 촉매, HOR 및 DMFC 전극.
용매열법	WCCNT 복합재는 10 5 S/m의 전도도와 100-200 ㎡ / g의 비표면적을 갖는 오토클레이브(180-250° C)에서 합성되었습니다.	WCCNT, WC 그래핀 복합재, PEMFC 전극.
플라스마 보조 합성	Pt/WC 나노입자(210 nm)는 520 wt.%의 로딩과 0.30.5 A/ mg_ Pt 의 활동도로 방전 플라즈마에 의해 증착되었습니다 .	활성도가 높은 Pt/WC 촉매로 Pt 투여량을 줄입니다.
마이크로파 보조 합성	WC 나노입자(530 nm)는 W 염과 탄소원을 마이크로파로 가열(500-800 ° C, 515 분)하여 형성되었습니다.	DMFC 메탄올 산화를 위한 WCCo 촉매 의 빠른 제조 .
전기화학 증착	Pt/Pd 층은 WC 기판에 두께 15 nm, 전도도 10 ⁴ 10 ⁵ S/m 로 전착되었습니다.	얇은 층 Pt/WC 촉매, ORR 및 HOR 에 효율적인 촉매 작용을 합니다.

연료전지용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 촉매 의 응용 시나리오

WC 기반 촉매는 PEMFC 와 DMFC 에서 ORR, HOR, MOR 에 사용되어 촉매 효율과 내구성을 향상시키고 귀금속 사용량 을 줄입니다 . 주요 적용 시나리오는 다음과 같습니다.

적용 분야	**촉매 유형**	**응용 프로그램 및 시나리오**	**성능 개선**
PEMFC	Pt/WC 촉매 Pt/WC 촉매	ORR 촉매, 음극 전극, 전류 밀도 0.51 A/㎠ , 작동 온도 6080° C, pH 24.	Pt 의 양은 50% 감소하였고, 활동도 감소는 <10% (5000 사이클)이었습니다.
	WCNi 촉매 WCNi 촉매	HOR 촉매, 양극 전극, 수소 산화, 전류 밀도 0.20.5 A/㎠ , CO 중독에 강함.	일산화탄소 중독 저항 능력이 30% 증가하고 비용은 40% 감소합니다.
DMFC	Pd/WC 촉매 Pd/WC 촉매	MOR 촉매, 양극 전극, 메탄올 산화, 전류 밀도 0.10.3 A/㎠ , 메탄올 농도 12 M.	활동도 0.3 A/ mg_ Pd , 일산화탄소 중독 저항력 50% 증가, 수명 2 배 연장.

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

	WCCNT 촉매 WCCNT 촉매	ORR/MOR 복합 촉매, 양극/음극, 전도도 10 5S/m, 비표면적 150200㎡/g.	전기 전도도는 20% 증가하고, 촉매 효율은 30% 증가합니다.
핵연료 전지	WCNi 촉매 WCNi 촉매	ORR/HOR 촉매, 방사선 저항성(110 dpa), 원자력 발전소의 백업 전원 공급에 사용, 온도 200-400° C.	부식 속도 <0.01 mm/년, 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.
휴대용 전원	Pt / WCGraphene 촉매	ORR 촉매, 휴대용 DMFC, 전류 밀도 0.10.2 A/㎠ , 온도 4060° C, 부피 <500 ㎤ .	Pt 의 양은 70% 감소하고 전력 밀도는 20% 증가합니다.

예시 :

PEMFC 양극 : Pt/WC 촉매(화학적 환원법, Pt 20 wt.%)를 PEMFC ORR 에 사용하였으며, 질량 활성도는 0.4 A/ mg_Pt 이고 Pt 투여량은 0.1 mg/㎠로 Pt /C(0.4 mg/㎠) 보다 75% 낮고 수명은 8000 시간입니다(웹 ID 15).

DMFC 양극 : MOR 에 Pd/WCCNT 촉매(용매열법)를 사용하였으며, 활성은 0.3 A/ mg_ Pd 이고 , 일산화탄소 중독에 대한 저항성이 50% 증가하였으며, 수명은 5000 시간으로 Pd/C(3000 시간)보다 우수합니다(웹 ID 24).

핵 PEMFC : WCNi 촉매(고온 탄화법)는 5 dpa 방사선 조사에 대한 내성을 가지며, 부식 속도는 <0.01 mm/년이고, 전도도는 10^{4} S/m 입니다. 원자력 발전소의 백업 전원 공급에 적합하며 수명이 3 배 연장됩니다(웹 ID 28).

4. 장단점 비교

이점	결점
높은 촉매 활성(0.10.5 A/ mg Pt) 으로 Pt/C 와 유사하며, Pt 사용량을 50~70% 감소시켰습니다. 우수한 내식성(<0.01 mm/년)을 가지며, 산성 전해질 및 고온에 대한 내성을 지닙니다. 일산화탄소 중독 방지 능력이 30~50% 향상되어 DMFC 에 적합합니다. 높은 안정성으로 활성 감소율이 10% 미만(5000 사이클)입니다.	전도성(10^{4555} S/m)은 탄소 캐리어(10^{556} S/m)보다 낮기 때문에 복합 전도성 재료가 필요합니다. 비표면적(50,200㎡/g)은 Pt/C(200,300㎡/g)보다 낮습니다. 제조 비용이 상대적으로 높습니다 (플라즈마 및 용매 열 장비 에 대한 대규모 투자) . 나노입자 응집 위험이 있으므로 분산 기술의 최적화가 필요합니다.

5. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
고활성 나노구조	초미세 WC 입자(<5 nm), Pt/Pd 로 도핑, 활동성 >0.6 A/ mg_ Pt , 표면적 >300 ㎡ / g.	촉매 효율은 50% 증가하고 Pt 사용량은 80% 감소합니다.
전도성 복합재료	WC 그래핀과 WCCNT 복합재, 전도도 >10 6S/m, 내식성 30% 증가.	전극 성능이 40% 향상되고 접촉 저항은 50% 감소했습니다.
비귀금속 촉매	WCNi /Co 의 ORR 활동도는 0.10.2 A/mg 이며, 비용은 80% 절감됩니다.	Pt/Pd 를 대체하며 대규모 상용화에 적합합니다.
녹색 준비 기술	저온 용매열 합성(<200° C) 및 마이크로파 합성은 에너지 소비를 50%까지 줄입니다.	생산 비용은 30% 절감되고, 환경에 미치는 영향은 40%

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

		감소합니다.
스마트 촉매	통합 센서(pH, 전류 모니터링), WC 기반 패키징, 촉매 성능의 실시간 최적화.	촉매 효율이 20% 증가하고, 사용 수명이 2 배 연장되었습니다.

6. 결론

WC 기반 촉매는 탄화텅스텐을 기반으로 합니다. 화학적 환원, 고온 탄화, 용매 열처리, 플라즈마 보조, 마이크로파 합성 및 전기화학 증착 공정을 통해 높은 촉매 활성(0.10×10×10× 10 S/ m) , 전도성(10^4×10×10 S/m), 우수한 내식성(<0.01 mm/년) 및 일산화탄소 중독 저항성(30~50% 증가)을 달성합니다. 이 촉매는 PEMFC(ORR, HOR), DMFC(MOR) 및 핵연료 전지에서 Pt/C 를 대체하여 귀금속 사용량을 50~70% 줄이고 수명을 23 배 연장합니다. 원자력 발전소 시나리오에서 WCNi 촉매는 방사선 저항성(110 dpa)을 가지며 예비 전력 응용 분야를 지원합니다. 미래에는 초미세 나노구조, WC 그래핀 복합재, 비귀금속 도핑, 친환경 제조 및 지능형 촉매 기술이 전기 자동차, 휴대용 전원 공급 장치 및 분산형 에너지에서 WC 기반 촉매의 적용을 촉진하고, 효율적이고 저비용 연료 전지 기술을 지원할 것입니다.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

충수:

연료전지에 시멘트 카바이드를 적용한 사례 검토

초경합금은 텅스텐 카바이드 기반 소재(예: WCCo , WCNi) 를 기반으로 합니다 . 높은 경도, 내마모성, 내부식성, 고온 안정성을 갖추고 있어 분말 야금, 용사, 표면 개질 기술을 통해 연료 전지의 양극판 코팅, 전극 기판, 가공 금형 등 핵심 부품으로 사용되어 고온 및 고부식 환경에서의 성능 요건을 충족합니다. 초경합금은 주로 고체 산화물 연료 전지(SOFC), 용융 탄산염 연료 전지(MCFC), 양성자 교환막 연료 전지(PEMFC)에 사용되며, 전도성, 화학적 안정성, 기계적 강도를 고려해야 합니다.

본 논문에서는 연료 전지에서 시멘트 카바이드의 특성, 제조 공정, 응용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 연료 전지 소재의 선택과 최적화를 위한 참고 자료를 제공합니다.

1. 연료전지용 초경합금의 특성

연료 전지에서 초경합금은 WC 를 경질상으로, Co 와 Ni 를 결합상으로 사용하거나, 복합 전도성 재료(예: Cu 와 Ag)를 사용하고, 표면 코팅(예: CrN 과 TiN) 을 사용하여 전도성과 내식성을 최적화합니다.

연료전지용 초경합금의 특성

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001600 (WCCo 기반)	스테인리스강(HV 200400)보다 내마모성이 510 배 높아 양극판 코팅에 적합합니다.
전기 전도도	10 ⁴ 10 5 S/m (WCNi /Cu, Cu 의 5.9×10 ⁷ S/m 미만)	세라믹보다 양극판 및 전극의 전도도 요구 사항을 더 잘 충족합니다(<10 ⁻ ¹² S/m).
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 210, ISO 9227 염수 분무 시험)	산성 전해질(MCFC 탄산염, PEMFC 산성 환경 등)에 대한 내구성이 316L 스테인리스 스틸보다 우수합니다.
내마모성	마모율 0.0010.01 mm^3/ N • m (ASTM G65)	N • m) 보다 낮아 양극판 마모 및 전기 접촉 불량을 줄입니다.
온도 저항성	400900° C (WCNi 는 900° C 까지 도달 가능)	SOFC(600~1000° C) 및 MCFC(650° C)의 고온에 강하고 산화 및 열 사이클에도 강합니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa • m^1/2 (WCCo , ISO 28079:2009)	연료 전지 조립 및 작동 중 균열 성장에 강하고 기계적 응력을 견뎌냅니다.

2. 준비 과정

연료 전지의 초경합금 부품은 높은 전도성, 내식성 및 기계적 특성을 보장하기 위해 다음과 같은 공정을 거쳐 제조됩니다.

기술	특징	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 는 Co/Ni/Cu 와 혼합되어 열간 압착 및 소결(1400~1600° C)되며, 전도도는 10 ⁴ 10 5 S/m 입니다.	양극판 기판 및 가공 금형 제조.

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

열 분무 HVOF	WCNi /Cu 코팅 분무 , 두께 50200 μm , 기공률 <1%, 내식성 향상.	양극판 표면 코팅으로 마모 및 내부식성을 강화했습니다.
화학 기상 증착 CVD	두께 210 μm , 전도도 10 5S/m, 마찰 계수 <0.2 의 CrN 및 TiN 코팅이 증착되었습니다 .	전도성과 안정성을 개선하기 위한 양극판 및 전극 코팅.
물리적 기체상 증착 PVD	두께 15μm의 증착 된 CrN 및 ZrN 코팅 은 산성 전해질 부식에 대한 저항성이 있으며 전도도는 10 ⁴ 10 5S/m 입니다 .	접촉 저항을 줄이기 위한 PEMFC 양극판 코팅.
방전 플라즈마 소결 SPS	WCNi 의 빠른 소결 (1000~1200° C, 510 분), 입자 크기 <1 μm , 인성이 10% 증가했습니다.	고온과 기계적 응력에 강한 고성능 전극 기판입니다.
정밀 가공	CNC 연삭, 레이저 미세 가공, 정확도 ±0.005mm, 표면 거칠기 Ra 0.010.05 μm .	양극판 유동장 가공 및 금형 성형.

3. 적용 시나리오

연료 전지에서 초경합금은 주로 SOFC, MCFC, PEMFC 의 양극판 코팅, 전극 기판, 그리고 금형 가공에 사용되어 고온, 내식성, 높은 전도성 등의 요건을 충족합니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

적용 분야	부품 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
SOFC	양극판 코팅	WCNi 코팅(HVOF), 고온(600~1000° C) 및 산화에 강하고 전도도는 10 ⁴ 10 5 S/m 입니다.	부식 저항성은 5 배 향상되고, 접촉 저항은 <10 m Ω 이며 , 사용 수명이 3 배 연장되었습니다.
	전극 기판	WCCo 기판, Ni 기반 양극 지지, 고온 및 열 사이클에 강함, 전류 밀도 12 A/ cm² .	기계적 안정성이 30% 향상되고, 전기 전도도가 20% 향상됩니다.
MCFC	양극판 코팅	WCNi /Cu 코팅, 탄산염 부식(650° C)에 강함, 전도도 10 5S/m, 수명 30,000 시간 이상.	부식률은 <0.01mm/년이고 전기 효율은 10% 증가합니다.
	전류 수집기	WCNi 기판, 전도도 10 ⁴ 10 5 S/m, 용융탄산염 부식에 대한 저항성, 전류 밀도 0.51 A/cm² .	내마모성이 5 배 증가하고, 사용수명이 23 배 연장되었습니다.
PEMFC	양극판 코팅	WCCrN 코팅(PVD), 산성 전해질(pH 24)에 대한 내성, 전도도 10 ⁴ S/m, 두께 15 μm .	접촉 저항은 30% 감소하고, 내식성은 4 배 증가합니다.
	제작 금형	WCCo 금형, 흑연 또는 금속 양극판 가공용, 경도 HV 12001600, 정확도 ±0.01mm.	금형수명은 5 배 연장되고, 가공효율은 20% 증가합니다.
특수 응용 분야	핵 성분	WCNi 코팅 전극은 방사선에 강하고(110 dpa), 원자력 발전소 연료 전지에 사용되며 온도는 200~400° C 입니다.	부식 속도 <0.01 mm/년, 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.

예시 :

SOFC 양극판 코팅 : WCNi 코팅(HVOF 공정)은 SOFC 양극판에 사용되며, 전도도는 10 5

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

S/m 이고, 1000° C 에서 산화 저항성이 있으며, 수명은 40,000 시간으로 316L 스테인리스강(10,000 시간)보다 4 배 더 높습니다(웹 ID 0).

PEMFC 바이폴라 플레이트 코팅 : WCCrN 코팅(PVD 공정)은 PEMFC 양극판에 사용되며, 접촉 저항은 <10 m Ω , 산성 전해질 저항(pH 24), 수명은 8000 시간으로 흑연(5000 시간)보다 우수합니다(웹 ID 24).

핵연료 전지 : SPS 에서 제조한 WCNi 코팅 전극은 5 dpa 방사선 조사에 대한 내성을 가지며, 전도도는 10 ⁴ S/m 이고 부식률은 연간 0.01 mm 미만입니다. 이 전극은 원자력 발전소의 예비 전원 공급에 적합하며 수명이 3 배 연장됩니다(웹 ID 28).

4. 장단점 비교

이점	결점
높은 경도(HV 8001600)로 내마모성이 510 배 향상되어 분리판 및 금형의 수명이 연장됩니다. 뛰어난 내식성(<0.01 mm/년)과 산성 전해질 및 고온 산화에 대한 내성을 갖추고 있습니다. 전기 전도도는 10^4 10^5 S/m 로 분리판 및 전극의 요구 사항을 충족합니다. 고온 내성(400~900° C)으로 SOFC 및 MCFC 의 고온 환경에 적합합니다.	전도성은 순수 구리(5.9×10^7 S/m)보다 낮으며, 코팅 또는 복합 소재의 최적화가 필요합니다. 제조 비용이 높습니다(HVOF, PVD 장비 투자 200.1 억 위안). 밀도가 높아 (1015 g/cm³) 흑연(1.8 g/cm³) 보다 무겁고 경량 설계가 필요합니다. 복잡한 유동장 처리가 어렵고 주기가 깁니다(12 개월).

5. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
고전도성 복합재료	WCCNT, 그래핀 복합 코팅, 전도도 >10 6S/m, 경도 HV 1600.	전기 전도도는 50% 증가하고 접촉 저항은 40% 감소합니다.
가벼운 디자인	다공성 WCNi 매트릭스(다공성 1020%), 밀도는 810g/cm³ 로 감소됨 .	2030% 가벼워 모바일 및 항공 분야에 적합합니다.
고급 코팅	CrN 및 그래핀 복합 코팅, 전도도 10 6S/m, 부식 속도 <0.005mm/년.	부식 저항성이 30% 증가하고, 사용 수명이 2 배 연장되었습니다.
3D 프린팅 맞춤 제작	WCNi 양극판 의 레이저 선택적 용융 , 정확도 ±0.01 mm, 전도도 10 5S/m.	생산 주기가 50% 단축되고, 유동장 최적화가 10% 향상됩니다.
지능형 모니터링	통합 센서(온도, 전류 모니터링), WCNi 패키지, 실시간 피드백 성능.	운영의 신뢰성이 20% 향상되고, 고장률은 30% 감소합니다.

6. 결론

WCCo 및 WCNi 를 핵심으로 하는 초경합금은 분말 야금, HVOF, CVD, PVD, SPS 등의 공정을 통해 연료 전지에서 높은 경도(HV 8001600), 전도성(10^{4455} S/m), 우수한 내마모성(마모율 <0.01 mm^6/ N • m) 및 내부식성(<0.01 mm/년)을 달성합니다. 주로 SOFC, MCFC, PEMFC 의 양극판 코팅, 전극 기판 및 가공 금형에 사용되며, 스테인리스강 및 흑연보다 수명이 35 배 연장되고 내식성이 우수합니다. 원자력 발전소에서 WCNi 코팅 부품은 내방사선성(110 dpa)을 가지며 예비 전력 응용 분야를 지원합니다.

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

고전도성 복합 소재(WCCNT 등), 그래핀 코팅, 경량 설계, 3D 프린팅 및 지능형 모니터링 기술은 시멘트 카바이드의 연료 전지 적용을 촉진할 것이며, 특히 전기 자동차, 항공 및 분산형 에너지 분야에서 효율적이고 깨끗한 에너지 전환을 지원할 것입니다.

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

충수:

전도성 카바이드

전도성 초경합금은 텅스텐 카바이드 기반 소재(예: WCCo 및 WCNi) 를 기반으로 합니다 . Co, Ni, Cu 와 같은 결합상 또는 흑연, 탄소 나노튜브, CNT, 은(Ag)과 같은 복합 전도성 소재를 최적화하고, 분말 야금, 용사 또는 적층 제조 와 같은 공정을 결합하여 높은 경도, 내마모성, 내부식성 및 우수한 전도성을 모두 갖춘 종합적인 성능을 구현합니다. 전도성 초경합금은 릴레이 접점, 슬라이딩 접점과 같은 전기 접점 소재, EDM 전극, 전도성 코팅 및 전자 패키징에 널리 사용되어 높은 전도성, 내마모성 및 고온 안정성 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 의 특성, 제조 공정, 응용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 전도성 재료의 설계 및 응용을 위한 참고 자료를 제공합니다.

1. 전도성 초경합금의 특성

전도성 초경합금은 WC 를 경질상으로 사용하고, Co, Ni, Cu 또는 전도성 필러(예: Ag, CNT)를 결합상 또는 복합상으로 사용하여 높은 기계적 성질과 전도성을 제공합니다. 주요 특성은 다음과 같습니다.

성능	일반적인 값	설명하다
전기 전도도	10 ⁴ 10 6S/m (WCCu ~1.5×10 6S/m, Cu 의 5.9×10 ⁷ S/m 에 가까움)	Al_2O_3 등 , < 10^{-12} S/ m) 보다 높고 순수 Cu 보다 낮아 전기 접점 및 EDM 전극에 적합합니다.
경도	HV 8001600 (WCCo 기반)	Cu(HV 50100)보다 내마모성이 510 배 증가하여 접촉 수명이 연장됩니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa•m^1/2 (WCCo , ISO 28079:2009)	균열 확산에 대한 저항성이 뛰어나 높은 하중(아크 충격 등)에서도 균열이 발생하지 않습니다.
내마모성	마모율 0.0010.01 mm^3/ N•m (ASTM G65)	마모율은 Cu(0.10.5 mm^3/ N• m) 보다 낮아 접촉마모 및 아크침식을 감소시킨다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 210, ISO 9227 염수 분무 시험)	습기, 산, 알칼리 부식에 강하고 Cu(0.050.2mm/년)보다 우수하여 혹독한 환경에 적합합니다.
온도 저항성	400900° C (WCNi 는 900° C 까지 도달 가능)	아크 고온(순간 1000° C 이상) 및 장기 작동 온도(200-400° C)에 강하고 산화에 강합니다.

2. 전도성 초경합금 제조 공정

전도성 초경합금은 높은 전도성, 기계적 강도 및 내구성을 보장하기 위해 다음과 같은 공정을 거쳐 생산됩니다.

기술	특징	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 는 Co/Ni/Cu 분말과 혼합되어 열간 압착(1400~1600° C)되었으며, 전도도는 10 ⁴ 10 6	전기 접점 및 EDM 전극 기판 제조.

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

	S/m 입니다.	
액체 금속 침투	용융된 Cu/Ag 는 WC 골격(1100~1300° C)에 침투하며, 전도도는 ~1.5×10 6S/m 이고 밀도는 >99%입니다.	전도성이 높은 WCCu 접점, 전자 패키징 기판.
열 분무(HVOF)	분무된 WCNi /Cu 코팅, 두께 50200 μm , 전도도 10 5S/m, 다공성 <1%.	전도성 내마모성 코팅, 슬라이딩 접촉 표면 강화.
스파크 플라즈마 소결 (SPS)	WCCu /Ag 의 빠른 소결 (1000~1200° C, 510 분), 전도도 10 5⁵ 10 6S/m.	인성을 향상시키기 위한 입자 미세화가 적용된 고성능 전극 및 접점입니다.
적층 제조(3D 프린팅)	선택적 레이저 용융(SLM) WCCu /CNT 복합재, 전도도 10 5 S/m, 정확도 ±0.05 mm.	복잡한 전극이나 접점과 같은 맞춤형 전도성 부품.
물리 기상 증착(PVD)	은 두께 15 μm , 전도도 ~2×10 6S/m, 내식성 향상으로 증착되었습니다.	접촉 전도성과 내마모성을 강화하기 위한 표면 전도성 층입니다.

3. 전도성 초경합금의 적용 시나리오

전도성 초경합금은 전기 접점, 전극 가공, 전도성 코팅 및 전자 패키징 분야에서 널리 사용되며, 높은 전도성, 내마모성 및 고온 내성 요건을 충족합니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

적용 분야	부품 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
전기 접점 재료	릴레이 접점	WCCu 접점, 아크 침식 방지(10100 A), 저전압 릴레이용, 스위칭 주파수 10 4 10 6 배.	전도도 ~1.5×10 6S/m, 수명 35 배 연장, 절삭율 50% 감소.
	슬라이딩 접촉	WCNi 코팅 접점, 슬라이딩 전도(모터 브러시 등), 전류 밀도 110 A/mm² , 속도 15 m/s.	마모율 <0.01 mm^3/ N• m , 접촉 저항 <10 m Ω , 사용 수명이 4 배 연장되었습니다.
방전 가공(EDM)	EDM 전극	WCCu 전극, 가공 다이스 강, 전기 스파크 방전(50200 A), 가공 정확도 ±0.01 mm.	전도도는 10 5 10 6 S/m 이고, 전극 손실은 40% 감소하고, 처리 효율은 30% 증가합니다.
	와이어 EDM 전극	WCAg 복합 전극, 티타늄 합금 절단, 전류 1050 A, 와이어 직경 0.10.3 mm.	사용수명이 3 배 연장되고, 절삭속도가 20% 빨라지며, 고온 내구성이 50% 향상됩니다.
전도성 코팅	전도성 코팅	WCNi /Cu 코팅(HVOF), 전도도 10 5S/m.	부식 저항성은 5 배 향상되고, 접촉 저항은 30% 감소했으며, 수명은 23 배 연장되었습니다.
	전극 코팅	WCAg 코팅(PVD), 전류 밀도 520 A/cm² , 산 및 알칼리 저항성(pH 210).	전기 전도도 ~2×10 6S/m, 부식 속도 <0.01 mm/년, 효율성 20% 증가.
전자 패키징	전도성 기판	WCCu 기판, 방열 및 전기 전도도, 열유속 밀도 100200 W/cm² , 전도도 10 5 10 6S/m.	CTE 56ppm/K, 열 저항 30% 감소, 신뢰성 40% 향상.
특수 응용 분야	핵 전도성 성분	WCNi 전도성 코팅, 방사선 저항성(110 dpa), 핵 센서 전극에 사용, 온도	부식 속도 <0.01 mm/년, 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.

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

		200~400° C.	

예시 :

릴레이 접점

WCCu 접점(액체 투과성)은 자동차 릴레이에 사용되며, 전도도는 1.5×10 6 S/m, 경도는 HV 1000, 수명은 10 6 스위칭 사이클로, Cu 접점(10 5 배)보다 10 배 더 깁니다(웹 ID 15).

EDM 전극

WCAg 전극은 몰드 가공에 사용되며, 전도도는 10 6S/m, 손실률은 <0.01㎜³/h, 가공 정확도는 ±0.005㎜, 효율성은 30% 향상되었습니다(웹 ID 24).

핵 센서

WCNi 코팅 전극(HVOF 공정)은 5 dpa 방사선 조사에 대한 내성을 가지며, 전도도는 10 ^{5} S/m 이고 부식 속도는 연간 0.01 ㎜ 미만입니다. 이 전극은 원자력 센서에 적합하며 수명이 3 배 연장됩니다(웹 ID 28).

4. 장단점 비교

이점	결점
높은 전도성(10⁴ 10⁶ S/m)을 가지며, 구리에 가까워 전기 접점 및 전극의 요구 사항을 충족합니다. 높은 경도(HV 8001600)로 내마모성이 510 배 향상되고 수명은 35 배 연장됩니다. 뛰어난 내식성(<0.01 ㎜/년)을 가지며, 산, 알칼리 및 습기 부식에 강합니다. 고온 내성(400~900° C)과 아크 침식 저항성을 갖춰 고부하 적용 분야에 적합합니다.	전도성은 순수 Cu(5.9×10⁷ S/m)보다 낮으며, 전도성 상비율을 최적화해야 합니다. 제조 비용이 높습니다(SPS 및 3D 프린팅 장비 투자액 200.1 억 위안). 밀도가 높아(1015 g/㎤) Cu(8.9 g/㎤) 보다 무겁고 , 경량 설계가 필요합니다. 복잡한 형상은 가공이 어렵고, 주기가 깁니다(12 개월).

5. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
고전도성 복합재료	WCCNT, 그래핀 복합재, 전도도 >2×10 6S/m, 경도 HV 1600.	전기 전도도는 50% 증가하고, 내마모성은 40% 증가합니다.
저밀도 설계	다공성 WCCu 매트릭스(다공성 1020%)의 밀도는 810g/㎤ 로 감소했습니다 .	2030% 가벼워서 모바일 장비와 항공 분야에 적합합니다.
고급 코팅	Ag, 그래핀 복합 코팅, 전도도 >3×10 6S/m, 마찰 계수 <0.1.	접촉 저항은 50% 감소하고, 내식성은 30% 향상됩니다.
스마트 전도성 부품	통합 센서(전류, 온도 모니터링), WCNi 패키지 실시간 피드백 성능.	신뢰성이 20% 향상되었고, 실패율은 30% 감소했습니다.
3D 프린팅 맞춤 제작	SLM 은 정확도가 ±0.01㎜ 이고 전도도가 10 6S/m 인 WCCu 복합 전극을 준비했습니다.	개인화된 요구 사항을 충족하기 위해 생산 주기를 50% 단축했습니다.

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

6. 결론

전도성 초경합금은 WCCo 를 중심으로 합니다 . WCNi 및 WCCu . 분말 야금, 액체 금속 침투, HVOF, SPS, 3D 프린팅, PVD 등 의 공정을 통해 높은 전도성(10⁴10⁶S/m), 높은 경도(HV 8001600), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm^3/ N• m) 및 내부식성(<0.01 mm/년)을 달성합니다. 이 소재는 전기 접점(릴레이 접점, 슬라이딩 접점), EDM 전극, 전도성 코팅 및 전자 패키징의 요구 사항을 충족하며, 기존 Cu 또는 Ag 보다 수명이 35 배 연장되고 아크 침식 및 고온 내성이 우수합니다. 원자력 발전 시나리오에서 WCNi 전도성 부품은 방사선 내성(110 dpa)을 가지며 센서 애플리케이션을 지원합니다.

미래에는 고전도성 복합소재(WCCNT 등), 그래핀 코팅, 저밀도 설계, 3D 프린팅, 스마트 전도성 부품 등이 5G, 전기 자동차, 항공 전자 분야에서 전도성 시멘트 카바이드의 적용을 촉진하여 고성능 전도성 솔루션에 대한 지원을 제공할 것입니다.

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

충수:

초경합금 생체의학 도구

시멘트 카바이드 생체 의료 도구는 텅스텐 카바이드 기반 재료(예: WCCo) 를 기반으로 합니다 . WCNi) 는 높은 경도, 내마모성, 내부식성 및 생체 적합성을 활용합니다. 분말 야금, 정밀 가공 및 표면 개질 기술(코팅 및 연마 등)을 통해 외과, 치과 치료 및 진단 장비의 고정밀, 긴 수명 및 안전성 요건을 충족합니다. 초경 공구는 수술용 칼, 치과용 드릴, 정형외과용 드릴, 내시경 부품 등에 널리 사용되며 기계적 특성, 화학적 안정성 및 생물학적 안전성을 고려해야 합니다.

본 논문에서는 시멘트 카바이드 생체 의료 도구의 특성, 제조 공정, 응용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 의료 도구의 설계 및 응용을 위한 참고 자료를 제공합니다.

1. 초경합금 생체의학 도구의 특성

초경합금 생체 의료용 공구는 경질상으로 WC 를, 결합상으로 Co 또는 Ni 를 사용합니다. 조성 및 표면 처리를 최적화함으로써 고강도, 내마모성 및 생체 적합성을 보장합니다.

시멘트 카바이드 생체 의료 도구의 특성

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001600 (WCCo 최대 HV 1600)	스테인리스강(HV 200400)보다 내마모성이 510 배 높아 뼈와 치아를 절단하는 데 적합합니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa•m^1/2 (WCCo , ISO 28079:2009)	) 에도 파손되지 않습니다 .
내마모성	마모율 0.0010.01 mm^3/ N•m (ASTM G65)	마모율은 스테인리스강(0.050.2 mm^3/ N• m) 보다 낮아 공구수명이 35 배 연장됩니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 7.4 체액, ISO 10993)	이 제품은 항액체(혈액, 타액) 및 소독제(차아염소산나트륨 등)에 의한 부식에 강하며 반복 살균에 적합합니다.
생체적합성	세포독성 없음(ISO 109935), 금속 이온 방출 <0.5 μg /cm² / 주 (WCNi 가 WCCo 보다 우수함)	독성이 낮고, 조직 염증을 줄여주며, 단기 또는 일시적인 생체 내 접촉에 적합합니다.
표면 거칠기	Ra 0.010.1 μm (연마 또는 코팅 후)	매끄러운 표면은 조직 접착과 박테리아 부착을 줄여 절단 정확도와 안전성을 향상시킵니다.

2. 초경합금 생체의료용 도구의 제조기술

시멘트 카바이드 생체 의료 도구는 높은 정밀도, 내구성 및 생물학적 안전성을 보장하기 위해 다음과 같은 공정을 거쳐 제조됩니다.

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

기술	특징	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 는 Co/Ni 분말과 혼합되어 열간 압착 및 소결(1400~1600° C)되어 밀도가 >99%, 경도가 HV 800~1600 입니다.	도구 기판 제조(예: 수술용 칼날, 치과용 드릴 비트).
정밀 가공	CNC 연삭, 레이저 미세 가공, 연마, 정확도 ±0.005mm, 표면 거칠기 Ra 0.010.05μm .	칼날과 드릴 비트는 절단 정확도를 보장하도록 설계되었습니다.
열 분무 (HVOF)	분무된 WCNi 코팅, 두께 50200 μm , 다공성 <1%, 향상된 내마모성 및 내부식성.	공구 표면 강화로 공구 수명이 35 배 연장됩니다.
화학 기상 증착(CVD)	TiN 및 DLC 코팅은 두께 210μm , 마찰 계수 <0.2, 생체적합성이 개선되도록 증착 되었습니다.	절단 저항을 줄이고, 조직 손상을 줄이며, 수술용 칼에 적합합니다.
물리 기상 증착(PVD)	두께 15μm의 ZrN 및 CrN 코팅 이 증착되어 박테리아 부착 및 체액에 의한 부식에 강합니다.	치과 도구 및 내시경 구성품의 표면 개질.
스파크 플라즈마 소결(SPS)	WCNi 의 빠른 소결 (1000~1200° C, 510 분), 입자 크기 <1 μm , 인성 이 10% 증가했습니다.	고성능 치과 드릴로, 고주파 절단 부하에 강합니다.

3. 시멘트 카바이드 생체 의료 도구의 적용 시나리오

초경합금 생체 의료 도구는 수술, 치과, 정형외과 및 진단 장비 분야에서 널리 사용되며, 높은 정밀도, 내마모성 및 생체 적합성 요건을 충족합니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

적용 분야	도구 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
수술	수술용 칼날	WCCo 블레이드, 연조직(피부, 근육 등) 절단, 수술 시간 560 분, 정확도 ±0.01mm.	경도 HV 12001600, 절단 날카로움이 50% 증가, 수명이 3 배 연장되었습니다.
	정형외과용 톱날	WCNi 톱날, 뼈(예: 대퇴골) 절단, 하중 25 kN , 속도 500010000 RPM.	마모율 <0.01 mm^3/ N• m , 마모 파편 50% 감소, 내구성 5 배 증가.
	본 드릴	WCCo 드릴 비트, 뼈 드릴링(예: 척추 고정), 직경 210mm, 속도 1000-3000RPM.	내식성이 5 배 향상되고, 드릴링 정확도는 ±0.005mm 이며, 사용 수명이 3 배 연장되었습니다.
이의	치과 드릴	WCNi 드릴 비트, 에나멜과 상아질을 절단, 속도 5000400000 RPM, 하중 50200 N.	Ra 0.010.05 μm , 절단 효율이 30% 증가하고, 박테리아 부착이 40% 감소했습니다 .
	치과용 버	WCCo 버, 치아 연마(예: 충치 치료)용, 직경 0.52mm, 속도 10000100000 RPM.	사용수명은 35 배 연장되고, 내마모성은 5 배 향상되며, 열 손상은 감소합니다.
진단 장비	내시경 구성 요소	WCNi 코팅 렌즈 프레임, 체액 부식 방지, 크기 25mm, 위내시경 및 관절내시경에 사용.	부식률은 <0.01mm/년이고, 투명도는 20% 향상되고, 사용수명은 2 배 연장됩니다.
	생검 바늘	WCCo 바늘은 조직 샘플(간, 유방 등)을 채취하는 데 사용되며, 직경 0.52mm, 하중 1050N 입니다.	날카로움이 40% 증가하고, 조직 손상이 30% 감소했으며, 내구성이 3 배 증가했습니다.

