

텅스텐 시멘트 카바이드
물리적 및 화학적 특성, 공정 및 응용 분야의 종합적 탐구
(VI)

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

CTIA 그룹 소개

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

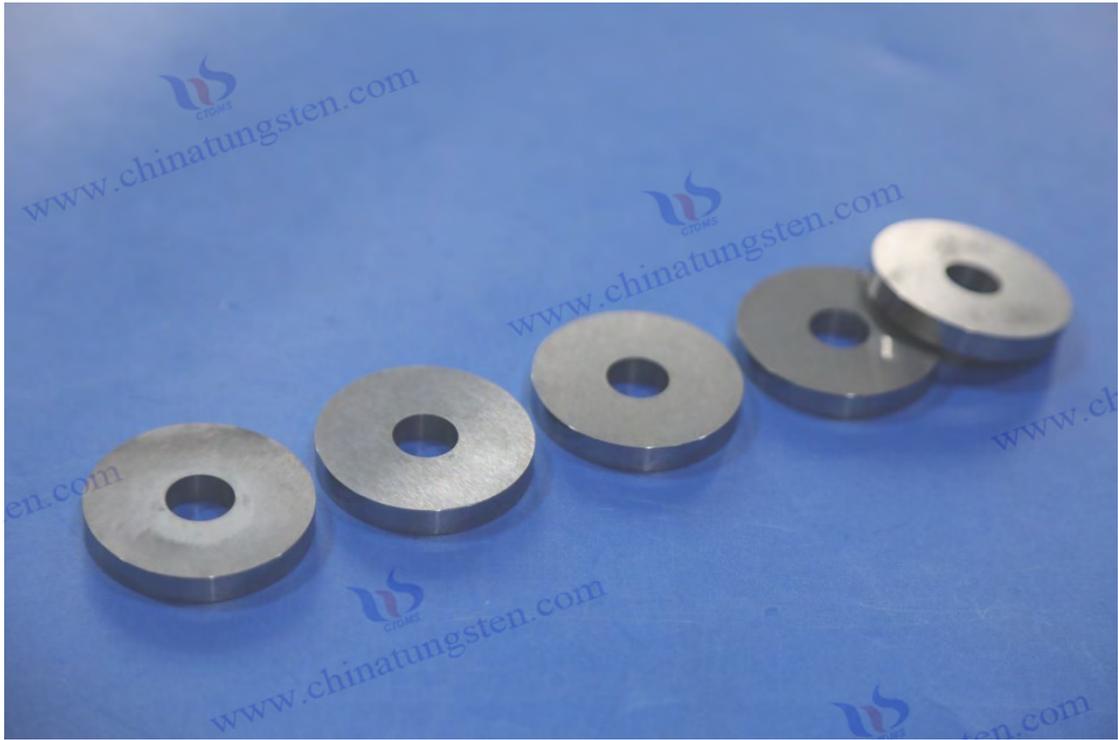
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



2 부: 초경합금의 제조 공정

6 장: 코팅 및 복합 기술

경질 합금(WCCo)은 우수한 경도(HV1500-2500±30), 우수한 인성(K_{1c} 8-20 MPa·m^{1/2} ± 0.5), 우수한 압축 강도(>4000 MPa±100 MPa)를 가지고 있어 항공우주, 광업, 에너지 및 심해 엔지니어링 분야에서 중요한 역할을 합니다. 그러나 극한의 작업 조건, 고온(>1000° C±10° C), 강한 부식(pH<4±0.1), 강한 충격(>10³ Hz ± 100 Hz)은 표면 성능에 대한 높은 요구 조건을 제시하며, 단일 경질 합금으로는 이러한 요구 조건을 완전히 충족하기 어렵습니다.

코팅 및 복합 기술은 표면 개질(코팅 두께 10-200 μm ±1 μm) 및 구조 최적화(구배층, 나노 WC <100 nm±5 nm)를 통해 내마모성(마모율 <0.06 mm³ / N·m ± 0.01 mm³ / N·m), 내부식성(부식율 <0.01 mm/년 ± 0.002 mm/년) 및 열 피로 저항성(수명 > 10⁵ 배 ± 10⁴ 배)을 크게 향상시킵니다. 이러한 기술은 초경합금의 수명을 연장할 뿐만 아니라 항공 터빈 블레이드(수명 > 5000 시간 ± 500 시간), 광산 드릴 비트(> 1500 m ± 100 m) 및 심해 밸브(> 5년 ± 0.5년)와 같이 적용 범위를 확장합니다.

이 장에서는 시멘트 카바이드 코팅 준비, 코팅 재료, 구배 및 나노구조 초경합금 및 코팅 성능 시험. 코팅 준비는 열용사 기술(예: HVOF, APS, 폭발 용사)에 중점을 두고, 용사 매개변수 최적화(속도 600-4000 m/s±10 m/s, 온도 2000-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

15000 ° C±100° C)를 통해 고경도 코팅(HV 1200-1500±30)을 달성합니다. 재료 최적화는 WCCo, WCNiCr 및 다상 코팅(예: WTiCNi)을 포괄하며, 경도와 인성(K_{1c} 10-15 MPa·m^{1/2}±0.5)의 균형을 유지합니다. 구배 및 나노구조는 계면 공학 및 나노결정 강화를 통해 종합적인 성능(강도 >4500 MPa±100 MPa)을 향상시킵니다. 성능 시험은 ASTM G65, ISO 6508 등의 표준에 따라 코팅 신뢰성을 검증합니다. 각 섹션에서는 프로세스 세부 정보, 과학적 메커니즘, 최적화 전략 및 엔지니어링 관행을 결합하여 코팅 및 복합 기술의 핵심 가치를 보여줍니다.

예를 들어, HVOF 분무 WC12Co 코팅(속도 700m/s±10m/s, 두께 100 μm±1 μm)은 항공 터빈 블레이드가 고온 기류(1000° C±10° C)에서 낮은 마모(<0.05mm³/N·m±0.01mm³/N·m)를 유지할 수 있게 하며, 사용 수명이 5000 시간±500 시간 이상입니다. 구배 WCCo (Co 함량 5%-15%±1%)는 1800m±100m의 굴착 깊이에서 광산 드릴 비트의 충격 저항성을 개선합니다. 나노 WC 코팅(입자 <100nm±5nm)은 심해 밸브에 사용되며 5년±0.5년 이상의 내식성을 보입니다. 이 장은 공정 매개변수와 성능 데이터를 통해 5장(성형 및 소결, WC 입자 크기 0.1-10 μm±0.01 μm, 밀도>99.5%±0.1%)과 원활하게 연결되어 후속 장(응용 및 최적화)의 기초를 마련합니다.

6.1 초경합금 코팅의 제조

시멘트 카바이드 코팅은 열 분무, 물리/화학 기상 증착(PVD/CVD) 또는 레이저 클래딩을 통해 고성능 기관(경도 HV 1500-2500±30, 표면 거칠기 Ra<0.05 μm±0.01 μm)에 기능성 코팅(두께 10-200 μm±1 μm, 경도 HV 1200-1500±30)을 증착하는 방식으로 제조됩니다. 이러한 코팅은 내마모성(마모율 <0.06 mm³/N·m±0.01 mm³/N·m), 내식성(부식율 <0.01 mm/년±0.002 mm/년) 및 고온 산화 저항성(산화 중량 증가 <0.1 mg/cm²±0.02 mg/cm²)을 크게 향상시켜 까다로운 작업 조건의 요구 사항을 충족합니다. 열분사 기술은 높은 효율성(증착률 >90%±2%), 유연성(적용 기관 크기 >100mm±1mm), 경제성(비용 <\$500/m²±\$50) 덕분에 선호되는 선택이며 항공, 광산, 에너지 분야에서 널리 사용됩니다.

이 섹션에서는 고속 산소 연료 분사(HVOF), 플라즈마 분사(APS), 그리고 폭발 분사의 세 가지 주요 기술을 자세히 살펴보고, 각 기술의 공정 원리, 매개변수 최적화 및 적용 시나리오를 분석합니다. 코팅 품질은 분사 매개변수(속도, 온도, 분사 거리), 분말 특성(입자 크기 10~50 μm±1 μm, 유동성 12~15 초/50g±0.5 초), 그리고 기관 전처리(조도 Ra 2~5 μm±0.1 μm)에 따라 달라집니다. 열유체역학(분사 속도 600~4000m/s±10m/s)과 계면 결합 메커니즘(결합 강도 50~80MPa±5MPa)을 통해 핵심 기술을 규명합니다.

예를 들어, HVOF 용사 WC12Co 코팅(기공률 <1%±0.2%)은 항공 터빈 블레이드에 사용되며, 마모 수명이 5,000 시간±500 시간 이상입니다. APS 용사 WCNiCr 코팅(두께 150 μm±1 μm)은 광산 드릴 비트의 수명을 1,500m±100m로 늘립니다. 다음은 공정 세부 사항, 영향 요인 및 엔지니어링 실무 관점에서 고성능 코팅을 제조하기 위한 종합적인 가이드입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.1.1 고속 산소 연료 분무(HVOF, 코팅 경도 HV 1200-1500)

공정 원리 및 기술 개요

고속 산소 연료 분사(HVOF)는 산소와 연료의 연소를 통해 고온, 고속 제트를 생성하여 초경합금 기판에 분말 재료를 증착시켜 고경도, 내마모성 코팅을 형성하는 고효율 열분사 기술입니다. HVOF의 핵심은 초음속 제트(속도 $600-800 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$)로, 분말 입자(WCCo, 입자 크기 $10-45 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)를 부분적으로 용융시키고 고속으로 기판에 충돌시켜 치밀한 코팅(기공률 $<1\% \pm 0.2\%$)을 형성합니다.

HVOF는 기존 분무 방식과 비교하여 온도가 더 낮습니다($2000-3000^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$). WC 분해($<0.5\% \pm 0.1\%$)를 효과적으로 방지하며 고성능 초경 코팅 제조에 적합합니다. HVOF 장비에는 분무 건(출력 $>100\text{kW} \pm 10\text{kW}$), 연소실(압력 $5-10\text{bar} \pm 0.5\text{bar}$) 및 라발 노즐(목 직경 $8-12\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$)이 포함됩니다. 산소(순도 $>99.5\% \pm 0.1\%$, 유량 $800-1200\text{L/min} \pm 10\text{L/min}$)는 연소실에서 연료(예: 등유, 유량 $0.3-0.5\text{L/min} \pm 0.01\text{L/min}$)와 반응하여 높은 엔탈피($>10\text{MJ/kg} \pm 0.5\text{MJ/kg}$)를 방출합니다.

제트는 라발 노즐을 통해 초음속으로 가속되어 분말을 기판(조도 Ra $2-5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)에 충돌시켜 편평한 스플래시 입자(직경 $50-100 \mu\text{m} \pm 5 \mu\text{m}$)를 형성하고, $50-80\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 의 접합 강도를 보장합니다. 이 공정을 통해 코팅 경도는 HV $1200-1500 \pm 30$ 에 도달하며, 이는 항공, 광산 및 기타 분야에서 널리 사용됩니다.