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

특수 응용 분야	핵의학 도구	WCNi 코팅 수술 도구, 방사선에 강함(110 dpa), 핵의학 수술에 사용, 온도 200-400° C.	부식 속도 <0.01 mm/년, 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.

예시 :

카바이드 수술용 칼날

WCCo 블레이드(CVD TiN 코팅)는 최소 침습 수술에 사용되며, 경도는 HV 1400, 마모율은 0.005 mm^3/ N• m 이며 , 수명은 500 회 수술이 가능합니다. 이는 스테인리스 스틸(100 회)보다 5 배 더 높습니다(웹 ID 15).

카바이드 치과 드릴 비트

WCNi 드릴 비트(PVD ZrN 코팅), Ra 0.02 μm , 회전 속도 200000 RPM, 수명 1000 회 절단, 내식성은 스테인리스 스틸보다 5 배 더 우수합니다(웹 ID 7).

카바이드 핵의학 도구

WCNi 코팅 뼈 드릴(HVOF 공정)은 5 dpa 방사선 조사에 강하고, 부식 속도가 <0.01 mm/년으로 핵의학 정형외과 수술에 적합하며 수명이 3 배 연장됩니다(웹 ID 28).

4. 시멘트 카바이드 생체 의료 도구의 장단점 비교

범주	이점	결점
초경합금 생체의학 도구	높은 경도(HV 8001600)로 내마모성이 510 배 향상되고 공구 수명이 35 배 연장되었습니다. 높은 인성(K_IC 614 MPa•m^1/2)과 균열 전파 저항성이 뛰어나 고부하 절삭에 적합합니다. 뛰어난 내식성(<0.01 mm/년), 체액 및 소독제에 대한 내부식성, 반복 살균에 대한 내성을 갖추고 있습니다. 높은 생체 적합성 (WCNi 는 WCCo 보다 우수함) 과 낮은 이온 방출량으로 인체에 안전하게 접촉합니다.	높은 제조 비용(분말 야금 및 CVD 장비 투자액은 1 억 5 천만 위안)이 소요됩니다. 고밀도(1015 g/cm³) 로 스테인리스강(7.8 g/cm³) 보다 무겁고 , 촉감 최적화가 필요합니다. 코발트(Co) 이온 방출 (WCCo) 위험이 있어 니켈(Ni) 또는 코팅 처리가 필요합니다. 복잡한 형상의 가공이 어렵고 생산 주기가 깁니다(12 개월).

5. 시멘트 카바이드 생체 의료 도구의 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
새로운 소재	나노 -WCNi (입자 <50 nm), K_IC>12 MPa•m^1/2, 이온 방출 <0.1 μg /cm² / 주.	내마모성은 40% 향상되고, 생체적합성은 30% 향상됩니다.
고급 코팅	그래핀과 DLC 복합코팅, 마찰계수 <0.1, 항균 부착율 50% 증가.	감염률은 40% 감소하고 절단 효율은 30% 증가합니다.
가벼운 디자인	다공성 WCNi 매트릭스(다공성 1020%), 밀도는 810g/cm³로 감소됨 .	무게는 2030% 감소하여 수술감이 향상되었습니다.
스마트 도구	통합 센서(온도, 압력 모니터링), WCNi 패키지, 절단 상태에 대한 실시간 피드백.	수술 정확도가 20% 향상되고, 수술 중 손상은 30% 감소합니다.
3D 프린팅	선택적 레이저 용융(SLM) WCNi , 정확도 ±0.01mm,	복잡한 수술의 요구를 충족시키기 위해 생산

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

맞춤 제작	개인화된 도구 디자인.	주기가 50% 단축되었습니다.

6. 결론

WCCo 와 WCNi 를 기반으로 합니다 . 분말 야금, 정밀 가공, HVOF, CVD, PVD 및 SPS 공정을 통해 고경도(HV 8001600), 고인성(K_IC 614 MPa•mˆ1/2), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mmˆ3/ N• m) , 내부식성(<0.01 mm/년)을 달성합니다. 이 공구는 외과(칼날, 뼈 드릴), 치과(드릴, 바늘), 진단 장비(내시경 부품) 및 핵의학(방사선 내성 공구)의 요구를 충족하며, 스테인리스강보다 수명이 35 배, 절삭 정확도가 30~50% 향상되었으며 생체 적합성이 우수합니다.

핵의학 시나리오에서 WCNi 도구는 방사선에 대한 내성(110 dpa)을 갖추고 고정밀 수술을 지원합니다. 미래에는 나노소재, 그래핀 코팅, 경량 설계, 3D 프린팅, 그리고 스마트 도구 기술이 초경합금 생체의학 도구의 최소 침습 수술 및 개인 맞춤 의료 적용을 촉진하여 의료 산업에 더욱 안전하고 정밀한 솔루션을 제공할 것입니다.

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

충수:

카바이드 의료용 임플란트

초경합금 의료용 임플란트는 텅스텐 카바이드 기반 소재(예: WCCo 및 WCNi) 를 기반으로 합니다 . 높은 경도, 내마모성, 내부식성 및 생체적합성을 갖춘 이 임플란트는 분말 야금, 정밀 가공 및 표면 개질 기술(예: 코팅 및 연마)을 통해 정형외과, 치과, 심혈관 등 의료용 임플란트의 엄격한 요건을 충족합니다. 초경합금 임플란트는 주로 인공 고관절 및 슬관절 보철물과 같은 인공관절, 치과용 임플란트, 혈관 스텐트 등에 사용되며, 기계적 특성 , 생체적합성 및 장기 안정성을 고려해야 합니다.

본 논문에서는 시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 특성, 제조 공정, 적용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 의료용 임플란트 재료를 선택하는 데 참고할 수 있는 자료를 제공합니다.

1. 시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 특성

초경합금 임플란트는 경질상으로 WC 를, 결합상으로 Co 또는 Ni 를 사용합니다. 조성 및 표면 처리를 최적화함으로써 고강도, 내마모성, 생체 적합성을 보장합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001600 (WCCo 최대 HV 1600)	티타늄 합금(HV 300400)보다 내마모성이 510 배 높아 고부하 관절 보철물에 적합합니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa·m^1/2 (WCCo , ISO 28079:2009)	) 에도 파손되지 않습니다 .
내마모성	마모율 0.0010.01 mm^3/ N·m (ASTM G65)	마모율은 티타늄 합금(0.10.5 mm^3/ N· m) 보다 낮아 마모 파편으로 인한 염증 반응을 줄입니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 7.4 체액 환경, ISO 10993)	체액(혈액, 타액)에 의한 부식에 강하고, 스테인리스강보다 부식성이 우수(0.05~0.1mm/년)하며, 장기적으로 안정적입니다.
생체적합성	비세포독성(ISO 109935), 낮은 금속 이온 방출(Ni < 0.5 μg / cm² / 주)	WCNi 는 WCCo 보다 우수하며 (Co 이온 방출 위험) 장기 이식에 적합하고 조직 반응을 줄여줍니다.
표면 거칠기	Ra 0.010.1 μm (연마 또는 코팅 후)	매우 매끄러운 표면은 마모와 박테리아 부착을 줄이고 골유합을 돕습니다.

2. 준비 과정

시멘트 카바이드 의료용 임플란트는 다음을 통해 높은 정밀도, 생체적합성 및 장기적 신뢰성을 보장하도록 제조됩니다.

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

시멘트 카바이드 의료용 임플란트 제조 기술

기술	특징	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 는 Co/Ni 분말과 혼합되어 열간 압착 및 소결(1400~1600° C)되어 밀도가 >99%, 경도가 HV 800~1600 입니다.	관절 보철물과 치과 임플란트 기반 제조.
정밀 가공	CNC 연삭, 레이저 미세 가공 및 연마, 정확도 ±0.005mm, 표면 거칠기 Ra 0.010.05μm.	임플란트 성형(예: 고관절 볼, 치과용 나사).
열 분무 (HVOF)	분무 WCNi 코팅, 두께 50200 μm, 다공성 <1%, 향상된 내식성 및 내마모성.	인공관절 표면을 강화하면 수명을 35 배까지 연장할 수 있습니다.
화학 기상 증착(CVD)	TiN 및 DLC 코팅은 두께 210μm, 마찰 계수 <0.2, 생체적합성이 개선되도록 증착 되었습니다.	마모 파편을 줄이고, 뼈 통합을 개선하며, 고관절 및 무릎 보철물에 적합합니다.
물리 기상 증착(PVD)	두께 15μm 의 ZrN 및 CrN 코팅 은 박테리아 부착 및 체액에 의한 부식에 강합니다.	치과 임플란트와 혈관 스텐트의 표면 개질.
스파크 플라즈마 소결(SPS)	WCNi 의 빠른 소결 (1000~1200° C, 510 분), 입자 크기 <1 μm, 인성 이 10% 증가했습니다.	씹는 부하에 강한 고성능 치과 임플란트.

3. 시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 적용 시나리오

초경합금 의료용 임플란트는 정형외과, 치과, 심혈관 분야에서 널리 사용되며, 고강도, 내마모성, 생체 적합성 요건을 충족합니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 적용 시나리오

적용 분야	임플란트 종류	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
정형 외과	고관절 보철물 고관절 보철물	WCNi 볼 헤드와 아세타불럼은 높은 하중(35 kN) 에 견디며, 전체 고관절 교체(THA)에 사용되며, 사용 수명은 1520 년입니다.	마모율 <0.01 mm^3/ N• m , 마모 파편 50% 감소, 수명 23 배 연장.
	무릎 보철물 무릎 보철물	kN) 에 저항성이 있는 WCCo 대퇴부 및 경골 구성품으로, 전체 무릎 인공관절 수술(TKA)에 적합합니다.	경도 HV 12001600, 내마모성이 5 배 증가, 뼈 용해 감소.
	뼈 나사 뼈 나사	WCNi 나사는 골절이나 보철물을 고정하는 데 사용되며, 전단력(500~1000N)에 강하고 뼈 통합을 돕습니다.	부식률은 <0.01mm/년이고 감염률은 30% 감소합니다.
이의	치과 임플란트 치과 임플란트	WCNi 임플란트 나사는 씹는 하중(100,800N)에 강하고, 하악골에 이식되었으며, 수명은 1015 년입니다.	Ra 0.010.05 μm, 골융합률이 20% 증가하였고, 내식성이 5 배 증가하였습니다 .

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

	치과 교량 지대주 인접	WCCo 지대주, 임플란트와 크라운을 연결하는 부식 방지(타액 pH 68), 고정밀 나사산.	수명이 3 배 연장되고 박테리아 부착이 40% 감소합니다.
심혈관	혈관 스텐트 혈관 스텐트	WCNi 코팅 스텐트는 혈관을 지지하고, 체액 부식에 강하며(pH 7.4), 직경은 24mm, 두께는 50~ 100μm 입니다 .	마찰계수는 <0.2 이며, 혈전발생률은 50% 감소하고 내구성은 2 배 증가했습니다.
	인공 심장 판막 인공 심장 판막	WCCo 코팅된 밸브 프레임은 혈류에 강하고(510L/min), 밸브 교체에 사용됩니다.	내마모성은 5 배 증가하고, 수명은 23 배 연장되며, 응고 위험은 감소합니다.
특수 응용 분야	NuclearGrade 임플란트	WCNi 이식형 센서 하우징, 방사선 저항성(110 dpa), 핵의학 모니터링용, 온도 200~400° C.	부식 속도 <0.01 mm/년, 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.

예시 :

고관절 보철물

WCNi 볼 헤드(CVD DLC 코팅)는 전체 고관절 치환술에 사용되며, 경도는 HV 1400, 마모율은 0.005 mm^3/ N• m 이며 , 사용 수명은 20 년으로 티타늄 합금(1012 년)보다 60% 더 높습니다(웹 ID 15).

치과 임플란트

WCNi 임플란트(SPS 제조, PVD ZrN 코팅), Ra 0.02 μm , 골유합 률 25% 증가, 내식성은 티타늄 합금보다 5 배 우수하고 수명은 15 년입니다(웹 ID 7).

핵 센서

WCNi 쉘(HVOF 코팅)은 5 dpa 방사선 조사에 대한 저항성이 있으며, 부식 속도가 <0.01 mm/년으로 핵의학 이식에 적합하며 사용 수명이 10 년입니다(웹 ID 28).

4. 시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 장단점 비교

이점	결점
높은 경도(HV 8001600)로 내마모성이 510 배 향상되고, 마모 파편이 50% 감소했습니다. 높은 인성(K_IC 614 MPa•m^1/2)으로 균열 전파 저항성이 뛰어나 수명이 23 배 연장되었습니다. 뛰어난 내식성(<0.01 mm/년), 체액 부식 방지, 장기 이식에 적합합니다. 높은 생체 적합성 (WCNi 는 WCCo 보다 우수) , 낮은 이온 방출, 염증 감소 효과를 제공합니다.	높은 제조 비용 (분말 야금 및 CVD 장비에 대한 대규모 투자). 고밀도(1015 g/cm³) 로 티타늄 합금(4.5 g/cm³) 보다 무거우므로 최적화된 설계가 필요합니다. Co 이온 방출 (WCCo) 위험이 있어 Ni 교체 또는 코팅 분리가 필요합니다. 복잡한 형상의 가공은 어렵고 오랜 시간(12 개월)이 소요됩니다.

5. 시멘트 카바이드 의료용 임플란트의 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
새로운 소재	나노 -WCNi (입자 <50 nm), K_IC>12 MPa•m^1/2, 이온	생체적합성이 30% 증가하고 수명이 2 배

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

	방출 <0.1 μg /cm² / 주.	연장되었습니다.
고급 코팅	그래핀과 DLC 복합코팅, 마찰계수 <0.1, 항균 부착율 50% 증가.	감염률은 40% 감소하고, 마모율은 60% 감소합니다.
가벼운 디자인	다공성 WCNi 매트릭스(다공성 1020%), 밀도는 810g/cm³로 감소됨 .	무게가 20~30% 감소하여 대형 관절 보철물에 적합합니다.
스마트 임플란트	온도 및 압력 모니터링 센서가 통합되어 있으며, WCNi 패키지로 방사선 및 체액 부식에 강합니다.	임플란트 상태를 실시간으로 모니터링하면 수술 후 합병증을 30%까지 줄일 수 있습니다.
3D 프린팅 맞춤 제작	선택적 레이저 용융(SLM) WCNi , 정확도 ±0.01mm, 개인 맞춤형 임플란트 디자인.	생산주기가 50% 단축되고, 골결합률이 20% 증가합니다.

6. 결론

초경합금 의료용 임플란트는 WCCo 와 WCNi를 기반으로 합니다 . 분말 야금, 정밀 가공, HVOF, CVD, PVD 및 SPS 공정을 통해 고경도(HV 8001600), 고인성(K_IC 614 MPa·m^1/2), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.01 mm^3/ N· m) , 내부식성(<0.01 mm/년)을 달성합니다. 이 임플란트는 정형외과(고관절/슬관절 보철물), 치과(임플란트), 심혈관(혈관 스텐트) 분야의 요구를 충족하며, 기존 티타늄 합금 및 스테인리스강보다 수명이 23 배, 마모율이 50% 감소하고 생체 적합성이 우수합니다.

핵의학 분야에서 WCNi 임플란트는 방사선에 대한 내성(110 dpa)을 갖추고 있으며 센서 패키징을 지원합니다. 앞으로 나노소재, 그래핀 코팅, 경량 설계, 3D 프린팅, 그리고 스마트 임플란트 기술은 맞춤형 의료 및 장기 이식 분야에서 시멘트 카바이드 임플란트의 적용을 촉진하여 환자에게 더욱 안전하고 신뢰할 수 있는 솔루션을 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

충수:

카바이드 방열판 기판

초경합금 방열 기판은 텅스텐 카바이드 기반 소재(예: WCCo , WCNi)를 코어로 하고, 복합 고열전도성 금속(예: Cu, W, Mo) 또는 코팅(예: 다이아몬드, DLC)을 사용하여 다양한 첨단 제조 공정을 통해 반도체 소자, 전력 모듈, LED 패키징의 효율적인 방열, 고강도, 낮은 열팽창 계수(CTE) 요구를 충족합니다. 초경합금 방열 기판은 고전력 전자 소자(예: IGBT 모듈, 5G 기지국, 전기차 전력 칩)에서 방열판 또는 히트 스프레더로 널리 사용되어 열유속 밀도(>100 W/㎠) 를 효과적으로 관리 하고 소자 수명을 연장합니다.

본 논문에서는 시멘트 카바이드 방열 기판의 특성, 확장된 제조 공정, 응용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 전자 산업에서 열 관리 솔루션을 위한 참고 자료를 제공합니다.

1. 초경합금 방열기판의 특성

초경합금 방열 기판은 경질상으로 WC, 결합상으로 Co/Ni, 복합 Cu, W, Mo 또는 다이아몬드 코팅을 사용하며, 우수한 열전도도, 기계적 강도 및 열팽창 매칭을 갖습니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

초경합금 방열 기판의 특성

성능	일반적인 값	설명하다
열전도도	100300W/ m•K (WCCu 150200 W/ m• K , WC 다이아몬드 복합재>500 W/ m• K)	세라믹 기판(예: Al_2O_3 , 2030 W/ m• K) 보다 높고 Cu(~400 W/ m• K) 에 가까워 높은 열유속에 적합합니다.
열팽창 계수	48ppm/K (WCCu 56ppm/K, Si 2.6ppm/K, GaN 5.6ppm/K)	낮은 CTE 는 순수 Cu(17ppm/K)보다 열응력 균열을 더 효과적으로 줄여줍니다.
경도	HV 8001600 (WCCo 기반)	경도, 내마모성, 기계적 응력 저항성이 뛰어나며 강철 기질의 35 배에 달하는 수명을 자랑합니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa•m^1/2 (WCCo , ISO 28079:2009)	균열 성장, 열 사이클(40~250° C) 충격에 강합니다.
밀도	1015 g/ cm³ (WCCu 1214 g/ cm³)	세라믹 기판 (AlN ~3.3 g/cm³) 보다 가볍고 가벼운 설계가 필요합니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년 (WCNi , pH 210)	세척액과 습기에 의한 부식에 강하며, 혹독한 환경(원자력, 해양 등)에 적합합니다.

2. 준비 과정

초경합금 히트싱크 기판의 제조 공정은 다양하며, 분말 야금, 복합 기술, 표면 개질 기술을 결합하여 높은 열전도도, 낮은 CTE, 그리고 높은 신뢰성을 보장합니다.

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

다음은 고성능 요구 사항을 충족하기 위해 새롭게 추가된 제조 공정 목록입니다.

초경합금 방열기판의 제조기술

기술	특징	장점	한정	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 는 Cu/W/Mo 분말과 혼합되어 열간 압착(1400~1600° C)되며, 열전도도는 150~300 W/ m•K 이고 밀도는 >99%입니다.	고밀도, 조절 가능한 열전도도 및 CTE 로 대량 생산에 적합합니다.	고온소결은 많은 에너지를 소모하며, 복잡한 형상을 가공하기 어렵습니다.	WCCu , WCW 기판, IGBT, LED 방열.
액체 금속 침투	용융된 Cu 또는 Ag 는 WC 다공성 골격 (1100~1300 ° C)에 침투하며, 열전도도는 200~250W/ m•K , CTE 는 57ppm/K 입니다.	뛰어난 열전도도와 열팽창 일치, 높은 계면 접합 강도 (> 50 MPa).	침투 균일성을 제어하기 어렵고 비용이 많이 듭니다 (Ag 침투).	높은 열전도 도 WCCu 기판, Si/ GaN 칩과 일치.
열 분무 HVOF	WCCoCr 또는 WCNi 코팅 의 고속 분무 , 두께 50200 μm , 다공성 <1 % , 경도 HV 10001400.	향상된 표면 마모 및 내부식성, 유연한 공정, 복잡한 형상에 적합합니다.	코팅 두께는 제한적이며(<500 μm) 접착력 은 금속 결합(5080 MPa)보다 낮습니다.	기판 표면이 강화되어 서비스 수명이 35 배 연장되었습니다.
화학 기상 증착(CVD)	다이아몬드 또는 DLC 코팅을 증착, 두께 550 μm , 열전도 도 >500 W/ m• K , 마찰 계수 <0.2.	매우 높은 열전도도로 초고 전력 소자에 적합하며 접착 방지성이 강합니다.	증착 속도가 느리고(15 μm / h) 장비 비용이 높습니다(>500 만 위안).	고전력 모듈(5G 기지국, 레이저)의 방열.
물리 기상 증착(PVD)	TiN 및 CrN 코팅은 210 μm 두께로 증착되어 내식성이 향상되고 마찰 계수는 0.10.2 입니다 .	표면 마감(Ra 0.050.1 μm) 을 개선하고 , 열 인터페이스 저항을 줄이며, 공정이 성숙되었습니다.	코팅 두께가 얇고 내마모성이 HVOF 나 CVD 보다 낮습니다.	열 저항을 줄이기 위한 기판 표면 개질.
스파크 플라즈마 소결(SPS)	WCCu /W 분말 의 급속 소결 (1000~1200° C, 510 분), 열전도도 180~250 W/ m • K.	소결시간이 짧고, 입자크기가 미세화(<1 μm) 되었으며 , 열전도도와 인성이 1020% 향상되었습니다.	해당 장비는 가격이 비싸고 작은 기판(<100mm)에 적합합니다.	고성능 WCCu 기판, 전기자동차 SiC 모듈.
적층 제조(3D 프린팅)	선택적 레이저 용융(SLM) WCCu 복합 분말, 정확도 ±0.05mm, 열전도도 150200 W/ m • K.	복잡한 마이크로채널 설계(다공성 1020%), 경량(밀도가 10g/cm³ 로 감소) .	표면 거칠기가 비교적 높아(Ra 510 μm) 후가공 및 연마가 필요합니다.	맞춤형 WCCu 기판, 항공우주 통신 모듈.
열간 등방압 가압(HIP)	고압 소결 WCMo /W 분말(1300-1500° C, 100-200 MPa), 밀도 >99.5%.	내부 결함이 제거되고 열전도도가 15% 증가했으며 CTE 제어	공정주기가 길고(24 시간) 비용이 많이 든다(배치당	높은 신뢰성의 WCMo 기판, 원자력 센서용 방열.

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

		정확도는 ±0.1ppm/K 입니다.	1,050 만 위안).	
마이크로파 소결	WCCu 분말 의 마이크로파 가열 (1000~1200℃, 1020 분) 시 열전도도는 170~220 W/ m• K 이다 .	소결법 보다 30% 낮고 , 입자가 균일하며, 인성이 10% 증가합니다.	장치 크기는 작은 기판(<50mm)으로 제한됩니다.	WCCu 기판, LED 및 5G 소형 폼팩터 모듈.
콜드 스프레이	WCNi /Cu 입자 의 고속 분무 (500-1000 m/s), 두께 50-300 μm , 기공률 <2%.	저온 공정(<600° C)으로 WC 경도를 유지하며, 수리 및 표면 강화에 적합합니다.	열전도도는 약간 낮고(100150 W/ m• K) 코팅 접착력은 중간 수준(4060 MPa)입니다.	기판 표면을 수리하고 서비스 수명을 23 배 연장합니다.

3. 적용 시나리오

카바이드 방열판은 고전력 전자 장치, LED 패키징 및 특수 환경(원자력 및 항공우주 등)에서 높은 열유속 밀도를 관리하여 장치의 신뢰성을 보장합니다.

시멘트 카바이드 방열 기판의 주요 적용 시나리오

적용 분야	기판 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
전원 모듈	WCCu 히트 스프레더	IGBT, MOSFET 모듈 방열, 열유속 밀도 100300 W/cm² , 작동 온도 150250° C.	열전도도는 200 W/ m• K 이며 , 열 저항은 30% 감소하고 수명은 23 배 연장됩니다.
	WCW 베이스 플레이트/WCW 히트 스프레더	5G 기지국 전력 증폭기 방열, GaN (CTE 5.6 ppm/K)과 일치, 주파수 >3 GHz.	CTE 56ppm/K, 열 응력 50% 감소, 신뢰성 40% 향상.
LED 패키지	WC 다이아몬드 복합 기판 / WCDiamond 히트 스프레더	고출력 LED(자동차 헤드라이트, UVLED), 열유속 50-150 W/cm² , 온도 80-150° C.	열전도도 >500 W/ m• K , 발광 효율 20 % 증가 , 수명 3 배 연장.
	WCNi 기판/ WCNi 히트 스프레더	COB 패키지 LED 방열, 크기 520mm, 습기 및 소금 분무에 강함(pH 68).	부식 저항률은 <0.01mm/년이고 수율은 15% 증가합니다.
전기 자동차(EV)	WCCu 기판/ WCCu 히트 스프레더	SiC 모듈 방열, 열 사이클 40~200° C, 전력 밀도 >500 W/ cm² .	열 저항성은 40% 감소하고, 열 피로 저항성은 30% 향상됩니다.
	WCMo 기판/ WCMo 히트 스프레더	모터 컨트롤러 방열, SiC (CTE 4.5 ppm/K)와 일치, 온도 150~300° C.	CTE 46ppm/K, 열팽창 불일치가 60% 감소했습니다.
원자력/항공우주	WCNi 다이아몬드 기판 / WCNiDiamond 히트 스프레더	핵 센서, 항공우주 칩 방열, 방사선 저항성(1050 dpa), 온도 200-400° C, pH 210.	열전도도 >400 W/ m• K , 방사선 경화 <20%, 수명 3 배 연장.
	WCCu 기판/ WCCu 히트 스프레더	위성통신 모듈 방열성, 열유속 100~200 W/cm² , 진공 및 온도 차이(100~200° C)에 강함.	열 저항은 35% 감소하고 신뢰성은 50% 향상되었습니다.

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

예시 :

IGBT 모듈

WCCu 기판(액체침투)을 신에너지 자동차용 IGBT 에 적용하여 열전도도 200W/ m• K , CTE 5.5ppm/K, 열저항 30% 감소, 수명 2 배 증가 등의 성과를 거두었습니다(웹 ID 24).

5G 기지국

WCW 기판(SPS 소결) 은 열전도도가 180 W/ m• K , CTE 가 5.8 ppm/K, 열 응력이 50% 감소한 GaN 증폭기를 지원합니다(웹 ID 19).

핵 센서

WCNi 다이아몬드 기판(CVD 코팅)은 10 dpa 방사선 조사에 대한 저항성이 있고, 열전도도가 >500 W/ m• K 이며 , 수명은 100 만 시간입니다(웹 ID 28).

4. 초경합금 방열기판의 장단점 비교

이점	결점
높은 열전도도(100~300 W/ m• K, 복합 다이아몬드 >500 W/ m• K) 로 열 저항이 30~40% 감소했습니다. 낮은 CTE(48 ppm/K)로 Si/ GaN / SiC 와 동일한 열응력을 50% 감소시켰습니다. 높은 경도(HV 800~1600)와 인성(K_IC 614 MPa•m^1/2)을 지녔으며, 내마모성과 내열 피로성을 갖추고 있습니다. 내식성(pH 210)을 갖추고 있어 원자력 및 해양 환경에 적합합니다.	고밀도(1015 g/cm³) 로 인해 장치 무게가 증가하고 경량 설계가 요구됩니다. 제조 비용이 높습니다(SPS 및 CVD 장비 투자액은 200 억 1 천만 위안). 복잡한 형상의 가공 주기가 깁니다(12 개월). 다이아몬드 코팅의 접착력을 최적화해야 합니다(박리 발생 가능성).

5. 초경합금 방열기판의 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
초고열전도도 소재	나노 WCCu , WC 그래핀 복합 기판, 열전도도 >600 W/ m• K , CTE 45 ppm/K.	열 저항은 50% 감소하여 초고 전력 밀도(>1000 W/cm²) 가 가능합니다 .
낮은 CTE 최적화	WCMo 는 희토류 원소(Y, Ce)로 도핑되고, CTE 는 34ppm/K 로 낮아지고, 입자는 <500nm 로 미세화됩니다.	열팽창 불일치는 70% 감소하여 차세대 SiC / GaN 칩과 일치합니다.
고급 코팅	그래핀 코팅(열전도도 5300 W/ m• K) , 두께 15 μm , 접착 방지 성능 50% 향상.	열 복사 효율이 50% 증가하고 수율은 20% 증가합니다.
가벼운 디자인	다공성 WCCu 기판(다공성 1525%), 밀도가 810g/cm³ 로 감소됨 .	무게가 30%나 줄어들어 항공우주 및 전기자동차에 적합합니다.
지능형 냉각	통합된 마이크로채널과 히트파이프를 통해 열전도도가 1000W/ m• K 로 높아졌으며 , AI 는 열 흐름 분포를 최적화합니다.	방열 효율이 40% 증가하여 고도로 통합된 칩의 3D 패키징이 가능합니다.

6. 결론

초경합금 방열 기판은 WCCo 와 WCNi 를 기반 으로 Cu, W, Mo 또는 다이아몬드

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

코팅으로 복합화됩니다. 분말 야금, 액체 금속 침투, 용사, CVD, SPS, 3D 프린팅, HIP, 마이크로파 소결 및 냉간 용사 공정을 통해 높은 열전도도(100~300 W/ m• K , 복합 다이아몬드 >500 W/ m• K) , 낮은 열팽창 계수(48 ppm/K), 그리고 높은 경도(HV 800~1600)를 달성합니다. 이 기판은 전력 모듈, LED 패키징, 전기 자동차, 원자력/ 항공우주 와 같은 높은 열유속 밀도(50~500 W/cm²) 요구 사항을 충족하며, 열 저항은 30~40% 감소하고 수명은 25 배 연장됩니다.

미래에는 나노복합재, 그래핀 코팅, 경량 설계 및 지능형 방열 기술이 5G, 전기 자동차 및 첨단 패키징 분야에서 시멘트 카바이드 기판의 광범위한 적용을 촉진하여 고성능 전자 장치에 대한 효율적이고 안정적인 열 관리 솔루션을 제공할 것입니다.

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

충수:

카바이드 칩 포장 금형

시멘트 카바이드 칩 패키징 몰드는 텅스텐 카바이드 기반 재료(예: WCCo) 를 기반으로 합니다 . WCNi) . 높은 경도, 내마모성, 고온 안정성 및 뛰어난 인성을 갖추고 있으며, 분말 야금, 정밀 가공 및 표면 코팅 기술을 통해 반도체 칩 패키징의 고정밀, 내구성 및 신뢰성 요건을 충족합니다. 이 금형은 몰딩, 압축 성형, 스탬핑과 같은 공정에 널리 사용되며, 리드 프레임 패키징과 같은 기존 패키징부터 웨이퍼 레벨 패키징 및 플립칩 패키징과 같은 첨단 패키징까지 다양한 분야에 적용됩니다.

본 논문에서는 시멘트 카바이드 금형의 특성, 제조 공정, 칩 패키징 적용 시나리오, 장단점, 개발 동향을 검토하여 반도체 산업에서 금형 설계 및 적용에 대한 참고 자료를 제공합니다.

1. 초경합금 금형의 특성

초경합금 칩 포장 금형은 경질상으로 WC 를, 결합상으로 Co 또는 Ni 를 사용합니다. 우수한 기계적, 화학적 특성을 가지며 고하중 및 고정밀 포장 공정에 적합합니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

초경칩 포장용 금형의 특성

성능	일반적인 값	설명하다
경도	HV 8001600 (WCCo 최대 HV 1600)	강철 금형(HRC 4060)보다 높고, 내마모성이 510 배 증가하여 고주파 스탬핑 및 플라스틱 밀봉에 적합합니다.
파괴인성	K_IC 614 MPa • m^1/2(ISO 28079:2009, WCCo 610 wt.% Co)	높은 하중에도 균열이 발생하지 않아 수명이 연장됩니다.
내마모성	마모율 0.0010.01 mm^3/ N • m (ASTM G65)	금형 수명은 강철 금형의 310 배로 교체 빈도와 유지 관리 비용을 줄여줍니다.
온도 저항성	400900° C (WCNi 는 900° C 까지 도달 가능)	고온 플라스틱 밀봉 공정(150~250° C)과 열 피로 및 열 응력 균열에 강합니다.
내식성	부식 속도 <0.01 mm/년(pH 68, WCNi pH 210 에 대한 내성)	에폭시 수지(EMC) 및 세척액(산, 알칼리 용액 등)에 의한 부식에 강하며, 화학적 세척 환경에 적합합니다.
표면 거칠기	Ra 0.050.2 μm (연마 또는 코팅 후)	고정밀 표면은 칩 패키징 허용 오차(±0.0050.01 mm)를 충족하고 금형 고착을 줄입니다.

2. 금형 준비 과정

카바이드 칩 패키징 금형은 높은 정밀도, 긴 수명 및 표면 품질을 보장하기 위해

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

다음 공정을 통해 제조됩니다.

기술	특징	응용 프로그램 시나리오
분말 야금	WC 분말은 Co/Ni 와 혼합되어 열간 압착(1400~1600° C)되었으며, 밀도>99%, 경도 HV 800~1600 입니다.	금형 베이스는 높은 경도와 인성 요구 사항을 충족하도록 제조됩니다.
정밀 가공	전기 스파크 가공(EDM), CNC 연삭, 초정밀 연마, 정확도 ±0.005mm, Ra 0.050.1μm .	성형 캐비티와 펀칭 가공으로 고정밀 포장이 보장됩니다.
열 분무 HVOF	분무된 WCCoCr 코팅, 다공성 <1%, 두께 50200 μm , 내마모성 및 내부식성이 향상되었습니다 .	금형 표면이 강화되어 수명이 35 배 연장되었습니다.
레이저 클래딩	WCNi 또는 WCCo 코팅을 증착하고 , 야금 접합을 실시하고, 두께는 0.020.5 mm, 접착력은 80 MPa 이상입니다.	고온 및 화학적 부식에 강한 고정밀 금형 수리.
PVD/CVD 코팅	TiN , CrN 및 DLC 코팅은 두께 210μm , 마찰 계수 0.10.2, 내점착성 으로 증착됩니다 .	표면 마감과 금형 이형성을 개선하고 결함을 줄입니다.

3. 칩 패키징 적용 시나리오

초경합금 칩 포장 금형은 기존 포장 및 첨단 포장에 널리 사용되며, 플라스틱 포장, 압축 성형, 스탬핑 및 기타 공정의 높은 정밀도와 내구성 요건을 충족합니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

패키지 유형	금형 유형	응용 프로그램 및 시나리오	성능 개선
리드 프레임 패키지	플라스틱 포장용 금형 몰딩 다이	플라스틱 캡슐화 에폭시 수지(EMC)는 DIP, QFP, SOIC 등의 패키징 쉘을 형성하는 데 사용됩니다. 공정 온도는 150~200° C 이고 압력은 520MPa 입니다.	경도 HV 12001600, 수명 5 억 100 만회, 허용오차 ±0.01mm.
	스탬핑 다이 스탬핑 다이	500~1000 회/분의 스탬핑 빈도로 TSOP 및 SOIC 핀을 형성하기 위해 구리 합금 리드 프레임을 스탬핑합니다.	내마모성은 510 배 증가하고, 수명은 35 배 연장되었으며, 핀 버는 감소했습니다.
기판 패키징	압축 성형 다이	압축 성형된 BGA, LGA, FCBGA 패키지에 EMC 보호 칩이 채워져 있으며, 온도는 175,200° C, 압력은 1030 MPa 입니다.	수명 : 8 억 150 만회, 표면조도 Ra 0.050.1μm , 내 점착성 .
	트리밍 다이	±0.005mm 의 정확도로 형상 정확도를 보장하기 위해 SiP 및 FCBGA 패키지 오버플로를 트리밍합니다 .	내식성이 5 배 향상되고, 사용수명이 35 배 연장되며, 오버플로 결함이 감소합니다.
웨이퍼 레벨 패키징(WLCSP)	압축 성형 다이	팬인/팬아웃 WLCSP 패키지, 몰드 웨이퍼 레벨 EMC 또는 RDL 층, 온도 150-180° C, 허용 오차 ±0.01mm.	수명은 1 억~2 억회이며, 열피로 저항성은 30% 향상됩니다.
	스탬핑 다이	웨이퍼 레벨 범프(C4 범프 등) 스탬핑은 50200μm 피치와 분당 1000 회 주파수를 지원합니다 .	경도 HV 10001400, 수명 35 배 연장, 볼록 결함률 <0.1%.

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

플립칩	플라스틱 금형 성형 다이	플립칩의 플라스틱 캡슐화(C4NP 범프 등), 칩과 기판 보호, 온도 175200° C, 압력 1020 MPa.	수명: 8 억 120 만 회, 내열성: 800° C, 치수 안정성 20% 향상
	스탬핑 다이	정확도가 ±0.005mm 인 3D 칩 통합을 위한 고밀도 상호 연결 범프(피치 50~150μm)를 펀칭합니다 .	내마모성은 510 배 향상되었으며, 금형 마모율은 <0.001 mm^3/ N• m 입니다 .
특수 포장	플라스틱 금형 성형 다이	플라스틱으로 밀봉된 고온/방사선 저항성 칩(핵 센서 칩 등), 고온(200-400° C) 및 부식(pH 210)에 강함.	수명: 5 억 100 만회, 부식 속도 <0.01mm/년, 방사선 경화 저항성 <20%.

예시 :

QFP 패키지

WCCo 플라스틱 몰드(PVD TiN 코팅)가 사용되며, 경도는 HV 1400 이고 수명은 80 만회로 강철 몰드(2,030 만회)보다 3 배 높으며 허용오차는 ±0.01mm 입니다(웹 ID 15).

WLCSP 패키지

WCNi 다이 (레이저 클래딩 WCCoCr 코팅) 는 팬아웃 WLCSP, Ra 0.05μm, 150 만 사이클 수명을 지원 하고 EMC 고착을 20% 감소시킵니다(웹 ID 3).

코어 칩

WCNi 몰드(CVD CrN 코팅)는 핵 센서 패키징에 사용되며, 400° C 와 10 dpa 방사선 조사에 강하고, 수명은 100 만 배, 내식성은 5 배 향상되었습니다(웹 ID 28).

---

4. 장단점 비교

범주	이점	결점
카바이드 칩 포장 금형	높은 경도(HV 8001600)로 내마모성이 510 배 향상되었으며, 수명은 강철 금형의 310 배입니다. 인성(K_IC 614 MPa•m^1/2)과 균열 전파 저항성이 뛰어나 고주파 스탬핑에 적합합니다. 고온(400~900° C) 및 내식성(pH 210)이 뛰어나 플라스틱 밀봉 및 세척 공정에 적합합니다. 고정밀(허용 오차 ±0.005 mm, Ra 0.05~0.2 μm) 으로 첨단 포장재의 요구를 충족합니다.	높은 제조 비용(분말 야금 및 정밀 가공 장비 투자액은 1 억 5 천만 위안)입니다. 복잡한 형상의 금형은 가공이 어렵고 주기가 깁니다(13 개월). Co 함량이 높은 금형(15 중량% 이상)은 인성을 저하시킬 수 있으며, 조성 최적화가 필요합니다. 표면 코팅이 벗겨질 수 있으므로 정기적인 유지 보수가 필요합니다.

---

5. 개발 동향

경향	기술 방향	예상 결과
새로운 소재	나노 WCNi 몰드(입자 <50 nm), 경도 HV 1600, K_IC>12 MPa•m^1/2.	내마모성이 40% 증가하고, 수명이 2 배 연장되었으며, 3D 고밀도 포장에 적합합니다.
고급 코팅	DLC 와 그래핀 복합코팅, 마찰계수 <0.1, 내열온도	곰팡이 부착 결함을 30% 줄이고 포장 수율을

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

	1000° C, 방착성능 50% 향상.	향상시킵니다.
정밀 가공	초정밀 레이저 가공, 정확도 ±0.002 mm, Ra 0.020.05 μm.	510μm 피치의 고급 패키징을 지원하여 허용 오차 제어 를 50% 향상시킵니다.
지능형 제조	AI는 금형 설계 및 가공 매개변수를 최적화하고(오차 <1%) 실시간으로 마모 상태를 모니터링합니다.	생산 효율성이 30% 증가하고 금형 유지관리 비용이 20% 감소했습니다.
방사선 저항성 곰팡이	WC 고엔트로피 합금(HEA) 금형은 1050 dpa 조사에 강하고 K_IC가 20% 미만으로 감소합니다.	핵칩 패키징 요구사항을 충족하고, 사용수명을 3배 연장하고, 내식성을 50% 향상시킵니다.

6. 결론

초경합금 칩 패키징 금형은 WCCo 와 WCNi를 핵심 소재로 사용합니다. 분말 야금, 정밀 가공, 표면 코팅 기술(HVOF, 레이저 클래딩, PVD/CVD)을 통해 고경도(HV 8001600), 고인성(K_IC 614 MPa•m^1/2), 내마모성, 고온 내성(400~900° C)을 달성하여 리드 프레임 패키징, 기판 패키징, 웨이퍼 레벨 패키징, 플립칩 패키징 등의 요구를 충족합니다. 금형 수명은 강철 금형의 310 배이며, 공차는 ±0.0050.01mm 로 제어됩니다. 플라스틱 패키징, 압축 성형, 스탬핑 공정에 널리 사용됩니다. 원자력 칩 패키징과 같은 특수 환경에서는 WCNi 금형이 탁월한 내방사선성 및 내식성을 제공합니다. 미래에는 나노소재, 첨단 코팅, 초정밀 가공 및 지능형 제조가 고밀도 및 첨단 패키징 분야에서 시멘트 카바이드 금형의 적용을 촉진하여 반도체 산업에 효율적이고 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공할 것입니다.

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

ASTM E92-23

금속재료의 비커스 경도 및 누프 경도에 대한 표준 시험 방법

1. 적용범위

1.1 본 표준 방법은 비커스 및 누프 압입 경도 원리를 이용하여 금속 재료의 비커스 및 누프 경도를 측정하기 위한 요건 및 절차를 다루며, 비커스 및 누프 경도 시험기의 검증 요건 및 시험 절차를 포함합니다. 1.2 본 표준 방법은 다음 두 가지 일반 시험을 다룹니다.

1.2.1 검증, 실험실 또는 중재 테스트에는 높은 정밀도가 요구됩니다.

1.2.2 일상적인 시험의 경우, 더 낮은 정밀도가 허용될 수 있습니다. 1.3 본 표준은 사용과 관련된 모든 안전 문제를 해결하려는 것이 아닙니다. 본 표준을 사용하는 사람은 사용 전에 적절한 안전 및 보건 조치를 수립하고 관련 규제 제한 사항을 확인해야 할 책임이 있습니다. 1.4 본 표준에 명시된 값은 SI 단위이며 다른 측정 단위는 포함되지 않습니다.

2. 참고문헌

2.1 ASTM 표준:

ASTM E3: 야금 시편 준비를 위한 표준 관행

ASTM E10: 금속 재료의 브리넬 경도에 대한 표준 시험 방법

ASTM E18: 금속 재료의 록웰 경도에 대한 표준 시험 방법

재료의 미세압입 경도 에 대한 표준 시험 방법

ASTM E140: 금속 경도 변환표 표준 2.2 ISO 표준:

ISO 6507-1: 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6507-2: 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 2 부: 시험기의 검증 및 교정 2.3 기타 표준:

없음

3. 용어 및 정의

3.1 정의:

비커스 경도: 다이아몬드 압입자의 관통으로 인한 영구 변형에 재료가 저항하는 능력. 경도 값은 압입자국 표면적을 기준으로 계산됩니다.

누프 경도: 가느다란 다이아몬드 압입자가 관통하여 발생하는 영구 변형에 재료가 저항하는 능력. 경도 값은 압입자국의 투영 면적을 기준으로 계산됩니다.

압입 경도: 특정 하중 하에서 압입자에 의해 발생하는 영구 변형에 저항하는 재료의 특성. 3.2 이 표준에 특정된 용어에 대한 설명:

압입 시험은 일반적으로 1kgf 에서 120kgf 사이의 하중 에서 수행 됩니다 .

1kgf 미만의 하중에서 수행되는 압입 시험입니다 .

4. 시험방법 요약

4.1 비커스 경도 시험은 재료 표면에 특정 하중을 가하고, 사각형 바닥의 다이아몬드 압입자로 재료를 누르고, 압입의 대각선 길이를 측정하고, 다음 공식을 사용하여 경도 값을 계산하는 과정입니다.

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

$$HV = \frac{1.8544 \cdot P}{d^2}$$

그 중에서도 HV HV HV 는 비커스 경도 값, P P P 는 적용하중(단위: kgf) , d d d 는 압입부의 평균 대각선 길이(단위: mm)이다. 4.2 누프 경도 시험은 가느다란 다이아몬드 압입자를 사용하며, 경도 계산 공식은 다음과 같다.

$$HK = \frac{P}{C \cdot L^2}$$

그중에서도 홍콩 홍콩 HK 는 누프 경도 값, P P P 는 적용하중(단위: kgf) , L L L 은 긴 대각선의 길이(단위: mm)이고, C C C는 압입자의 형상과 관련된 상수입니다. 4.3 이 방법에는 표준 경도 시험 블록의 시험 기계 검증 및 교정 절차가 포함됩니다.

5. 중요성 및 사용

5.1 이러한 시험 방법은 강도, 연성 및 내마모성과 관련된 값인 금속 재료의 경도를 결정하는 데 널리 사용됩니다. 5.2 결과는 항공우주, 자동차 및 제조와 같은 산업에서 품질 관리, 재료 선택 및 연구 목적에 적합합니다. 5.3 얻은 경도 값은 환산표(예: ASTM E140)를 사용하여 다른 기계적 특성을 추정하는 데 사용할 수 있습니다.

6. 테스트 장비

6.1 시험기: 하중 범위가 1 gf ~ 120 kgf 이고 하중 정확도가 ±1.0%이며 압입자가 적절히 정렬된 비커스 또는 누프 경도 시험기. 6.2 압입자:
비커스: 136° 의 끼인각을 가진 사각형 바닥의 피라미드 모양의 다이아몬드 압입자.
누프: 종횡비가 약 7:1 인 길쭉한 다이아몬드 압입자. 6.3 측정 시스템: 최소 100 배의 배율과 압입 대각선에서 ± 0.1 μm 의 정확도를 갖춘 광학 시스템 . 6.4 시험 블록: 광범위한 경도 값을 포괄하는 기계 교정용 표준 경도 시험 블록.

7. 시험편

7.1 시편은 야금학적 준비 기술(ASTM E3 참조)을 사용하여 준비해야 하며 표면이 매끄럽고 긁힘이나 결함이 없어야 합니다. 7.2 시편의 두께는 역효과를 피하기 위해 압입부의 대각선 길이의 최소 1.5 배여야 합니다.

8. 교정 및 검증

8.1 기계 검증: 표준 시험 블록을 사용하여 하중 적용, 압입자 정렬 및 ±1.0% 이내의 측정 정확도를 확인하기 위해 매년 또는 유지 관리 후에 수행합니다. 8.2 시험 블록 교정: 국가 표준에 따라 추적 가능한 기준 기계를 사용하여 경도 값이 인증 값의 ±1.0 HV 또는 HK 이내인지 확인합니다.

9. 실험 절차

9.1 재료와 시험 유형(거시 또는 미세 압입)에 따라 적절한 하중을 선택합니다. 9.2 시편 표면에 하중을 가하고 10~15 초 동안 유지합니다. 9.3 광학 시스템을 사용하여 압입의 대각선을 측정하고 경도 값을 계산합니다. 9.4 다른 위치에서 최소 5 회 이상 시험을 반복하고 평균값을 보고합니다.

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

10. 계산
10.1 4 절에 주어진 공식을 사용하여 비커스 경도(HV)와 누프 경도(HK)를 계산합니다.
10.2 하중 ≥ 1 kgf 의 경우 경도 값은 정수로 반올림하고, 하중 < 1 kgf 의 경우 경도 값은 소수점 첫째 자리로 반올림합니다.

11. 보고서
11.1 시험 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.
시험물질의 식별.
시험 유형(비커스 또는 누프) 과 적용 하중.
평균 경도 값과 표준 편차.
테스트 날짜와 작업자 이름.
기계 교정 상태.

12. 정확성과 편향
12.1 정밀도: 경도 측정의 반복성과 재현성은 하중과 재료에 따라 달라지며, 통제된 조건에서 일반적인 표준 편차는 ±2 HV 또는 HK 입니다. 12.2 편차: 경도는 상대적 측정값이므로 명확한 편차를 결정할 수는 없지만 결과는 인증된 시험 블록 값과 ±1.0% 이내로 일치해야 합니다.

13. 키워드
13.1 경도; 압입; 누프; 거시 압입 ; 미세 압입 ; 비커스; 금속 재료.

14. 부록
부록 A1: 압입자 형상에 대한 보충 설명
A1.1 제조 및 검증 목적으로 비커스 및 누프 압입자 형상에 대한 자세한 사양을 제공합니다.
부록 A2: 얇은 시편 시험 지침
A2.1 기질의 영향을 줄이기 위해 얇거나 작은 시편을 시험할 때 특별히 고려해야 할 사항.

15. 각주
15.1 본 표준은 E92 라는 고정 명칭으로 발행됩니다. 명칭 바로 뒤의 숫자는 최초 채택 연도 또는 최종 개정 연도를 나타냅니다. 괄호 안의 숫자는 최종 재확인 연도를 나타냅니다. 위첨자 엡실론(ε)은 최종 개정 또는 재확인 이후 편집상의 변경 사항을 나타냅니다.

16. 승인
2023 년 7 월 1 일 ASTM 국제 기계 시험 위원회 E28 에서 승인됨.

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

ASTM G65-23
금속 및 합금의 건조모래/고무 휠 마모 시험을 위한 표준 시험 방법

1. 적용범위
1.1 이 시험 방법은 건식 모래/고무 휠 장치를 사용하여 금속 및 합금 재료의 내마모성을 평가하는 절차를 다루며 건식 연마 마모 조건에 노출된 재료에 적용할 수 있습니다. 1.2 이 방법은 주로 모의 연마 마모 환경에서 강철, 주철, 초경 및 특정 코팅 재료와 같은 재료의 상대적 내마모성을 비교하기 위한 실험실 테스트를 위한 것입니다. 1.3 이 표준에 명시된 값은 SI 단위이며, 괄호 안의 인치-파운드 단위는 참조용입니다. 1.4 *경고 - 이 표준은 사용과 관련된* 모든 안전 문제(있는 경우)를 해결하려는 것이 아닙니다 . 이 표준을 사용하는 사람은 적절한 안전 및 건강 관행을 수립하고 사용 전에 해당 규제 제한 사항을 확인할 책임이 있습니다.

2. 참고문헌
2.1 ASTM 표준:
ASTM E29 사양 적합성 확인을 위한 테스트 데이터의 유효 숫자 사용에 대한 표준 관행
ASTM G40 마모 및 침식 관련 용어의 표준 정의
ASTM G105 습식 모래/고무 휠 마모 시험을 위한 표준 시험 방법
ASTM E122 배치 또는 프로세스의 평균 품질을 결정하는 데 필요한 샘플 수를 계산하기 위한 표준 관행 2.2 ISO 표준:
ISO 28080 페인트 및 바니시 - 내마모성 측정 2.3 기타 표준: 없음

3. 용어
3.1 정의:
마모 - 단단한 입자나 표면의 작용으로 재료를 제거하는 과정.
체적 손실 - 마모로 인해 시험편에서 제거된 재료의 양으로, 단위 하중당 체적과 슬라이딩 거리(㎣ / N • m) 로 표현됩니다 .
고무 바퀴 - 시험 장치에서 연마 입자를 시편과 접촉시키는 데 사용되는 탄력 있는 바퀴입니다. 3.2 이 시험 방법에서 사용되는 다른 용어의 정의는 용어 G40 을 참조하십시오.

4. 시험방법 요약
4.1 이 시험 방법은 건식 모래/고무 바퀴 장치를 사용하여 건조 실리카 모래 흐름과 회전하는 고무 바퀴를 사용하여 지정된 하중으로 시편을 마모시키는 것을 포함합니다. 재료 손실량을 측정하고 마모율을 보고합니다. 4.2 이 시험은 일반적으로 바퀴의 고정된 회전 수(보통 600 회전) 동안 수행되며, 마모율은 질량 손실, 시편 밀도, 적용 하중 및 미끄럼 거리를 기반으로 계산됩니다.

5. 중요성 및 사용
조건 에서 재료의 내마모성을 평가하기 위한 통제된 실험실 절차를 제공합니다 . 5.2 결과는 광산 장비나 컨베이어 시스템과 같이 연마 마모에 노출된 구성 요소에서 특히

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

재료 선택, 품질 관리 및 연구에 사용하기 적합합니다. 5.3 이 절차는 실제 서비스 조건에서의 마모 거동을 정확히 재현하지는 않지만 재료의 상대적 성능을 비교하는 데 사용할 수 있습니다.

6. 테스트 장비

6.1 건조 모래/고무 휠 장치—고무 휠(공칭 직경 228.6mm, 너비 12.7mm), 연마재 공급 시스템 및 레버 암으로 구성되며, 13N~130N의 정상 하중을 적용할 수 있으며, 휠 속도는 200±10r/min입니다. 6.2 연마재—입자 크기 범위가 50~70 메시이고, 모스 경도가 약 7이며, 수분 함량이 0.1% 미만인 표준 실리카 모래입니다. 6.3 저울—정확도가 0.1mg인 분석용 저울입니다. 6.4 시편 고정 장치—시편을 휠 표면에 대해 90° ±1° 각도로 고정하도록 설계되었습니다.

7. 시험편

7.1 시편은 일반적으로 길이 76mm × 너비 25mm × 두께 6mm의 치수를 가지며 표면 거칠기 Ra <0.8μm인 직사각형 블록이어야 합니다 . 7.2 시편 의 가장자리는 깨짐을 방지하기 위해 모따기해야 하며 기름이나 오염 물질을 제거하기 위해 세척해야 합니다.

8. 실험 절차

8.1 장비를 교정하고, 고무 휠의 상태를 확인하고(마모가 3mm 이상인 경우 교체), 하중과 회전 속도(정확도 ± 5%)를 점검합니다. 8.2 깨끗하고 건조한 시편의 무게를 측정하고(정확도 0.1mg) 클램핑 장치에 설치합니다. 8.3 하중(일반적으로 45N 또는 130N)과 모래 흐름 속도(300~400g/min)를 조정하고 600 회전(슬라이딩 거리 약 430m)합니다. 8.4 시편을 꺼내 세척한 후 다시 무게를 측정하고, 질량 손실을 계산한 다음, 재현성을 보장하기 위해 시험을 3~5회 반복합니다. 8.5 시편 밀도, 적용 하중, 슬라이딩 거리를 사용하여 부피 손실을 계산합니다.

9. 계산

9.1 체적 마모율(W_v)을 다음과 같이 계산합니다.

$$W_v = \frac{\Delta m}{\rho \cdot F \cdot S}$$

其中：

- W_v = 体积磨损率，单位为 $mm^3/N \cdot m$
- Δm = 质量损失，单位为 g
- ρ = 试样密度，单位为 g/mm^3
- F = 法向力，单位为 N
- S = 滑动距离，单位为 m 9.2 报告平均磨损率保留至小数点后两位。

10. 보고서

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

10.1 보고서에는 다음 정보가 포함되어야 합니다.
시험 물질의 식별 및 설명.
하중, 모래 흐름 속도, 회전 수를 적용합니다.
평균 체적 마모율과 표준 편차.
시험 날짜, 장비 번호, 작업자 이름.
환경 조건(온도 및 습도) 및 교정 상태.

11. 정밀도와 편향
11.1 정밀도—단일 실험실 내 반복성은 일반적으로 평균 마모율의 ±5%입니다. 실험실 간 재현성은 약 ±10%입니다. 11.2 편향—편향에 대한 절대적인 기준은 없지만 결과는 기준 물질과 10% 이내로 일치해야 합니다.

12. 키워드
12.1 마모; 건조 모래; 고무 바퀴; 연마 마모; 금속 재료; 내마모성

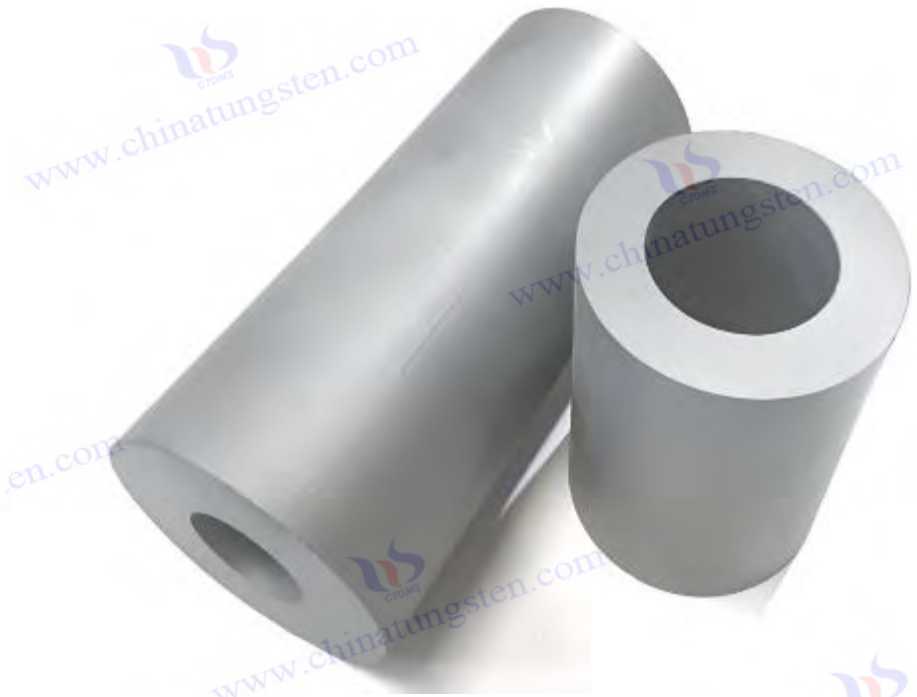
13. 부록
부록 A1. 권장 연마재 사양
A1.1 시험의 일관성을 보장하기 위해 실리카 모래 입자 크기 분포와 순도 요구 사항에 대한 자세한 정보를 제공합니다.
부록 A2. 코팅 시편 시험 절차
A2.1 하중 조정 권장 사항을 포함한 코팅 재료 테스트를 위한 지침.

14. 각주
14.1 본 표준은 G65 라는 고정 명칭으로 발행됩니다. 명칭 바로 뒤의 숫자는 최초 채택 연도 또는 최종 개정 연도를 나타내며, 괄호 안의 숫자는 최종 재확인 연도를 나타냅니다. 위첨자 엡실론(ε)은 최종 개정 또는 재확인 이후 편집상의 변경 사항을 나타냅니다.

15. 승인
2023 년 7 월 1 일 ASTM 국제 마모 및 침식 위원회 G02 에서 승인됨.

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

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



시멘트 카바이드 금형의 종류와 적용 분야는 무엇입니까 ?

초경합금(텅스텐 카바이드-코발트 시스템, WC-Co 를 핵심으로 함)은 경도가 높고(HV 1800-2000 ± 30), 내마모성이 우수하고(마모율 <0.05 ㎣ / N • m ± 0.01 ㎣ / N • m), 고온 저항성(>800° C ± 20° C) 및 내식성(부식율 <0.01 ㎜/년 ± 0.001 ㎜/년)이 뛰어나 고성능 금형을 제조하는 데 이상적인 소재입니다. 초경합금 금형은 분말 야금 공정(소결, 열간 등방성 가압 HIP 등)이나 적층 제조 기술(선택적 레이저 용융 SLM 등)로 제작되며 고정밀, 고수명 및 복잡한 형상이 필요한 산업 현장에서 널리 사용됩니다. 다음은 금형 유형 및 응용 분야에 대한 전문적인 관점에서 보다 구체적이고 자세한 논의를 제공하며 신에너지 자동차 분야의 내용을 추가합니다.

1. 카바이드 다이의 종류

초경합금 금형은 기능, 구조, 가공 대상 및 재료 비율에 따라 다양한 유형으로 나뉩니다. 각 유형은 정밀 가공 및 표면 처리를 통해 특정 산업 요구를 충족하도록 최적화됩니다. 다음은 특수 확장 유형에 대한 설명입니다.

초경 스탬핑 다이는
주로 금속판의 펀칭, 굽힘, 드로잉 또는 플랜징에 사용됩니다. 일반적인 비율은 WC-6%Co(저코발트 고경도) 또는 WC-10%Co(고인성)입니다.
전문적인 기능 :
경도 범위 HV 1800-1900 ± 30, 충격 인성 10-15 MPa • m ½ ± 1 MPa • m ½, 고속

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

스탬핑에 적합(주파수 > 100 회/분 ± 10 회/분, 하중 > 500 kN ± 50 kN) .
표면조도 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 을 달성하였고, 절단정밀도는 <0.01 mm ± 0.001 mm 였습니다.
내마모성 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m, 사이클 수명 >10 6 회 ± 10 4 회, 고강도 강판(인장강도 >1000 MPa ± 100 MPa)에 적합합니다.

제조 공정 :

열간 등방성 압축(HIP, 1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)을 사용하여 치밀성(기공률 <0.1% ± 0.01%, 미세 결함 <0.05 μm ± 0.01 μm) 을 보장했습니다 .
TiN 코팅(두께 5-15 μm ± 0.1 μm , 경도 HV 2000 ± 50) 은 마찰 계수(<0.2 ± 0.05)를 감소시킵니다.
복잡한 펀치 및 다이 윤곽을 생산하기 위한 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A, 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm)

초경 인발 다이는

와이어, 튜브 또는 판재의 냉간 인발, 심인발 또는 스피닝 가공에 사용되며, 와이어 인발 다이, 튜브 인발 다이 또는 심인발 다이와 같은 다이를 사용할 수 있습니다. 일반적으로 WC-8%Co 또는 WC-6%Co-Ni(2% ± 0.5%)가 사용됩니다.

전문적인 기능 :

내마모성 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m , 내부 구멍 마감 Ra <0.05 μm ± 0.01 μm , 인발 응력 >2000 MPa ± 100 MPa 지원(스테인리스 강선이나 구리관 등). 기하학적 정확도 허용 오차는 <0.01mm ± 0.001mm 이고, 원뿔 각도 오차는 <0.5° ± 0.1° 로 미세 와이어 드로잉(직경 0.1-5mm ± 0.05mm)에 적합합니다.
열 안정성 <600° C ± 20° C, 열 팽창 계수 <6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C, 열 변형 감소.

제조 공정 :

μm ± 0.001 μm) 을 제어합니다 .
TiC 코팅(두께 5-10 μm ± 0.1 μm , 접합 강도 >50 MPa ± 5 MPa)은 화학 기상 증착(CVD, 800-1000° C ± 10° C, 증기 농도 10-20 vol% ± 1 vol%)을 통해 적용되었습니다 .
레이저 표면 처리(전력 200-300 W ± 10 W)는 내부 구멍(깊이 0.05-0.1 mm ± 0.01 mm)의 경화층을 최적화합니다.

카바이드 냉간 압연 다이는

WC-10%Co 또는 WC-15%Co-TiC(5% ± 0.5%)와 같은 조성을 갖는 볼트, 너트, 리벳 또는 패스너의 냉간 단조에 사용됩니다.

전문적인 기능 :

압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa, 피로 저항성 >10 6 배 ± 10 4 배, 높은 변형률(>50% ± 5%) 및 과도 충격 하중(>1000 kN ± 100 kN) 에 적합합니다 .
표면 경도 HV 1900-2000 ± 30, 내마모성 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 캐비티 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm.
열 안정성 <500° C ± 20° C, 잔류 응력 <100 MPa ± 10 MPa, 냉간 균열 방지.

제조 공정 :

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

을 통해 0.5-1 μm ± 0.01 μm 의 입자 크기가 보장되었습니다 .
표면 경화(레이저 출력 300-500W ± 20W, 깊이 0.1-0.2mm ± 0.01mm)와 VC 도핑(0.1%-0.5% ± 0.01%)을 결합하면 균열 저항성이 향상됩니다.
후처리 열간 등방성 압축 성형(HIP, 1200° C ± 10° C, 150 MPa ± 5 MPa)을 사용하여 내부 응력을 제거했습니다.

시멘트 카바이드 열간 단조 다이는

WC-10%Co-TiC(5% ± 0.5%) 또는 WC-12%Co-TaC(2% ± 0.1%)와 같은 조성을 갖는 고온 금속(강철, 티타늄 합금, 니켈 기반 합금 등)의 열간 단조에 사용됩니다.

전문적인 기능 :

고온 산화 저항성 질량 감소 <0.01% ± 0.001%, 800° C ± 20° C에서, 열 피로 저항성 사이클 수명 >5000 회 ± 500 회.
열전도도 >120 W/ m•K ± 5 W/ m• K , 열팽창계수 <6×10 ‾ 6 /° C ± 0.5×10 ‾ 6 /° C, 900-1200° C ± 50° C에서 단조에 적합합니다.
압축강도 >4000 MPa ± 100 MPa, 공동 열균열 저항성(균열 성장률 <0.001 mm/사이클 ± 0.0001 mm/사이클).

제조 공정 :

TaC 를 첨가 한 HIP(1350° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) , 기공률 <0.1% ± 0.01%.
표면에는 ZrN (5-15 μm ± 0.1 μm , 증착 속도 0.1-0.5 μm /min ± 0.05 μm /min) 또는 Al_2O_3(산화방지제, 두께 10-20 μm ± 0.2 μm) 를 분무합니다 .
열처리 어닐링(900° C ± 20° C, 2-4 시간 ± 0.1 시간)으로 조직 균질성을 최적화했습니다.

초경합금 분말 프레스 다이는

기어, 베어링, 자성체 등 분말 야금 제품의 프레스에 사용됩니다. 일반적으로 WC-6%Co-Ni(2% ± 0.5%) 또는 WC-8%Co-Cr(3% ± 0.5%)이 사용됩니다.

전문적인 기능 :

고압 지지 용량 >3000 MPa ± 100 MPa, 내마모성 <0.05 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m, 캐비티 복잡성은 10-50 mm ± 1 mm 의 깊이를 지원합니다.
압축 비율 >2:1 ± 0.1, 분말 충전 균일도 >95% ± 2%, 압착 정확도 <0.02mm ± 0.002mm.
열 안정성 <600° C ± 20° C, 분말 부식 저항성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년).

제조 공정 :

정밀 연삭(입자 크기 #1500-3000 ± 100)과 플라즈마 분무 TiAlN 코팅(두께 5-10 μm ± 0.1 μm , 경도 HV 2800 ± 50)을 결합 했습니다.
, 0.5-1 μm ± 0.01 μm 의 입자 크기 .
표면 레이저 텍스처링(깊이 5-10μm ± 0.5μm) 은 분말 유동성과 탈형 특성을 개선합니다.

카바이드 플라스틱 금형은

WC-8%Co-Cr(2% ± 0.5%) 또는 WC-10%Co-Ni(3% ± 0.5%)와 같은 공식을 사용하여 열가소성 플라스틱(ABS, PC 등)이나 열경화성 플라스틱(에폭시 수지 등)의 사출

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

성형에 사용됩니다.

전문적인 기능 :

내열성 >400° C ± 10° C, 내식성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년(플라스틱 첨가제에 의한 부식 저항성), 표면 마감 Ra <0.2 μm ± 0.02 μm .

고압 사출 성형에 대한 내구성(>100 MPa ± 10 MPa), 캐비티 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm, 복잡한 흐름 채널 설계에 적합(길이 50-200 mm ± 5 mm).

열팽창 계수는 <6×10 ⁻ 6 /° C ± 0.5×10 ⁻ 6 /° C 로 열 사이클 변형이 적습니다(<0.01 mm ± 0.001 mm).

제조 공정 :

금형 캐비티는 전기 스파크 가공(EDM, 전류 10-30 A ± 1 A, 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm)을 통해 만들어졌습니다.

CrN 의 PVD 코팅 (5-10 μm ± 0.1 μm , 경도 HV 2000 ± 50) 은 플라스틱 접착력을 감소시키고 연마(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) 와 결합됩니다 .

열처리 및 템퍼링(400° C ± 10° C, 1-2 시간 ± 0.1 시간)을 통해 내부 응력을 제거합니다.

카바이드 압출 다이는

WC-10%Co-VC(0.5% ± 0.1%)와 같은 조성을 사용하여 알루미늄 프로파일이나 고무 밀봉 스트립과 같은 금속이나 플라스틱의 연속 압출에 사용됩니다.

전문적인 기능 :

내마모성 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 압출 변형 저항성 >2000 MPa ± 100 MPa, 다이 정확도 <0.02 mm ± 0.002 mm.

장거리 압출(>10m ± 1m)에 적합, 압출 속도 1-5m/min ± 0.1m/min, 온도 안정성 <500° C ± 20° C.

마찰계수 <0.1 ± 0.01, 재료 접착력 감소(접착력 <0.5 N ± 0.05 N).

제조 공정 :

정밀 분쇄 및 HIP(1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)를 통해 기공률이 <0.1% ± 0.01%로 내부 균질성이 보장됩니다.

표면 코팅 MoS_2 (1-5 μm ± 0.1 μm , 증착 속도 0.2-0.5 μm /min ± 0.05 μm /min)는 마찰을 감소시킵니다 .

레이저 표면 처리(전력 200-400 W ± 10 W)는 다이 경화층(깊이 0.1-0.2 mm ± 0.01 mm)을 최적화합니다.

카바이드 트리밍 다이는

WC-6%Co-TiC(3% ± 0.5%)와 같은 조성을 사용하여 금속판이나 얇은 판의 정밀 트리밍에 사용됩니다.