공정 매개변수 및 증착 메커니즘

HVOF 코팅 형성에는 연소, 입자 가속, 용융 및 증착의 4 단계가 포함됩니다.

연소 단계

산소는 연료와 반응하여 고온 제트($3000^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)를 생성합니다. 이 온도는 WC의 분해 점($\sim 3500^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)보다 낮아 탄화물 손실($<0.5\% \pm 0.1\%$)을 줄입니다. 열 엔탈피($>10 \text{ MJ/kg} \pm 0.5 \text{ MJ/kg}$)는 입자가 완전히 가열되도록 합니다.

입자 가속

분말은 제트(속도 $700\text{m/s} \pm 10\text{m/s}$, 체류시간 $<1\text{ms} \pm 0.1\text{ms}$)에서 가속되고, 표면은 녹고(용융률 $70\%-90\% \pm 2\%$), 핵심은 고체를 유지하고($<50\% \pm 5\%$ 용융), WC 입자($0.5-2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)가 유지됩니다.

입자 용융 및 충격

반용융 입자는 기판에 충돌하여 편평한 튀김을 형성하고 기계적 맞물림과 미량 확산(깊이 $<1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)으로 인해 높은 접합 강도($>60\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$)가 형성됩니다.

코팅 응고

급속 냉각(속도 $>10 \text{ K/s} \pm 10 \text{ K/s}$)으로 경도 HV 1400 ± 30 의 밀도 높은 코팅(기공률 $<1\% \pm 0.2\%$)이 생성됩니다.

제트 동역학은 베르누이 원리(속도 $\sim \sqrt{2\Delta P/\rho}$, $\rho \sim 1 \text{ kg/m}^3 \pm 0.1 \text{ kg/m}^3$)를 따르고 열전도도는 $10^4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \pm 10^3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 입니다. 분무 거리($250\text{mm} \pm 5\text{mm}$)와

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

산소 유량(1000L/min±10L/min)을 최적화하면 기공률을 $0.8\% \pm 0.1\%$로 줄일 수 있습니다. 예를 들어, HVOF 분무 WC12Co(속도 700m/s±10m/s, 두께 100 μm±1 μm) 코팅은 경도가 HV 1400±30 이고 기공률이 $0.8\% \pm 0.1\%$로 항공 터빈 블레이드의 높은 내마모성 요구 사항을 충족합니다.

영향 요인 분석

코팅 성능은 여러 요인에 의해 영향을 받으며 정밀하게 제어해야 합니다.

분무 속도

700 m/s±10 m/s 의 속도에서 조밀한 코팅(기공률 $1\% \pm 0.2\%$)이 형성됩니다. 600 m/s±10 m/s 미만에서는 입자의 운동 에너지가 부족하여 기공률이 $2\% \pm 0.5\%$로 증가합니다. 800 m/s±10 m/s 이상에서는 입자가 깨지고($5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) 경도가 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다(HV1200 ± 30).

분말 입자 크기

10~45 μm±1 μm 는 유동성(12~15 초/50g±0.5 초)과 용융 속도(>80%±2%)를 보장합니다. 입자 크기가 10 μm±1 μm 미만이면 휘발성(>5%±1%)이고, 기공률이 1.5%±0.2% 이상이면 용융이 불충분($60\% \pm 2\%$)하며, 접합 강도가 $40\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$로 떨어집니다.

분무 거리

250mm ± 5mm 평형 입자 온도($2000^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$). 분무 거리 $200\text{mm} \pm 5\text{mm}$, 과열(>3000° C ± 50° C)로 인한 WC 분해(> 1% ± 0.2%); 300mm ± 5mm 초과, 입자 냉각($1500^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), 접합 강도 $50\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$.

매트릭스 거칠기

Ra 2-5 μm±0.1 μm 는 기계적 맞물림을 향상시킵니다(접착 강도 >60 MPa±5 MPa). 거칠기 $1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 접합 강도 $40 \text{MPa} \pm 5 \text{MPa}$; >8 μm±0.1 μm 는 응력 집중을 유도하고 균열률은 >1%±0.2%입니다.

연료 유량

0.4 L/min±0.01 L/min 은 안정적인 에너지를 제공합니다(>10 MJ/kg±0.5 MJ/kg). 유속 $0.3 \text{L/min} \pm 0.01 \text{L/min}$, 다공성 >2%±0.5%; >0.5 L/min±0.01 L/min, 산화 속도는 >0.1%±0.02%로 증가합니다.

최적화 전략은

높은 경도(HV 1400±30)와 낮은 다공성($0.8\% \pm 0.1\%$)을 갖는 코팅을 얻는 것입니다. 다음과 같은 전략이 권장됩니다. 높은 유동성(12-15 초/50g±0.5 초)과 용융 속도(>80%±2%)를 보장하기 위해 입자 크기가 10-30 μm±1 μm 인 WC12Co 분말을 사용합니다. 분무 속도를 700m/s±10m/s 로, 분무 거리를 250mm±5mm 로 제어합니다. 접착 강도를 개선하기 위해 기관 거칠기를 Ra 3 μm±0.1 μm 로 제어합니다(>70MPa±5MPa). 연료 유량을 0.4L/min±0.01L/min 으로, 산소 유량을 1000L/min±10L/min 으로 설정합니다. 공정 일관성을 개선하기 위해 폐쇄 루프 제어 시스템(온도 편차 $50^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$)을 채택합니다(기공률 편차 $0.1\% \pm 0.02\%$).

엔지니어링 응용 실습

HVOF 코팅은 혹독한 환경에서도 우수한 성능을 발휘합니다.

항공 터빈 블레이드

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HVOF 분무 WC12Co 코팅(두께 $100\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 경도 HV 1400 ± 30)은 마모율이 $<0.05\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}\pm 0.01\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 이고 $1000^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 의 고온 기류(속도 $>300\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$)에서 사용 수명이 >5000 시간 ± 500 시간으로, 코팅되지 않은 기관(<2000 시간 ± 200 시간)보다 훨씬 깁니다.

광산 드릴 비트

HVOF 분무 WC10Co4Cr 코팅(기공률 $<0.8\%\pm 0.1\%$, 접합 강도 $>70\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$)은 단단한 바위 드릴링(충격 주파수 $>10^3\text{Hz}\pm 100\text{Hz}$)에서 $1500\text{m}\pm 100\text{m}$ 의 사용 수명을 가지며 $50\%\pm 5\%$ 증가합니다.

심해 밸브

HVOF 분무 WCNiCr 코팅(두께 $150\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 경도 HV 1300 ± 30)은 해수 부식 환경(pH 8 ± 0.1 , 깊이 $5000\text{m}\pm 100\text{m}$)에서 내식성 수명이 >5 년 ± 0.5 년으로 기존 코팅($<3\pm 0.5$ 년)보다 우수합니다.

6.1.2 플라즈마 분무(APS) 및 폭발 분무

공정 원리 및 기술 개요

플라즈마 용사(APS)와 폭발 용사는 각각 플라즈마와 폭발 충격파를 통해 분말을 증착하는 고에너지 열 용사 기술로, 초경합금 기관(조도 Ra $2-5\mu\text{m}\pm 0.1\mu\text{m}$)의 표면 개질에 적합합니다. APS 는 고온 플라즈마 흐름($>10000^\circ\text{C}\pm 100^\circ\text{C}$)을 사용하여 분말을 완전히 용융시켜 더 두꺼운 코팅($50-300\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)을 형성합니다. 폭발 용사는 고주파 폭발($5-10\text{Hz}\pm 0.1\text{Hz}$)을 사용하여 초고속 입자($2000-4000\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$)를 생성하여 고밀도 코팅(기공률 $<0.5\%\pm 0.1\%$)을 형성합니다. APS 는 복잡한 형상(곡률 반경 $>5\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$)에 적합하며, 폭발 분사는 높은 접합 강도($>80\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$)로 알려져 항공 및 심해의 높은 신뢰성 요건을 충족합니다. 코팅 경도는 HV $1000\sim 1400\pm 30$ 이며, 내마모성과 내부식성이 크게 향상되었습니다.

예를 들어, APS 용사 WC12Co 코팅(두께 $150\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$)은 광산용 드릴 비트에 사용되며, 수명은 $1,200\text{m}\pm 100\text{m}$ 입니다. 폭발 용사 WCNiCr 코팅(접착 강도 $>80\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$)은 항공 노즐에 사용되며, 마모 수명은 $>3,000$ 시간 ± 300 시간입니다. 이 섹션에서는 공정 변수, 증착 메커니즘 및 적용 시나리오 관점에서 기술적 특성을 살펴봅니다.

공정 매개변수 및 증착 메커니즘

플라즈마 분무(APS)

APS 는 플라즈마 건(전력 $30-100\text{kW}\pm 5\text{kW}$)을 사용하여 고온 플라즈마 흐름(온도 $>10000^\circ\text{C}\pm 100^\circ\text{C}$, 속도 $800-1200\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$)을 생성하는데, 이는 분말(WCCo, 입자 크기 $15-50\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$, 유동성 $12-15$ 초/ $50\text{g}\pm 0.5$ 초)을 완전히 녹이고(용융 속도 $>95\%\pm 2\%$) 기관에 증착합니다. 매개변수는 다음과 같습니다: 플라즈마 가스(Ar/H₂ 혼합 가스, 유량 $50-80\text{L/min}\pm 1\text{L/min}$, Ar 순도 $>99.99\%\pm 0.01\%$), 분무 거리($100-150\text{mm}\pm 5\text{mm}$), 아크 매개변수(전압 $50-80\text{V}\pm 1\text{V}$, 전류 $500-1000\text{A}\pm 10\text{A}$). 증착 메커니즘은 플라즈마 역학(이온 밀도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$10^2 \text{ m}^{-3} \pm 10^1 \text{ m}^{-3}$) 을 기반으로 합니다. 분말이 완전히 용융된 후 기관에 충돌하여 스플래시 층(두께 $5 \sim 10 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}/\text{층}$)을 형성합니다. 냉각 후 코팅의 기공률은 $1\% \sim 2\% \pm 0.2\%$ 이고 접합 강도는 $50 \sim 70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 입니다. 예를 들어, APS 용사 WC12Co 코팅(두께 $150 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)은 HV 1200 ± 30 의 경도와 $1.5\% \pm 0.2\%$ 의 기공률을 가지며, 이는 광산 드릴 비트의 내마모성 요건을 충족합니다.

폭발 분무

폭발 분무는 연료-산소 혼합물($\text{C}_2\text{H}_2/\text{O}_2$, 비율 $2.5:1 \pm 0.1$)을 사용하여 폐쇄된 공간(압력 $>10 \text{ MPa} \pm 0.5 \text{ MPa}$, 온도 $\sim 4000^\circ \text{C} \pm 50^\circ \text{C}$)에서 폭발시켜 분말(WCNiCr, 입자 크기 $20 \sim 50 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)을 초고속($2000 \sim 4000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$)으로 기관에 충돌시킵니다. 매개변수는 다음과 같습니다: 폭발 주파수($5 \sim 10 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$), 분무 거리($150 \sim 200 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$), 연료 비율($\text{C}_2\text{H}_2/\text{O}_2$ $2.5:1 \pm 0.1$). 이 메커니즘은 충격파(속도 $>3000 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$), 분말의 부분 용융(용융률 $60\% \sim 80\% \pm 2\%$), 그리고 초고밀도 코팅(기공률 $<0.5\% \pm 0.1\%$, 접합 강도 $>80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) 형성을 기반으로 합니다. 예를 들어, 폭발 분무 WCNiCr 코팅(두께 $100 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)은 HV 1300 ± 30 의 경도와 $>80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 의 접합 강도를 갖습니다. 이 코팅은 항공 노즐에 사용되며 마모 수명은 >3000 시간 ± 300 시간입니다.