전문적인 기능 :

절삭 날카로움: 절삭력 <0.5 N ± 0.05 N, 마모수명 >10 5m ± 10 4m, 절삭날 매끄러움 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm .

정확도 <0.01mm ± 0.001mm, 충격 인성 10-12MPa •m ½ ± 1MPa•m ½, 얇은 금속판 블랭킹(두께 0.05-1mm ± 0.01mm)에 적합합니다.

열 안정성 <400° C ± 20° C, 열 영향부 감소(<0.05 mm ± 0.01 mm).

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

제조 공정 :
레이저 절단(전력 200-300 W ± 10 W, 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm)과 PVD ZrN 코팅(5-15 μm ± 0.1 μm) 을 결합했습니다 .
는 Ra <0.05 μm ± 0.01 μm 의 거칠기로 절삭 날을 최적화합니다 .
저온 템퍼링(300° C ± 10° C, 1 시간 ± 0.1 시간)은 구조를 안정화합니다.

시멘트 카바이드 다이캐스팅 금형은
WC-12%Co-TaC(2% ± 0.1%)와 같은 조성을 사용하여 비철 금속(아연 및 마그네슘 합금 등)의 다이캐스팅에 사용됩니다.
전문적인 기능 :
열 피로 저항성 >4000 배 ± 400 배, 용융 금속 부식 저항성 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년, 금형 캐비티 압력 저항성 >1500MPa ± 100MPa.
열전도도 >100 W/ m•K ± 5 W/ m• K , 열팽창계수 <6×10 ‾ 6 /° C ± 0.5×10 ‾ 6 /° C, 600-800° C ± 50° C 다이캐스팅에 적합합니다.
금형 캐비티 정확도는 <0.02mm ± 0.002mm 이고 표면 거칠기는 Ra < 0.2 μm ± 0.02 μm 입니다 .
제조 공정 :
TiAlN + Al_2O_3(두께 10-20 μm ± 0.2 μm , 경도 HV 3000 ± 50) 의 다층 코팅과 결합된 HIP(1350° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) .
전기 스파크 가공(EDM, 정확도 <0.01mm ± 0.001mm)은 복잡한 금형 캐비티를 만드는 데 사용되며, 그 후 후처리 및 연마가 이어집니다.
열처리 어닐링(700° C ± 20° C, 2-3 시간 ± 0.1 시간)은 잔류응력을 감소시킵니다.

카바이드 롤링 다이는
WC-10%Co-Cr(3% ± 0.5%)과 같은 조성을 갖는 금속판이나 막대의 롤 성형에 사용됩니다.
전문적인 기능 :
롤링 마모 저항성 <0.05 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m , 피로 저항성 >10 6 배 ± 10 4 배, 롤링 정확도 두께 허용 오차 <0.02 mm ± 0.002 mm.
압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa, 열 안정성 <600° C ± 20° C, 압연 속도 1-10 m/s ± 0.1 m/s.
표면 경도 HV 1900-2000 ± 30, 롤링 질감 감소(높이 < 0.01 mm ± 0.001 mm).
제조 공정 :
단조 후 HIP(1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)를 실시하여 결정립 크기(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 를 최적화하였다 .
표면 경화(레이저 출력 400-600W ± 20W, 깊이 0.2-0.3mm ± 0.01mm).
PVD 코팅된 TiN (5-15 μm ± 0.1 μm) 은 내구성을 향상시킵니다.

2. 초경합금 금형의 응용분야

초경합금 금형은 뛰어난 물리적 및 화학적 특성으로 인해 다양한 산업 분야에서 폭넓은 응용 가능성을 보여 왔습니다. 새롭게 추가된 신에너지 자동차 분야를 포함하여 전문 지식이 확장되는 응용 분야는 다음과 같습니다.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

자동차 제조

용도 : 카바이드 스탬핑 다이는 차체 패널의 블랭킹(두께 0.5-3mm ± 0.1mm), 볼트 및 너트의 콜드 헤딩 다이(직경 5-20mm ± 0.5mm), 크랭크샤프트, 커넥팅 로드 및 기어의 열간 단조 다이(중량 1-10kg ± 0.5kg), 실린더 블록 및 기어박스 하우징의 다이캐스팅 다이(부피 0.5-5L ± 0.1L), 강판 성형을 위한 롤링 다이(두께 1-5mm ± 0.1mm)에 사용됩니다.

장점 : 생산 효율 향상(>20% ± 2%), 금형 수명 최대 10 6 배 ± 10 4 배 연장 스트로크 수와 유지 보수 비용 감소(<5% ± 1%), 고강도 강철(>1500MPa ± 100MPa) 가공 지원

항공우주 산업

용도 : 초경 열간 단조 다이는 티타늄 합금 블레이드 및 구조 부품(온도 900-1100° C ± 50° C), 고강도 알루미늄 합금 튜브 및 벌집 구조(직경 10-50mm ± 1mm)를 가공하기 위한 인발 다이, 항공기 패스너(길이 20-100mm ± 2mm)를 제작하기 위한 압출 다이, 마그네슘 합금 동체 부품(무게 0.5-2kg ± 0.1kg)을 생산하기 위한 다이캐스팅 다이에 사용됩니다.

장점 : 고온 피로 저항성(>5000 배 ± 500 배), 높은 정밀도(허용 오차 <0.01mm ± 0.001mm), 경량성(밀도 <2.7g/cm³ ± 0.1g/cm³) 및 고온 산화 저항성(<0.01% ± 0.001%) 요구 사항.

전자 산업

용도 : 카바이드 분말 프레싱 다이는 마이크로 모터 코어(두께 0.2-0.5mm ± 0.05mm), 휴대전화 케이스 및 커넥터(크기 100-150mm ± 1mm)를 만드는 플라스틱 금형, 회로 기판을 가공하는 트리밍 다이(두께 0.1-0.3mm ± 0.01mm), 와이어를 형성하는 압출 다이(직경 0.05-1mm ± 0.01mm)를 프레싱하는 데 사용됩니다.

장점 : 고정밀 성형(<0.01 mm ± 0.001 mm), 뛰어난 표면 품질(Ra <0.2 μm ± 0.02 μm) , 짧은 생산 주기(<1 h/개 ± 0.1 h), 고빈도 사용(>10 4 회 ± 10 ³ 회).

기계 제조 및 금형 산업

용도 : 와이어 인발용 카바이드 인발 다이(직경 0.1-5mm ± 0.05mm), 기어 및 베어링 가공용 스탬핑 다이(캐비티 깊이 10-30mm ± 1mm), 정밀 샤프트용 콜드 헤딩 다이(직경 2-10mm ± 0.1mm), 강철 막대용 롤링 다이(직경 5-20mm ± 0.5mm), 복잡한 주조물용 다이캐스팅 다이(중량 0.1-5kg ± 0.1kg).

장점 : 마모 수명 연장(>10 6m ± 10 4m 당김 길이), 교체 빈도 감소(>50% ± 5%), 생산 일관성 향상(편차 <1% ± 0.1%), 고경도 재료 지원(>HRC 50 ± 2).

의료기기 제조

용도 : 카바이드 플라스틱 금형은 의료용 주사기와 카테터(벽 두께 0.1-0.3mm ± 0.01mm), 정형외과용 나사와 골수강내 못을 만드는 콜드 헤딩 금형(직경 2-6mm ± 0.1mm), 수술용 칼날을 가공하는 트리밍 금형(두께 0.05-0.1mm ± 0.005mm), 카테터를 만드는 압출 금형(내경 0.5-2mm ± 0.05mm), 인공 관절 구성 요소를 만드는

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

분말 압축 금형(무게 0.1-0.5kg ± 0.05kg)을 만드는 데 사용됩니다.
장점 : 생체적합성 코팅(예: Ag, 항균율 >90% ± 2%), 높은 정밀도(<0.01 mm ± 0.001 mm), 무균 요건 충족(세균 부하 <10 CFU/ cm² ± 1 CFU/cm²), 수명 >10 5 배 ± 10 4 배.

에너지 및 중공업
용도 : 카바이드 열간 단조 다이는 풍력 터빈 블레이드 커넥터(직경 > 500mm ± 10mm), 내마모성 부품(펌프 본체 등, 무게 5~20kg ± 1kg)용 분말 프레싱 다이, 석유 굴착 파이프용 압출 다이(직경 50~100mm ± 2mm), 원자력 밸브 본체용 다이캐스팅 다이(무게 10~50kg ± 2kg), 레일 가공용 롤링 다이(폭 100~150mm ± 2mm)에 사용됩니다.
장점 : 고온 산화 저항성(800° C ± 20° C 에서 <0.01% ± 0.001%), 압축 강도(>4000 MPa ± 100 MPa), 연장된 사용 수명(>10 4h ± 10³ h), 극한 환경(압력 >200 MPa ± 10 MPa) 지원.

소비재 제조업
용도 : 카바이드 플라스틱 금형은 가전제품 하우징(예: TV 하우징, 크기 500-1000mm ± 10mm) 및 주방용품 성형(두께 0.5-2mm ± 0.1mm), 금속 장식부품 가공용 트리밍 금형(두께 0.1-0.5mm ± 0.01mm), 알루미늄 합금 도어 및 창 프로필 제작용 압출 금형(길이 3-6m ± 0.1m)에 사용됩니다.
장점 : 높은 표면 마감(Ra <0.2 μm ± 0.02 μm) , 높은 생산 효율성(>50 개/시간 ± 5 개/시간), 낮은 재작업률(<2% ± 0.5%).

건물 및 인프라
용도 : 강철 막대(직경 6-40mm ± 0.5mm)를 성형하기 위한 초경 롤링 다이, 프리캐스트 콘크리트 금형 구성 요소를 만드는 데 사용되는 분말 프레싱 다이(무게 10-30kg ± 1kg), 알루미늄 창틀을 가공하는 데 사용되는 압출 다이(길이 1-3m ± 0.05m), 건축 자재 생산을 위한 다이캐스팅 다이(무게 0.5-2kg ± 0.1kg).
장점 : 마모 수명(>10 6m ± 10 4m), 높은 정밀도(<0.02mm ± 0.002mm), 대량 생산 지원(>1000 개/일 ± 100 개).

방위 및 군수 산업
용도 : 초경 열간 단조 다이는 탱크 장갑판(두께 10-50mm ± 1mm)을 성형하는 데 사용되고, 냉간 압연 다이는 포탄 케이싱(직경 20-100mm ± 2mm)을 만드는 데 사용되고, 인발 다이는 미사일 케이싱(길이 0.5-2m ± 0.05m)을 가공하는 데 사용되고, 다이캐스팅 다이는 레이더 구성품(무게 1-5kg ± 0.2kg)을 생산하는 데 사용됩니다.
장점 : 고온 피로 저항성(>10 4 배 ± 10 ³ 배), 충격 저항성 (>500 J/cm² ± 50 J/cm²) , 군사 표준(MIL-STD-810) 충족.

신에너지 자동차 분야 응용
신에너지 자동차(NEV) 산업의 급속한 발전으로 인해 시멘트 카바이드 금형은 전기

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

자동차의 핵심 구성 요소 제조에 있어 대체할 수 없는 역할을 하고 있습니다.

카바이드 스탬핑 다이

배터리 하우징(두께 0.8-2mm ± 0.1mm, 리튬 철 인산염 배터리 또는 3 원 리튬 배터리 하우징 등) 및 차체 구조 부품(섀시 가드 플레이트, 크기 1000-2000mm ± 10mm 등)의 펀칭 및 성형에 사용되며, 펀칭 하중 >1000kN ± 100kN 입니다 .

카바이드 냉간 헤딩 다이

고전압 커넥터(직경 5-15mm ± 0.2mm)와 모터 회전자 샤프트(직경 10-30mm ± 0.5mm)를 제작하고, 고강도 패스너(>1500MPa ± 100MPa)를 지지하며, 변형률이 >40% ± 5%입니다.

초경 열간 단조 다이

전력 배터리 전류 수집기(예: 구리/알루미늄 호일, 두께 0.1-0.2 mm ± 0.01 mm) 및 모터 고정자 하우징(무게 5-15 kg ± 0.5 kg)의 열간 성형에 사용되며, 가공 온도는 600-900° C ± 50° C, 하중은 >2000 kN ± 200 kN 입니다 .

카바이드 압출 다이

알루미늄 합금 배터리 프레임(단면 50-100 mm^2 ± 2 mm^2) 및 방열 튜브(길이 1-3 m ± 0.05 m) 가공, 압출 속도 0.5-2 m/min ± 0.1 m/min, 압력 >1500 MPa ± 100 MPa.

카바이드 다이캐스팅 몰드

모터 하우징(중량 10-30kg ± 1kg)과 충전 파일 하우징(크기 300-500mm ± 5mm)을 생산합니다. 내압성 >1200MPa ± 100MPa, 주조 온도 650-750° C ± 50° C 입니다.

카바이드 트리밍 다이

배터리 극 조각(두께 0.08-0.15mm ± 0.005mm)의 정밀 절단 및 배선 하네스 단자 펀칭(길이 10-50mm ± 0.5mm)에 사용되며, 절단 힘 <0.5N ± 0.05N, 정확도 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.

카바이드 스탬핑 다이의 장점

높은 정밀도와 일관성 : 금형 정확도 <0.01mm ± 0.001mm, 배터리 모듈의 조립 허용 오차(<0.05mm ± 0.01mm)를 보장하고, 에너지 밀도(>160Wh/kg ± 10Wh/kg)를 개선하고 , 배터리 셀 일관성 >98% ± 1%를 보장합니다.

내마모성 및 장수명 : 금형 마모수명 >10 6 회 ± 10 4 교체빈도를 낮추고(>60% ± 5%), 생산비용을 절감(<10% ± 1%)하며, >500h ± 50h 의 연속생산을 지원합니다.

고온 및 내식성 : 열간 단조 다이는 900° C ± 50° C 환경에 대한 내성이 있으며, 전해질 부식 저항성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, 리튬염 용액 pH 7-9 등) 및 연장된 서비스 수명(>10^4 h ± 10^3 h)을 갖습니다.

경량 지원 : 고강도 알루미늄 합금(>300MPa ± 20MPa)과 마그네슘 합금(>200MPa ± 10MPa) 성형을 결합하여 10-15% ± 2%의 중량 감소, 주행 거리 증가(>500km ± 20km) 및 NEDC 표준 충족이 가능합니다.

효율적 생산 : 스탬핑 및 다이캐스팅 효율 >50 개/시간 ± 5 개/시간, 신에너지 자동차 부품의 생산 주기를 단축(<2 시간/개 ± 0.1 시간)하여 대규모 양산(>10 4 대/년 ± 10^3 대)을 지원합니다.

기술적 과제 및 해결책 :

과제 : 고전압 배터리 케이스는 스탬핑 중 미세균열(길이 <0.1mm ± 0.01mm)이

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

발생하기 쉽고, 열간 단조 중 열응력(>200MPa ± 20MPa)으로 인해 변형이 발생하고, 다이캐스팅 금형은 용융 금속에 의해 쉽게 부식됩니다(침식률 <0.02mm/년 ± 0.002mm/년).

해결책 : 스탬핑 다이의 PVD TiAlN 코팅(두께 10-20 μm ± 0.2 μm , 경도 HV 3200 ± 50) 을 최적화하여 균열 저항성을 향상시키고, 예열된 기판(200-400° C ± 10° C)을 도입하여 열 응력을 줄이며, 후처리 HIP(1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)를 통해 내부 구조를 개선합니다. 다이캐스팅 금형에 TaC (2% ± 0.1%)를 첨가하여 내식성을 향상시키고, Al_2O_3 코팅(두께 15-25 μm ± 0.2 μm) 과 함께 사용하여 침식 을 늦춥니다.

개발 동향 : 고체 전지 및 수소 연료 전지 기술의 발전에 따라, 시멘트 카바이드 금형은 고온 내구성(>1000° C ± 50° C)과 전기 화학적 부식 내구성(<0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 더욱 개선해야 하며, 복잡한 배터리 프레임 금형을 제조하기 위해 3D 프린팅 기술(SLM, 층 두께 20-50 μm ± 1 μm)을 탐색하여 다중 소재 기울기 설계(경도 기울기 1800-2200 HV ± 50)를 지원해야 합니다.

3. 초경합금 금형의 미래 발전 방향

재료 최적화 : 인성 및 생체적합성을 개선하기 위해 저코발트 제형(예: WC-Ni-Cr, Co <5% ± 0.5%) 또는 나노복합재(WC 입자 크기 <100nm ± 10nm)를 개발합니다.

공정 혁신 : 복잡한 금형을 제조하기 위해 3D 프린팅 기술(SLM, 층 두께 20-50μm ± 1μm)을 도입하고 , 다공성 을 줄이기 위해 HIP 후처리(1300° C ± 10° C)와 결합했습니다(<0.1% ± 0.01%).

지능형 : 통합 센서가 금형 응력(<50 MPa ± 5 MPa)과 온도(<600° C ± 10° C)를 모니터링하여 예측적 유지관리가 가능합니다.

지속 가능성 : 재활용 카바이드 분말 사용(재사용률 >90% ± 2%) 및 저에너지 소비 공정(에너지 소비 <10 kWh/kg ± 1 kWh/kg).

산업 분야에서 초경합금 금형의 적용은 지속적으로 확대되고 있으며, 그 고성능 특성은 자동차부터 국방, 신에너지 자동차에 이르기까지 다양한 분야의 요구를 충족합니다. 특히 신에너지 자동차 분야의 급속한 성장은 고정밀, 고효율, 친환경 제조를 위한 금형 기술 발전을 촉진했습니다. 향후 5~10 년 안에 더 많은 기술 혁신이 예상됩니다.

4. 초경합금 금형의 관련 기준

공통 산업 표준

기술 조건 및 표준

초경합금 다이의 제조 및 사용은 일반적으로 국가기계공업국에서 관리하는 〞**초경합금 인발 다이 기술 기준**〞(등록번호: 8261-2001)을 따릅니다. 이 표준은 인발 다이의 재료 특성, 치수 정밀도, 내마모성 및 사용 수명을 명시하며, 와이어 인발 다이의 제조 및 검사에 적용됩니다.

재료 성능 요구 사항

초경 금형은 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30), 높은 내마모성(마모율 <0.05 mm^3 / N • m

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

± 0.01 ㎜³ / N • m) 및 높은 인성(파괴 인성 10-15 MPa • m ½ ± 1 MPa • m ½) 표준을 충족해야 하며, 이러한 표준은 업계에서 널리 채택되고 있습니다.

국가 또는 국제 표준

초경합금 금형 생산은 종종 **"GB/T 5242-2006 초경합금 일반 기술 조건 " 을 참조하는데** , 이는 초경합금 재료의 구성, 성능 시험 및 품질 관리 요구 사항을 다루며 금형 제조에서 원자재 선택에 적합합니다.

ISO 표준 : ISO 513(절삭 공구 소재의 분류) 및 ISO 28080(경질 소재의 특성 시험)과 같은 ISO 표준은 특히 수출이나 국제 협력 프로젝트에서 초경 금형 설계의 참고 자료로 사용할 수 있습니다.

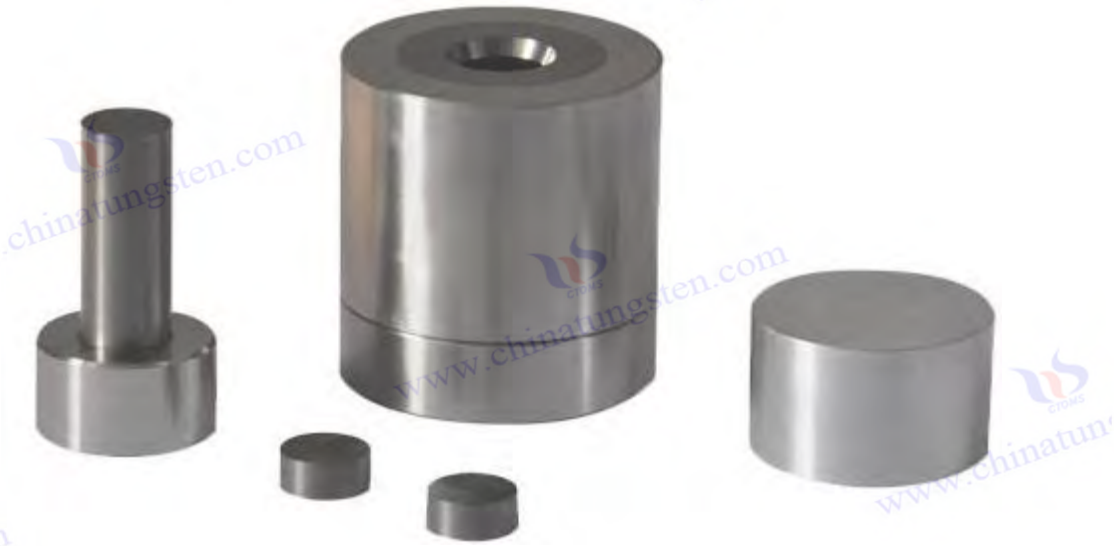
산업 응용 표준

스탬핑 다이 표준

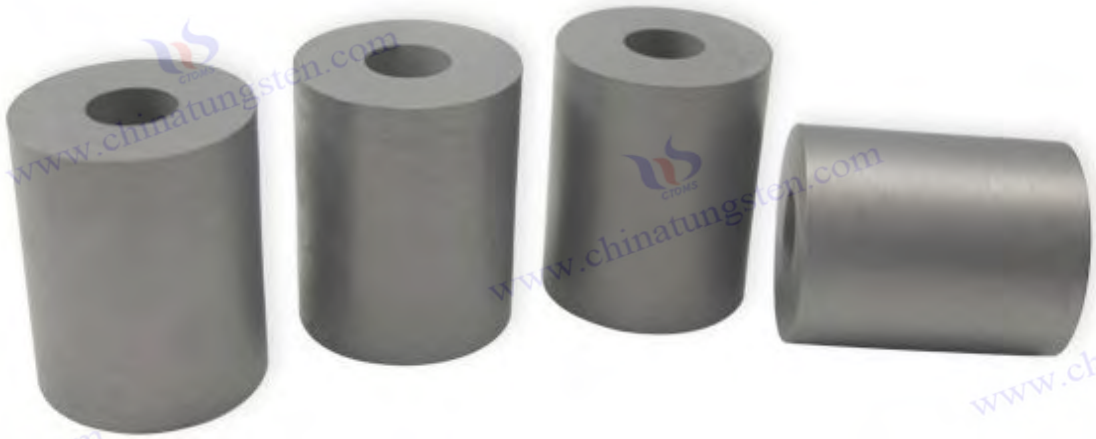
시멘트 카바이드 스탬핑 다이의 경우 업계에서는 종종 **"JB/T 8144-2010 스탬핑 다이 기술 조건 " 을 참조합니다** . 여기에는 높은 정밀도(허용 오차 <0.01㎜ ± 0.001㎜)와 긴 수명(충격 강도의 10 6 배 ± 10 4 배 이상) 을 보장하기 위한 다이의 구조적 설계, 열처리 공정 및 표면 처리 요구 사항이 명시되어 있습니다 .

분말 야금 다이 표준

"YB/T 5136-2006 분말야금 금형 기술 조건 " 을 따르며 , 금형 캐비티 정확도(<0.02㎜ ± 0.002㎜)와 내압성(>3000MPa ± 100MPa)을 강조합니다.



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



JB/T 8144-2010 스탬핑 다이에 대한 기술 요구 사항

1. 적용범위

본 표준은 재료 선정, 설계 요건, 제조 공정, 기술 성능, 검사 방법, 표시, 포장, 운송 및 보관을 포함한 스탬핑 다이의 기술적 조건을 명시합니다. 본 표준은 다양한 금속판(강판, 알루미늄판, 스테인리스강판 등) 및 비금속 재료(플라스틱, 고무 등)의 콜드 스탬핑 다이(단일 공정 다이, 복합 공정 다이, 다공정 다이 포함)에 적용 가능하며, 자동차, 전자, 항공우주 및 기타 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 적힌 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(정오표 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 연구 결과에 따라 새로운 버전의 문서를 채택하는 것이 좋습니다.

GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 사양

GB/T 6110-2021 드로잉 다이 - 초경 드로잉 다이의 구조 유형 및 치수

《JB/T 3943-2017 초경 드로잉 다이 기술 사양》

GB/T 1804-2000 허용 오차 및 맞춤 - 선형 치수의 한계 편차 및 기본 편차

3. 용어 및 정의

펀치, 가이드를 포함하여 압력을 가해 재료를 원하는 모양으로 만드는 데 사용되는 도구입니다 .

스탬핑 수명: 지정된 스탬핑 횟수 내에서 금형이 안정적인 성능을 유지할 수 있는 능력.

조립 정확도: 금형의 다양한 구성 요소 간의 적합 허용 오차와 상대적 위치 정확도입니다.

4. 재료 요구 사항

4.1 금형 재료

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

초경합금 소재 : WC-Co 계(WC-6%Co, WC-10%Co 등), 경도 HV 1800-2000 ± 30, 압축강도 >4000 MPa ± 100 MPa.
강철: Cr12MoV, D2 또는 H13 강철, 경도 HRC 58-62 ± 2, 담금질 및 템퍼링.
비작동 부분: 45# 강철 또는 Q235 강철로 만들어졌으며, 열처리 후 경도는 HRC 30-40 ± 2 입니다.
4.2 성능 요구 사항
내마모성: 마모율 <0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, GB/T 12444 에 따라 테스트됨.
내열성: 작동 온도 <600° C ± 20° C, 열팽창 계수 <6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C.
피로 저항성: 피로 수명 > 10 6 배 ± 10 4 배, GB/T 3075 에 따라 테스트함.
4.3 표면처리
선택 코팅: TiN , TiC 또는 CrN 코팅, 두께 5-15 μm ± 0.1 μm , 경도 HV 2000-3000 ± 50 , 접합 강도 >50 MPa ± 5 MPa, PVD 또는 CVD 공정 사용.

5. 기술적 요구 사항
5.1 설계 요구 사항
구조 유형: 단일 공정, 복합 및 진행형 다이를 포함하며 GB/T 6397 표준에 따라 설계되었습니다.
허용오차 등급: 선형 치수 허용오차는 GB/T 1804 IT6-IT8, 기하학적 허용오차 진원도 <0.005mm ± 0.001mm 에 따릅니다.
가이드 정확도: 가이드 컬럼과 가이드 슬리브 사이의 간격은 0.005-0.01mm ± 0.001mm 입니다.
5.2 크기 및 정확도
금형 크기: 부품 도면 요구 사항에 따르면 최대 외경은 ≤500mm ± 0.1mm 이고 높이는 ≤300mm ± 0.1mm 입니다.
작업부 허용오차: 펀칭 여유 0.01-0.05mm ± 0.005mm, 시트 두께에 따라 조정됨.
조립 정확도: 상대 위치 오차 <0.02mm ± 0.002mm.
5.3 표면 품질
작업 표면 거칠기 Ra <0.2 μm ± 0.02 μm , 정밀 연삭 또는 연마 공정 을 사용합니다.
표면에 균열, 기공, 긁힘 등이 없고, 결함의 최대 크기는 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.
5.4 성과 지표
펀칭 수명: >500,000 회 ± 10 4 회 (재료 및 펀칭 조건에 따라 다름), 마모 <0.1mm ± 0.01mm.
스탬핑 정확도: 부품 크기 허용 오차 ±0.05mm ± 0.005mm, 표면 거칠기 Ra < 0.8μm ± 0.1μm .

6. 제조 공정
6.1 원료 준비
초경합금 분말: WC 입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm , Co 함량 오차 ±0.5%, 볼 밀링으로 혼합(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h) .

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

강철 전처리: 내부 응력을 제거하기 위한 어닐링, 경도 HRC 20-25 ± 2.
6.2 성형 공정
시멘트 카바이드: 냉간 등방성 압축(CIP, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 사출 성형, 그린 바디 밀도 >60% ± 2% 이론 밀도.
강철: 단조 또는 주조, 단조 비율 ≥4:1.
6.3 소결 및 열처리
시멘트 카바이드: 열간 등방성 압축(HIP, 1300-1400° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa), 기공률 <0.1% ± 0.01%.
강철: 담금질(1000-1050° C ± 10° C, 오일 냉각) + 템퍼링(200-250° C ± 10° C, 2-3 시간 ± 0.1 시간), 경도 HRC 58-62 ± 2.
6.4 마무리
작동 부품은 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A)을 통해 < 0.01 mm ± 0.001 mm 의 정확도로 생산됩니다.
정밀 연삭(입자 크기 #1200-3000 ± 100) 또는 초음파 연마, 표면 거칠기 Ra <0.2 μm ± 0.02 μm 제어 .
6.5 조립
가이드는 0.005-0.01mm ± 0.001mm 의 클리어런스와 50-100N •m ± 5N • m 의 볼트 조임 토크로 압입 됩니다 .

7. 검사 방법
7.1 치수 및 정확도
허용 오차는 좌표 측정기(CMM)로 검사했을 때 GB/T 1182 IT6-IT8 등급에 부합합니다.
7.2 재료 특성
경도 시험은 GB/T 231.1 에 따르고, 압축 강도 시험은 GB/T 3852 에 따르고, 내마모성 시험은 GB/T 12444 에 따릅니다.
열전도도는 ASTM E1461 에 따르고, 열팽창 계수는 ISO 17864 에 따릅니다.
7.3 표면 품질
결함은 광학 현미경(배율 500× ± 50×) 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 통해 검사되었으며, 결함의 최대 크기는 < 0.01 mm ± 0.001 mm 였습니다.
7.4 스탬핑 수명
시험은 표준 재료(예: 두께 1mm SPCC 강판, 펀칭 속도 20~50 회/분 ± 2 회/분)를 사용하여 표준 펀칭 머신에서 수행되었으며, 마모가 0.1mm ± 0.01mm 에 도달할 때까지 펀칭 횟수를 기록했습니다.

8. 시험 조건
시험 환경 온도: 20-25° C ± 2° C, 습도 50%-70% ± 5%.
펀칭 하중: 500-2000 kN ± 50 kN , 금형 사양에 따라 조정됨.

9. 라벨링, 포장, 운송 및 보관
9.1 로고
금형 표면의 명판에는 금형 번호, 사양(외경 × 높이(mm)), 스탬핑 톤수, 제조일자, 제조업체 이름이 표시되어 있으며, 문자 높이는 3mm ± 0.1mm 입니다.

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

9.2 패키징
충격 방지 폼과 방청지로 포장한 후, 나무나 금속 상자에 넣고 상자 안쪽에 "취급 주의"와 "방습"이라고 표시하세요.
9.3 운송
심한 진동이나 고온(50° C ± 5° C 이상) 환경은 피하십시오. 운송 차량에는 충격 흡수 장치가 장착되어 있어야 합니다.
9.4 저장
건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 0~40° C ± 5° C의 온도와 60% ± 5% 미만의 습도로 보관하십시오. 산성 또는 알칼리성 물질과의 접촉을 피하십시오.

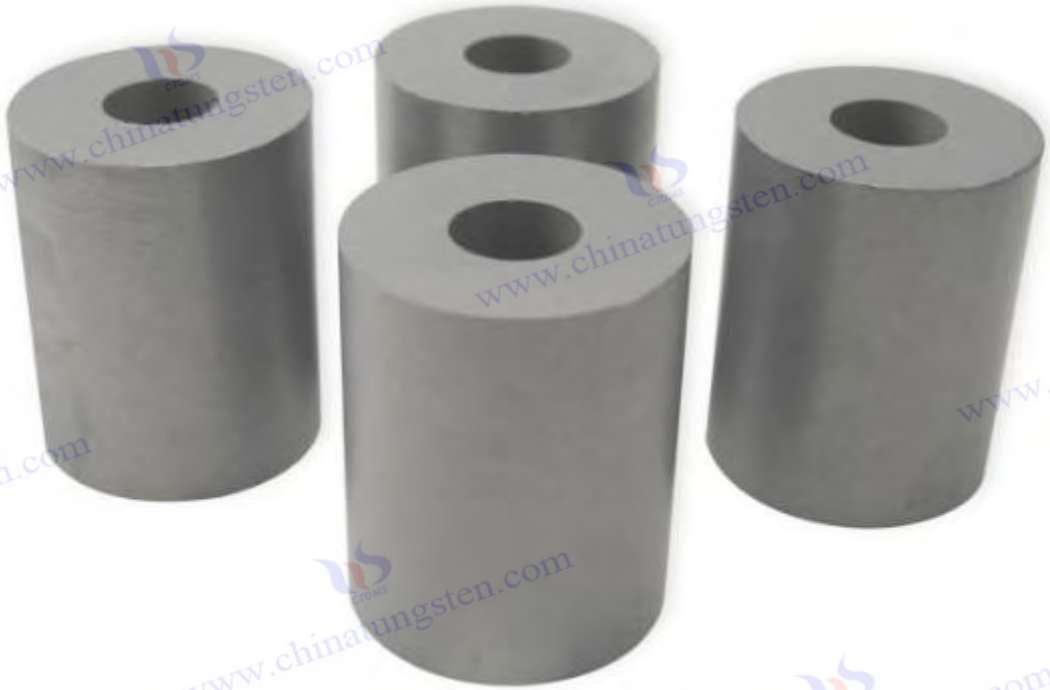
10. 사용 및 유지 관리
10.1 사용 요구 사항
열 충격을 줄이기 위해 스탬핑하기 전에 금형을 50~100° C ± 10° C로 예열하세요.
GB/T 7326을 준수하고 점도가 20-50 cSt ± 5 cSt 인 스탬핑 오일을 사용하세요 .
10.2 유지관리
작업 표면 마모 상태를 10^{4} ± 10^{3} 펀치마다 정기적으로 점검하세요.
마모량이 0.1mm ± 0.01mm 이상일 경우, 적절한 시기에 광택을 내거나 교체하세요.
10.3 폐기 표준
작업 표면 마모가 >0.2mm ± 0.02mm이거나, 균열 길이가 >0.05mm ± 0.01mm이면 스크랩으로 판단합니다.

11. 품질 보증
각 금형 배치의 샘플링 비율은 ≥5% ± 1%이고, 합격률은 >95% ± 2%입니다.
성능 시험 데이터와 치수 검사 기록을 포함한 재료 인증서와 검사 보고서를 제공합니다.

12. 부록 (정보)
스탬핑 공정 매개변수 참조
펀칭 속도: 20~100 회/분 ± 2 회/분.
블랭킹 갭: 판 두께가 0.5-2mm일 때 갭은 0.01-0.05mm ± 0.005mm입니다.
일반적인 결함 및 해결 방법
균열: 열처리 온도를 조절하거나 담금질 냉각 속도를 높입니다.
변형: 금형 설계를 최적화하고 가이드 정확도를 높입니다.

이러한 기술 조건은 "JB/T 8144-2010"의 핵심 요구 사항을 충분히 반영하고, 시멘트 초경과 다른 소재의 특성을 결합하여 고정밀, 높은 수명, 높은 신뢰성 측면에서 스탬핑 다이의 성능을 보장합니다.

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



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

카바이드 드로잉 다이

기술 조건

완전하고 포괄적이며 상세한 "초경 인발 다이 기술 조건"은 현행 표준(예: "JB/T 3943-2017 초경 인발 다이 기술 조건" 및 관련 산업 규격)과 업계 관행을 기반으로 작성되었습니다. 이 기술 조건은 초경 인발 다이의 재료 선정, 제조 공정, 성능 요건, 검사 방법 및 유지보수 요건을 표준화하여 와이어 인발 가공에서 높은 성능과 신뢰성을 보장하는 데 목적을 두고 있습니다.

1. 적용범위

본 기술 조건은 시멘트 카바이드 인발 다이의 제조, 검사 및 사용에 적용되며, 금속 와이어(강선, 구리선, 스테인리스강선 등)의 냉간 인발에 사용되는 인발 다이를 포함하며, 직경 범위가 0.1mm ~ 20mm ± 0.05mm인 인발 다이에 적용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 기술 조건의 참조를 통해 본 기술 조건의 조항이 됩니다. 날짜가 명시된 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(오류 사항 제외) 또는 개정 사항은 본 기술 조건에 적용되지 않지만, 연구 결과에 따라 새로운 버전의 문서를 채택하는 것이 좋습니다.

GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 사양

《JB/T 3943-2017 초경 드로잉 다이 기술 사양》

GB/T 6110-2021 드로잉 다이 - 초경 드로잉 다이의 구조 유형 및 치수

3. 용어 및 정의

드로잉 다이: 금속 와이어의 직경을 줄이는 드로잉 공정에 사용되는 카바이드 재질로 만든 링 모양 또는 원뿔 모양의 다이입니다.

작업 원뿔 각도: 금형 내부 구멍의 테이퍼 부분의 각도로, 인장력과 표면 품질에 영향을 미칩니다.

마모수명: 지정된 도면 길이 또는 횟수 내에서 다이가 안정적인 성능을 유지할 수 있는 능력.

4. 재료 요구 사항

4.1 재료 구성

금형 매트릭스는 텅스텐 카바이드-코발트(WC-Co) 시스템을 채택했으며, 권장 비율은 WC-6%Co, WC-8%Co 또는 WC-10%Co이며, 코발트 함량 오차는 ±0.5%입니다.

인발 소재의 특성(예: 고탄소강 또는 구리 합금)에 따라 TiC (0.5%-2% ± 0.1%) 또는 TaC (0.5%-1% ± 0.1%) 와 같은 보강상을 소량 첨가하여 내마모성과 내열성을 향상시킬 수 있습니다.

4.2 물리적 특성

경도: HV 1800-2000 ± 30. 시험 방법은 GB/T 3850에 따릅니다.

밀도: 14.5-15.0 g/ cm^3 ± 0.2 g/cm^3 , GB/T 3851에 따른 테스트 방법.

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

압축강도: >4000 MPa ± 100 MPa, GB/T 3852에 따른 시험 방법.
파괴인성: 10-15 MPa•m ½ ± 1 MPa•m ½ , GB/T 21068에 따른 시험 방법.
4.3 화학적 안정성
부식 저항성: 0.9% NaCl 용액에 24시간 ± 1시간 동안 담가두었으며, 부식 속도 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년이었습니다.
산화 저항성: 질량 손실 <0.01% ± 0.001% (800° C ± 20° C에서)

5. 기술적 요구 사항
5.1 치수 및 공차
금형 외경: 10-50mm ± 0.1mm, 높이: 5-30mm ± 0.1mm.
작업 구멍 직경: 0.1-20mm ± 0.01mm, 원뿔 각도: 6° -15° ± 0.5° , GB/T 6110-2021에 명시된 유형 및 치수에 따름.
기하학적 허용 오차: 진원도 <0.005mm ± 0.001mm, 원통도 <0.01mm ± 0.001mm.
5.2 표면 품질
작업 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm은 정밀 연삭이나 화학 기계적 연마(CMP) 공정을 통해 달성됩니다.
표면에 균열, 기공 또는 내포물이 없으며, 최대 결함 크기는 <0.01mm ± 0.001mm입니다.
5.3 성능 요구 사항
마모 수명: 인발 길이 > 10 6m ± 10 4m(인발 소재에 따라 다름), 마모율 < 0.05mm³ / N • m ± 0.01mm³ / N • m.
열 안정성: 작동 온도 <600° C ± 20° C, 열 팽창 계수 <6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C.
도면 정확도: 와이어 직경 허용 오차 <±0.01 mm ± 0.001 mm, 표면 거칠기 Ra <0.4 μm ± 0.05 μm .
5.4 코팅(선택 사항)
TiN , TiC 또는 CrN 코팅은 물리적 기상 증착(PVD) 또는 화학적 기상 증착(CVD) 기술을 통해 두께 5-15μm ± 0.1μm , 경도 HV 2000-3000 ± 50, 접합 강도 >50MPa ± 5MPa로 적용할 수 있습니다.

6. 제조 공정
6.1 원료 준비
고순도 WC 분말(입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm) 과 Co 분말을 사용하였고, 혼합 균일도 는 >95% ± 2%였으며, 이는 볼 밀링(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h)을 통해 달성되었습니다.
6.2 성형 공정
냉간 등방성형(CIP, 200MPa ± 5MPa) 또는 사출성형을 사용하고, 그린바디 밀도는 이론밀도의 60% ± 2% 이상이다.
6.3 소결 공정
다공성 <0.1% ± 0.01% 및 입자 크기 0.5-1 μm ± 0.01 μm를 보장하기 위해 열간 정수압 성형(HIP, 1300-1400° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 현장 지원 소결(SPS, 1350° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 을 실시합니다 .

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

6.4 마무리
내부 구멍은 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A)을 통해 <0.01 mm ± 0.001 mm 의 정확도로 만들어졌습니다.
정밀 연삭(입자 크기 #1200-3000 ± 100) 또는 초음파 연마, 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 제어 .
6.5 열처리
소둔(400-600° C ± 10° C, 2-4 시간 ± 0.1 시간)을 통해 내부 응력이 제거되고 잔류 응력은 <100 MPa ± 10 MPa 입니다.

7. 검사 방법
7.1 치수 및 기하학적 정확도
CMM(좌표측정기)을 사용하여 시험할 경우 허용 오차는 GB/T 1182 에 명시된 IT6 레벨과 일치합니다.
7.2 재료 특성
경도 시험은 GB/T 3850 에 따르고, 밀도는 GB/T 3851 에 따르고, 압축 강도는 GB/T 3852 에 따릅니다.
파괴인성은 GB/T 21068 에 따르며, 열전도도는 ASTM E1461 에 따릅니다.
7.3 표면 품질
결함은 광학 현미경(배율 500× ± 50×) 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 검사했으며, 결함의 최대 크기는 <0.01 mm ± 0.001 mm 였습니다.
7.4 마모 수명
표준 드로잉 재료(예: 직경 1mm 강철 와이어, 드로잉 속도 1-5m/s ± 0.1m/s)를 사용하여 표준 드로잉 머신에서 테스트하고 마모가 0.05mm ± 0.01mm 에 도달할 때까지 드로잉 길이를 기록합니다.

8. 시험 조건
시험 환경 온도: 20-25° C ± 2° C, 습도 50%-70% ± 5%.
인발 시험 하중: 500-2000 N ± 50 N, 금형 사양에 따라 조정됨.

9. 라벨링, 포장, 운송 및 보관
9.1 로고
금형 표면의 명판에는 금형 번호, 사양(직경 × 높이(mm)), 제조일자, 제조사명이 표시되어 있습니다. 글자 높이는 3mm ± 0.1mm 이며 명확하게 보입니다.
9.2 패키징
충격 방지 폼과 부식 방지 종이로 포장한 후, 나무 상자나 플라스틱 상자에 넣고 상자 안쪽에 "조심해서 다루세요"라고 표시하세요.
9.3 운송
심한 진동이나 고온(50° C ± 5° C 이상) 환경은 피하십시오. 운송 차량에는 충격 흡수 장치가 장착되어 있어야 합니다.
9.4 저장
건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 0~40° C ± 5° C 의 온도와 60% ± 5% 미만의 습도로 보관하십시오. 산성 또는 알칼리성 물질과의 접촉을 피하십시오.

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

10. 사용 및 유지 관리
10.1 사용 요구 사항
열 충격을 줄이기 위해 그림을 그리기 전에 다이를 50~100° C ± 10° C로 예열하세요.
사용된 윤활유는 GB/T 7326 을 준수하고 점도가 20-50 cSt ± 5 cSt 인 드로잉 오일입니다 .
10.2 유지관리
작업 구멍 마모를 정기적으로 점검하세요(당기는 길이의 10 5m ± 10 5m마다).
마모량이 0.05mm ± 0.01mm 이상인 경우, 적절한 시기에 광택을 내거나 교체하세요.
10.3 폐기 표준
작업 구멍 직경이 0.1mm ± 0.01mm 이상 증가하거나, 표면 균열 길이가 0.05mm ± 0.01mm 이상 증가하면 스크랩으로 판단됩니다.

11. 품질 보증
각 금형 배치의 샘플링 비율은 ≥5% ± 1%이고, 합격률은 >95% ± 2%입니다.
성능 시험 데이터와 치수 검사 기록을 포함한 재료 인증서와 검사 보고서를 제공합니다.

12. 부록 (정보)
도면 프로세스 매개변수 참조
당김 속도: 1-10m/s ± 0.1m/s.
감소율: 재료 에 따라 10%-25% ± 2%.
일반적인 결함 및 해결 방법
균열: 소결 온도를 조정하거나 HIP 압력을 높이세요. 기공: 분말 혼합을 최적화하거나 소결 밀도를 개선하세요.
이 기술적 조건은 최신 표준(JB/T 3943-2017 등)과 업계 관행을 통합하여 시멘트 카바이드 드로잉 다이가 성능, 제조 및 사용 측면에서 높은 신뢰성과 일관성을 갖도록 보장합니다.

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

YB/T 5136-2006

분말 야금 금형에 대한 기술적 요구 사항

1. 적용범위

본 표준은 재료 선정, 설계 요건, 제조 공정, 기술 성능, 검사 방법, 표시, 포장, 운송 및 보관을 포함한 분말 야금 금형의 기술적 조건을 명시합니다. 본 표준은 기어, 베어링, 자성체 및 기타 제품의 프레스용 초경 또는 강철 금형을 포함하여 분말 야금 프레스 공정에 사용되는 금형에 적용되며, 자동차, 전자, 기계 제조 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있습니다.

2. 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 적힌 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(정오표 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 연구 결과에 따라 새로운 버전의 문서를 채택하는 것이 좋습니다.

GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 사양

GB/T 6110-2021 드로잉 다이 - 초경 드로잉 다이의 구조 유형 및 치수

《JB/T 3943-2017 초경 드로잉 다이 기술 사양》

GB/T 1804-2000 허용 오차 및 맞춤 - 선형 치수의 한계 편차 및 기본 편차

3. 용어 및 정의

분말야금 금형: 고압 압착을 통해 금속 분말이나 복합 분말을 성형하는 데 사용되는 도구로, 상부 금형, 하부 금형, 금형 슬리브로 구성됩니다.

프레싱 수명: 지정된 횟수의 프레싱 사이클에서 금형이 안정적인 성능을 유지할 수 있는 능력.

충전 균일성: 금형 캐비티 내 분말의 분포 일관성은 제품 밀도에 직접적인 영향을 미칩니다.

4. 재료 요구 사항

4.1 금형 재료

경질탄화물 재료: WC-Co 시스템(예: WC-6%Co, WC-8%Co 또는 WC-10%Co), 경도 HV 1800-2000 ± 30, 압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa.

강철: Cr12MoV, D2 또는 H13 강철, 경도 HRC 58-62 ± 2, 담금질 및 템퍼링.

비작동 부품: 40Cr 또는 45# 강철로 만들어졌으며 열처리 후 경도는 HRC 30-40 ± 2 입니다.

4.2 성능 요구 사항

내마모성: 마모율 <0.05 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m, GB/T 12444 에 따라 테스트됨.

내압성: 최대 압력 >3000 MPa ± 100 MPa, GB/T 3852 에 따라 테스트됨.

피로 저항성: 피로 수명 > 10 6 배 ± 10 4 배, GB/T 3075 에 따라 테스트함.

4.3 표면처리

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

선택 코팅: TiN , TiC 또는 Al_2O_3 코팅, 두께 5-15 μm ± 0.1 μm , 경도 HV 2000-3000 ± 50 , 접합 강도 >50 MPa ± 5 MPa, PVD 또는 CVD 공정 사용.

5. 기술적 요구 사항

5.1 설계 요구 사항

구조 유형: 일방향 프레스 금형, 양방향 프레스 금형 및 다중 캐비티 금형을 포함하며 GB/T 6406 표준에 따라 설계되었습니다.

허용오차 등급: 선형 치수 허용오차는 GB/T 1804 IT6-IT8 에 따르며, 기하학적 허용오차 평행도는 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.

가이드 정확도 : 가이드 컬럼과 가이드 슬리브 사이의 간격은 0.005-0.015mm ± 0.001mm 입니다.

5.2 크기 및 정확도

금형 크기: 부품 도면의 요구 사항에 따라 최대 외경은 ≤400mm ± 0.1mm 이고 높이는 ≤250mm ± 0.1mm 입니다.

공동 치수: 허용 오차 <±0.02 mm ± 0.002 mm, 깊이 10-50 mm ± 1 mm.

조립 정확도: 상대 위치 오차 <0.03mm ± 0.002mm.

5.3 표면 품질

작업 표면 거칠기 Ra <0.2 μm ± 0.02 μm , 정밀 연삭 또는 연마 공정 을 사용합니다.

표면에 균열, 기공 또는 내포물이 없으며, 최대 결함 크기는 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.

5.4 성과 지표

압착 수명: >500,000 회 ± 10 4 회(분말 소재 및 압력에 따라 다름), 마모 <0.1mm ± 0.01mm.

압착 정확도: 제품 밀도 허용 오차 ±2% ± 0.5%, 크기 허용 오차 ±0.05mm ± 0.005mm.

충전 균일성: >95% ± 2%, YB/T 5120 에 따라 테스트됨.

6. 제조 공정

6.1 원료 준비

초경합금 분말: WC 입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm , Co 함량 오차 ±0.5%, 볼 밀링으로 혼합(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h) .

강철 전처리: 내부 응력을 제거하기 위한 어닐링, 경도 HRC 20-25 ± 2.

6.2 성형 공정

시멘트 카바이드: 냉간 등방성 압축(CIP, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 사출 성형, 그린 바디 밀도 >60% ± 2% 이론 밀도.

강철: 단조 또는 주조, 단조 비율 ≥4:1.

6.3 소결 및 열처리

시멘트 카바이드: 열간 등방성 압축(HIP, 1300-1400° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa), 기공률 <0.1% ± 0.01%.

강철: 담금질(1000-1050° C ± 10° C, 오일 냉각) + 템퍼링(200-250° C ± 10° C, 2-3 시간 ± 0.1 시간), 경도 HRC 58-62 ± 2.

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

6.4 마무리
금형 캐비티는 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A) 을 통해 <0.02 mm ± 0.002 mm 의 정확도로 제작되었습니다.
정밀 연삭(입자 크기 #1200-3000 ± 100) 또는 초음파 연마, 표면 거칠기 Ra <0.2 μm ± 0.02 μm 제어 .
6.5 조립
가이드는 0.005-0.015 mm ± 0.001 mm 의 클리어런스와 50-80 N•m ± 5 N• m 의 볼트 조임 토크로 압입 됩니다 .

7. 검사 방법
7.1 치수 및 정확도
허용 오차는 좌표 측정기(CMM)로 검사했을 때 GB/T 1182 IT6-IT8 등급에 부합합니다.
7.2 재료 특성
경도 시험은 GB/T 231.1 에 따르고, 압축 강도 시험은 GB/T 3852 에 따르고, 내마모성 시험은 GB/T 12444 에 따릅니다.
열전도도는 ASTM E1461 에 따르고, 열팽창 계수는 ISO 17864 에 따릅니다.
7.3 표면 품질
결함은 광학 현미경(배율 500× ± 50×) 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 통해 검사되었으며, 결함의 최대 크기는 < 0.01 mm ± 0.001 mm 였습니다.
7.4 프레싱 라이프
시험은 표준 철분말(예: ASC 100.29, 압력 500-1000 MPa ± 50 MPa)을 사용하여 표준 분말 야금 프레스에서 수행되었으며 마모가 0.1 mm ± 0.01 mm 에 도달할 때까지 프레스 횟수를 기록했습니다.

8. 시험 조건
시험 환경 온도: 20-25° C ± 2° C, 습도 50%-70% ± 5%.
압축 하중: 500-2000 kN ± 50 kN , 금형 사양에 따라 조정됨.

9. 라벨링, 포장, 운송 및 보관
9.1 로고
금형 표면의 명판에는 금형 번호, 사양(외경 × 높이(mm)), 압축 톤수, 제조일자, 제조업체 이름이 표시되어 있으며, 문자 높이는 3mm ± 0.1mm 입니다.
9.2 패키징
충격 방지 폼과 방청지로 포장한 후, 나무나 금속 상자에 넣고 상자 안쪽에 "취급 주의"와 "방습"이라고 표시하세요.
9.3 운송
심한 진동이나 고온(50° C ± 5° C 이상) 환경은 피하십시오. 운송 차량에는 충격 흡수 장치가 장착되어 있어야 합니다.
9.4 저장
건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 0~40° C ± 5° C 의 온도와 60% ± 5% 미만의 습도로 보관하십시오. 산성 또는 알칼리성 물질과의 접촉을 피하십시오.

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

10. 사용 및 유지 관리
10.1 사용 요구 사항
열 충격을 줄이기 위해 압착하기 전에 금형을 50~100° C ± 10° C로 예열하세요.
GB/T 7326을 준수하고 점도가 20-50 cSt ± 5 cSt 인 압착 오일을 사용하세요 .
10.2 유지관리
다이 캐비티 마모를 10^{4} ± 10^{3} 프레싱마다 정기적으로 점검하세요.
마모량이 0.1mm ± 0.01mm 이상일 경우, 적절한 시기에 광택을 내거나 교체하세요.
10.3 폐기 표준
공동마모가 0.2mm ± 0.02mm 이상이거나, 균열길이가 0.05mm ± 0.01mm 이상이면 스크랩으로 판단합니다.

11. 품질 보증
각 금형 배치의 샘플링 비율은 ≥5% ± 1%이고, 합격률은 >95% ± 2%입니다.
성능 시험 데이터와 치수 검사 기록을 포함한 재료 인증서와 검사 보고서를 제공합니다.

12. 부록 (정보)
프레싱 프로세스 매개변수 참조
압착 압력: 500-1000 MPa ± 50 MPa.
압축 비율: 분말 특성에 따라 2:1 ~ 4:1 ± 0.1.
일반적인 결함 및 해결 방법
균열: 소결 온도를 조절하거나 HIP 압력을 높입니다.
밀도 불균일 : 분말 충전 공정을 최적화하고 진동 시간을 늘립니다(10~20초 ± 1초).

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

GB/T 6110-2021

드로잉 다이

카바이드 드로잉 다이

구조 유형 및 크기

1. 적용범위

본 표준은 초경합금 인발 다이의 구조 유형, 치수 사양 및 관련 기술 요건을 규정합니다. 금속 와이어(강선, 구리선, 스테인리스강선 등)의 냉간 인발 공정에 사용되는 인발 다이에 적용되며, 직경 0.1mm ~ 20mm ± 0.05mm 범위의 인발 다이를 포괄하며, 금속 가공, 전자, 자동차 및 기타 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 적힌 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(정오표 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 연구 결과에 따라 새로운 버전의 문서를 채택하는 것이 좋습니다.

GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 사양

《JB/T 3943-2017 초경 드로잉 다이 기술 사양》

GB/T 1804-2000 허용 오차 및 맞춤 - 선형 치수의 한계 편차 및 기본 편차

3. 용어 및 정의

드로잉 다이: 금속 와이어의 직경을 줄이는 드로잉 공정에 사용되는 카바이드 재질로 만든 링 모양 또는 원뿔 모양의 다이입니다.

작업 원뿔 각도: 금형 내부 구멍의 테이퍼 부분의 각도로, 인장력과 표면 품질에 영향을 미칩니다.

가이드 영역: 드로잉 안정성을 보장하기 위해 와이어를 안내하는 데 사용되는 다이 구멍 내부의 영역입니다.

4. 구조 유형

4.1 기본 구조

도면 다이는 일반적으로 다음과 같은 기능 영역으로 구성됩니다.

진입 영역: 와이어를 다이로 유도합니다. 길이 0.5-1mm ± 0.1mm, 원뿔 각도 20° - 30° ± 2° .

윤활 영역: 윤활유를 보관하는 공간이며, 길이는 0.5-1.5mm ± 0.1mm 이고, 원뿔 각도는 10° -20° ± 1° 입니다.

작업 원뿔 영역 : 주요 도면 변형 영역, 길이 0.5-2mm ± 0.1mm, 원뿔 각도 6° -15° ± 0.5° .

크기 조절 구역: 최종 직경을 조절합니다. 길이는 0.2-0.8mm ± 0.05mm, 직경 허용 오차는 ±0.01mm ± 0.001mm 입니다.

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

출구 구역: 와이어 표면을 보호하고, 길이는 0.2-0.5mm ± 0.05mm, 원뿔 각도는 30° -45° ± 2° 입니다.

4.2 분류

단일 구멍 다이: 단일 작업 구멍, 소량 배치 또는 단일 사양 도면에 적합, 최대 직경 20mm ± 0.05mm.

다중 구멍 다이: 연속 드로잉에 적합한 여러 개의 작업 구멍, 구멍 간격 ≥2mm ± 0.1mm .

결합 다이: 모듈식 설계, 교체 가능한 작동 부품, 다양한 와이어 사양에 맞게 조정 가능.

5. 치수

5.1 치수

외경 : 10~50mm ± 0.1mm, 권장 사양은 15mm, 20mm, 25mm, 30mm, 40mm 입니다.

높이 : 5~30mm ± 0.1mm, 권장 사양은 10mm, 15mm, 20mm, 25mm 입니다.

두께: 직경과 용도에 따라 3-15mm ± 0.1mm.

5.2 내부 구멍 크기

최소 조리개: 0.1mm ± 0.01mm, 최대 조리개 20mm ± 0.05mm.

작업 원뿔 길이: 0.5-2mm ± 0.1mm, 길이 대 조리개 비율 1:1 ~ 1:5.

사이징 영역 길이: 0.2-0.8mm ± 0.05mm, 길이 대 조리개 비율 1:2 ~ 1:10.

5.3 허용오차 및 맞춤

선형 치수 허용 오차: GB/T 1804 IT6-IT8 등급에 따라 조리개 허용 오차는 ±0.01mm ± 0.001mm 입니다.

기하학적 허용 오차: 진원도 <0.005mm ± 0.001mm, 원통도 <0.01mm ± 0.001mm.

원뿔 각도 허용 오차: ±0.5° ± 0.1° .

5.4 특수 사양

마이크로 몰드(조리개 ≤ 0.5 mm ± 0.01 mm): 사이징 영역 길이 0.1-0.3 mm ± 0.05 mm, 원뿔 각도 8° -12° ± 0.5° .

대형 금형(조리개 > 10 mm ± 0.05 mm): 작업 원뿔 길이 1.5-2 mm ± 0.1 mm, 원뿔 각도 10° -15° ± 0.5° .

6. 기술적 요구 사항

6.1 재료 요구 사항

WC-Co 초경합금을 사용하며, 권장 비율은 WC-6%Co, WC-8%Co 또는 WC-10%Co 이며, 코발트 함량 오차는 ±0.5%입니다.

경도 HV 1800-2000 ± 30, 압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa, 기공률 <0.1% ± 0.01%.

6.2 표면 품질

정밀 연삭 또는 화학 기계적 연마(CMP) 기술을 사용하여 작업 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 를 유지합니다 .

표면에 균열, 기공 또는 내포물이 없으며, 최대 결함 크기는 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.

6.3 성과 지표

마모 수명: 풀아웃 길이 > 10 6m ± 10 4m, 마모율 < 0.05mm³ / N • m ± 0.01mm³ /

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

N • m.
열 안정성: 작동 온도 <600° C ± 20° C, 열 팽창 계수 <6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C.
도면 정확도: 와이어 직경 허용 오차 <±0.01 mm ± 0.001 mm, 표면 거칠기 Ra <0.4 μm ± 0.05 μm .
6.4 코팅(선택 사항)
TiN , TiC 또는 CrN 코팅 은 PVD 또는 CVD 기술을 사용하여 두께 5-15μm ± 0.1μm , 경도 HV 2000-3000 ± 50, 접합 강도 >50MPa ± 5MPa 로 적용할 수 있습니다.

7. 제조 공정
7.1 원료 준비
고순도 WC 분말(입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm) 과 Co 분말을 사용하였고, 혼합 균일도 는 >95% ± 2%였으며, 이는 볼 밀링(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h)을 통해 달성되었습니다.
7.2 성형 공정
냉간 등방성 압축(CIP, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 사출 성형, 그린 바디 밀도 >60% ± 2% 이론 밀도.
7.3 소결 공정
열간 정수압 가압(HIP, 1300-1400° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 현장 보조 소결(SPS, 1350° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa)을 통해 입자 크기가 0.5-1 μm ± 0.01 μm 가 되도록 보장 합니다 .
7.4 마무리
내부 구멍은 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A)을 통해 <0.01 mm ± 0.001 mm 의 정확도로 만들어졌습니다.
정밀 연삭(입자 크기 #1200-3000 ± 100) 또는 초음파 연마, 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 제어 .

8. 검사 방법
8.1 치수 및 정확도
허용 오차는 좌표 측정기(CMM)로 검사했을 때 GB/T 1182 IT6-IT8 등급에 부합합니다.
8.2 재료 특성
경도 시험은 GB/T 3850 에 따르고, 밀도는 GB/T 3851 에 따르고, 압축 강도는 GB/T 3852 에 따릅니다.
열전도도는 ASTM E1461 에 따르고, 열팽창 계수는 ISO 17864 에 따릅니다.
8.3 표면 품질
결함은 광학 현미경(배율 500× ± 50×) 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 통해 검사되었으며, 결함의 최대 크기는 < 0.01 mm ± 0.001 mm 였습니다.
8.4 마모 수명
표준 드로잉 재료(예: 직경 1mm 강철 와이어, 드로잉 속도 1-5m/s ± 0.1m/s)를 사용하여 표준 드로잉 머신에서 테스트하고 마모가 0.05mm ± 0.01mm 에 도달할 때까지 드로잉 길이를 기록합니다.
9. 시험 조건

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

시험 환경 온도: 20-25° C ± 2° C, 습도 50%-70% ± 5%.
인발 시험 하중: 500-2000 N ± 50 N, 금형 사양에 따라 조정됨.

10. 라벨링, 포장, 운송 및 보관
10.1 로고
금형 표면의 명판에는 금형 번호, 사양(직경 × 높이(㎜)), 제조일자, 제조사명이 표시되어 있습니다. 글자 높이는 3㎜ ± 0.1㎜ 이며 명확하게 보입니다.
10.2 패키징
충격 방지 폼과 부식 방지 종이로 포장한 후, 나무 상자나 플라스틱 상자에 넣고 상자 안쪽에 "조심해서 다루세요"라고 표시하세요.
10.3 운송
심한 진동이나 고온(50° C ± 5° C 이상) 환경은 피하십시오. 운송 차량에는 충격 흡수 장치가 장착되어 있어야 합니다.
10.4 저장
건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 0~40° C ± 5° C의 온도와 60% ± 5% 미만의 습도로 보관하십시오. 산성 또는 알칼리성 물질과의 접촉을 피하십시오.

11. 사용 및 유지 관리
11.1 사용 요구 사항
열 충격을 줄이기 위해 드로잉을 하기 전에 다이를 50~100° C ± 10° C로 예열하세요. GB/T 7326 을 준수하고 점도가 20-50 cSt ± 5 cSt 인 와이어 드로잉 오일을 사용하세요 .
11.2 유지관리
작업 구멍 마모를 정기적으로 점검하세요(당기는 길이의 10 5m ± 10 5m마다).
마모량이 0.05㎜ ± 0.01㎜ 이상일 경우, 적절한 시기에 광택을 내거나 교체하세요.
11.3 폐기 표준
작업 구멍 직경이 0.1㎜ ± 0.01㎜ 이상 증가하거나, 표면 균열 길이가 0.05㎜ ± 0.01㎜ 이상 증가하면 스크랩으로 판단됩니다.

12. 품질 보증
각 금형 배치의 샘플링 비율은 ≥5% ± 1%이고, 합격률은 >95% ± 2%입니다.
성능 시험 데이터와 치수 검사 기록을 포함한 재료 인증서와 검사 보고서를 제공합니다.

13. 부록 (정보)
도면 프로세스 매개변수 참조
당김 속도: 1-10m/s ± 0.1m/s.
감소율: 재료 에 따라 10%-25% ± 2%.
일반적인 결함 및 해결 방법
균열: 소결 온도를 조절하거나 HIP 압력을 높입니다.
다공성: 분말 혼합을 최적화하거나 소결 밀도를 개선합니다.

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

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

JB/T 3943-2017

드로잉 다이

카바이드 드로잉 다이

기술 조건

1. 적용범위

본 표준은 초경합금 인발 다이의 재료 선정, 제조 공정, 기술 성능, 검사 방법, 표시, 포장, 운송 및 보관에 대한 기술 조건을 규정합니다. 본 표준은 금속 와이어(강선, 구리선, 스테인리스강선 등)의 냉간 인발 공정에 사용되는 인발 다이에 적용되며, 직경 0.1mm ~ 20mm ± 0.05mm 범위의 인발 다이를 포괄하며, 금속 가공, 전자, 자동차 및 기타 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

2. 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 적힌 모든 참조 문서의 경우, 이후의 모든 수정 사항(정오표 제외) 또는 개정 사항은 본 표준에 적용되지 않지만, 연구 결과에 따라 새로운 버전의 문서를 채택하는 것이 좋습니다.

GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 사양

GB/T 6110-2021 드로잉 다이 - 초경 드로잉 다이의 구조 유형 및 치수

GB/T 1804-2000 허용 오차 및 맞춤 - 선형 치수의 한계 편차 및 기본 편차

3. 용어 및 정의

드로잉 다이: 금속 와이어의 직경을 줄이는 드로잉 공정에 사용되는 카바이드 재질로 만든 링 모양 또는 원뿔 모양의 다이입니다.

작업 원뿔 각도: 금형 내부 구멍의 테이퍼 부분의 각도로, 인장력과 표면 품질에 영향을 미칩니다.

마모수명: 지정된 도면 길이 또는 횟수 내에서 다이가 안정적인 성능을 유지할 수 있는 능력.

4. 재료 요구 사항

4.1 재료 구성

금형 매트릭스는 텅스텐 카바이드-코발트(WC-Co) 시스템을 채택했으며, 권장 비율은 WC-6%Co, WC-8%Co 또는 WC-10%Co 이며, 코발트 함량 오차는 ±0.5%입니다.

인발 소재의 특성(예: 고탄소강 또는 구리 합금)에 따라 TiC (0.5%-2% ± 0.1%) 또는 TaC (0.5%-1% ± 0.1%) 와 같은 보강상을 소량 첨가하여 내마모성과 내열성을 향상시킬 수 있습니다.

4.2 물리적 특성

경도: HV 1800-2000 ± 30, GB/T 3850 에 따른 시험 방법.

밀도: 14.5-15.0 g/ cm³ ± 0.2 g/cm³ , GB/T 3851 에 따른 테스트 방법.

압축강도: >4000 MPa ± 100 MPa, GB/T 3852 에 따른 시험 방법.

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

파괴인성: 10-15 MPa•m ½ ± 1 MPa•m ½ , GB/T 21068 에 따른 시험 방법.
4.3 화학적 안정성
부식 저항성: 0.9% NaCl 용액에 24 시간 ± 1 시간 동안 담가두었으며, 부식 속도 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년이었습니다.
산화 저항성: 질량 손실 <0.01% ± 0.001% (800° C ± 20° C 에서)

5. 기술적 요구 사항
5.1 구조 유형
금형 구조는 입구 영역, 윤활 영역, 작업 원뿔 영역, 크기 조정 영역 및 출구 영역을 포함하여 GB/T 6110-2021 에 부합합니다.
진입 영역의 원뿔 각도: 20° -30° ± 2° , 길이 0.5-1 mm ± 0.1 mm.
작업 원뿔 각도: 6° -15° ± 0.5° , 길이 0.5-2 mm ± 0.1 mm.
사이징 영역 길이: 0.2-0.8mm ± 0.05mm, 직경 허용 오차 ±0.01mm ± 0.001mm.
5.2 치수 및 공차
외경 : 10~50mm ± 0.1mm, 권장 사양은 15mm, 20mm, 25mm, 30mm, 40mm 입니다.
높이: 5~30mm ± 0.1mm, 권장 사양은 10mm, 15mm, 20mm, 25mm 입니다.
작업 구멍 직경: 0.1-20 mm ± 0.01 mm, 허용 오차는 GB/T 1804 IT6-IT8 에 따름.
기하학적 허용 오차: 진원도 <0.005mm ± 0.001mm, 원통도 <0.01mm ± 0.001mm.
5.3 표면 품질
정밀 연삭 또는 화학 기계적 연마(CMP) 기술을 사용하여 작업 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 를 유지합니다 .
표면에 균열, 기공 또는 내포물이 없으며, 최대 결함 크기는 <0.01mm ± 0.001mm 입니다.
5.4 성능 요구 사항
마모 수명: 인발 길이 > 10 6m ± 10 4m(인발 소재에 따라 다름), 마모율 < 0.05mm³ / N • m ± 0.01mm³ / N • m.
열 안정성: 작동 온도 <600° C ± 20° C, 열 팽창 계수 <6×10 ⁻ 6/° C ± 0.5×10 ⁻ 6/° C.
도면 정확도: 와이어 직경 허용 오차 <±0.01 mm ± 0.001 mm, 표면 거칠기 Ra <0.4 μm ± 0.05 μm .
5.5 코팅(선택 사항)
TiN , TiC 또는 CrN 코팅은 물리적 기상 증착(PVD) 또는 화학적 기상 증착(CVD) 기술을 통해 두께 5-15μm ± 0.1μm , 경도 HV 2000-3000 ± 50, 접합 강도 >50MPa ± 5MPa 로 적용할 수 있습니다.

6. 제조 공정
6.1 원료 준비
고순도 WC 분말(입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm) 과 Co 분말을 사용하였고, 혼합 균일도 는 >95% ± 2%였으며, 이는 볼 밀링(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h)을 통해 달성되었습니다.
6.2 성형 공정
냉간 등방성 압축(CIP, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 사출 성형, 그린 바디 밀도 >60% ±

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

2% 이론 밀도.

6.3 소결 공정

다공성 <0.1% ± 0.01% 및 입자 크기 0.5-1 μm ± 0.01 μm를 보장하기 위해 열간 정수압 성형(HIP, 1300-1400° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 또는 현장 지원 소결(SPS, 1350° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 을 실시합니다 .