영향 요인 분석

플라즈마 분무(APS)

플라즈마 파워

$50 \text{ kW} \pm 5 \text{ kW}$ 는 분말의 완전한 용융($>95\% \pm 2\%$)을 보장합니다. 전력 $<30 \text{ kW} \pm 5 \text{ kW}$, 기공률 $>3\% \pm 0.5\%$; $>100 \text{ kW} \pm 5 \text{ kW}$, 기관 과열($>500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$), 균열률 $>0.5\% \pm 0.1\%$.

분무 거리

$120 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 는 증착 효율을 최적화합니다(접착 강도 $>60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). 분사 거리 $<100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, 코팅 박리율 $>1\% \pm 0.2\%$; $>150 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, 기공률 $>2\% \pm 0.2\%$.

분말 입자 크기

$15 \sim 45 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 의 균형 용융 및 증착. 입자 크기 $<15 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 휘발도 $>5\% \pm 1\%$; $>45 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 경도 $2\% \pm 0.5\%$ 감소 (HV $<1100 \pm 30$).

기관 온도

$<200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서는 응력 집중을 피하십시오($<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$); $>300^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서는 균열 속도 $>0.5\% \pm 0.1\%$.

폭발 분사

폭발 빈도

$8 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$ 는 코팅 두께를 제어합니다($10 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}/\text{시간}$). 주파수가 $10 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$ 를 초과하면 균열 발생률은 $0.5\% \pm 0.1\%$ 를 초과하고, $5 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$ 미만이면 효율이 $30\% \pm 5\%$ 감소합니다.

분무 거리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

180mm ± 5mm 는 접착 강도 (> 80MPa ± 5MPa) 를 보장합니다. 분사 거리 < 150mm ± 5mm, 기관 손상 > 0.01mm ± 0.002mm, 200mm ± 5mm 이상, 접착 강도 < 60MPa ± 5MPa.

연료 비율

C₂H₂/O₂ 2.5:1±0.1 은 안정적인 에너지를 제공합니다. 비율 편차 >0.2, 산화 속도 >0.2%±0.02%.

분말 입자 크기

20-50 μm±1 μm 의 최적화된 증착. 입자 크기 <20 μm±1 μm, 휘발도 >3%±0.5%; >50 μm±1 μm, 기공률 >1%±0.2%.

최적화 전략

APS

50 kW±5 kW 전력, 120 mm±5 mm 분사 거리, 15-30 μm±1 μm 분말, Ar /H₂ 유량 60 L/min±1 L/min, 기관 온도 <200° C±10° C, 다공성 <1.5%±0.2%, 접합 강도 >60 MPa±5 MPa 를 선택합니다.

폭발 분사

180 mm±5 mm, C₂H₂ / O₂ 비율은 2.5:1±0.1, 분말은 20-40 μm±1 μm, 다공성은 <0.5%±0.1%, 접합 강도는 >80 MPa±5 MPa 입니다.

일반 최적화

기관 거칠기는 Ra 3-5 μm±0.1 μm 이며, 온라인 모니터링을 채택하여(온도 편차 <50° C±10° C) 안정성을 향상시킵니다(성능 편차 <1%±0.2%).

공학 응용 실습

항공 노즐

폭발 분무 WCNiCr 코팅(두께 100 μm±1 μm, 접합 강도 >80 MPa±5 MPa)은 800° C±10° C 의 고온 기류에서 >3000 시간±300 시간의 내마모 수명을 가지며, 이는 기존 코팅(<1500 시간±200 시간)보다 우수합니다.

광산 드릴 비트

APS 분무 WC12Co 코팅(경도 HV 1200±30, 기공률 <1.5%±0.2%)은 단단한 바위 드릴링에서 1200m±100m 의 사용 수명을 가지며 40%±5% 증가합니다.

내마모성 금형

APS 분무 WC10Co4Cr 코팅(두께 200 μm±1 μm)은 고주파 압출(>10 6 회±10 5 회) 동안 낮은 마모(<0.07 mm³ / N · m ± 0.01 mm³ / N · m) 를 유지했습니다 .

심해 밸브

폭발 분무 WCNiCr 코팅(기공률 <0.5%±0.1%)은 해수 부식(pH 8±0.1)에서 >5 년±0.5 년의 수명을 갖습니다.

6.2 코팅 재료

코팅 재료는 초경합금의 성능을 개선하는 데 핵심입니다. 경질상(WC, TiC) 과 바인더상(Co, NiCr, Ni) 의 조성 및 구조를 최적화함으로써 높은 경도 (HV 1200-1500±30), 뛰어난 인성 (K_{1c} 10-15 MPa · m^{1/2} ± 0.5) 및 뛰어난 내식성(부식률

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<0.01 mm/년 ± 0.002 mm/년>을 달성할 수 있습니다. 경도와 인성의 균형을 맞추고, 계면 에너지(<1 J/m² ± 0.1 J/m²>)와 열 팽창 불일치(<5×10⁻⁶K⁻¹ ± 0.5×10⁻⁶K⁻¹>)를 제어 하고 항공, 광산 및 심해의 복잡한 작업 조건에 적응하는 것이 필요합니다. WCCo 코팅은 높은 경도로 유명하고, WCNiCr 코팅은 내식성을 개선하며, WCTiCNi 다상 코팅은 경도와 인성을 고려하여 적용 분야를 확대합니다.

이 섹션에서는 WCCo 및 WCNiCr 코팅과 다상 복합 코팅(WCTiCNi)의 조성 최적화라는 두 가지 측면에서 전략과 엔지니어링 관행을 논의합니다. 상도 분석 (WCCo 액상선 1320° C±5° C), 확산 동역학(계수 10⁻¹⁰ cm²/s±10⁻¹¹ cm²/s) 및 기계적 모델(오로완 강화)을 결합합니다. 예를 들어, WC12Co 코팅(경도 HV 1300±30)은 마모율이 <0.05 mm³ /N·m ± 0.01 mm³ / N·m 인 항공 터빈 블레이드에 사용됩니다. WC10Co4Cr 코팅(부식율 <0.01 mm/년±0.002 mm/년)은 심해 밸브에 사용됩니다. WCTiCNi 코팅 (K_{1c} 12 MPa·m^{1/2} ± 0.5)은 광산 드릴 비트의 수명을 1500m±100m 로 늘립니다.

6.2.1 WCCo 및 WCNiCr 코팅의 구성 최적화

원리 및 기술 개요

WCCo 및 WCNiCr 코팅은 초경합금 표면 개질에 널리 사용되는 코팅입니다. 경질상(WC, 체적 분율 70%-90%±1%)과 결합상(Co, NiCr, 10%-30%±1%)의 비율을 조절함으로써 다양한 작업 조건에 맞춰 성능을 최적화할 수 있습니다. WCCo 코팅은 높은 경도와 내마모성으로 유명하며, WCNiCr 코팅은 부식성 환경에서 우수한 성능을 발휘합니다. WCCo 코팅의 목표는 경도(HV 1200-1500±30), 인성 (K_{1c} 10-15 MPa·m^{1/2} ±0.5) 및 내식성을 시너지 효과로 향상시키고, 코팅과 모재 사이의 접합 강도(>60 MPa±5 MPa)를 확보하는 것입니다.

WCCo 코팅은 WC(경도 HV>2000±50, 입자 크기 0.5-2 μm±0.01 μm)와 Co(10%-20%±1%, 인성 K_{1c} > 20 MPa·m^{1/2} ± 0.5)로 내마모성을 제공하여 계면 결합을 향상시킵니다(계면 에너지 <1 J/m² ± 0.1 J/m²). WCNiCr 코팅은 Co를 NiCr (Ni 8%-15%±1%, Cr 2%-5%±0.5%)로 대체하고 Cr은 Cr₂O₃ 부동태화 층(두께 < 10 nm±1 nm)을 형성하여 내식성을 크게 향상시킵니다(부식율 <0.01 mm/년±0.002 mm/년). 최적화는 상도 (WCCo 액상선 ~1320° C±5° C)와 오로완 강화(입자 간격 <1 μm±0.01 μm)를 기반으로 하며 항공 및 심해 응용 분야를 지원합니다.

조성 최적화 및 메커니즘 분석

WCCo 코팅은

WC와 Co의 비율에 따라 결정됩니다. WC 경질상(부피 분율 80%±1%, 입자 크기 0.5-2 μm±0.01 μm)은 높은 경도(HV>2000±50)를 제공합니다. Co 결합상(함량 12%±1%)은 계면 결합을 강화하고(>60 MPa±5 MPa) 인성을 향상시킵니다 (K_{1c} 12 MPa·m^{1/2} ± 0.5). Co 함량이 너무 높으면(>20%±1%) 경도가 감소하고(HV<1100±30), Co 함량이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

너무 낮으면($<8\pm 1\%$) 기공률이 증가합니다($>2\pm 0.5\%$). 최적화된 WC12Co 코팅(HVOF 분무, 속도 $700\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$)은 경도 HV 1300 ± 30 , 기공률 $<0.8\pm 0.1\%$, 마모율 $<0.05\text{mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m} \pm 0.01\text{mm}^3 / \text{N}\cdot\text{m}$ 을 가지므로 항공 터빈 블레이드($1000^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$)에 적합합니다.

WCNiCr 코팅

WCNiCr 코팅은 Co 를 NiCr 로 대체하여 내식성을 향상시킵니다. Ni 기반($8\% - 15\% \pm 1\%$)은 인성($K_{1c} > 15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$)과 접합 강도($>50\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$)를 제공합니다. Cr 첨가($4\pm 0.5\%$)는 Cr_2O_3 부동태층을 형성하고, 산화 방지 중량 증가는 $<0.05\text{mg}/\text{cm}^2 \pm 0.01\text{mg}/\text{cm}^2$ 이며, 내식성은 $30\pm 5\%$ (pH $4-10\pm 0.1$) 향상됩니다. WC10Co4Cr 코팅(HVOF, 다공성 $<0.8\pm 0.1\%$)은 경도가 HV 1200 ± 30 이고 부식 속도가 $<0.01\text{mm}/\text{년} \pm 0.002\text{mm}/\text{년}$ 입니다. 수명이 $>5\text{년}\pm 0.5\text{년}$ 인 심해 밸브에 사용됩니다.

영향 요인 분석

WC 입자 크기

$0.5-2\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ 는 경도를 최적화합니다($\text{HV}>1200\pm 30$). 입자 크기 $<0.5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$, 분해 속도 $>2\pm 0.5\%$; $>2\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$, 인성은 $3\pm 0.5\%$ 감소합니다.