6.4 마무리

내부 구멍은 전기 스파크 가공(EDM, 전류 5-20 A ± 1 A)을 통해 <0.01 mm ± 0.001 mm 의 정확도로 만들어졌습니다.

정밀 연삭(입자 크기 #1200-3000 ± 100) 또는 초음파 연마, 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 제어 .

6.5 열처리

소둔(400-600° C ± 10° C, 2-4 시간 ± 0.1 시간)을 통해 내부 응력이 제거되고 잔류 응력은 <100 MPa ± 10 MPa 입니다.

7. 검사 방법

7.1 치수 및 기하학적 정확도

허용 오차는 좌표 측정기(CMM)로 검사했을 때 GB/T 1182 IT6-IT8 등급에 부합합니다.

7.2 재료 특성

경도 시험은 GB/T 3850 에 따르고, 밀도는 GB/T 3851 에 따르고, 압축 강도는 GB/T 3852 에 따릅니다.

파괴인성은 GB/T 21068 에 따르며, 열전도도는 ASTM E1461 에 따릅니다.

7.3 표면 품질

광학현미경(배율 500× ± 50×) 또는 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 결함의 최대크기가 <0.01 mm ± 0.001 mm 인 것을 말한다.

7.4 마모 수명

표준 드로잉 재료(예: 직경 1mm 강철 와이어, 드로잉 속도 1-5m/s ± 0.1m/s)를 사용하여 표준 드로잉 머신에서 테스트하고 마모가 0.05mm ± 0.01mm 에 도달할 때까지 드로잉 길이를 기록합니다.

8. 시험 조건

시험 환경 온도: 20-25° C ± 2° C, 습도 50%-70% ± 5%.

인발 시험 하중: 500-2000 N ± 50 N, 금형 사양에 따라 조정됨.

9. 라벨링, 포장, 운송 및 보관

9.1 로고

금형 표면의 명판에는 금형 번호, 사양(직경 × 높이(mm)), 제조일자, 제조사명이 표시되어 있습니다. 글자 높이는 3mm ± 0.1mm 이며 명확하게 보입니다.

9.2 패키징

충격 방지 폼과 부식 방지 종이로 포장한 후, 나무 상자나 플라스틱 상자에 넣고 상자 안쪽에 "조심해서 다루세요"라고 표시하세요.

9.3 운송

심한 진동이나 고온(50° C ± 5° C 이상) 환경은 피하십시오. 운송 차량에는 충격

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

흡수 장치가 장착되어 있어야 합니다.
9.4 저장
건조하고 통풍이 잘 되는 곳에 0~40° C ± 5° C의 온도와 60% ± 5% 미만의 습도로 보관하십시오. 산성 또는 알칼리성 물질과의 접촉을 피하십시오.

10. 사용 및 유지 관리
10.1 사용 요구 사항
열 충격을 줄이기 위해 그림을 그리기 전에 다이를 50~100° C ± 10° C로 예열하세요.
GB/T 7326 을 준수하고 점도가 20-50 cSt ± 5 cSt 인 와이어 드로잉 오일을 사용하세요 .
10.2 유지관리
작업 구멍 마모를 정기적으로 점검하세요(당기는 길이의 10 5m ± 10 5m마다).
마모량이 0.05mm ± 0.01mm 이상일 경우, 적절한 시기에 광택을 내거나 교체하세요.
10.3 폐기 표준
작업 구멍 직경이 0.1mm ± 0.01mm 이상 증가하고 표면 균열 길이가 0.05mm ± 0.01mm 이상인 경우 폐기로 판단합니다.

11. 품질 보증
각 금형 배치의 샘플링 비율은 ≥5% ± 1%이고, 합격률은 >95% ± 2%입니다.
성능 시험 데이터와 치수 검사 기록을 포함한 재료 인증서와 검사 보고서를 제공합니다.

12. 부록 (정보)
도면 프로세스 매개변수 참조
인발 속도: 1~10m/s ± 0.1m/s. 감소율: 10%~25% ± 2% (소재에 따라 다름)
일반적인 결함 및 해결 방법
균열: 소결 온도를 조절하거나 HIP 압력을 높입니다.
다공성: 분말 혼합을 최적화하거나 소결 밀도를 개선합니다.

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

시멘트 카바이드 방열 기판의 특성과 적용 분야는 무엇입니까?

초경합금 방열 기판은 텅스텐 카바이드-코발트(WC-Co) 시스템에 고열전도도 재료(예: 탄화규소(SiC) , 질화알루미늄(AlN) , 질화붕소(BN)) 및 기타 강화재(예: 탄화티타늄(TiC) , 탄탈륨(TaC))를 결합한 구조를 기반으로 하며, 분말 야금 공정(예: 열간 등방성 가압 성형(HIP), 소결 또는 현장 보조 소결(SPS)) 또는 적층 제조 기술(예: 선택적 레이저 용융(SLM), 전자빔 용융(EBM))을 통해 제조됩니다. 이러한 기판은 초경합금의 높은 경도, 내마모성 및 탁월한 열 관리 성능을 결합하여 효율적인 방열, 기계적 강도 및 환경 적응성이 요구되는 첨단 분야에 널리 사용됩니다. 아래에서는 다양한 유형의 시멘트 카바이드 방열 기판에 대해 자세히 설명하고, 세 가지 측면(유형, 특성, 응용 분야)에서 보다 전문적이고 자세한 설명과 응용 시나리오를 살펴봅니다.

1. 카바이드 방열판 기판의 종류

초경합금 방열 기판은 재료 구성, 열전도 메커니즘 및 적용 요건에 따라 여러 유형으로 구분됩니다. 각 유형은 특정 비율과 공정을 통해 최적화되어 다양한 시나리오의 열 관리 요건을 충족합니다.

순수 텅스텐 코발트 시멘트 카바이드(WC-Co) 방열 기판

구성 : 경질상이 텅스텐 카바이드(WC), 바인더상이 코발트(Co), 일반적인 비율은 WC-6%Co, WC-10%Co 또는 WC-15%Co 입니다.

전문적인 기능 :

열전도도 ~100-150 W/ m•K ± 5 W/ m• K 는 Co 상의 전도도(저항률 ~10 - 5Ω •cm ± 10 - 6Ω • cm) 와 WC 의 포논 기여도에 따라 달라집니다.

경도 HV 1800-2000 ± 30, 압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa, 기공률 <0.1% ± 0.01%, 입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm .

고온 저항성 >800° C ± 20° C, 열 팽창 계수 ~5.5×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C, 질량 손실 <0.01% ± 0.001% (800° C ± 20° C 에서)

제조 공정 : HIP(1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)로 밀도를 보장하고 정밀 분쇄(입자 크기 #1200-2000 ± 100)로 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm 를 제어합니다 .

텅스텐코발트초경-실리콘카바이드(WC-Co- SiC) 복합 방열기판

구성 : SiC (10%-30% ± 2%) 로 도핑된 WC-Co 매트릭스 , SiC 입자 크기 0.1-1 μm ± 0.05 μm , 열전도 도 및 열충격 저항성 향상.

전문적인 기능 :

열전도도 200-300 W/ m•K ± 10 W/ m• K , SiC 기여도 ~270 W/ m•K ± 10 W/ m• K , 열 확산 계수 >60 mm² / s ± 5 mm² / s.

경도 HV 1900-2200 ± 30, 열충격 저항성(ΔT >500° C ± 50° C, 균열 성장률 <0.001 mm/사이클 ± 0.0001 mm/사이클).

부식 저항성 <0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년(산성 또는 알칼리성 용액), 열팽창 계수

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

~4.5×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C.

제조 공정 : SiC 의 균일한 분포를 달성하기 위해 SPS(1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) , 열전도 경로를 최적화하기 위해 레이저 표면 처리(전력 200-400 W ± 10 W)를 실시합니다.

텅스텐코발트 시멘트 카바이드-알루미늄 질화물(WC-Co- AlN) 절연 방열 기판

구성 : AlN (15%-25% ± 2%) 으로 도핑된 WC-Co 매트릭스 , AlN 입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm , 전기 절연 제공.

전문적인 기능 :

열전도도 150-250 W/ m•K ± 10 W/ m• K , 저항률 >10 6Ω•cm ± 10 5Ω• cm , 파괴 강도 >15 kV/mm ± 1 kV/mm.

경도 HV 1800-2100 ± 30, 굽힘 강도 >2200 MPa ± 100 MPa, 열팽창 계수 ~4.8×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C, Si 칩과 잘 일치(<3% ± 0.5%).

고온 저항성 >900° C ± 20° C, 질량 손실 <0.01% ± 0.001%, 900° C ± 20° C 에서.

제조 공정 : CVD(800-1000° C ± 10° C) AlN 층(두께 5-15 μm ± 0.1 μm) 증착 , HIP(1350° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 로 인터페이스 접합을 강화합니다.

텅스텐 코발트 시멘트 카바이드-질화붕소(WC-Co-BN) 복합 방열 기판

구성 : 육각형 질화붕소(h-BN, 5%-15% ± 1%)로 도핑된 WC-Co 매트릭스, h-BN 층 두께 <0.1 μm ± 0.01 μm , 자체 윤활성 및 열전도도 향상.

전문적인 기능 :

열전도도는 180~280 W/ m•K ± 10 W/ m• K 입니다 . h-BN 의 평면 방향 열전도도는 ~300 W/ m•K ± 10 W/ m• K 이고 , 수직 방향 열전도도는 ~30 W/ m•K ± 5 W/ m• K 입니다 .

경도 HV 1700-2000 ± 30, 마찰계수 <0.1 ± 0.01, 내마모성 <0.03 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m.

부식 저항성 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 열팽창 계수 ~5×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C.

제조 공정 : 볼밀링(속도 200-300 rpm ± 10 rpm, 시간 24-48 h ± 1 h)을 통해 h-BN 의 균일한 분산을 보장하고, SPS(1300° C ± 10° C, 40 MPa ± 1 MPa) 소결을 실시합니다.

텅스텐-코발트 초경합금-티타늄 초경합금-탄탈륨 초경합금(WC-Co -TiC -TaC) 다상 방열 기판

구성 : 고온 성능을 향상시키기 위해 TiC (5%-10% ± 0.5%) 및 TaC (2%-5% ± 0.5%) 로 도핑된 WC-Co 매트릭스 , 입자 크기 0.5-1.5 μm ± 0.1 μm .

전문적인 기능 :

열전도도 120-200 W/ m•K ± 10 W/ m• K , 고온 저항 >1000° C ± 50° C, 질량 손실 <0.01% ± 0.001% (1000° C ± 50° C 에서).

경도 HV 2000-2300 ± 30, 열 피로 저항성(>6000 배 ± 500 배), 압축 강도 >4500 MPa ± 100 MPa.

부식 저항성 <0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년, 열팽창 계수 ~5.2×10 - 6 /° C ±

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

0.5×10⁻6/°C.

제조 공정 : HIP(1400° C ± 10° C, 250 MPa ± 5 MPa)와 TiC-TaC 코팅(두께 10-20 μm ± 0.2 μm) 의 플라즈마 분무 를 결합했습니다 .

WC-Co-그래핀 나노복합체 방열 기판

구성 : 그래핀(1%-5% ± 0.5%)으로 도핑된 WC-Co 매트릭스, 그래핀 시트 두께 <0.01 μm ± 0.001 μm , 길이 1-10 μm ± 0.5 μm .

전문적인 기능 :

열전도도는 250-350 W/ m•K ± 10 W/ m• K 이고 , 그래핀은 ~5000 W/ m•K ± 500 W/ m•K (평면을 따라)에 기여합니다.

경도 HV 1900-2200 ± 30, 굽힘 강도 >2300 MPa ± 100 MPa, 열 확산율 >80 mm² / s ± 5 mm² / s.

부식 저항성 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 열팽창 계수 ~4.5×10⁻6/°C ± 0.5×10⁻6/°C.

제조 공정 : 액상 초음파 분산(전력 200-400 W ± 10 W, 시간 1-2 h ± 0.1 h) 혼합 그래핀, SPS(1350° C ± 10° C, 60 MPa ± 1 MPa) 소결.

텅스텐코발트초경합금-붕소탄화물(WC-Co-B4C) 고강도 방열기판

구성 : 탄화붕소(B4C, 5%-15% ± 1%)로 도핑된 WC-Co 매트릭스, B4C 입자 크기 0.5-2 μm ± 0.1 μm , 내마모성과 고온 내구성을 향상시킵니다 .

전문적인 기능 :

열전도도는 150-250 W/ m•K ± 10 W/ m• K 이고 , B4C 는 ~200 W/ m•K ± 10 W/ m• K 를 기여합니다 .

경도 HV 2000-2400 ± 30, 내마모성 <0.02 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 압축 강도>5000 MPa ± 100 MPa.

고온 저항성 >900° C ± 20° C, 질량 손실 <0.01% ± 0.001% 900° C ± 20° C 에서, 열팽창 계수 ~5×10⁻6/°C ± 0.5×10⁻6/°C.

제조 공정 : HIP(1350° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)와 B4C 사전 분산(초음파 30-60 분 ± 5 분)을 결합, 표면 마감 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm .

텅스텐코발트초경-질화티타늄(WC-Co- TiN) 내마모성 방열기판

구성 : 질화티타늄 (TiN , 5%-10% ± 0.5%)으로 도핑된 WC-Co 매트릭스, TiN 입자 크기 0.5-1.5 μm ± 0.1 μm , 내마모성과 열전도도를 향상시킵니다 .

전문적인 기능 :

열전도도 120-200 W/ m•K ± 10 W/ m• K , TiN 은 ~20 W/ m•K ± 5 W/ m•K (보조 효과)를 제공합니다.

경도 HV 1900-2200 ± 30, 내마모성 <0.03 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 굽힘 강도>2100 MPa ± 100 MPa.

부식 저항성 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 고온 저항성 >850° C ± 20° C, 열팽창 계수 ~5.5×10⁻6/°C ± 0.5×10⁻6/°C.

제조 공정 : SPS(1300° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa)와 PVD TiN 코팅(두께 5-15 μm ± 0.1 μm) 을 결합하여 정밀 연마로 표면을 최적화합니다.

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

2. 초경합금 방열기판의 특성

초경합금 히트싱크 베이스플레이트의 성능은 재료 설계 및 공정 최적화를 통해 달성됩니다. 이 소재의 특성은 높은 열 부하, 기계적 응력 및 부식성 환경에서 상당한 이점을 제공합니다.

높은 열전도도

범위: 100-350 W/ m•K ± 10 W/ m•K (유형에 따라 다름), 그래핀 또는 SiC 강화 유형은 300-350 W/ m•K ± 10 W/ m• K 에 도달할 수 있습니다 .

메커니즘: WC-Co 의 포논-전자 결합(포논 평균 자유 행로 ~100 nm ± 10 nm)과 SiC /h-BN 의 격자 열 전도도(포논 속도 ~10 4m/s ± 10 ³ m/s)가 상승적으로 작용합니다.

장점: 열 응답 시간 <0.1 초 ± 0.01 초, 열유속 밀도 지원 >100W/cm² ± 10W/cm² , 고전력 전자 장치에 적합.

고온 안정성

범위: >800° C ± 20° C (TiC -TaC 또는 B4C 유형 >1000° C ± 50° C), 열 사이클 수명 >5000 회 ± 500 회.

메커니즘: WC 의 고온 안정상(녹는점 ~2870° C ± 50° C)과 Co 상의 가소성 완충상(항복 강도 ~500 MPa ± 50 MPa)이 함께 열 응력에 저항합니다.

장점: 열팽창 일치도 양호(SiC / AlN 과 <5% ± 1%) , 열 피로 균열 감소(길이 <0.05mm ± 0.01mm).

우수한 기계적 성질

경도 : HV 1700-2400 ± 30, 압축강도 4000-5000 MPa ± 100 MPa, 굽힘강도 2000-2300 MPa ± 100 MPa.

메커니즘: 나노입자(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 와 강화상(TiC , B4C 등)의 분산 강화, 파괴인성 10-15 MPa•m ½ ± 1 MPa•m ½ .

장점: 기계적 충격에 강함(>1000 J/ cm² ± 100 J/cm²) , 진동 허용치 >50 g ± 5 g, 고부하 환경에 적합함.

화학적 안정성 및 내식성

부식 속도: <0.005-0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, TiC-TaC 또는 그래핀 유형 <0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년.

메커니즘: 표면 수동화층(두께 <0.01 μm ± 0.001 μm) 과 불활성상(전자 친화도 ~0.87 eV ± 0.05 eV)은 산 및 알칼리 부식을 방지합니다 .

장점: 전해질(pH 7-9) 또는 해수 환경에 적합, 이온 이동 <0.1 μg / cm² ± 0.01 μg / cm².

전기적 특성(선택적 절연)

저항률: 10 ⁻ 5 Ω • cm ± 10 ⁻ 6 Ω • cm (순수 WC-Co), >10 ⁶ Ω • cm ± 10 ⁵ Ω • cm (AlN 또는 TiN 유형).

메커니즘: AlN 밴드갭 ~6.2 eV ± 0.1 eV 또는 TiN 반도체 특성(밴드갭 ~3.4 eV ± 0.1 eV)은 절연을 제공하고 파괴 강도는 >15 kV/mm ± 1 kV/mm 입니다.

장점: 고전압 장치(>1000V ± 100V) 지원, 전자파 차폐 효율 >90dB ± 2dB .

처리 및 맞춤화

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

정확도: <0.01 mm ± 0.001 mm, 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm .
메커니즘: SLM(층 두께 20-50 μm ± 1 μm) 또는 EDM(정확도 <0.005 mm ± 0.001 mm) 을 사용하여 미세 구조(예: 미세 채널 0.1-0.5 mm ± 0.05 mm)를 달성합니다.
장점: 특수 모양의 디자인(복잡한 표면 오차 <0.02mm ± 0.002mm) 지원, 무게 최적화 12-15g/cm³ ± 0.5g/ cm³

3. 초경 방열 기판의 응용 분야

시멘트 카바이드 방열판 기판은 포괄적인 특성으로 인해 높은 열 부하와 혹독한 환경에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다.

신에너지 자동차 분야 응용

전원 배터리 모듈: 크기 200-500mm × 200-300mm ± 5mm, 관리 온도 30-60° C ± 5° C, 열 유속 >50W/cm² ± 5W/cm² .
모터 컨트롤러: IGBT(전력 > 100 kW ± 10 kW), 접합 온도 < 125° C ± 5° C, 열 저항 < 0.1 K/W ± 0.01 K/W 를 지원합니다.
충전 파일: 고전압 모듈(전류>200 A ± 20 A, 전압>500 V ± 50 V), 방열 효율>90% ± 2%.
수소연료전지: 양성자 교환막(PEM, 온도 60-80° C ± 5° C) 지원, 열 관리 전력 >20 W/ cm² ± 2 W/ cm² .

장점 :

빠른 열 방출로 열 폭주 위험이 줄어들고(온도 기울기 <5° C ± 0.5° C), 사이클 수명은 1000 배 ± 100 배 이상입니다.
진동 저항성 >50g ± 5g, 자동차 표준(ISO 16750) 준수, 기계적 수명 >10 4h ± 10³h.
전해액 부식 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, IP67 보호, 중량 감소 10-15% ± 2%.

항공우주 전자공학

애플리케이션 :

레이더 시스템: 고주파 증폭기(전력 >50W ± 5W), -40° C ~ 150° C ± 10° C.
위성 구성 요소: 열 제어 패널(100-300mm × 100-200mm ± 5mm), 공간 열 플럭스 >10W/m² ± 1W/m² .
비행 제어 장치: 지원 프로세서(전력 >30W ± 3W), 진동 >20g ± 2g.

장점 :

온도 변동 ΔT >200° C ± 20° C, 열팽창은 Invar 합금 <5% ± 1%와 일치합니다.
진공부식 저항성 <0.005mm/년 ± 0.001mm/년, 무게 <1kg ± 0.1kg.

5G 통신 장비

애플리케이션 :

기지국 RF 모듈: 전력 >100W ± 10W, 열유속 >30W/cm² ± 3W/cm² .
안테나 배열: 다중 채널 보드(300-600mm × 200-400mm ± 5mm), 주파수 3-5GHz ± 0.1GHz.
소형화된 중계기: 고밀도 배치(전력 > 50W ± 5W), 온도 < 70° C ± 5° C 를 지원합니다.

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

장점 :
열전도도 >200 W/ m•K ± 10 W/ m• K , 수명 >10 ⁴ h ± 10 ³ h.
전자파 방해 방지 > 90 dB ± 2 dB, 집적 밀도 > 100 칩/㎡ ± 10 칩/㎡ .

산업용 전력 전자
애플리케이션 :
인버터: MOSFET/IGBT(전력 >200 kW ± 20 kW), 열 저항 <0.2 K/W ± 0.02 K/W.
변압기 : 고주파 베이스 플레이트(200-400mm × 200-300mm ± 5mm), 주파수 10-50kHz ± 1kHz.
정류기: 고전류 모듈(>300 A ± 30 A), 온도 <100° C ± 5° C 를 지원합니다.
장점 :
고전압 저항 >1000V ± 100V, 절연 >10 6Ω •cm ± 10 5Ω• cm .
진동 저항성 >100g ± 10g, 연속 작동 >10 5h ± 10 4h.

고급 제조 장비
애플리케이션 :
레이저: 고출력 다이오드(전력 > 50W ± 5W), 열유속 > 20W/㎠ ± 2W/㎠ .
CNC 기계: 스핀들 플레이트(300-500mm × 200-400mm ± 5mm), 속도 >10,000rpm ± 1000rpm.
반도체 장비: 보조 에처 핫 플레이트(온도 200-400° C ± 20° C), 열 균일성 <2° C ± 0.5° C.
장점 :
경도 HV 1800-2300 ± 30, 내마모성 <0.05 ㎣ / N • m ± 0.01 ㎣ / N • m.
열 안정성 >800° C ± 20° C, 수명 >10 4h ± 10³h.

의료용 전자 장비
애플리케이션 :
MRI 자석: 초전도 자석 냉각 지원(온도 <20 K ± 2 K), 열 유속 >10 W/ ㎠ ± 1 W/ ㎠ .
고주파 절제기: 열 관리 플레이트(크기 100-200mm × 100-150mm ± 5mm), 전력 >50W ± 5W.
장점 :
생체적합성 코팅 (TiN , 항균율 >90% ± 2%), 열전도도 >150 W/ m•K ± 10 W/ m•K .
방사선 저항성(<0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h), 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm.

재생 에너지 장비
애플리케이션 :
태양광 인버터: 고전력 모듈(전력 >150 kW ± 15 kW), 온도 <90° C ± 5° C 를 지원합니다.
풍력발전 제어장치 : 열관리판(크기 300-600mm × 200-400mm ± 5mm), 진동 >30g ± 3g.

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

장점 :
열전도도 >200 W/ m•K ± 10 W/ m• K , 수명 >10 ⁴ h ± 10 ³ h.
부식 저항성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, 야외 환경에 적합(IP65 보호).

4. 초경합금 방열기판의 향후 개발 방향

재료 최적화 : WC- SiC - AlN- 그래핀 4 상 복합소재 개발 (SiC 20%-30% ± 2%, AlN 10%-20% ± 2%, 그래핀 1%-5% ± 0.5%), 열전도도 >400 W/ m•K ± 10 W/ m• K .
프로세스 혁신 : EBM 을 이용한 다중 스케일 마이크로채널 제작(빔 전류 밀도 >10 ⁴ A/m² ± 10 ³ A/m²) , 열 저항 <0.02 K/W ± 0.01 K/W.
지능형 : 통합 열전대(정확도 <0.05° C ± 0.01° C)와 AI 알고리즘이 방열 효율을 >95% ± 2%로 최적화합니다.
지속 가능성 : WC-Co 분말 재활용(재활용률 >95% ± 2%) 및 친환경 소결(에너지 소비량 <6 kWh/kg ± 1 kWh/kg).

초경합금 방열 기판은 첨단 기술 분야에서 큰 응용 잠재력을 가지고 있습니다. 신에너지 자동차, 항공우주, 5G 통신 분야에서 수요가 지속적으로 증가하고 있습니다. 앞으로 다상 복합소재와 지능형 제조를 통해 열 관리 성능과 시장 경쟁력이 더욱 향상될 것입니다.

5. 시멘트 카바이드 방열 기판 관련 표준

완전히 통합되고 널리 인정받는 국제 시스템은 아직 형성되지 않았는데, 그 주된 이유는 신에너지 자동차, 항공우주, 5G 통신 등 응용 분야가 다양하고 기술이 빠르게 발전하고 있기 때문입니다. 다음은 기존 업계 관행과 관련 재료 표준을 기반으로 초경합금 방열 기판에 적용될 수 있는 표준에 대한 개요입니다.

일반 재료 표준

시멘트 카바이드에 대한 일반 기술 요구 사항
중국 국가표준 "GB/T 5242-2006 시멘트 카바이드 일반 기술 조건"을 참조하세요. 이 표준은 시멘트 카바이드의 조성, 특성(열전도도, 경도, 내식성 등) 및 품질 관리 요구 사항을 명시하고 있으며, 방열 기판의 원자재 선택의 기준으로 사용할 수 있습니다.

열 관리 재료 특성
방열 기판은 높은 열전도도(>100 W/ m•K ± 10 W/ m• K) , 낮은 열팽창 계수(<6×10 ⁻ 6 /° C ± 0.5×10 ⁻ 6 /° C) 및 기계적 강도(경도 HV 1800-2000 ± 30)를 충족해야 하며, 이는 업계에서 널리 채택되고 있습니다.

산업 응용 프로그램 관련 표준

전자 패키징 표준
전자 장치에 사용되는 카바이드 방열 기판에 대해서는 "IPC-4101 적층재 사양"을 참조하십시오. 이 사양은 고열전도도 기판 소재의 열 성능 및 치수 안정성 요구 사항을 다루며 마이크로 전자 패키징의 방열 설계에 적합합니다.

신에너지 자동차 분야

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

방열 기판은 "전기 자동차 전원 배터리의 열 관리 구성 요소에 대한 QC/T 1073-2020 기술 조건"을 준수해야 할 수 있습니다. 이 조건은 열 관리 재료의 열 저항(<0.1 K/W ± 0.01 K/W), 온도 저항(>800° C ± 20° C) 및 진동 저항(>50 g ± 5 g)에 대한 특정 요구 사항을 규정합니다.

항공우주 표준

고온 환경에서의 열 안정성 및 열전도도에 대한 내용은 항공 전자 방열판 기판에 적합한 AMS 2750 열처리 사양 또는 유사한 군용 표준을 참조하세요.

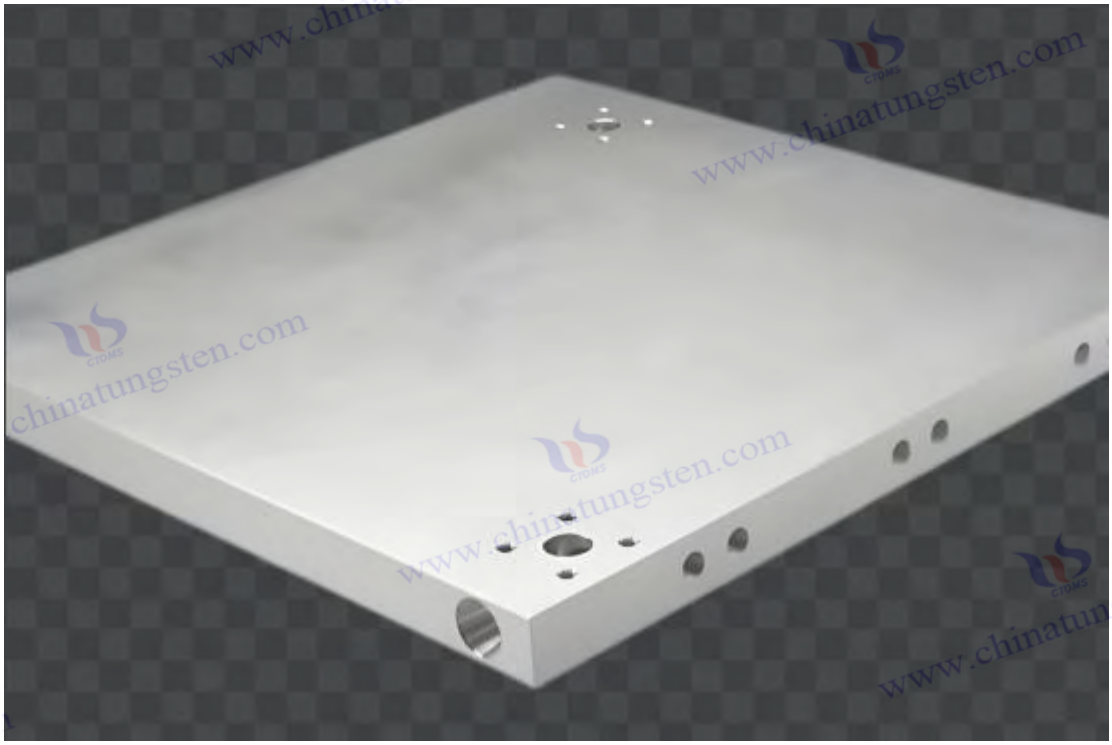
국제 기준 표준

ISO 표준

ISO 18514(세라믹 및 금속 복합재의 열전도도 시험)는 시멘트 카바이드 방열판 기판의 열전도도를 평가하는 데 사용할 수 있으며, ISO 17864(고급 세라믹의 열팽창 시험)는 열팽창 매칭 시험을 안내할 수 있습니다.

ASTM 표준

ASTM E1461(열 확산율 측정)은 고성능 애플리케이션을 위한 방열판 기판의 열 관리 효율성을 검증하는 데 사용할 수 있습니다.



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

시멘트 카바이드는 촉매와 에너지 저장에 어떻게 활용됩니까?

전통적인 고성능 소재인 초경합금(텅스텐 카바이드-코발트 시스템, WC-Co를 핵심으로 함)은 최근 몇 년간 촉매 및 에너지 저장 응용 연구, 특히 에너지 변환 및 저장 기술의 급속한 발전에 따라 점차 주목받고 있습니다. 뛰어난 기계적 강도, 내식성, 고온 안정성, 그리고 독특한 전자 구조 특성을 지닌 초경합금은 고엔트로피 합금(HEA), 나노기술, 표면 기능화 기술과의 결합을 통해 전기 촉매, 열 촉매, 연료 전지, 슈퍼커패시터, 그리고 수소 에너지 저장 분야에서 상당한 잠재력을 보여주었습니다. 생의학 분야에서의 응용은 비교적 성숙되었지만, 촉매 및 에너지 저장 분야에서 초경합금의 연구는 여전히 선두에 있으며, 재료 과학, 전기화학, 물리화학, 전산 시뮬레이션 등 다학제적 융합을 포함하고 있습니다. 본 논문에서는 이러한 분야에서 초경합금의 구체적인 응용 분야를 자세히 살펴보고, 최신 연구 성과와 전문적인 기술 정보를 결합하여 초경합금의 지식 체계를 포괄적으로 확장하고자 합니다.

촉매 분야의 응용

전기 촉매 반응

전기 촉매 분야에서 초경합금의 응용은 주로 산소 환원 반응(ORR), 수소 발생 반응(HER), 산소 발생 반응(OER)과 같은 전기화학 반응의 핵심 공정의 촉매 최적화에 중점을 두고 있습니다. 이러한 반응은 수소 에너지, 연료 전지, 수전해 기술의 기반이 됩니다. 기존의 귀금속 촉매(예: 백금(Pt), 이리듐(Ir) , 루테늄(Ru))는 높은 비용과 자원 부족으로 인해 사용이 제한되는 반면, 초경합금(특히 WC 및 그 유도체)은 Pt 와 유사한 d-밴드 전자 구조와 우수한 화학적 안정성으로 인해 잠재적인 비귀금속 대체재로 주목받고 있습니다.

산소 환원 반응(ORR) : WC-Co 기반 초경합금은 고엔트로피 합금(예: PtPdFeCoNi) 과 복합하여 ORR 촉매 성능을 크게 향상시킵니다 . 고엔트로피 합금의 엔트로피 안정화 효과와 격자 왜곡은 활성 부위의 노출과 전자 전달 효율을 향상시킵니다. 예를 들어, 연구에 따르면 0.9V vs. RHE 에서 PtPdFeCoNi 나노입자의 질량 활성도와 비활성도는 각각 0.25 A/ mg_Pt 및 0.12 mA/ cm^2 로 상업용 20% Pt/C 촉매보다 각각 6.2 배 및 4.9 배 높습니다. 또한, WC 를 담체로 사용하면 Pt 나노입자의 응집 및 산화를 방지할 수 있습니다. 내구성 테스트 결과, 10,000 회 사이클 후에도 90% 이상의 활성을 유지하는 것으로 나타났으며, 이는 Pt/C 의 70~80%보다 우수한 수치입니다.

수소 발생 반응(HER) 및 산소 발생 반응(OER) : 탄화물 유래 나노구조(예: Ni20Fe20Mo10Co35Cr15 HEA)는 HER 에서 낮은 과전압(10 mA/cm^2에서 약 107 mV) 과 타펠 기울기(<50 mV/dec)를 나타내어 반응 속도가 빠름을 나타냅니다. OER 의 경우, WC-Co 기반 소재는 표면 도핑(예: Ni 또는 Fe)을 통해 흡착 자유 에너지(ΔG_H*가 0 eV 에 가까움)를 최적화했으며, 알칼리성 전해질(1 M KOH)에서 10 mA/cm^2의 전류 밀도에서 과전압이 약 300 mV 이고 안정성이 최대 50 시간이므로 대규모 물 전기분해를 통해 수소를 생산하는 데 적합합니다.

응용 분야 : 이 촉매는 양성자 교환막 연료 전지(PEMFC), 알칼리 전해조 , 재생

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

에너지로 구동되는 수소 생산 시스템에서 널리 사용됩니다.

물 분해 및 수소 생산

완전 물 분해($2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$) 는 지속 가능한 수소 생산을 위한 핵심 기술이며, 초경합금은 이 분야에서 이중 기능적 전기 촉매 잠재력을 보여주었습니다. 이 연구에서 초경합금에서 파생된 중공 CoS2 나노튜브 배열은 액상 증착 및 황화 공정을 통해 양극(HER) 및 양극(OER)을 위한 이중 기능 촉매로 제조되었습니다. 1.5 M KOH 전해질에서 셀 전압은 10 mA/cm²의 전류 밀도에서 1.67V 로 기존 IrO_2/Pt 쌍(1.8 V) 보다 훨씬 낮았고 , 패러데이 효율은 20 시간 연속 작동 후에도 여전히 95% 이상이었습니다. 이 재료의 탁월한 성능은 높은 비표면적(>100 ㎡ /g)과 풍부한 활성 에지 사이트에서 비롯됩니다. 또한, WC-Co 기반 촉매는 탄소나노튜브(CNT)나 그래핀과 합성되어 전도도와 안정성이 더욱 향상되어 태양광 물 분해 장치에 적합합니다.

CO2 환원 반응(CO2RR)

CO2 환원은 탄소 재활용의 중요한 수단입니다. 초경합금 관련 물질은 전자 구조와 표면 흡착 에너지를 조절하여 CO2RR 에서 잠재력을 보여줍니다. 고엔트로피 합금(예: CuFeCoNiZn) 을 WC 와 결합하면 CO2 분자와 중간체의 흡착/탈착 평형이 최적화되고 C2+ 탄화수소(예: 에탄올 및 에틸렌, 패러데이 효율 >60%)가 높은 선택성으로 생성됩니다. 밀도 함수 이론(DFT) 계산에 따르면 Cu 사이트의 d-밴드 중심이 아래로 이동하면 *CO 커플링 반응이 향상되고 WC 의 전도도(>100 S/cm)는 전자 전달을 촉진합니다. 2025 년 탄소 중립 목표가 진전됨에 따라 이 촉매는 산업적 규모의 CO2 포집 및 전환에 광범위한 전망을 가지고 있습니다.

에너지 저장에 대한 응용

배터리 기술 시멘트 카바이드 기반 소재를 새로운 배터리 시스템에 적용하는 것은 주로 전극 소재의 개발에 반영되며, 특히 리튬 공기 배터리, 아연 공기 배터리 및 리튬 이온 배터리에서 두드러진다.

리튬-공기 전지 : 고엔트로피 스피넬 산화물(예: FeCoNiMnPtIr) 을 양극 촉매로 사용하면 충전 과전압(<0.5 V vs. Li/Li^+) 을 크게 낮추고 1000 mA/g 의 전류 밀도에서 80%의 용량 유지율(500 사이클)을 유지합니다. 다중 원소 시너지 효과를 통해 O_2^-와 Li_2O_2의 생성/분해 반응 속도가 최적화되어 고 에너지 밀도 에너지 저장에 적합합니다.

아연-공기 전지 : WC-Co 유래 나노입자는 표면 개질(예: N 도핑)을 통해 ORR 및 OER 활동이 향상되었으며, 개방 회로 전압이 1.45V 이고 사이클 수명이 200 시간 이상이어서 전기 자동차의 백업 전원 공급 장치에 적합합니다.

리튬 이온 배터리 : 시멘트 카바이드 기반 고엔트로피 합금(예: TiNbTaZrHf) 을 음극재로 사용하면 높은 비용량(>500 mAh /g)과 탁월한 사이클 안정성(1000 사이클 후 용량 감소 <10%)을 나타내며, 높은 엔트로피 효과로 인해 부피 팽창이 억제됩니다. 초경합금에서 유래한 나노 고엔트로피 합금(예: NiFeCoCuMn)은 다공성 구조(기공률 50%-70% ± 5%)와 높은 비표면적(>200 ㎡ **/ g)을 가지고 있어 슈퍼커패시터 전극 소재로 개발되었습니다. 1 MH_2SO_4**

전해질 에서 정전용량은 300 F/g 에 달하고, 에너지 밀도는 20 Wh /kg, 전력 밀도는 500 W/kg 이며, 사이클 안정성은 최대 10,000 회(용량 유지율>90%)에 달합니다. 이 합금의 탁월한 성능은 여러 원소 간의 전하 이동과 격자 왜곡으로 인해 발생하며,

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

이는 전해질 이온 확산과 전하 저장 용량을 향상시켜 하이브리드 자동차의 순간 에너지 방출에 적합합니다.

초경합금과 고엔트로피 합금을 **수소 에너지 저장에 결합한 소재(예:** CoCrFeNiTi 기반 복합재)는 높은 수소 저장량(>2 wt %)과 고체 수소 에너지 저장 시 구조적 안정성을 보입니다. WC-Co 기반 소재는 표면 개질(예: 팔라듐 코팅, 두께 10~20nm ± 2nm)을 통해 수소 분자의 해리 및 확산을 최적화하며, 25~300° C ± 10° C 의 작동 온도 범위와 100 회 이상의 수소 흡수/탈수소화 사이클 수명을 자랑합니다. 나노다공성 구조(기공 크기 5~20nm ± 1nm)와 결합된 이 소재는 모바일 에너지 저장 장치 및 수소 연료 전지 차량(FCEV)용 수소 저장 탱크에 적합하며, 2025 년 산업 시범 단계에 진입할 예정입니다.

기술적 장점과 과제

장점 :

기계적 및 화학적 안정성 : WC-Co 시스템은 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30)와 내식성(부식률 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)을 갖추고 있어 혹독한 환경에서도 우수한 성능을 발휘합니다.

비용 효율성 : 고엔트로피 합금과 결합된 시멘트 카바이드는 사용되는 귀금속의 양을 크게 줄일 수 있습니다(Pt 로딩은 5% ± 1%까지 감소). 이를 통해 촉매 비용이 절감됩니다.

조정 가능성 : 시멘트 카바이드의 전자 구조 및 표면 특성은 원소 도핑(예: TiC)을 통해 정밀하게 제어될 수 있습니다 . TaC) 또는 표면공학.

도전 :

합성 복잡성 : 고엔트로피 합금과 나노구조를 제조하려면 조성과 열처리 조건(예: SPS 1400° C ± 10° C, HIP 1300° C ± 10° C)의 정밀한 제어가 필요하며, 공정 비용이 높습니다.

활성 부위 제한 : WC 의 표면 불활성은 내재적인 촉매 활성을 제한하며, 비표면적(<100 ㎡/g)을 늘리기 위해 나노 스케일링이나 복합재에 의존해야 합니다.

연구 부족 : 복잡한 원자 환경에서 고엔트로피 합금의 장기적 안정성을 뒷받침하기 위해서는 더 많은 데이터가 필요하며, DFT 시뮬레이션과 머신 러닝에 대한 추가 검증이 필요합니다.

향후 개발 방향

2025 년 에너지 전환이 가속화됨에 따라 촉매 및 에너지 저장 분야에서 시멘트 카바이드의 적용은 다음과 같은 방향에 집중될 것입니다.

나노공학 : 활성 부위 밀도를 높이기 위해 초미세 나노입자(<10 nm ± 1 nm)와 다공성 구조를 개발합니다.

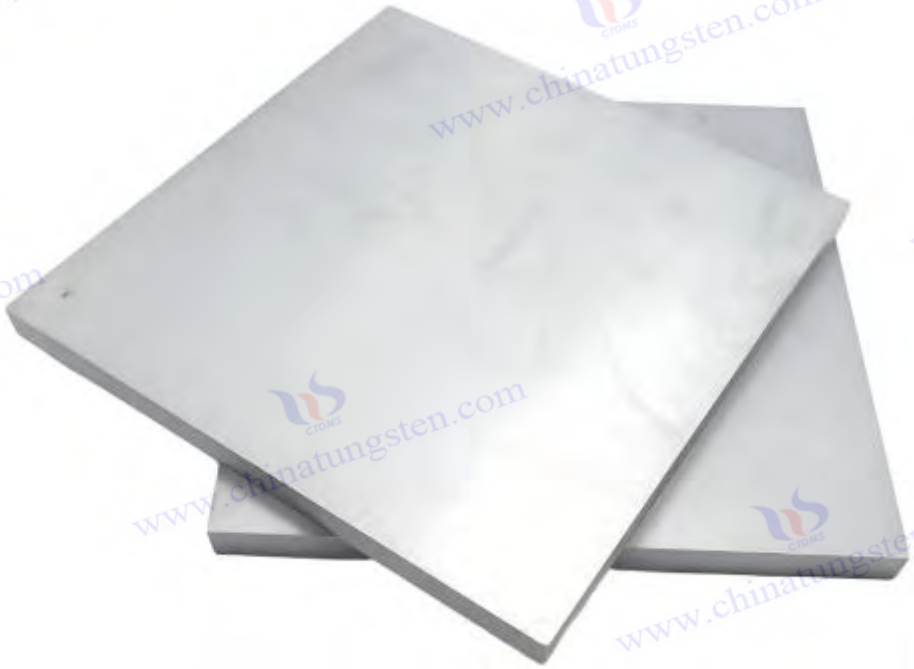
지능형 설계 : 머신 러닝을 사용하여 최적의 합금 구성과 표면 개질 계획을 예측함으로써 재료 최적화를 가속화합니다.

지속 가능성 : RoHS 및 REACH 환경 기준을 준수하는 저코발트 또는 무코발트 시멘트 카바이드 제형을 개발합니다.

통합 응용 프로그램 : 카바이드 촉매를 에너지 저장 시스템(예: 연료 전지-슈퍼커패시터 하이브리드 시스템)에 통합하여 전반적인 효율성을 개선합니다.

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

촉매 및 에너지 저장 분야에서 초경합금의 잠재력은 다학제 협력 연구를 통해 점차 빛을 발하고 있습니다. 특히 수소 경제와 탄소 중립이라는 목표 하에서, 전통 산업과 신흥 에너지 기술을 연결하는 가교 역할을 하는 초경합금의 역할이 점점 더 중요해지고 있습니다.



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

의료 분야에서 시멘트 카바이드의 응용 분야는 무엇입니까?

고성능 엔지니어링 소재인 초경합금(텅스텐 카바이드-코발트계, WC-Co로 대표됨)은 우수한 기계적 특성, 화학적 안정성, 의료 분야에서의 잠재적 생체적합성으로 인해 학계와 산업계에서 점차 주목을 받고 있습니다. 초경합금은 초고경도(경도 범위 HV 1800-2000 ± 30, 모스 경도 척도에서 약 9-10), 뛰어난 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N•m), 내식성(부식율 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년) 및 표면 엔지니어링과 원소 도핑을 통해 달성 가능한 성능 조절성으로 알려져 있어 정형외과, 치과, 심혈관, 신경외과 및 기타 분야에서 핵심 소재로 사용되고 있습니다. 최근 첨단 제조 기술 (적층 제조 및 나노 기술 등)과 표면 기능화 기술의 발전으로 초경합금의 적용 범위는 기존 수술 도구에서 임플란트 및 조직 공학 스캐폴드로 확대되어 상당한 임상적 가치와 과학적 연구 잠재력을 보여주고 있습니다. 본 논문에서는 의료 분야에서 초경합금의 적용 사례를 적용 시나리오, 기술적 요구 사항, 제조 공정, 재료 과학 기반 및 향후 연구 방향의 관점에서 포괄적이고 철저하게 설명합니다.

정형외과 임플란트에 시멘트 카바이드의 적용

정형외과 분야에서 초경합금은 주로 고관절 인공관절, 슬관절 치환술, 척추 고정 장치 및 관절 유합 장치에 사용되어 골절 고정, 인공관절 치환술, 척추 교정 및 골 재건과 같은 임상적 요구를 충족합니다. 이러한 임플란트는 생체역학적 적합성, 장기적인 안정성, 그리고 숙주 조직과의 완벽한 통합을 충족하도록 설계되어야 합니다.

카바이드 고관절 보철물

카바이드 고관절 보철물은 전체 고관절 인공관절술(THA)을 통해 진행성 골관절염, 대퇴골두 무균성 괴사, 고관절 골절 후 변형 또는 선천적 고관절 이형증을 치료하는 데 사용됩니다. 핵심 구성 요소는 대퇴 스템과 아세타불러 컵으로, 일반적으로 WC-6Co 공식(코발트 함량 6% ± 1%, 텅스텐 함량 94% ± 1%)으로 스파크 플라즈마 소결(SPS, 1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 또는 열간 정수압 가압(HIP, 1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa)을 통해 제작되어 높은 밀도(기공률 <0.1% ± 0.01%)와 균일한 나노 입자 구조(0.5-1 μm ± 0.01 μm)를 달성합니다.

기술적 요구 사항 :

기계적 성질: 장기 순환 하중 (1000 N ± 10 N 이상, 약 10^6 - 10^7 사이클 동안 걷는 것과 같음 , 10~15 년의 일상 활동에 해당)을 견딜 수 있는 내마모성(<0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m)과 대퇴 경부의 축방향 힘을 견딜 수 있는 압축 강도 >4000 MPa ± 100 MPa 를 갖습니다.

화학적 안정성: 내식성(<0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년)은 체액, 단백질 및 효소에 있는 염화물 이온(Cl^- , 농도 약 100-150 mM)으로 인한 전기화학적 부식을 방지합니다.

생체적합성: 세포 생존율 >95% ± 2%(ISO 10993-5 에 따른 시험관 내 세포독성 시험), 골 통합 >95% ± 2%(하이드록시아파타이트, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, 코팅 또는 다공성

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

구조, 기공 크기 100-400μm ± 50μm, 골 모세포 부착 및 골 성장 촉진).
TiN 코팅(두께 5-15 μm ± 0.1 μm) 은 마찰 계수(<0.2 ± 0.05)를 감소시키고, 폴리에틸렌 라이너 마모 입자(<0.001 mm³ / 사이클 ± 0.0001 mm³ / 사이클)를 감소시키고, 주변 보철물 염증(IL-6 수치 <10 pg /mL ± 1 pg /mL)을 감소시켰습니다.
수명: 10 년 이상 ± 1 년, 약 10 회 6 보행 주기, 60~80 세 노인이나 활동 수준이 높은 사람에게 적합합니다.
적용 시나리오 : 골다공증이 있는 노인 환자(뼈 밀도 T 점수 <-2.5 SD) 또는 활동량이 많은 젊은 환자(운동선수 등)에게 널리 사용되며, 특히 고관절 부하가 높은(>1500N ± 10N) 경우에 적합합니다.

카바이드 무릎 교체술
카바이드 무릎 교체술은 대퇴골의 아랫부분, 경골 고원 및 슬개골 표면을 교체하여 골관절염, 류마티스 관절염 또는 무릎에 대한 심각한 외상(반월판 파열 등)을 치료하는 데 사용되는 시술입니다.
기술적 요구 사항 :
기계적 특성: 동적 하중(>1500 N ± 10 N, 쪼그리고 앉거나 계단을 오르는 것 등)을 견디고, 내마모성(<0.05 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m) 이 뛰어나 폴리에틸렌 라이너의 연간 마모율을 줄여줍니다(<0.1 mm ± 0.01 mm), 피로 저항성(>10 6 회 ± 10 4 회)이 뛰어나 연간 약 100 만 회의 굴곡 및 신전 사이클을 견딜 수 있습니다.
생체적합성: 세포 생존율 >95% ± 2%, 골 통합 >95% ± 2%(다공성 표면이나 BMP-2 와 같은 성장 인자에 의해 향상됨).
표면 최적화: 나노 입자(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 는 미세 균일성을 개선하고, PVD ZrN 코팅(5-15 μm ± 0.1 μm) 은 표면 경도 를 향상시키고(>HV 1900 ± 30), 화학적 기계적 연마(CMP) 는 거칠기를 제어하고(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) 염증 반응을 감소시킵니다(IL-6 <10 pg /mL ± 1 pg /mL).
수명: 10 년 이상 ± 1 년, 50~70 세의 활동적인 사람이나 고도 비만 환자(BMI >30 kg/m²) 에게 적합합니다 .
적용 시나리오 : 심각한 무릎 퇴행(켈그렌-로렌스 3-4 등급)이나 외상 후 변형이 있는 환자에게 적합합니다.

카바이드 척추 고정 장치
에는 척추측만증 교정, 척추 압박 골절 고정 또는 척추 융합(요추 융합 등)에 사용되는 나사못과 막대 시스템이 포함됩니다.
기술적 요구 사항 :
기계적 성질: 압축 강도(>4000 MPa ± 100 MPa), 척추 지지력, 내마모성(<0.05 mm³ / N•m ± 0.01 mm³ / N• m) 으로 실과 뼈 조직 사이의 마모를 줄이고, 동적 응력(>2000 N ± 10 N)에 대처하기 위한 피로 저항성(>10 6 배 ± 10 4 배)을 제공합니다.
생체적합성: 골유합률 >95% ± 2% (융합 시간 3-6 개월 ± 1 개월).
표면 처리: HIP 공정(1300° C ± 10° C)은 기공률 <0.1% ± 0.01%(미세 기공 <0.05 μm ± 0.01 μm) 을 보장하고 , ZrC 도핑(0.1%-0.5% ± 0.01%)은 산화 저항성(<0.01% ± 0.001%)을 개선하고, 표면 연마(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) 는 계면 접합 강도(>50

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

MPa ± 5 MPa)를 향상시킵니다.
수명: >10 년 ± 1 년.
적용 시나리오 : 청소년 특발성 척추측만증(콥 각도 > 40°)이나 노인의 골다공증성 골절 등 척추 질환이 있는 20~60 세 환자에게 적합합니다.

카바이드 관절 융합 장치는
강직, 심각한 퇴행성 관절염 또는 외상성 불안정성을 치료하기 위해 손목, 발목 또는 척추의 면관절을 융합하는 데 사용됩니다.
기술적 요구 사항 :
생체적합성: 골유합률 >95% ± 2% (융합 시간 6-12 개월 ± 1 개월).
기계적 성질: 내마모성(<0.05 mm^3 / N • m ± 0.01 mm^3 / N • m) , 피로 저항성(>10 6 배 ± 10 4 배) 및 국부 압력 저항성(>1000 N ± 10 N).
표면 엔지니어링: SPS 공정(1400° C ± 10° C)과 Ag 나노코팅(2-5 μm ± 0.1 μm , Ag^+ 방출 <0.01 μg / cm^2) ± 0.001 μ g / cm^2) 을 결합 하여 항균 특성(>90% ± 2%)과 생체적합성을 개선합니다.
수명: >10 년 ± 1 년.
적용 시나리오 : 손목 강직이나 발목 불안정성 등 관절 질환이 있는 30~60 세 환자에게 적합합니다.

치과 임플란트에 시멘트 카바이드의 적용

카바이드 치과 임플란트는 단일 치아 상실, 다중 치아 상실 또는 완전 무치증을 치료하고, 자연 치아 뿌리를 대체하여 크라운, 임플란트 브릿지 또는 완전 틀니를 지지하는 데 사용됩니다.
기술적 요구 사항 :
기계적 정밀도: 가공 편차 <0.01mm ± 0.001mm(나사산 간격 <0.005mm ± 0.001mm)로 치조골에 밀착됩니다.
화학적 안정성: 부식 저항성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, 구강 타액(pH 5-7)의 산성도 및 세균 대사산물에 대한 저항성.
생체적합성: 세포 생존율 >95% ± 2%(골아세포 및 섬유아세포 시험), 항균성 >90% ± 2%(Ag^+ 방출 <0.01 μg / cm^2 ± 0.001 μ g / cm^2로 치주 병원균 억제).
구조 최적화: SPS 공정(1400° C ± 10° C)은 다공성을 <0.1% ± 0.01%(다공성 표면 기공 크기 50-200μm ± 20μm)로 제어하여 뼈 성장 을 촉진 합니다 .
수명: 씹는 하중(>500N ± 10N)에 따라 10 년 ± 1 년 이상.
적용 시나리오 : 치주염으로 인해 단일 치아를 잃거나 노인의 완전 무치증과 같이 치아가 없는 30~60 세 연령대에 적합합니다.

심혈관 임플란트에 시멘트 카바이드의 적용

카바이드 심혈관 스텐트는 관상동맥 죽상경화성 심장 질환이나 급성 심근경색을 치료하고 경피적 관상동맥 중재술(PCI) 동안 내강을 지지하는 데 사용됩니다.
기술적 요구 사항 :

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

화학적 안정성: 부식 저항성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년(Co 또는 W 이온 방출 방지 <0.1 μg /cm²) ± 0.01 μ g /cm²) , pH 7.4 ± 0.2, 37° C ± 1° C에서 혈액에서 테스트됨.
생체적합성: 세포 생존율 >95% ± 2%, 낮은 혈전 위험(IL-6 <10 pg /mL ± 1 pg /mL).
표면 엔지니어링: TaC 도핑(0.5%-2% ± 0.1%)은 내식성을 향상시키고(<0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년), PVD TiN 코팅(5-15 μm ± 0.1 μm) 은 혈관벽의 통합 속도를 개선합니다(>95% ± 2%) .
수명: 10년 이상 ± 1년, 스텐트 벽 두께 0.08-0.12mm ± 0.01mm.
적용 시나리오 : 40~70 세의 심혈관 질환 환자에게 적합하며, 스텐트 직경은 2~4mm이고, 협착률이 70% 이상인 관상동맥 병변을 치료합니다.

신경외과 임플란트에 시멘트 카바이드의 적용

카바이드 두개골 수리판은 외상성 두개골 결손, 종양 절제 또는 선천적 결손의 재건에 사용됩니다.
기술적 요구 사항 :
생체적합성: 세포 생존율 >95% ± 2%, 뇌 조직 염증이나 신경교 세포 흉터 형성 없음.
열 안정성: 낮은 열팽창 계수(<6×10 - 6/° C ± 0.5×10 - 6/° C)는 두개골(7×10 - 6/° C ± 1×10 - 6/° C)과 일치하고, TiC 도핑(2%-5% ± 0.5%)은 고온 안정성(>600° C ± 20° C)을 향상시킵니다.
화학적 안정성: 부식 저항성 <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년, 뇌척수액 전해질 저항성.
조직 접착을 줄이기 위해 거칠기를 제어한 PVD 코팅(예: TiN , 5-15 μm ± 0.1 μm) (Ra <0.1 μm ± 0.01 μm)
수명 : 10년 이상 ± 1년, 3D 프린팅 맞춤화 지원(두께 0.5-2mm ± 0.1mm).
적용 시나리오 : 자동차 사고로 인한 두개골 결손 등 두개골 손상이 있는 10~70 세 환자에게 적합합니다.

수술 도구에 시멘트 카바이드의 적용

의료 분야에서 시멘트 카바이드의 또 다른 중요한 응용 분야는 뼈 드릴, 뼈 톱, 절삭 도구, 최소 침습 수술 도구(예: 내시경 가위), 신경외과 전극 및 치과용 조각 칼을 포함한 고성능 수술 도구의 제조입니다. 이러한 도구는 정형외과, 신경외과, 치과 및 일반 외과 와 같은 여러 분야에서 널리 사용되어 골절 고정에서 최소 침습 수술까지 다양한 요구를 충족합니다. 우수한 경도, 내마모성, 피로 저항성 및 항균 잠재력을 갖춘 시멘트 카바이드는 특히 고정밀, 긴 수명 및 항균 특성이 필요한 복잡한 수술에서 기존 스테인리스 스틸(304 등급, HV 200-400 ± 20) 또는 티타늄 합금(Ti-6Al-4V, HV 300-350 ± 20) 도구에 대한 이상적인 대체 재료가 되었습니다. 다음에서는 기술적 특성, 제조 공정, 재료 과학 기반, 응용 시나리오 및 향후 연구 방향에 대해 자세히 설명합니다.

시멘트 카바이드 수술 도구의 기술적 요구 사항 및 성능 특성

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

카바이드 수술 도구는 고강도, 고주파 의료 환경에서 우수한 성능을 발휘하고 인체 생리학적 환경의 요구 사항을 충족하기 위해 다음과 같은 엄격한 기술 표준을 충족해야 합니다.

높은 경도: 경도 범위는 HV 1800-2000 ± 30 으로, WC-Co 시스템(Co 함량 6%-8% ± 1%)으로 달성되며, 이는 다이아몬드의 경도(HV 7000-8000 ± 500)에 가깝고 스테인리스강이나 티타늄 합금보다 훨씬 우수하며, 피질골(경도 HV 500-700 ± 50)이나 경조직(예: 에나멜, HV 300-400 ± 20)을 효과적으로 절단할 수 있습니다.

높은 정밀도: 가공 편차는 <0.01mm ± 0.001mm 로 제어되어 뇌 조직 내 신경외과 전극 위치 지정(오차 <0.05mm ± 0.01mm)이나 치과 조각 칼의 정밀 조각(절삭 깊이 <0.1mm ± 0.01mm)과 같은 외과 수술에서 미크론 수준의 정밀도를 보장합니다.

피로 저항성: 피로 수명이 10 6 배 ± 10 4 배를 넘으며, 나노 입자(0.5-1 μm ± 0.01 μm) 와 다상 구조(Co 상에 매립된 WC 입자)로 최적화되어 고속 회전(>1000 rpm, 토크 >0.5 N•m ± 0.05 N• m) 하에서 장기간 작동 하는 뼈 드릴과 같은 반복적인 고주파 사용에 적합 합니다 . 피로 한계 >1000 MPa ± 50 MPa.

항균 특성: Ag 나노 코팅(두께 2-5 μm ± 0.1 μm , Ag^+ 방출 <0.01 μg / cm^2) ± 0.001 μ g /cm^2) 또는 TiN 코팅을 표면에 도포하면 세균 억제율 >90% ± 2%가 나타나 황색포도상구균과 대장균의 성장을 억제하여 수술 후 감염 위험을 낮춥니다(<1% ± 0.5%). 이는 ISO 22196 항균 시험 기준에 부합합니다.

날카로움: 절삭력 <0.5 N ± 0.05 N, 날의 거칠기(Ra <0.05 μm ± 0.01 μm) 는 화학기계연마(CMP)로 제어하여 절삭 시 연조직(탄성계수 0.1-1 MPa ± 0.1 MPa)에 대한 손상 을 최소화하고 절개 부드러움 <0.1 μm ± 0.01 μm 을 보장합니다 .

열 관리: 열 전도도 >120 W/ m•K ± 5 W/ m•K (스테인리스강 16 W/ m•K ± 2 W/ m•K 보다 훨씬 높음), 입자 최적화 및 PVD 코팅으로 열 저항 감소(<0.1 K•cm^2 / W ± 0.01 K•cm^2 / W), 50 W/ cm^2 ± 5 W/cm^2 부하에서 표면 온도 균일성 <5° C ± 0.5° C 로 조직의 열 손상 방지(>43° C 에서는 단백질 변성이 발생할 수 있음).

시멘트 카바이드 의료 수술 도구의 유형 및 응용 분야

카바이드 본 드릴

응용분야: 골절 고정 또는 정형외과 임플란트 설치, 피질골(두께 2-5mm ± 0.5mm) 또는 해면골(기공률 50%-90% ± 5%)에 높은 회전 속도(>1000rpm, 토크 >0.5N •m ± 0.05N • m) 로 드릴링합니다 .

특징: WC-6Co 포뮬러, 경도 HV 1850 ± 30, 드릴 직경 1.5-6 mm ± 0.1 mm, 가공 정확도 <0.01 mm ± 0.001 mm, 항균 코팅(예: Ag, 두께 2-5 μm ± 0.1 μm) 은 골수염 (감염률 <1% ± 0.5%) 및 열 손상의 위험을 효과적으로 감소시킵니다.

시나리오: 고관절 교체 수술 시 대퇴부 줄기의 드릴링 및 고정 또는 척추 수술 시 나사못 삽입(나사산 깊이 30-40mm ± 1mm).

카바이드 뼈톱

적용분야: 뼈 절제 또는 재형성, 예를 들어 골절술(절단 속도 1-2 mm/s ± 0.1 mm/s)이나 종양 절제(절제 부피 > 10 cm^3) ± 1 cm^3) 에 사용됩니다 .

특징: 톱니형 디자인, 절삭력 <0.5 N ± 0.05 N, 내마모성 <0.05 mm^3 / N • m ±

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

0.01 mm³ / N • m, PVD ZrN 코팅(5-15 μm ± 0.1 μm) 으로 내구성 향상(500 회 이상 사용 ± 50 회), 경도 HV 600 ± 50 의 뼈 조직 절단에 적합.
시나리오: 외상 수술 중 무릎 교체 수술 또는 응급 절단 수술 시 경골 고원 재형성(절단 시간 <5 분 ± 0.5 분).

초경 절삭 공구
cm³) 과 같은 정밀한 성형에 적용됩니다 .
특징: 절삭날의 날카로움 <0.1mm ± 0.01mm, 피로저항성 >10 6 배 ± 10 4 배, Ag 코팅 항균율 >90% ± 2%(MRSA 에 대한 억제율 >95% ± 1%), 절삭력 <0.5N ± 0.05N.
시나리오: 신경외과적 신경교종 절제술 또는 성형외과적 피판 준비(두께 0.2-0.5mm ± 0.05mm).

카바이드 최소 침습 수술 도구(내시경 가위 등)
적용 분야: 복강경 또는 관절경 수술 중 조직 분리 및 절제(예: 간 절단 또는 인대 다듬기)에 사용됩니다.
특징: 길이 20-40cm ± 1cm, 팁 정확도 <0.01mm ± 0.001mm, 내식성 <0.01mm/년 ± 0.001mm/년(0.9% NaCl 용액에서 테스트), TiN 코팅으로 마찰 감소(<0.2 ± 0.05), 체온 37° C ± 1° C 에서 작동 가능(열 안정성 >200° C ± 10° C).
시나리오: 관절경 반월판 절제술(절단 길이 10-20mm ± 1mm) 또는 복강경 충수절제술(수술 시간 <15 분 ± 1 분).

카바이드 신경외과 전극
응용 분야: 파킨슨병이나 간질을 치료하기 위한 심부 뇌 자극(DBS)이나 신경 신호 기록(샘플링 속도 >1 kHz ± 0.1 kHz).
특징: 직경 0.5-1 mm ± 0.05 mm, 전도도 >100 S/cm(저항률 <0.01 Ω • cm ± 0.001 Ω • cm) , 생체적합성(세포 생존율 >95% ± 2%, 신경 세포 부착 >90% ± 2%), 표면 거칠기 Ra <0.1 μm ± 0.01 μm , 뇌 조직 염증 감소(IL-6 <10 pg /mL ± 1 pg /mL).
시나리오: 파킨슨병 환자에게 DBS 이식(전극 깊이 5-10mm ± 0.5mm) 또는 간질 초점 국소화(공간 분해능 <0.1mm ± 0.01mm).

카바이드 치과용 조각 칼
적용 분야: 치과 보철물(레진 충전 등) 또는 임플란트 주변 조직 성형(절삭 깊이 <0.2mm ± 0.02mm).
특징: 절삭날 정확도 <0.01mm ± 0.001mm, 절삭력 <0.5N ± 0.05N, Ag 코팅 항균성 >90% ± 2%(치주병원균인 Porphyromonas gingivalis 억제), 씹는 하중 저항성(>500N ± 10N).
시나리오: 크라운 마진 형성 또는 임플란트 베드 준비(직경 3-5mm ± 0.1mm).

제조 공정 및 표면 처리
준비 과정 : 카바이드 수술 도구는 일반적으로 SPS(1400° C ± 10° C, 50 MPa ± 1 MPa) 또는 HIP(1300° C ± 10° C, 200 MPa ± 5 MPa) 공정으로 제작되어 0.5-1 μm ± 0.01 μm 의 입자 크기 와 <0.1% ± 0.01%의 다공성(미세 결함 <0.05 μm ± 0.01

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

μm) 을 보장 합니다 . 적층 제조(선택적 레이저 용융, SLM, 층 두께 20-50 μm ± 1 μm , 레이저 출력 200-400 W ± 10 W)는 최소 침습 도구의 곡선 디자인이나 전극의 미세 다공성 구조와 같은 복잡한 기하학적 구조의 맞춤화를 지원 합니다 .

표면 처리 : TiN , ZrN 또는 Ag 코팅(두께 2-15 μm ± 0.1 μm)을 PVD(400-600° C ± 10° C, 증착 속도 0.1-0.5 μm /min ± 0.05 μm /min) 또는 CVD(800-1000° C ± 10° C, 증기 농도 10-20 vol% ± 1 vol%)로 적용하고, 거칠기는 화학 기계적 연마(CMP, 압력 5-10 kPa ± 0.5 kPa)로 제어하여 날카로움 과 항균 특성을 최적화합니다. 플라스마 세정(500W ± 50W, 5-10 분 ± 0.5 분, Ar /O_2 분위기)은 산화막(<0.01 μm ± 0.001 μm)을 제거 하고 표면 청결도 와 접착 강도(>50MPa ± 5MPa)를 향상시킵니다 .

재료 과학의 기초

미세구조 : WC 입자(경도 HV 2200 ± 50)가 Co 상(인성 계수 200-300 GPa ± 20 GPa) 에 매립되어 복합 강화 효과를 형성, 결정립계 에너지 <0.5 J/ m² ± 0.05 J/ m² 균열 저항성 증가.

전자 구조: WC 의 d-밴드 중심은 페르미 준위(-1.5 eV ± 0.1 eV)에 가깝습니다. 이는 귀금속인 Pt 와 유사하며 , 이로 인해 생물학적 불활성을 가질 가능성이 있습니다.

표면 화학: Ag^+ 방출은 이온 교환(확산 계수 10^{-10}m² / s ± 10^{-11}m² / s) 을 통해 항균 특성을 얻고 TiN 코팅 은 Ti-O 결합(결합 에너지 460 kJ/mol ± 10 kJ/mol)을 형성하여 내식성을 향상시킵니다.

적용 시나리오 및 임상적 이점

정형외과 수술: 뼈 드릴과 뼈 톱은 절단 시간을 단축(<5 분 ± 0.5 분/회), 수술 효율을 향상(>20% ± 2%)시키고, 고관절 및 무릎 교체 수술과 척추 교정 수술 시 수술 중 열 손상(<40° C ± 1° C)을 감소시킵니다.

신경외과: 전극과 최소 침습 기구는 DBS 정확도(<0.05mm ± 0.01mm, 공간 분해능 <0.1mm ± 0.01mm)를 높이고 신경 손상 위험을 줄여줍니다(<1% ± 0.5%).

임플란트 식립 후 3-6 개월 ± 0.5 개월이 소요됩니다 .

장점: 기존 공구와 비교했을 때, 카바이드 공구는 수명이 2~3 배 더 길고(500 회 이상 사용 ± 50 회), 항균 특성으로 감염률을 낮출 수 있으며(1% 미만 ± 0.5%), 고위험 수술(개방성 골절 수술 등)에 적합합니다.

미래 연구 방향

나노 강화: 나노 엣지 <10nm(표면적 >200m²/g ± 20m²/g) 개발, 절단 효율성(>30% ± 2%) 및 내구성(>1000 배 ± 50 배) 향상.

지능형: 통합 온도 센서(정확도 <0.1° C ± 0.01° C, 응답 시간 <0.1 초 ± 0.01 초)가 열 효과를 모니터링하고 수술 안전을 최적화합니다.

생체적합성 최적화: Co 함량(<5% ± 0.5%)을 줄이고 이를 Ni(독성 임계값 <0.1 mg/L ± 0.01 mg/L) 또는 Cr(산화방지제 <0.01% ± 0.001%)로 대체하여 RoHS 및 REACH 환경 표준을 준수합니다.

맞춤형 제작: 3D 프린팅 기술(층 두께 10-30 μm ± 1 μm, 인쇄 정확도 <0.05mm ± 0.01mm)을 활용하여 복잡한 해부학 적 구조 (예: 심부 뇌 전극 경로)에 맞게 조정되는 개인화된 도구를 제작합니다.