바인더상 함량

Co $12\pm 1\%$, NiCr $12\pm 1\%$ (Cr $4\pm 0.5\%$) 균형 잡힌 성능. Co/ NiCr $<8\pm 1\%$, 기공률 $>2\pm 0.5\%$; $>20\pm 1\%$, 경도 $10\pm 2\%$ 감소.

Cr 함량

$4\pm 0.5\%$ 는 내식성을 향상시키고, $6\pm 0.5\%$ 이상은 경도 $<1000\pm 50$ 의 취성 Cr_3C_2 를 형성합니다.

분무 공정: HVOF($700\ \text{m/s}\pm 10\ \text{m/s}$)는 다공성이 $<1\pm 0.2\%$ 대 $>1.5\pm 0.2\%$ 로 APS 보다 우수합니다.

매트릭스 온도: 응력을 피하기 위해 $<200^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ ($<50\ \text{MPa}\pm 5\ \text{MPa}$); $>300^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$, 균열 속도 $>0.5\pm 0.1\%$.

최적화 전략은

$0.5-1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ 의 WC 입자, Co $12\pm 1\%$ 또는 NiCr $12\pm 1\%$ (Cr $4\pm 0.5\%$)을 사용합니다. HVOF 분무(속도 $700\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$, 분무 거리 $250\text{mm}\pm 5\text{mm}$)를 사용하여 기공률을 감소시킵니다($<0.8\pm 0.1\%$). 기관 거칠기 Ra $3\ \mu\text{m}\pm 0.1\ \mu\text{m}$, 예열 온도 $150^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$, 접합 강도를 개선합니다($>70\text{MPa}\pm 5\text{MPa}$). $0.5\pm 0.01\%$ VC 를 첨가하면 WC 분해($<0.5\pm 0.1\%$)가 억제되고 경도가 $3\pm 0.5\%$ 증가합니다. 일관성을 보장하기 위해 온라인 모니터링(온도 편차 $<50^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$)을 구현합니다(성능 편차 $<1\pm 0.2\%$).

공학 응용 실습

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공 터빈 블레이드

WC12Co 코팅(경도 HV 1300±30, 마모율 <0.05 mm³ / N·m ± 0.01 mm³ / N·m), 수명 >5000 시간±500 시간.

심해 밸브

WC10Co4Cr 코팅(부식률 <0.01 mm/년 ± 0.002 mm/년), 수명 >5년 ± 0.5년.

광산 드릴 비트

WC15Co 코팅(인성 K_{1c} 12MPa · m^{1/2} ± 0.5), 수명>1500m±100m, 50%±5% 향상.

6.2.2 다상 복합 코팅(WCTiCNi)

다상 복합 코팅의 원리 및 기술 개요

다상 복합 코팅(WCTiCNi)은 WC 기반 코팅(0.5-2 μm±0.01 μm)을 기반으로 TiC (경도 HV>2500±50, 체적 분율 5%-20%±1%)와 Ni(8%-15%±1%)를 도입하여 경도(HV 1300-1500±30), 인성(K_{1c} 10-15MPa · m^{1/2} ± 0.5) 및 내마모성(마모율 <0.04mm³/N·m±0.01mm³/N·m)을 향상시킵니다. 단일 WCCo 코팅과 비교했을 때 WCTiCNi 코팅은 밀도가 낮고(~10 g/cm³ ± 0.1 g/cm³ 대 15 g/cm³ ± 0.1 g/cm³), 산화 저항성이 강하고(산화 중량 증가 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²), 강한 충격 및 부식성 환경에 적합합니다.

복합 강화 (TiC 결정립계 고정) 및 계면 공학(WC/ TiC 계면 에너지 <0.8 J/m² ± 0.1 J/m²)을 통해 성능이 최적화되었습니다. WC는 염기성 경도를 제공하고, TiC는 밀도를 낮추고 내산화성을 향상시키며, Ni는 인성과 내식성을 개선합니다. 예를 들어, HVOF 용사 WC10TiC12Ni 코팅 (TiC 10%±1%)은 HV 1400±30의 경도와 <1%±0.2%의 기공률을 가지며, 수명이 1500m±100m 이상인 광산 드릴 비트에 사용됩니다.

다상 복합 코팅의 조성 최적화 및 메커니즘 분석

성능은 각 상과 미세구조의 비율에 따라 달라집니다.

WC/ TiC 경질상(WC 부피 분율 70%-85%±1%)은 경도(HV>2000±50)를 제공하고, TiC (10%±1%, 밀도 4.9 g/cm³ ± 0.1 g/cm³)는 산화 저항성(산화 중량 증가 <0.05 mg/cm² ± 0.01 mg/cm²)을 향상시킵니다. Ni 바인더상(12%±1%)은 인성 (K_{1c} > 15 MPa · m^{1/2} ± 0.5)과 내식성(부식률 <0.01 mm/년±0.002 mm/년)을 제공합니다. 최적화는 Orowan 강화(결정립 간격 <1 μm±0.01 μm) 및 상도 분석(WCTiCNi 액상선 ~1350° C±5° C)을 기반으로 합니다. WC10TiC12Ni 코팅(HVOF, 다공성 <1%±0.2%)은 경도가 HV 1400±30, 인성이 K_{1c} 12 MPa · m^{1/2} ± 0.5, 마모율이 <0.04 mm³ / N · m ± 0.01 mm³ / N · m입니다.

영향 요인 분석

TiC 함량

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

는 경도와 인성의 균형을 이룹니다. $>20\pm 1\%$, 취성상이 형성됩니다 ($K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$), $<5\pm 1\%$, 경도가 부족합니다($\text{HV} < 1200 \pm 30$).

니켈 함량

$12\pm 1\%$ 는 접합 강도를 최적화합니다($>60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). $>15\pm 1\%$, 경도는 $5\pm 1\%$ 감소합니다. $<8\pm 1\%$, 다공성 $>2\pm 0.5\%$.

입자 크기

WC/ TiC $0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 은 균일성을 보장합니다(편차 $<5\pm 1\%$). $2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이상일 경우 인성이 $3\pm 0.5\%$ 감소합니다.

분무 공정

HVOF($700 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$)는 TiC 분해($<1\pm 0.2\%$)를 제어합니다. APS($>10000^\circ \text{C} \pm 100^\circ \text{C}$)는 분해 속도 $>3\pm 0.5\%$ 를 제어합니다.

기판 예열

$150^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서는 접합 강도가 향상됩니다($>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). $>200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서는 응력이 $>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 입니다.

최적화 전략에서는

$0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 의 WC/ TiC 입자, TiC $10\pm 1\%$, Ni $12\pm 1\%$ 를 사용합니다. HVOF 분무(속도 $700\text{m/s} \pm 10\text{m/s}$, 분무 거리 $250\text{mm} \pm 5\text{mm}$)를 사용하여 기공률($<1\pm 0.2\%$)을 제어합니다. 기판 거칠기 $R_a 3 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 예열 온도 $150^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$; $0.3\pm 0.01\%$ VC를 첨가하여 TiC 분해($<0.5\pm 0.1\%$)를 억제하고 경도를 $3\pm 0.5\%$ 증가시킵니다. AI 최적화 매개변수를 구현하여(편차 $<1\pm 0.2\%$) 일관성을 개선합니다.

공학 응용 실습

광산 드릴 비트

WC10TiC12Ni 코팅(경도 HV 1400 ± 30 , 마모율 $<0.04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 수명 $>1500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$, $50\pm 5\%$ 증가.

내마모성 금형

WC15TiC10Ni 코팅(인성 $K_{1c} < 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$), 수명 $>106 \text{ 배} \pm 105 \text{ 배}$.

항공 노즐

WC10TiC12Ni 코팅(마모 저항성 $<0.04 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 사용 수명 $>3000 \text{ 시간} \pm 300 \text{ 시간}$.

6.3 구배 및 나노구조 초경합금

구배 및 나노구조 초경합금은 계면 공학(구배 WCCo, Co $0-20\% \pm 1\%$)과 나노결정 강화(WC $<100 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$)를 통해 경도(HV $2000-3000 \pm 50$), 인성($K_{1c} 10-20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$) 및 열 피로 저항성(수명 $>105 \text{ 배} \pm 104 \text{ 배}$)을 크게 향상시킵니다. 그라디언트 구조는 점진적인 조성 변화를 통해 열팽창 불일치($<5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)를 완화하고, 나노 구조는 결정립계 강화(홀-페치 효과, $\sigma_y \sim d^{-1/2}$)를 통해 강도($>4500 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$)를 향상시키며 항공, 광산 및 전자 제조에 우수한 성능을 발휘합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WCCo의 계면 엔지니어링과 나노 WC(<100 nm)의 제조 및 과제에서 시작하여 열역학(계면 에너지 <math> <1 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2 </math>), 반응 속도(응집 속도 $\sim 10^{-9} \text{ m/s} \pm 10^{-10} \text{ m/s}$) 및 기계적 모델(오로완 강화)을 결합하여 원리와 실재를 탐구합니다. 예를 들어, 구배 WCCo (Co 5%-15%±1%)는 광산 드릴 비트에 사용되고 충격 수명은 >1800m±100m입니다. 나노 WC 코팅(<math> <100 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}</math>)은 PCB 드릴 비트에 사용되고 수명은 >10 5 개 구멍±10 4 개 구멍입니다.

6.3.1 그라디언트 WCCo의 인터페이스 엔지니어링

원리 및 기술 개요

Gradient WCCo는 Co 함량을 점진적으로 변화시켜(0-20%±1%, Gradient 두께 0.5-2mm±0.01mm) 계면응력(<math> <50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}</math>)을 최적화하고, 접합강도(>80MPa±5MPa)와 열피로 저항성(>10 5 배±10 4 배)을 향상 시킵니다. 균일한 WCCo와 비교했을 때, 그라디언트 구조는 열팽창 불일치를 완화합니다(WC $4.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, Co $13 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), 인터페이스 균열을 줄입니다(<math> <0.1\% \pm 0.02\%</math>). 또한 표면 경도(HV 1800±30)와 내부 인성($K_{1c} 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 고려하며, 충격이 큰 환경에 적합합니다.

제조 방법은 분말 적층과 현장 반응을 포함합니다. 분말 적층은 Co 함량이 서로 다른(5%-15%±1%) 분말을 층층이 쌓는 것입니다.

연속 구배는 냉간 등방성 가압 성형(CIP, 250 MPa±5 MPa) 및 진공 소결(1450°C±10°C)을 통해 형성됩니다. 현장 반응은 탄화물 확산(속도 $\sim 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s}$)을 통해 구배층을 생성합니다. 안정성은 계면 열역학(계면 에너지 <math> <1 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2 </math>)을 기반으로 보장됩니다. 예를 들어, 구배 WCCo (Co 5%-15%±1%)는 충격 수명이 1800m±100m를 초과하는 광산용 드릴 비트에 사용됩니다.

제조 공정 및 메커니즘 분석

분말제조 : WC(0.5-1 μm±0.01 μm)와 Co(5%-15%±1%)를 선택하고 충비율(편차 <math> <1\% \pm 0.2\%</math>)을 선택합니다.

성형 : CIP 성형(250MPa±5MPa), 녹색 밀도 >99%±0.1%.

소결: 진공 소결(1450°C±10°C, 압력 <math> <10^{-3} \text{ Pa} \pm 10^{-4} \text{ Pa}</math>), Co 확산 형성 구배(속도 $\sim 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s}$).

후처리: 잔류응력(<math> <20 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}</math>)을 제거하기 위해 열처리(600°C±10°C)를 실시합니다.

이 메커니즘은 열팽창 불일치 완화 및 확산 동역학에 기반합니다. Co 구배(5%-15%±1%)는 응력 분포를 균일하게(<math> <50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}</math>) 만들고, 계면 에너지 <math> <1 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2 </math>는 접합 강도(>80 MPa±5 MPa)를 보장합니다. 예를 들어, WCCo 구배(층 두께 1 mm±0.01 mm)는 HV 1800±30의 경도와 $K_{1c} 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 의 인성을 갖습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

영향 요인 분석

이면 응력이 최적화됩니다($<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$). $>20\% \pm 1\%$ 이면 인성이 너무 높습니다 ($K_{1c} > 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$). 경도가 $5\% \pm 1\%$ 감소합니다. $<5\% \pm 1\%$ 이면 응력 집중이 발생합니다($>100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$).

층 두께: 연속성을 보장하기 위해 $1\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$ (편차 $<1\% \pm 0.2\%$). $<0.5\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$, 응력 집중($>100\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$); $>2\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$, 그라테이션 흐름($>5\% \pm 1\%$).
소결 온도: $1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 제어 확산($>10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s} \pm 10^{-11} \text{ cm}^2 / \text{s}$).
 $>1500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 그라디언트 퍼지($>5\% \pm 1\%$); $<1400^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 접합 강도 $<60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$.

분말 입자 크기: WC $0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 은 균일성을 향상시킵니다. $>2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 계면 결함 $>1\% \pm 0.2\%$.

첨가제: $0.5\% \pm 0.01\%$ VC 는 입자성장($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)을 억제하고 경도를 $3\% \pm 0.5\%$ 증가시킵니다.

최적화 전략에서는

Co 함량을 $5\%-15\% \pm 1\%$ 로, 층 두께를 $1\text{mm} \pm 0.01\text{mm}$ 로, WC 입자 크기를 $0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 선택했습니다. 소결 온도는 $1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 압력은 $<10^{-3} \text{ Pa} \pm 10^{-4} \text{ Pa}$ 로 설정했습니다. 입자 성장을 억제하고 경도를 $3\% \pm 0.5\%$ 증가시키기 위해 $0.5\% \pm 0.01\%$ 의 VC 를 첨가했습니다. 안정성을 개선하기 위해 온라인 모니터링(온도 편차 $<10^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$)을 수행했습니다(성능 편차 $<1\% \pm 0.2\%$). 잔류 응력($<20 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$)을 제거하기 위해 후처리 열처리($600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)를 수행했습니다.

공학 응용 실습

광산 드릴 비트

경사도 WCCo 는 단단한 암석 드릴링(충격 주파수 $> 10^3 \text{ Hz} \pm 100 \text{ Hz}$)에서 수명 $> 1800\text{m} \pm 100\text{m}$ 로 $60\% \pm 5\%$ 증가합니다.

내마모성 금형

구배 WCCo (인성 $K_{1c} 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$), 수명 $> 10^6$ 배 $\pm 10^5$ 배.

항공 도구

구배 WCCo (응력 $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$)는 고속 절삭($>1000 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$)에서 >20 시간 ± 1 시간의 수명을 가지며, 이는 균일한 구조(<10 시간 ± 1 시간)보다 우수합니다.

6.3.2 나노-WC($<100 \text{ nm}$)의 제조 및 과제

원리 및 기술 개요나노

WC(입자 $<100 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$)는 고에너지 볼 밀링, 플라즈마 합성 또는 화학 기상 증착(CVD)을 통해 제조되며, 홀-페치 효과($\sigma_y \sim d^{-1/2}$, 입자 경계 밀도 $>10^{14} \text{ m}^{-2} \pm 10^{13} \text{ m}^{-2}$)에 기반하여 경도가 HV 2500-3000 ± 50 이고 강도가 >5000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa±100 MPa 입니다. 기존 WC(0.5-2 μm±0.01 μm)와 비교하여 나노 WC 입자 경계 강화는 강도를 크게 향상시키고 인성 ($K_{1c} \approx 10-15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 유지합니다. 나노-WC 코팅(두께 10-50 μm±1 μm)은 PCB 드릴 비트(수명 >10⁵홀 ± 10⁴ 홀)와 같은 전자 제조 및 심해 엔지니어링에서 우수한 성능을 발휘합니다. 응집(속도 ~10⁻⁹m/s±10⁻¹⁰ m/s), 산화(O>0.1±0.02%) 및 소결 입자 성장(>200nm±10nm)과 같은 과제를 해결합니다. 목표는 입자 크기(<100nm±5nm)를 제어하고 공정 최적화 및 첨가제(VC, Cr₃C₂)를 통해 성능을 개선하는 것입니다.

제조 공정 및 메커니즘 분석

고에너지 볼 밀링

WC 분말(초기 입자 크기 1-10 μm±0.01 μm)을 행성 밀(속도 300-500 rpm±10 rpm, 볼-분말 비율 10:1±0.1)에서 20-50h±1h 동안 분쇄한 결과, 입자 크기가 <100 nm±5 nm로 감소하여 입자 경계 강화에 ~500 MPa±50 MPa가 기여했습니다.

플라즈마 합성

WC₁₆는 플라즈마(>10000° C±100° C)에서 CH₄ (유량 1:1±0.1)와 반응하여 증착 속도가 >90±2%인 나노-WC(<80 nm±5 nm)를 생성합니다.

CVD

W(CO)₆는 H₂ (800-1000 ° C±10° C)와 반응하여 WC 코팅(입자 <100 nm±5 nm, 두께 10-50 μm±1 μm)을 형성합니다.

이 메커니즘은 결정립계 강화 및 응집 동역학을 기반으로 합니다. 홀-페치 효과는 결정립 크기가 감소함에 따라 강도를 증가시킵니다($\sigma_y \sim d^{-1/2}$). 응집 속도(~10⁻⁹m/s±10⁻¹⁰ m/s)는 표면 에너지(~1 J/m² ± 0.1 J/m²)에 의해 구동되고 분산제(PVA, 0.5±0.01%)의 첨가로 제어됩니다. 예를 들어, CVD 나노-WC 코팅(<80nm±5nm)의 경도는 HV 2500±50 이고 인성은 $K_{1c} \approx 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 입니다.

영향 요인 분석

입자 크기

<100 nm±5 nm에서는 고에너지 분쇄가 필요합니다(>50 시간±1 시간). >100 nm±5 nm에서는 경도가 10%±2% 감소합니다.

재결합

분산제가 없을 경우 응집률은 >20±2%이고, PVA를 0.5±0.01% 첨가하면 응집률은 <5±1%입니다.

소결 온도

<1200° C±10° C에서는 입자성장이 억제된다(<150 nm±10 nm); >1300° C±10° C에서는 입자크기가 >200 nm±10 nm이고 경도가 15%±2% 감소한다.

대기

Ar /H₂ (O₂ <10ppm±1ppm) 산화를 방지합니다(O<0.05±0.01%). O₂ >100ppm±10ppm, 산화 속도 >0.2±0.02%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

첨가물

0.3%±0.01% VC 는 입자 크기를 조절하고(<100 nm±5 nm) 경도를 5%±1% 증가시킵니다.

최적화 전략

은 고에너지 불 밀링(50 시간 ± 1 시간, 회전 속도 400rpm ± 10rpm), 입자 크기 <100nm ± 5nm, 소결 온도 <1200° C ± 10° C, Ar /H₂ 분위기(O₂ < 10ppm ± 1ppm), 0.5% ± 0.01% PVA 분산제 첨가, 응집률 <5% ± 1%, 0.3% ± 0.01% VC 첨가로 입자 성장을 억제하고 경도를 5% ± 1% 증가, 온라인 입자 크기 모니터링(편차 < 5nm ± 1nm)으로 안정성을 보장합니다.

공학 응용 실습

PCB 드릴 비트

나노 WC 코팅(입자 <80 nm±5 nm, 경도 HV 2500±50), 수명 >10 5 홀±10 4 홀, 100%±10% 향상.

심해 밸브

나노 WC 코팅(부식률 <0.01mm/년 ± 0.002mm/년), 수명 >5 년 ± 0.5 년.

항공 도구

나노-WC 코팅(강도 >5000 MPa±100 MPa) 및 수명 >20 시간±1 시간은 기존 코팅(<10 시간±1 시간)보다 우수 합니다 .

6.4 코팅 성능 시험

코팅 성능 시험은 접합 강도(50-80 MPa±5 MPa), 다공성(<1%±0.2%), 경도(HV 1200-1500±30), 내마모성(마모율 <0.06 mm³ / N·m ± 0.01 mm³ / N·m) 및 내식성(부식율 <0.01 mm/년±0.002 mm/년)을 포함한 주요 지표를 평가하기 위해 표준화된 방법(ASTM G65, ISO 6508, ASTM E384)을 채택하여 코팅이 항공, 광산 및 심해 분야의 신뢰성 요구 사항을 충족하는지 확인하는 동시에 프로세스 최적화를 위한 데이터를 제공합니다.

이 섹션에서는 파괴 역학 (K_{1c} 10-15 MPa·m^{1/2} / ² ± 0.5) , 표면 과학(접촉각<10° ±1°) 및 통계 분석(오차±0.01 mm³ / N·m) 을 결합하여 접합 강도, 기공률 및 내마모성의 관점에서 테스트 기술과 실제 에 대해 설명합니다. 예를 들어, HVOF WC12Co 코팅(접합 강도>70 MPa±5 MPa)은 수명이 >5000 시간±500 시간인 항공 터빈 블레이드에 사용되고, 나노 WC 코팅(기공률<0.5%±0.1%)은 수명이 >10⁵holes ± 10⁴ hole 인 PCB 드릴 비트에 사용됩니다.

6.4.1 접합 강도(50-80 MPa) 및 기공률(<1%)

시험 원리 및 기술 개요:

접합 강도와 기공률은 코팅 신뢰성 평가의 핵심 지표이며, 박리 방지 성능과 내구성에 직접적인 영향을 미칩니다. 접합 강도는 계면 결합력을 나타내며, 기공률은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀도를 측정합니다. 표준화된 방법을 통해 결과의 반복성과 비교성을 보장합니다.

접착 강도(ASTM C633): 인장 시험(속도 $0.5 \text{ mm/min} \pm 0.01 \text{ mm/min}$)으로 분리력을 측정하며, 강도는 $50 \sim 80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 입니다. 시편(직경 $25 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$, 코팅 두께 $100 \sim 200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$)은 고강도 접착제($>100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$)로 고정되었으며, 계산식은 $\sigma = F/A$ 입니다.

기공률(ASTM E2109): 주사전자현미경(SEM, 분해능 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)을 사용하여 단면을 분석하고 기공률($<1\% \pm 0.2\%$)을 측정했습니다. 시편을 $Ra < 0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 연마하여 면적비를 기준으로 계산했습니다.

예를 들어, HVOF WC12Co 코팅(접착 강도 $>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 기공률 $<0.8\% \pm 0.1\%$)은 항공 터빈 블레이드에 사용되고, 탈락 방지 수명은 $>5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ 입니다.

시험 방법 및 메커니즘 분석

접합 강도

($K_{Ic} 10\text{--}15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)에 근거하여, 계면 결합 강도는 기계적 맞물림($Ra 2\text{--}5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)과 미세 확산($<1 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)에 의해 결정됩니다. 이 공정에는 샘플 준비(두께 $100\text{--}200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$), 고정 및 스트레칭(속도 $0.5 \text{ mm/min} \pm 0.01 \text{ mm/min}$)이 포함됩니다. HVOF 코팅(속도 $700 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$)은 $>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 의 결합 강도를 가지며, 이는 APS($<60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$)보다 우수합니다.

다공성

SEM 이미지 분석(배율 $>1000 \times \pm 100 \times$) 결과, 기공은 어두운 영역으로 표시되었으며, 면적비는 소프트웨어를 통해 계산되었습니다. HVOF 기공률은 $<1\% \pm 0.2\%$ 로 APS($\sim 1.5\% \pm 0.2\%$)보다 우수합니다.

영향 요인 분석

접합 강도

매트릭스 거칠기 $Ra 3\text{--}5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 는 강도를 향상시킵니다($>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$); $<2 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$. 분사 속도 $700 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$ 는 APS보다 우수합니다. 예열 온도 $150^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 는 확산을 향상시킵니다.

다공성

$100 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$ (HVOF)의 분무 전력은 $50 \text{ kW} \pm 5 \text{ kW}$ (APS)보다 우수합니다. $10\text{--}30 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 의 분말 입자 크기는 다공성을 줄이고, 분무 거리는 밀도를 최적화합니다.

최적화 전략

기관 거칠기 $Ra 3\text{--}5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 예열 온도 $150^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$; HVOF(속도 $700 \text{ m/s} \pm 10 \text{ m/s}$, 전력 $100 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$), 분말 $10\text{--}30 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$; APS 분무 거리 $120 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$; 폭발 분무 분무 거리 $180 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$; 정확도를 보장하기 위한 고정밀 SEM 및 스트레칭 장비.

공학 응용 실습

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공 터빈 블레이드

HVOF WC12Co 코팅(접착 강도 $>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 다공성 $<0.8\% \pm 0.1\%$), 수명 $>5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$.

심해 밸브

HVOF WC10Co4Cr 코팅(접착 강도 $>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$), 수명 $>5 \text{ 년} \pm 0.5 \text{ 년}$.

광산 드릴 비트

폭발 분무 WCNiCr 코팅(접착 강도 $>80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 다공성 $<0.5\% \pm 0.1\%$), 수명 $>1500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$.

6.4.2 내마모성 (ASTM G65, 마모율 $<0.06 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$)

시험 원리 및 기술 개요

내마모성은 코팅 성능 평가의 핵심 지표이며, 고마찰 환경에서 코팅의 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. ASTM G65 건식 모래/고무 휠 시험은 연마 마모를 시뮬레이션하고 마모율 ($<0.06 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) 을 측정하여 공정 최적화 및 재료 선정의 기반을 제공합니다.

테스트 프로세스

시편 ($50 \times 25 \times 10 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$, 두께 $100\text{--}200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$) 을 모래 흐름 (SiO_2 , 입자 크기 $200\text{--}300 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$, 유량 $300 \text{ g/min} \pm 10 \text{ g/min}$) (휠 속도 $200 \text{ rpm} \pm 1 \text{ rpm}$, 하중 $130 \text{ N} \pm 1 \text{ N}$, $6000 \text{ 회전} \pm 10 \text{ 회전}$) 에서 문질렀습니다. 마모량은 질량 손실 ($V = \Delta m / \rho$, $\rho = 14\text{--}15 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 에 의해 계산 되었으며 마모율 = $V / (F \cdot S)$ 입니다. 예를 들어, HVOF WC12Co 코팅(마모율 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) 의 수명은 $>5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$ 입니다.

시험 방법 및 기구 분석은

Archard 모델 ($V = k \cdot F \cdot S / H$, $k = 10^{-4} \pm 10^{-5}$, $H = \text{HV } 1200\text{--}1500 \pm 30$) 을 기반으로 합니다. 경도가 높고 기공률이 낮을수록 내마모성이 강합니다. 이 프로세스에는 샘플 준비, 매개변수 설정 및 마모율 계산이 포함됩니다. HVOF 코팅(경도 $\text{HV } 1400 \pm 30$) 의 마모율은 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 으로 APS ($>0.07 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) 보다 우수합니다 .

영향 요인 분석

경도

$\text{HV } 1400 \pm 30$ 은 마모율을 감소시킵니다 ($<0.05 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) ; $<1200 \pm 30$, $>0.08 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m} \pm 0.01 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$.

다공성

$<1\% \pm 0.2\%$ 일 경우 내마모성이 향상되고, $>2\% \pm 0.5\%$ 일 경우 마모율이 $20\% \pm 5\%$ 증가합니다.

두께

$100\text{--}200 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 는 내마모성과 응력의 균형을 이룹니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술

HVOF 는 APS 보다 우수합니다. WC 입자 크기가 $0.5-1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ 이면 내마모성이 향상됩니다.

최적화 전략은

HVOF (속도 $700\text{m/s}\pm 10\text{m/s}$), WC 입자 크기 $0.5-1\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$, 두께 $100-200\mu\text{m}\pm 1\mu\text{m}$ 을 사용하고, 경도를 높이기 위해 $0.3\%\pm 0.01\%$ 의 VC 또는 TiC ($5\%-10\%\pm 1\%$)를 첨가하고, 안정성을 보장하기 위해 온라인 모니터링을 실시합니다.

공학 응용 실습

항공 터빈 블레이드: HVOF WC12Co 코팅, 수명 >5000 시간 ± 500 시간.

광산용 드릴 비트: WC10TiC12Ni 코팅, 수명 >1500m $\pm 100\text{m}$.

PCB 드릴 비트: 나노 WC 코팅, 수명 >10 5 개 구멍 ± 10 4 개 구멍.

요약 및 전망

코팅 및 복합 기술은 공정 최적화, 재료 설계, 그리고 구조 혁신을 통해 초경합금의 내마모성, 내부식성, 그리고 열 피로 저항성을 획기적으로 향상시켜 다양한 분야의 요구를 충족해 왔습니다. 앞으로 지능형 용사, PVD/CVD 복합 코팅, 친환경 코팅, 나노 복합 코팅 등의 개발을 촉진하고 성능과 적용 범위를 더욱 향상시킬 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

시멘트 카바이드 코팅이란 무엇입니까?

1. 정의

경질 합금 코팅은 특수 공정을 통해 기관 표면에 증착되는 코팅입니다. 주요 구성 요소는 경질 합금 재료(예: 탄화물, 질화물 또는 붕화물)와 금속 결합제(예: 코발트 또는 니켈)로 구성된 복합 재료입니다. 경질 합금 코팅은 일반적으로 텅스텐 카바이드(WC), 티타늄 카바이드 (TiC) 또는 크롬 카바이드(Cr3C2)를 주요 경질 상으로 사용합니다. 이러한 코팅은 매우 높은 경도, 내마모성 및 내부식성을 가지며 기관의 표면 특성을 개선하는 데 널리 사용됩니다.

2. 구성

하드 페이즈:

주요성분 : 탄화텅스텐(WC), 탄화티타늄 (TiC), 탄화크롬(Cr3C2) 등
특징: 높은 경도(HV 1000-3000), 높은 녹는점(>2000° C), 우수한 내마모성(Wear Resistance).

바인더 단계:

일반적인 재료: 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe) 또는 이들의 합금.
기능: 단단한 상 입자를 결합하여 인성(Toughness)과 충격 저항성(Impact Resistance)을 제공합니다.

일반적인 비율:

경질상 : 70-90 중량 %(중량백분율).
바인더상: 10-30 중량 %.
예: WC-Co 코팅에서는 WC 가 80~90%를 차지하고 Co 가 10~20%를 차지합니다.

3. 준비 방법

시멘트 카바이드 코팅은 다양한 공정을 통해 기관 표면에 증착될 수 있으며, 일반적인 방법은 다음과 같습니다.

열분사:

행동 양식:

고속 산소 연료(HVOF) 분무: 고속 화염을 사용하여 기관 표면에 분말을 분무합니다.

플라즈마 분무: 분말은 플라즈마 아크에 의해 녹아서 증착됩니다.

화염 분사: 산소-아세틸렌 화염을 사용하여 분사하는 방법.

형질:

코팅 두께: 0.1-2 mm.

접합 강도: 50-80 MPa.

다공성: 1-5%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

물리 기상 증착(PVD):

행동 양식:

마그네트론 스퍼터링.

전자빔 증발법.

형질:

코팅 두께: 1-10 μm .

얇은 층과 매끄러운 표면에 적합합니다.

화학 기상 증착(CVD):

행동 양식:

TiC 또는 TiN 코팅 과 같은 단단한 상은 화학 반응을 통해 기판 표면에 증착됩니다.

형질:

코팅 두께: 5-20 μm .

높은 균일성 (High Uniformity)을 가지지만, 높은 온도가 필요합니다 (High Temperature, 700-1000° C).

레이저 클래딩 :

행동 양식:

시멘트 카바이드 분말은 레이저 빔을 사용하여 용융되어 기판 표면에 증착됩니다.

형질:

코팅 두께: 0.5-3 mm.

높은 접합 강도로 금속 접합에 가깝습니다.

4. 성능 특성

높은 경도:

경도 범위: HV 1000-3000(비커스 경도), 또는 HRC 60-80(로크웰 경도).

예: WC-Co 코팅 경도는 HV 1200-1500 에 도달할 수 있습니다.

내마모성:

경질상(WC 등)은 연마마모와 침식마모에 효과적으로 저항할 수 있습니다.

용도: 절삭 공구와 금형의 수명을 연장합니다.

부식 저항성:

바인더상(예: Ni)은 산성 및 알칼리성 환경에서 코팅의 내식성을 개선할 수 있습니다.

예: Cr3C2-NiCr 코팅은 고온 부식 환경 (High-Temperature Corrosion)에 적합합니다.

고온 저항성:

600~1000° C 에서도 성능을 유지할 수 있으며 고온 조건에 적합합니다.

충격 저항성:

바인더 단계는 어느 정도의 인성을 제공하지만, 전반적인 충격 저항성은 순수한 금속 재료보다 낮습니다.

5. 기판 요구 사항

재료:

일반적인 기본 재료: 강철, 주철, 알루미늄 합금.

요구 사항: 기질은 일정한 강도와 내열성을 가져야 합니다.

표면 준비:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

세척: 오일과 산화물 층을 제거합니다.
거칠기: Ra 3.2-6.3 μm (사포 분사).
표준 참조: ASME B46.1-2009(표면 거칠기 요구 사항).

6. 응용 프로그램

산업용 절삭 공구:

예: WC-Co 코팅은 밀링 커터와 드릴에 사용되어 내마모성과 수명을 향상시킵니다.

금형:

예: 스탬핑 다이는 마모와 접착을 방지하기 위해 Cr3C2-NiCr 로 코팅됩니다.

항공우주:

예: TiC 코팅은 터빈 블레이드에 사용되어 고온 저항성과 내마모성을 향상시킵니다.

석유화학:

예: WC-Ni 코팅은 밸브와 드릴링 도구에 사용되어 침식과 부식을 방지합니다.

광산 장비:

예: WC-Co 코팅은 암석 드릴에서 연마 마모에 대한 저항성을 향상시키는 데 사용됩니다.

7. 테스트 방법

경도 시험:

방법: 록웰 경도(HRC, ISO 6508-1:2016), 비커스 경도(HV, ISO 6507-1:2018).

예: WC-Co 코팅 경도 시험 결과가 HRC 65 또는 HV 1200 입니다.

미세구조 분석:

방법: 주사전자현미경(SEM).

관찰 결과: 경질상의 입자 분포, 다공성.

결합 강도:

방법: 인장 시험, ASTM C633 표준.

예: HVOF 코팅 접합 강도는 70MPa 에 도달할 수 있습니다.

내마모성 테스트:

방법: ASTM G65 (건조 모래/고무 휠 마모 시험).

결과: WC-Co 코팅의 마모율은 0.01 $\text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$ 보다 낮았습니다.

표면 거칠기:

방법: 스타일러스 프로파일로미터, ASME B46.1-2009.

: 코팅 표면 거칠기 Ra 0.8-2.0 μm .

8. 장점과 단점

장점:

높은 경도와 내마모성으로 인해 기관의 수명이 크게 연장됩니다.

내식성과 고온 내구성이 뛰어나 혹독한 작업 조건에 적합합니다.

맞춤형: 경질상과 접착상의 비율을 조절하여 다양한 요구를 충족합니다.

단점:

높은 비용: 예를 들어, HVOF 공정 장비는 비싸고 재료 가격도 높습니다.

취성: 시멘트 카바이드 코팅은 충격 저항성이 약하고 균열이 생기기 쉽습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

두께 제한: 코팅이 너무 두꺼우면 벗겨질 수 있습니다.

9. 일반적인 예

WC-Co 코팅:

구성: WC 88 중량 %, Co 12 중량 %.

공정: HVOF 분무.

성능: 경도 HV 1300, 접합 강도 75 MPa, 우수한 내마모성.

용도: 광산 드릴 비트.

10. 트렌드

나노구조 코팅:

나노-WC 입자는 경도와 인성을 향상시키는 데 사용됩니다.

예: 나노 WC-Co 코팅은 HV 2000의 경도에 도달할 수 있습니다.

다층 코팅:

TiC 등)을 결합하면 전반적인 성능을 향상시킬 수 있습니다.

예: WC-Cr₃C₂ 2 다층 코팅은 고온 내마모성 부품에 사용됩니다.

친환경적 프로세스:

콜드 스프레이와 같은 저에너지, 저배출 증착 기술을 개발합니다.

요약

초경합금 코팅은 고성능 표면 보호 기술로, WC와 같은 탄화물을 경질상으로, Co, Ni와 같은 금속을 접합상으로 사용하여 용사, PVD, CVD 등의 공정을 통해 기판 표면에 증착합니다. 높은 경도, 내마모성, 내부식성을 갖추고 있어 산업용 공구, 금형, 항공우주 등 다양한 분야에 널리 사용되고 있습니다. 주요 과제는 비용, 취성, 공정 복잡성이지만, 나노기술과 다층 구조 설계를 통해 향후 성능이 더욱 향상될 것으로 예상됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경합금 고폭발 분사(DGS) 기술

1. 폭발충 분사 (DGS) 의 정의

폭발 건 스프레이 (DGS) 는 폭발 건 스프레이라고도 하며, 주기적인 폭발 반응을 통해 고온 고압의 가스를 생성하고, 초경합금 분말(예: WC-Co)을 초음속(약 3500m/s)으로 가속하여 기관 표면에 분사하여 고경도, 내마모성 코팅을 형성하는 열용사 기술입니다. 이 기술은 1955년 HB 사전트(Sargent) 등이 발명했으며, 유니언 카바이드(Union Carbide)사에서 "D-Gun"이라는 이름으로 상용화되었습니다.

2. 폭발충 분사 (DGS) 공정 의 원리

DGS는 제어된 폭발 반응을 이용하여 에너지를 공급합니다. 구체적인 단계는 다음과 같습니다.

폭발 반응

폭발충(D-Gun)에서는 혼합가스(산소 O₂와 아세틸렌 C₂H₂등 1 : 1~1.5:1의 비율)에 점화를 시키면 폭발반응이 일어나 고온(약 4000°C) 고압(약 2~3MPa)의 충격파가 발생한다.

충격파의 속도는 3500m/s에 달해 초음속 기류를 형성합니다.

분말 가속 및 증착

초경합금 분말(입자 크기 10-50 μm)을 폭발충에 주입하고 충격파에 의해 초음속(약 800-1200 m/s)으로 가속하여 부분적으로 용융되거나 연화됩니다.

분말 입자는 매우 빠른 속도로 기관 표면에 부딪히고, 소성 변형을 겪고 급격하게 냉각되어 일반적으로 두께가 50~300 μm인 고밀도 코팅을 형성합니다.

주기적 작업

각 폭발 후, 충에 남아 있는 가스는 자연 발화와 역화 현상을 방지하기 위해 질소(N₂)로 정화됩니다.

분무 주파수는 코팅 두께와 소재에 따라 1~10Hz(초당 1~10회 폭발)입니다.

기관 전처리

기관은 사포 분사(Ra 3-5 μm)로 거칠게 만들고 오일과 산화물을 제거하기 위해 세척해야 합니다.

3. 폭발형 분무 (DGS) 에서 시멘트 카바이드 분말의 특성

일반적으로 사용되는 재료:

WC-Co(코발트 함량 6-17% wt) : 경도와 내마모성이 높아 내마모성 코팅에 일반적으로 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Cr₃C₂ - NiCr : 고온 산화에 강하고 고온 환경에 적합합니다.
Al₂O₃ - TiO₂ 등) : 특수한 내마모성 또는 내식성이 요구되는 경우에 사용됩니다.

분말 요구 사항:

입자 크기: 10-50 μm , 균일 한 분무를 보장합니다.
순도: >99%, 산소 함량 <500ppm, 코팅 결함 방지.
형태: 구형 또는 거의 구형으로 가속과 퇴적에 유리합니다.

시멘트 카바이드 분야에서 폭발충 분사 (DGS)의 적용

DGS 기술은 코팅의 높은 접합 강도와 낮은 다공성으로 인해 높은 내마모성과 내부식성이 요구되는 시나리오에서 널리 사용됩니다.

항공우주:

항공기 엔진 부품(터빈 블레이드, 압축기 블레이드 등)에 분무하여 내마모성과 고온 내구성을 강화합니다.

산업 장비:

절삭 공구, 다이, 밸브 및 펌프 본체의 표면을 코팅하여 서비스 수명을 연장합니다.

에너지 산업:

석유 및 가스 시추 장비(드릴 비트 등)에 사용되는 코팅으로 침식과 마모를 방지합니다.

구체적인 예: 항공기 엔진 터빈 블레이드에 WC-12Co 코팅을 분사하면 HV 1100~1300의 경도를 달성하고 내마모성을 5~8 배 향상시킬 수 있습니다.

Spraying) 의 공정 매개변수 DGS)

폭발가스 : O₂ + C₂H₂ (비율 1:1~1.5:1) 또는 소량의 N₂ (5 ~10 %) 를 첨가하여 온도를 조절합니다.

분무 주파수: 1~10Hz, 코팅 두께를 제어합니다.

분무 거리: 150-200mm, 기질이 과열되는 것을 방지하세요.

분말 공급 속도: 20-40g/분으로 균일한 코팅을 보장합니다.

기관 온도: 열영향부(HAZ)를 방지하기 위해 <150° C로 제어됩니다.

퍼지 가스: N₂ , 폭발 후 2~3 초 동안 퍼지합니다.

6. 폭발충 분사 (DGS) 의 특성

고온 고압: 폭발 온도는 약 4000° C 이고 충격과 속도는 3500m/s 로 다른 열 분사 기술보다 훨씬 높습니다.

코팅 성능:

높은 경도: WC-Co 코팅 경도 HV 1100-1400.

접합강도 : 70~100MPa, 주로 기계적 접합, 일부 금속적 접합.

매우 낮은 다공성: <1%, 밀도 높은 코팅.

표면 거칠기: Ra 2-4 μm , 후속 가공 이 덜 필요합니다.

낮은 열 입력: 기관 온도 <150° C, 열영향부(HAZ) 없음, 후열처리(PWHT) 필요 없음.

Spraying) 의 장단점 DGS)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장점:

높은 코팅 품질: 다공성 <1%, 높은 접합 강도, 우수한 내마모성 및 내부식성.

낮은 열 충격: 기관의 열 변형이 없어 정밀 부품에 적합합니다.

강력한 적용성: 다양한 종류의 초경합금 및 세라믹 재료(WC-Co, Al₂O₃ 등)를 분사할 수 있습니다.

후처리 감소: 표면 거칠기가 낮아 후속 처리 비용이 절감됩니다.

단점:

장비가 복잡하다: 폭발충의 설계가 복잡하고 비용이 많이 든다(약 2~300 만 위안).

운영상의 위험: 폭발 반응이 수반되므로 엄격한 안전 조치(역화 방지 및 질소 정화 등)가 필요합니다.

낮은 효율성: 주기적 작동(1~10Hz), 느린 분무 속도(약 0.1~0.3m²/h).

분말 제한: 고강도 분말(WC-Co 등)이 필요합니다. 그렇지 않으면 파손될 수 있습니다.

8. 폭발형 분무 (DGS)와 기타 열 분무 기술의 비교

APS(플라즈마 스프레이)와의 비교:

DGS: 다공성이 낮음(<1% 대 2-5%), 접합 강도가 높음(70-100 MPa 대 30-70 MPa) 그러나 효율성이 낮음.

APS: 고온(15,000° C)으로 다양한 재료에 적합하지만 산화가 더 심합니다.

HVOF(고속 산소 연료 분무)와 비교:

DGS: 코팅이 더 촘촘하고 경도가 더 높습니다(HV 1100-1400 대 800-1200). 하지만 장비가 더 복잡합니다.

HVOF: 분무 속도가 빠르고(0.5-1m²/h), 비용이 낮고 산화가 적습니다.

VPS(진공 플라즈마 분무)와 비교:

DGS: 대기 중에서 작동하며 비용이 저렴하지만 미량 산화가 발생할 수 있습니다.

VPS: 산화가 없고, 기공률이 낮지만, 장비 비용이 높습니다(약 500 만 위안).

요약하다

초경합금 고압 분사(DGS) 기술은 초음속으로 초경합금 분말을 모재에 분사하여 고경도, 저기공성 코팅을 형성하는 폭발 반응을 이용합니다. 이 기술은 항공우주, 산업 장비 및 기타 분야에서 널리 사용됩니다. DGS 기술은 코팅 품질이 우수하고 열 충격이 적다는 장점이 있지만, 장비가 복잡하고 효율이 낮습니다. 폭발 빈도 및 분말 입자 크기 조정과 같은 공정 최적화를 통해 성능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경합금 플라즈마 용사 (APS , 대기 플라즈마 용사) 기술

대기 플라즈마 분무 (APS) 의 정의)

초경합금 플라즈마 용사 (APS , Atmospheric Plasma Spraying) 는 플라즈마 화염을 이용하여 초경합금 분말(예: WC-Co, WC-Ni)을 용융 또는 반응용 상태로 가열한 후, 고속으로 기관 표면에 분사하여 치밀한 초경합금 코팅을 형성하는 용사 기술입니다. 이 공정은 대기 환경에서 수행되므로 "대기 플라즈마 용사"라고 합니다.

대기 플라즈마 분무 (APS) 의 원리

APS 공정은 플라즈마의 고온 및 고에너지 특성을 기반으로 합니다. 주요 단계는 다음과 같습니다.

플라즈마 생성

플라즈마 분무기를 사용하여 불활성 가스(예: 아르곤 Ar) 또는 혼합 가스(예: Ar+H₂) 를 도입 하고 고주파 아크(전압 50~100V, 전류 500~1000A)를 사용하여 가스를 이온화하여 고온 플라즈마(온도는 10,000~15,000° C 에 도달할 수 있음)를 형성합니다.

분말 가열 및 가속

시멘트 카바이드 분말(입자 크기 10-50 μm) 을 분말 공급기를 통해 플라즈마 화염에 공급하고 , 급속히 용융 또는 반응용 상태로 가열한 후 300-600 m/s 로 가속합니다.

코팅 형성

녹은 분말 입자는 기질 표면에 충돌하여 빠르게 냉각되고 응고되어 "스플래시" 코팅(스플랫)을 형성합니다. 이 코팅이 쌓여 일반적으로 두께가 50~500 μm 인 고밀도 코팅을 형성 합니다 .

대기 제어

APS 는 대기 환경에서 작동하며 산화 위험이 있습니다. 코팅 산화를 줄이기 위해 스프레이 건 배출구를 부분적으로 보호하는 데 Ar 과 같은 보호 가스가 종종 사용됩니다.

3. 시멘트 카바이드 플라즈마 용사 (APS , Atmospheric Plasma Spraying) 의 분말 특성

일반적으로 사용되는 재료:

WC-Co(코발트 함량 6-12% wt) : 경도와 내마모성이 높아 내마모성 코팅에 자주 사용됩니다.

WC-Ni: 내식성이 우수하고 산성 환경에 적합합니다.

Cr₃C₂-NiCr : 고온 산화에 강하고 고온 환경에 적합합니다.

분말 요구 사항:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

입자 크기: 10-50 μm 로 유동성 이 좋고 용융이 균일합니다.

순도: >99%, 불순물(O_2 등) <500ppm, 코팅 결함 방지.

형태: 구형 또는 거의 구형으로 균일한 분무에 적합합니다.

시멘트 카바이드 분야에서 의 시멘트 카바이드 플라즈마 용사 (APS , Atmospheric Plasma Spraying) 의 응용

APS 는 내마모성, 내부식성 및 고온 내성을 향상시키기 위해 강재, 스테인리스강, 알루미늄 등의 피막에 초경합금 코팅을 형성하는 데 널리 사용됩니다. 주요 용도는 다음과 같습니다.

산업용 부품:

절삭 공구와 금형의 표면 코팅을 통해 수명을 연장할 수 있습니다.

밸브와 펌프 본체에 코팅을 하면 마모와 부식에 대한 저항성이 강화됩니다.

항공우주:

고온 마모에 강한 터빈 블레이드 코팅.

에너지 산업:

보일러 파이프와 드릴링 장비에 사용되는 코팅으로 침식과 고온 산화를 방지합니다.

구체적인 예: 석유 드릴 비트 표면에 WC-12Co 코팅을 분사하면 HRC 60~65 의 경도를 달성하고 내마모성을 3~5 배 향상시킬 수 있습니다.

5. 시멘트 카바이드 플라즈마 용사 (APS , 대기 플라즈마 용사) 공정 매개변수

플라즈마 가스: Ar (주가스, 30-50 L/분) + H_2 (보조 가스, 5-10 L/분).

전력: 30-50kW(스프레이 건 모델에 따라 다름).

분무 거리: 80-150mm, 코팅의 밀도와 결합 강도에 영향을 미칩니다.

분말 공급 속도: 30-60g/분, 균일한 코팅을 보장합니다.

기관 전처리: 접합 강도를 향상시키기 위한 사포 분사 거칠기(Ra 3-5 μm)

냉각: 기관에는 강제 공기 냉각이나 수냉이 필요하며, 열 응력을 피하기 위해 온도는 200° C 미만으로 제어해야 합니다.

6. 초경합금 플라즈마 용사 (APS , Atmospheric Plasma Spraying) 의 특성

고온 성능: 플라즈마 온도가 매우 높아(10,000~15,000° C) 고용점 시멘트 카바이드(예: WC, 녹는점 2870° C)를 녹일 수 있습니다.

코팅 성능:

높은 경도: WC-Co 코팅의 경도는 HV 900-1200 에 도달할 수 있습니다.

접합 강도: 30-70 MPa(기관 및 공정에 따라 다름).

기공률: 2-5%, 밀도는 높지만 미세기공이 여전히 있습니다.

작동 환경: 대기 중에서 간단한 장비로 수행되며 산업 현장에 적합합니다.

(APS , 대기 플라즈마 용사) 의 장단점

장점:

다양한 기질에 맞게 다양한 초경합금 재료(예: WC-Co, Cr_3C_2 - NiCr) 를 분사할

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수 있습니다.

높은 효율성: 빠른 분무 속도(최대 0.5-1m²/h), 넓은 면적 코팅에 적합합니다.

코팅은 뛰어난 성능을 가지고 있습니다. 경도가 높고, 내마모성이 좋으며, 부품의 수명을 크게 향상시킵니다.

장비 비용은 적당합니다. APS 장비(약 50 만~100 만 위안)는 HVOF(고속 산소 연료 분무)보다 저렴합니다.

단점:

산화 위험: 대기 중에서 작동할 경우 코팅이 산화될 수 있습니다(예: WC가 W₂C로 분해되어 산화물 WO₃ 생성). 이는 성능에 영향을 미칩니다.

높은 기공률: 기공률이 2-5%이면 부식 저항성이 감소하고 후처리(밀봉 등)가 필요할 수 있습니다.

열적 영향: 고온 화염 흐름은 기관의 열 변형을 일으킬 수 있으므로 냉각을 엄격하게 제어해야 합니다.

잔류 응력: 코팅과 기질 사이의 열팽창 계수 차이로 인해 접합에 영향을 미치는 응력 집중이 발생할 수 있습니다.

8. 시멘트 카바이드 플라즈마 용사 (APS , 대기 플라즈마 용사) 와 기타 열 용사 기술 의 비교

HVOF(고속 산소 연료 분무)와 비교:

APS: 고온(15,000° C)으로 녹는점이 높은 재료에 적합하지만 산화가 심하고 기공률이 높습니다(2-5%).

HVOF: 낮은 온도(3000° C), 높은 속도(>1000 m/s), 낮은 산화, 낮은 다공성(<1%)을 가지지만 WC-Co 코팅의 경도는 약간 낮습니다(HV 800-1000).

진공 플라즈마 분무(VPS)와의 비교:

APS: 대기 중에서는 비용이 낮지만 산화 및 다공성 문제가 심각합니다.

VPS: 진공 상태에서 코팅 품질이 더 높습니다(기공률 <1%, 산화 없음). 그러나 장비가 복잡하고 비용이 높습니다(200~500 만 위안).

카바이드 플라즈마 용사(APS)는 고온 플라즈마를 이용하여 카바이드 분말을 기관 표면에 분사하여 고경도, 내마모성 코팅을 형성하는 기술로, 산업 부품, 항공우주 및 기타 분야에 널리 사용됩니다. APS의 장점은 광범위한 적용 가능성과 높은 효율이지만, 산화 및 기공 문제에 유의해야 합니다. 공정 최적화(예: 분사 거리 조정 및 보호 가스 추가)를 통해 코팅 품질을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경합금용 고속 산소연료 분무 기술 (고속 산소 연료 분사, (고주파수대기))

1. 초경합금 고속산소연료분사(HVOF)의 정의

초경합금의 산소 연료 분사(HVOF)는 연료와 산소의 고속 연소를 통해 고온 고압의 기류를 생성하고, 초경합금 분말(예: WC-Co, Cr₃C₂ - NiCr)을 초음속(약 500~1000m/s)으로 가속하여 모재 표면에 분사하여 고경도, 저기공률의 내마모성 피막을 형성하는 용사 기술입니다. 이 기술은 1980년대 브라우닝에 의해 개발되었으며, 우수한 피막 성능으로 널리 사용되고 있습니다.

2. 초경합금 고속산소연료분사(HVOF) 공정의 원리

HVOF 기술은 연료 연소로 생성된 고속 공기 흐름을 사용합니다. 주요 단계는 다음과 같습니다.

연소 및 공기 흐름 가속

총 연소실에서는 연료(등유, 프로판, 수소 등)가 산소와 혼합되어 약 2800~3200°C의 연소 온도에서 점화됩니다.

고압 연소 가스는 라발 노즐을 통해 초음속(500~1000m/s)으로 가속되어 고속 화염 흐름을 형성합니다.

분말 가열 및 분무

시멘트 카바이드 분말(입자 크기 10-45 μm)을 분말 공급기를 통해 화염에 주입하고, 부분적으로 용융되거나 연화(용융점 아래의 온도, 약 1000-1500°C)된 후 초음속으로 가속합니다.

분말 입자는 높은 운동 에너지로 기질에 충돌하여 소성 변형을 겪고 급격하게 냉각되어 일반적으로 두께가 50~400 μm인 고밀도 코팅을 형성합니다.

대기 제어

연소는 화염 속도가 빠른 산소가 풍부한 환경에서 수행되므로 공기 유입이 줄어들고 코팅 산화 정도도 낮아집니다.

기관 전처리

기관은 모래 분사를 통해 거칠게 만들어야 하며(Ra 3-5 μm) 기름과 산화물을 제거하고 접합 강도를 개선하기 위해 세척이 필요합니다.

3. 초경합금 고속산소연료 분무(HVOF) 분말의 특성

일반적으로 사용되는 재료:

WC-Co(코발트 함량 6-17% wt) : 경도와 내마모성이 높아 내마모성 코팅에 일반적으로 사용됩니다.

Cr₃C₂ - NiCr : 고온 산화 및 부식에 강하며 고온 환경에 적합합니다.

NiCrBSi : 자체 용융 합금, 내마모성 및 내부식성이 우수합니다.

분말 요구 사항:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

입자 크기: 10-45 μm , 균일 한 분무