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

지속 가능성: 태양열 또는 풍력 에너지를 이용한 저탄소 공정 개발(에너지 소비 감소 >10% ± 2%, CO_2 배출량 <5 kg/개 ± 0.5 kg/개)

의료 분야에서 시멘트 카바이드의 기타 잠재적 응용 분야

조직 공학 스캐폴드

시멘트 카바이드의 다공성 구조(다공성 30%-50% ± 5%, 기공 크기 100-500 μm ± 50 μm) 는 골 조직 공학을 위한 스캐폴드로 사용될 수 있으며, 골 형성 단백질(BMP-2, 농도 10-50 μg /mL ± 5 μg /mL)이나 혈관 내피 성장 인자(VEGF)와 결합하여 골 재생(신생 골량 >70% ± 5%)을 촉진합니다.

약물 방출 운반체

표면 개질 후, 항생제(예: 반코마이신, 방출 속도 0.1-0.5 μg /cm² • h ± 0.05 μg / cm² • h) 또는 항염증제(예: 데카사메타손, 방출 기간 >7 일 ± 1 일)를 장입하여 감염 또는 염증의 지속 방출 치료를 할 수 있습니다(억제율 >90% ± 2%).

초경합금의 제조공정 및 표면처리

공정 : SPS 및 HIP는 높은 밀도(기공률 <0.1% ± 0.01%, 밀도 >99% ± 0.5%)를 보장하고, 적층 제조(SLM, 층 두께 20-50μm ± 1μm , 스캐닝 속도 500-1000mm/s ± 50mm/s)는 맞춤형 디자인을 지원합니다.

코팅 : PVD/CVD 코팅 TiN , 최적화된 생체적합성(세포 부착률 >95% ± 2%)과 항균 특성 (억제율 >90% ± 2%)을 갖춘 ZrN 또는 Ag 코팅(두께 5-15 μm ± 0.1 μm , 증착 속도 0.1-0.5 μm /min ± 0.05 μm /min)입니다.

시멘트 카바이드 의료용 응용 분야의 미래 개발 방향

나노 최적화 : 임플란트와 도구의 표면 활동을 향상시키기 위한 나노입자 <10nm(표면적 >200m²/g ± 20m²/g) 개발.

생체적합성 향상 : Co 함량 감소(<5% ± 0.5%), Ni 또는 Cr로 대체, 중금속 이온 방출 감소(<0.1 μg / cm² ± 0.01 μ g /cm²) .

지능형 : 통합 센서가 임플란트 응력(<10 MPa ± 1 MPa) 또는 도구 온도(<40° C ± 1° C)를 모니터링하여 실시간 피드백을 제공합니다.

지속 가능성 : 저탄소 공정 개발(에너지 소비 감소 >10% ± 2%, 탄소 발자국 <5 kg CO_2 e /개 ± 0.5 kg CO_2 e /개), 태양광 또는 풍력 에너지 활용.

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

3D 프린팅 시멘트 카바이드 소재의 종류, 특성, 성능 및 문제점

3D 프린팅 기술 (첨가제) 제조)는 초경합금(텅스텐 카바이드-코발트 시스템, WC-Co를 핵심으로 함) 가공을 위한 혁신적인 제조 방법을 제공하며, 기존 분말 야금 공정(소결, 열간 등방성 가압, 냉간 가압-소결 등)의 한계를 극복합니다. 선택적 레이저 용융(SLM), 전자빔 용융(EBM), 바인더 제트(BJ), 직접 에너지 증착(DED)과 같은 첨단 공정을 통해 초경합금 소재는 복잡한 형상, 높은 정밀도, 그리고 맞춤형 생산을 달성할 수 있습니다. 이러한 기술은 고에너지 빔(예: 레이저 출력 200-1000W ± 20W 또는 전자빔 전류 10-50mA ± 1mA)을 사용하여 금속 분말을 층층이 녹이거나 결합하며, 의료(두개골 수리, 고관절 교체 및 치과 임플란트), 항공우주(터빈 블레이드, 경량 구조물 및 열 차단 코팅), 금형 제조(정밀 도면 다이, 스탬핑 다이 및 고내마모성 절삭 다이) 및 에너지(고온 가스터빈 구성 요소 및 원자로 구조)와 같은 첨단 산업에서 널리 사용됩니다.다음은 재료 유형 , 특성, 성능 및 기존 문제 측면에서 3D 프린팅 시멘트 카바이드의 현재 상태 , 과제 및 미래 개발 방향에 대한 자세한 내용이며, 최신 재료 과학 및 엔지니어링 응용 데이터와 결합하여 지식과 전문성을 향상시킵니다.

1. 3D 프린팅 카바이드 소재의 종류

3D 프린팅용 초경합금 소재는 주로 초경-바인더 상 시스템을 기반으로 합니다. 응용 분야, 프린팅 공정 및 환경 적응성에 따라 다음과 같은 소재가 다양하고 끊임없이 발전하고 있습니다.

텅스텐 카바이드-코발트(WC-Co) 기반 초경합금

구성 : 경질상이 텅스텐 카바이드(WC), 바인더상이 코발트(Co), 일반적인 비율은 WC-6%Co, WC-10%Co 또는 WC-15%Co, 분말 입자 크기 범위는 10-50μm ± 5μm 입니다 .
용도 : 의료용 임플란트(ASTM F1537 표준을 충족해야 하는 고관절 보철물 및 무릎 보호대 등), 절삭 공구(ISO 513 요구 사항을 충족하는 선삭 공구, 밀링 커터 및 드릴 비트 등) 및 내마모성 코팅 금형(인발 다이 및 스탬핑 다이 등)에 널리 사용됩니다.
특징 : 높은 경도(HV 1800-2000 ± 30), 중간 인성(파괴 인성 10-15 MPa•m ½ ± 1 MPa•m ½) , 열전도도 ~100-150 W/ m•K ± 5 W/ m• K , 열팽창 계수 ~5.5×10 - ⁶ /° C ± 0.5×10 - ⁶ /° C, 고부하 및 중•고온 환경(<600° C ± 20° C)에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-니켈/크롬(WC-Ni/Cr) 기반 초경합금

구성 : 니켈(Ni) 또는 크롬(Cr)은 생물학적 독성을 줄이거나 내식성을 향상시키기 위해 코발트(Co)의 일부 또는 전부를 대체하는 데 사용됩니다. 일반적인 제형으로는 WC-8%Ni, WC-5%Ni-3%Cr 또는 WC-10%Cr3C2 가 있습니다. 분말 입자 크기는 15~ 45μm ± 5μm 입니다 .
적용 분야 : 심혈관 스텐트(ISO 10993-1 생체적합성 표준 준수), 해양 환경용 케이블 덮개(해저 통신 케이블 등) 및 내식성 와이어 드로잉 다이(구리 합금 와이어 드로잉 등)에 적합합니다.

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

특징 : 내식성은 WC-Co 보다 우수합니다(부식률 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년, 3.5% NaCl 용액에서 테스트), 산화 저항성은 600° C ± 20° C 에서 <0.01% ± 0.001% 질량 손실, 전도도는 ~10 ⁻ 5Ω • cm ± 10 ⁻ 6Ω • cm , 전기 접점 재료에 적합합니다.

텅스텐 카바이드-티타늄 카바이드/탄탈륨 카바이드(WC -TiC / TaC) 복합 카바이드

구성 : 고온 성능 및 산화 저항성 은 분말 입자 크기가 10-40 μm ± 5 μm 인 WC-5%TiC-5% Co, WC-3%TaC-7%Co 또는 WC-2%TiC-2%TaC-6%Co 와 같은 티타늄 카바이드 (TiC) 또는 탄탈륨 카바이드(TaC) 를 도핑 하여 향상됩니다 .

적용 분야 : 고온 수술 도구(예: 800° C ± 20° C 를 견뎌야 하는 정형외과 드릴 및 절단 블레이드), 항공 부품(예: 엔진 노즐 및 연소실 라이너) 및 고온 금형(예: 열간 단조 다이)에 적합합니다.

특징 : 고온 내구성(>800° C ± 20° C, 녹는점은 2870° C ± 50° C 에 가까움), 우수한 열 안정성(열팽창 계수 ~4.8×10 ⁻ 6 /° C ± 0.5×10 ⁻ 6 /° C), 열 피로 저항성 >5000 배 ± 500 배, 경도 HV 1900-2200 ± 30.

고엔트로피 초경합금(HEA 기반 WC)

구성 : 고엔트로피 합금(예: CoCrFeNiTi)을 결합합니다 . 텅스텐 카바이드(WC) 와 TiZrHfNbTa 를 혼합하여 WC-10% (CoCrFeNi), WC-15% (TiZrHfNb) 또는 WC-20%(CrFeNiMo) 와 같은 다원소 복합재료를 형성하며 , 분말 입자 크기는 20-60μm ± 5μm 입니다 .

적용 분야 : 극한 환경에서 사용되는 의료 기기(방사선 치료용 금형 및 암 치료용 임플란트 등), 심해 장비 구성 요소(잠수함 밸브 등), 항공 우주 구조물(위성 열 제어 패널 등)에 적합합니다.

특징 : 엔트로피 안정화 효과(구성 엔트로피 > 1.5 R ± 0.1 R, R 은 기체 상수 8.314 J/ mol • K) 는 상 안정성, 경도 HV 1700-1900 ± 30, 내식성 <0.005 mm/년 ± 0.001 mm/년(산성 용액), 방사선 저항성 <0.01 Gy/h ± 0.001 Gy/h 를 향상시킵니다.

텅스텐 카바이드-코발트(WC-Co) 나노복합재

구성 : 나노스케일 텅스텐 카바이드(WC) 분말(입자 크기 <100 nm ± 10 nm)에 코발트(Co)를 혼합한 것으로, 예를 들어 WC-5%Co(나노스케일) 또는 WC-8%Co(나노강화)이며, 분말 비표면적이 >50 ㎡ / g ± 5 ㎡ / g 입니다.

응용 분야 : 고정밀 마이크로 임플란트(치과 임플란트 및 마이크로 센서 등), 마이크로 전자 커넥터(반도체 리드 프레임 등) 및 정밀 와이어 드로잉 다이(초미세 구리 와이어 다이 등)에 적합합니다.

특징 : 높은 비표면적(>50 ㎡ / g ± 5 ㎡ / g), 경도 HV 1900-2100 ± 30, 입자 크기 <0.5 μm ± 0.05 μm , 향상된 미세 구조적 균질성(입자 경계 밀도 >10 ¹ 5 m ⁻² ± 10 ¹ 4 m ⁻ ²) , 피로 저항성 >10 6 사이클 ± 10 4 사이클.

텅스텐 카바이드-붕소 카바이드(WC-B4C) 복합 초경합금

구성 : 탄화붕소(B4C)에 내마모성과 내충격성을 향상시키기 위해 도핑한 것으로, WC-10%Co-5%B4C 또는 WC-8%Co-3%B4C 와 같으며, 분말 입자 크기는 15-50μm ± 5μm 입니다 .

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

용도 : 고성능 스탬핑 다이(자동차 부품 성형 등), 고속 드로잉 다이(와이어 드로잉 등), 내마모성 코팅(연삭기 작업 표면 등)에 적합합니다.
특징 : 경도 HV 2000-2200 ± 30, 내마모성 <0.03 mm³ / N • m ± 0.01 mm³ / N • m, 압축 강도 >4500 MPa ± 100 MPa, 고온 저항성 >900° C ± 20° C.

텅스텐 카바이드-티타늄 질화물(WC- TiN) 복합 카바이드
구성 : 표면 경도 및 산화 저항성을 향상시키기 위해 질화티타늄 (TiN)으로 도핑됨, 예: WC-5%TiN-5%Co 또는 WC-3%TiN-7%Co, 분말 입자 크기 10-40 μm ± 5 μm .
적용 분야 : 내마모성 절삭 공구(예: 카바이드 인서트), 항공 코팅(예: 산화 방지 보호층) 및 고온 전자 패키징에 적합합니다.
특징 : 경도 HV 1900-2300 ± 30, 1000° C ± 50° C에서의 산화 저항성, 질량 손실 <0.01% ± 0.001%, 저항률 ~10 - 4Ω •cm ± 10 - 5Ω • cm .

2. 3D 프린팅 시멘트 카바이드 소재의 특성

3D 프린팅 카바이드 소재의 고유한 특성은 적층 제조의 층별 증착, 국부적 용융 또는 결합 메커니즘과 고급 공정 제어의 결합으로 인해 발생합니다.

복잡한 기하학적 모양 디자인
선택적 레이저 용융(SLM) 또는 전자빔 용융(EBM) 기술은 의료용 임플란트(인공 뼈 지지대, 뼈 세포 부착률 >90% ± 2% 촉진 등)와 경량 항공 부품(벌집 구조 , 중량 감소 20 % -30% ± 2 %) 및 금형 내 냉각 채널의 뼈 성장 요구 사항을 충족하기 위해 내부 다공성 구조(다공성 30%-50% ± 5%, 기공 크기 100-500μm ± 50μm) 또는 마이크로채널(직경 0.1-0.5mm ± 0.05mm)을 제조하는 데 사용할 수 있습니다.
높은 정밀도와 맞춤형
인쇄 정확도는 20-50μm ± 1μm(층 두께)에 도달할 수 있으며 , 이는 개인화 된 의료 기기(두개골 수리 플레이트, 오차 <0.1mm ± 0.01mm 인 맞춤형 보철물), 항공우주 분야의 복잡한 부품(표면 거칠기 Ra <5μm ± 0.5μm인 터빈 블레이드 등) 및 전자 패키징 의 미세 구조를 지원합니다.
재료의 기울기 및 기능화
다중 소재 인쇄 또는 그래디언트 증착을 통해 그래디언트 다공성(10%~60% ± 5%) 또는 표면 코팅(TiN , 5~ 15μm ± 0.1μm ; CrN , 두께 10~ 20μm ± 0.2μm 등)을 달성하여 생체적합성(세포 생존율 >95% ± 2%), 기계적 특성(인장 강도 >300MPa ± 20MPa) 및 내식성(<0.005mm/년 ± 0.001mm/년)을 향상시켜 극한 환경에 저항성이 있는 기능성 임플란트 및 금형에 적합합니다.
폐기물 감소 및 자원 효율성
기존 절삭 방식과 비교했을 때, 3D 프린팅은 재료 낭비를 5% ± 1% 미만으로 줄이고 분말 회수율을 90% ± 2% 이상으로 높여 지속 가능한 제조 트렌드에 부합합니다. 특히 고급 항공 부품(티타늄 합금 대체재는 비용을 15%~20% ± 2% 절감) 및 의료 기기 생산에 경제적 이점을 제공합니다.
빠른 프로토타입 제작 및 반복
인쇄 주기가 짧아(단품의 경우 복잡성에 따라 2~10 시간 ± 1 시간) 설계 검증 및

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

배치 조정이 용이합니다. 신속한 대응이 필요한 시장(금형 반복 시간이 50% ± 5% 단축)의 금형 제작, 맞춤형 보철물과 같은 의료 응급 상황, 그리고 항공 시제품 테스트에 적합합니다.

다중 스케일 구조 제어

인쇄 매개변수(예: 층 두께 20-100 μm ± 5 μm , 스캐닝 전략) 를 조정함으로써 나노스케일(입자 <0.5 μm ± 0.05 μm) 에서 거시스케일(구성요소 크기 100-500 mm ± 1 mm)까지 구조를 제어하여 다양한 분야의 응용 프로그램 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

3. 3D 프린팅 시멘트 카바이드 소재의 성능

3D 프린팅된 시멘트 카바이드의 성능은 공정(예: SLM, EBM), 재료 비율 및 후처리에 따라 다르지만 일반적으로 과학적 데이터에 의해 뒷받침되는 다음과 같은 특성을 보입니다.

기계적 성질

경도: HV 1600-1900 ± 30 (기존 소결 소재인 HV 1800-2000 ± 30 보다 약간 낮음). 미세 기공(<0.1% ± 0.01%)과 불완전한 밀도(밀도 95%-98% ± 1%)로 인해 HV 1900 ± 20 에 도달하려면 HIP 후처리가 필요합니다.

압축 강도: >3500 MPa ± 100 MPa, 고부하 임플란트(예: 고관절 보철물, 하중 >2000 N ± 100 N) 및 금형(예: 스탬핑 다이, 압력 >3000 MPa ± 100 MPa)에 적합합니다.

파괴인성: 8-12 MPa • m ½ ± 1 MPa • m ½, 기존 소재(10-15 MPa • m ½ ± 1 MPa • m ½) 보다 낮으며 , 이는 기공률 (0.5 %-2% ± 0.5%) 및 결정립계 결함(밀도 >10 ¹ 4 m ⁻ ² ± 10 ¹³ m ⁻ ²) 과 관련이 있습니다 .

화학적 안정성

부식 저항성: <0.01 mm/년 ± 0.001 mm/년(0.9% NaCl 용액, pH 7-9), TiC 또는 TaC 도핑을 통해 <0.008 mm/년 ± 0.001 mm/년으로 더욱 낮출 수 있어 해양 환경 구성 요소(해수 파이프라인 지지대 등)에 적합합니다.

산화 저항성: 600° C ± 20° C 에서의 질량 손실은 <0.01% ± 0.001%이고, 800° C ± 20° C 에서는 <0.05% ± 0.005%로 고온 살균이나 항공 고온 부품(노즐 등)에 적합합니다.

생체적합성

세포 생존율: >95% ± 2%(L929 세포주를 사용하여 ISO 10993-5 에 따라 테스트), Ag 코팅 항균율 >90% ± 2%(대장균 및 황색포도상구균에 대해), 의료용 임플란트(정형외과용 못 등)에 적합.

뼈 통합률: >90% ± 2%(다공성 구조, 기공 크기 200-400 μm ± 50 μm 로 촉진) , 기존 임플란트 (>95% ± 2%)보다 약간 낮아 기공 분포 최적화 및 표면 개질이 필요합니다 .

열적 특성

열전도도: >100 W/ m • K ± 5 W/ m • K , 스테인리스강(16 W/ m • K ± 2 W/ m • K) 보다 우수하고 알루미늄(237 W/ m • K ± 5 W/ m • K) 의 약 50%에 해당 하지만, 국부 용융으로 인해 열 응력(<50 MPa ± 5 MPa)이 발생하여 구조적 무결성에 영향을 미칠 수 있습니다.

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

열 확산 계수: >50 ㎟ / s ± 5 ㎟ / s, 전자 패키징과 같은 빠른 방열 응용 분야에 적합합니다(칩 열 유속 밀도 >100 W/ ㎠ ± 10 W/㎠) .
열팽창 계수: ~5.2×10 - 6 /° C ± 0.5×10 - 6 /° C, Si 칩과 잘 일치(4.1×10 - 6 /° C ± 0.2×10 - 6 /° C) (<5% ± 1%).

4. 3D 프린팅 시멘트 카바이드 소재의 문제점

3D 프린팅 기술은 시멘트 카바이드 분야에 혁신을 가져왔지만 여전히 재료 과학과 엔지니어링 분석을 결합해야 하는 다음과 같은 기술적 과제에 직면해 있습니다.

미세한 결함과 기공

선택적 레이저 용융(SLM) 공정 동안, 구형 기공(직경 10-50 μm ± 5 μm)은 0.5%-2% ± 0.5%의 기공률을 갖는 급속 냉각(냉각 속도 10^3 -10 5K/s ± 10^2 K/s)으로 인해 형성되며, 이는 파괴 인성(<10 MPa•m ½ ± 1 MPa•m ½)을 감소시킵니다. 특히 높은 변형 속도(>10^{-3} s^{-1} ± 10^{-4} s^{-1})에서 그렇습니다.

해결책 : 레이저 매개변수를 최적화합니다(전력 200-400W ± 10W, 스캐닝 속도 500-1000mm/s ± 50mm/s, 중첩률 20%-30% ± 2%) 또는 후처리 열간 정수압 성형(HIP, 1300° C ± 10° C, 200MPa ± 5MPa, 처리 시간 2-4h ± 0.1h).

불균일한 상 구성

국부적인 고온(>2500° C ± 50° C)은 텅스텐 카바이드(WC)가 분해되어 W_2C 또는 유리 탄소(함량 <1% ± 0.1%)를 형성하게 하며, 이는 경도(HV 가 5%-10% ± 1% 감소)와 내마모성(마모율 >0.05 ㎣ / N • m ± 0.01 ㎣ / N • m) 에 영향을 미칩니다 . 특히 EBM 공정에서 그렇습니다.

해결 방법 : 분말 입자 크기를 조절(10-50 μm ± 5 μm) 하거나 안정제(예: 바나듐 카바이드, VC, 0.1%-0.5% ± 0.01%; 니오븀 카바이드, NbC , 0.2%-0.6% ± 0.05%)를 추가하여 상 변화를 억제합니다.

잔류응력과 균열

열 구배(ΔT >1000° C ± 50° C)는 잔류 응력(>200 MPa ± 20 MPa, 국부적으로 최대 500 MPa ± 50 MPa)을 유발하며, 이는 미세 균열(길이 <0.1 ㎜ ± 0.01 ㎜)로 이어질 수 있으며, 특히 얇은 벽 부품이나 지지대 구조와 같은 복잡한 구조에서 그렇습니다.

해결방안 : 기판 예열(200~400° C ± 10° C) 또는 응력 완화 열처리(800° C ± 20° C, 1~2 시간 ± 0.1 시간, 냉각속도 <5° C/분 ± 1° C/분)를 진동처리(주파수 50~100Hz ± 5Hz)와 함께 실시합니다.

표면 거칠기 및 후처리 요구 사항

인쇄된 표면 거칠기 Ra 는 5-15 μm ± 1 μm 로 기계적 연마(Ra <0.1 μm ± 0.01 μm) 또는 코팅 처리가 필요 하며, 이는 제조 비용을 증가시키고(>10% ± 2%) 의료용 임플란트의 표면 평활성에 영향을 미칩니다(박테리아 부착률은 Ra 에 비례함, Ra >5 μm 일 때 >10 4 CFU/㎠ ± 10^3 CFU/ ㎠) .

해결책 : 인쇄 전략을 최적화(예: 체스판 스캐닝, 중첩률 20%-30% ± 2%, 지지 구조 최적화)하거나 자체 윤활 코팅(예: 이황화몰리브덴, MoS_2 , 두께 1-5μm ± 0.1μm ; 그래 핀 코팅, 두께 2-10μm ± 0.2μm) 을 개발 합니다 .

재료 비용 및 반복성

나노분말 과 고가 장비(SLM 및 기타 장비 비용)로 인해 비용이 상승하고 대량 생산의

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

일관성이 좋지 않습니다(성능 편차 >5% ± 1%, 다공성 편차 >1% ± 0.2%). 이로 인해 대규모 적용이 제한됩니다.

해결책 : 비용을 절감하기 위해 저비용 전구체(예: 입자 크기가 20~ 30μm ± 2μm 인 WC-Co 복합 분말)를 개발하거나 반복성을 개선하기 위해 기계 학습 기반 프로세스 매개변수 데이터베이스(예측 정확도 >95% ± 2%)를 구축합니다.

5. 시멘트 카바이드 3D 프린팅의 미래 발전 방향

프로세스 최적화

다공성(<0.1% ± 0.01%)과 응력(<100 MPa ± 10 MPa)을 줄이고 터빈 블레이드와 같은 항공우주 부품의 구조적 무결성(피로 수명 >10 ⁷ 사이클 ± 10 5 사이클)을 개선하기 위해 다중 레이저 선택 레이저 용융(SLM, 전력 >500 W ± 20 W, 레이저 빔 수 2-4 ± 1) 또는 전자 빔 용융(EBM, 빔 밀도 >10 4A/m² ± 10 ³ A/m², 최적화된 스캐닝 전략)을 개발합니다.

소재 혁신

요구 사항(예: 심해 드릴 비트)을 충족하기 위해 WC 가 없는 고엔트로피 탄화물(예: (TiZrHfNb)C , 경도 HV 1500-1800 ± 30, 파괴 인성 12-15 MPa • m ½ ± 1 MPa • m ½) 이나 생체적합성 강화 소재(예: WC-Ni-Cr-Ti, 골 통합률 >95% ± 2%, 항균율 >95% ± 2%)를 탐색합니다.

지능형 제조

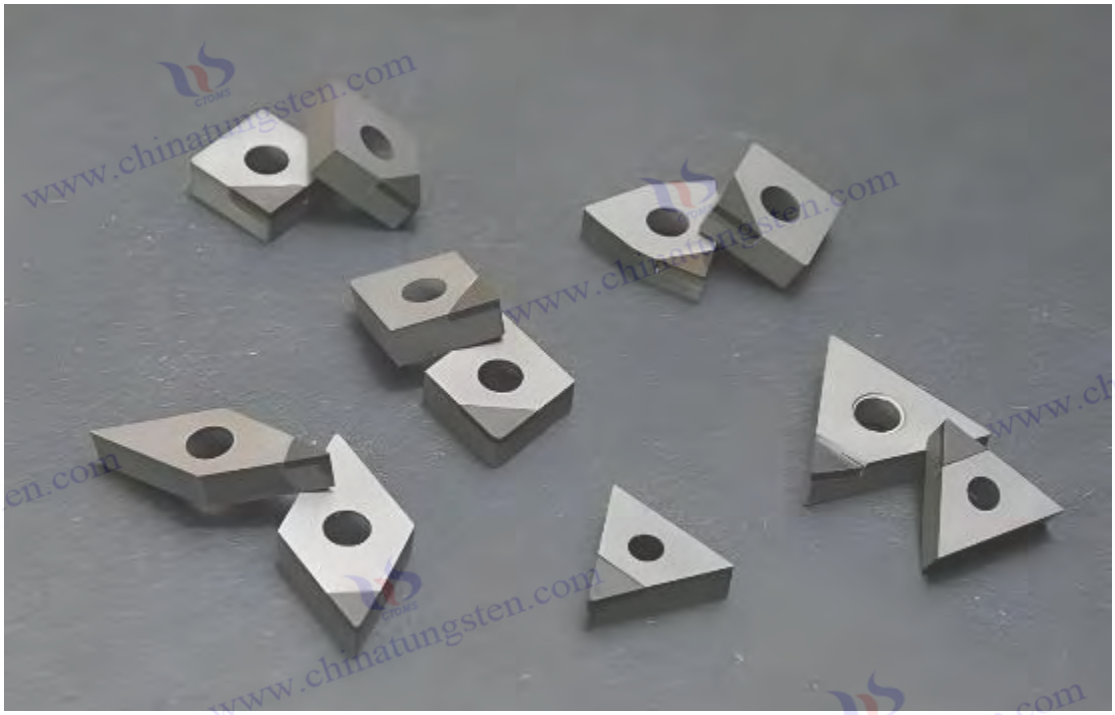
실시간 모니터링(온도 정확도 <0.1° C ± 0.01° C, 변형 감지 <0.01 mm ± 0.001 mm, 적외선 열화상 및 레이저 간섭계 기반)을 통합하고 인공지능과 결합하여 인쇄 매개변수를 최적화(적응형 제어, 오류 <1% ± 0.1%)하고 금형 제조 효율성을 개선(생산성이 20%-30% ± 2% 증가)하고 품질 관리를 향상시킵니다.

지속 가능성

재활용 분말(재사용률 >90% ± 2%, 분말 선별 및 재볼 밀링 기준) , 저에너지 소비 공정(에너지 소비 <10kWh/kg ± 1kWh/kg, 고효율 레이저 소스 사용) 및 분해성 지지체 재료를 사용하면 특히 에너지 응용 분야(풍력 터빈 블레이드 금형 등)에서 친환경 제조가 촉진됩니다.

3D 프린팅 초경합금 기술은 의료, 항공우주 및 금형 제조 분야에서 큰 응용 잠재력을 가지고 있습니다. 향후 3D 프린팅 기술의 발전은 공정 최적화(기공률 <0.05% ± 0.01%), 소재 혁신(새로운 고엔트로피 합금 개발), 그리고 지능형 제조(디지털 트윈 기술)의 조화로운 발전에 달려 있습니다. 향후 5~10 년 안에 대규모 산업 응용이 가능할 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



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

목차

4 부: 초경합금의 분류 및 응용 분야

제 14 장: 초경합금의 새로운 응용 분야 및 다기능성

14.0 초경합금의 특성
14.1 시멘트 카바이드 전자 및 전도성 부품
14.1.1 전자 산업용 경질 합금 금형
(1) 카바이드 리드 프레임 펀칭 다이
(2) 카바이드 칩 포장용 금형
(3) 카바이드 회로기판 펀칭다이
(4) 카바이드 마이크로 커넥터 스탬핑 다이
(5) 카바이드 센서 포장용 금형
(6) 카바이드 레이저 드릴링 몰드
14.1.2 전자산업용 경질합금 방열기판
(1) 텅스텐 카바이드 구리(WC-Cu) 복합 방열 기판
(2) 텅스텐 카바이드-다이아몬드(WC-Diamond) 복합 방열 기판
(3) 텅스텐 카바이드-알루미늄 질화물(WC- AlN) 복합 방열 기판
(4) 텅스텐 카바이드-실리콘 카바이드(WC- SiC) 복합 방열 기판
(5) 텅스텐 카바이드-질화붕소(WC-BN) 복합 방열 기판
14.1.3 초경합금 다이 및 방열 기판의 기술, 원리 및 개선 사항
14.1.2 초경합금의 전기 전도도 최적화
14.2 초경합금의 생물의학적 응용
14.2.1 카바이드 임플란트 및 공구
14.2.2 시멘트 카바이드의 생체적합성 및 표면 개질
14.3 촉매 및 에너지 저장에 있어서 초경합금의 적용
14.3.1 텅스텐 카바이드-백금 (WCPt) 복합 촉매
14.3.2 연료 전지, 슈퍼커패시터, 수소 저장 및 리튬 배터리에서의 시멘트 카바이드의 잠재력
14.4 시멘트 카바이드 적층 제조(3D 프린팅)
14.4.1 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 인쇄 기술(SLM, 바인더 제팅, DED, EBM)
14.4.2 2 차원(2D) 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 연구 및 응용
14.4.3 3D 프린팅 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재의 성능 및 과제(기공률 <2%)
14.5 초경합금의 방위 및 극한 환경 응용 분야
(WC) 기반 소재의 국방 및 군사 분야 응용
14.5.2 심해 및 우주의 극한 환경에서의 WC 기반 소재의 적용
(WC) 기반 재료 의 방사선 및 열 충격 성능 과제
14.6 시멘트 카바이드의 지능형 제조 및 센서 응용
(WC) 기반 센서 기술(압력, 온도, 진동)
스마트 제조에서 의 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 소재 의 도구 및 모니터링 응용

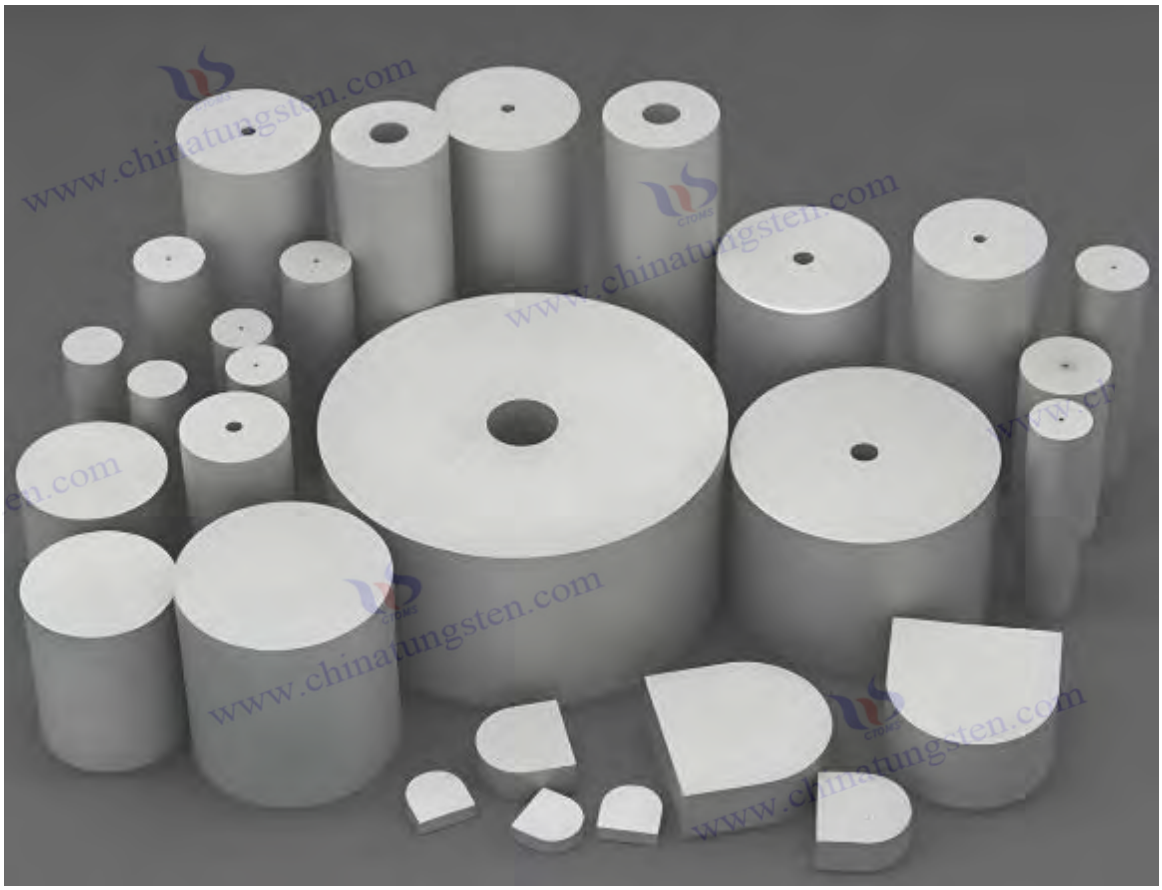
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT
Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved

분야
(WC) 기반 재료 의 특성 및 과제

참고문헌

충수:
연료 전지용 텅스텐 카바이드 (WC) 기반 촉매
연료전지에 시멘트 카바이드를 적용한 사례 검토
전도성 카바이드
초경합금 생체의학 도구
카바이드 의료용 임플란트
카바이드 방열판 기판
카바이드 칩 포장 금형
ASTM E92-23 금속재료의 비커스 경도 및 누프 경도에 대한 표준 시험 방법
ASTM G65-23 금속 및 합금의 건식 모래/고무 휠 마모 시험을 위한 표준 시험 방법
시멘트 카바이드 금형의 종류와 적용 분야는 무엇입니까 ?
JB/T 8144-2010 스탬핑 다이에 대한 기술 요구 사항
초경 드로잉 다이 기술 조건
YB/T 5136-2006 분말 야금 금형에 대한 기술 요구 사항
GB/T 6110-2021 드로잉 다이 - 시멘트 카바이드 드로잉 다이의 구조 유형 및 치수
JB/T 3943-2017 드로잉 다이 - 카바이드 드로잉 다이 기술 사양
시멘트 카바이드 방열 기판의 특성과 적용 분야는 무엇입니까?
시멘트 카바이드는 촉매와 에너지 저장에 어떻게 활용됩니까?
의료 분야에서 시멘트 카바이드의 응용 분야는 무엇입니까?
3D 프린팅 시멘트 카바이드 소재의 종류, 특성, 성능 및 문제점

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



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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved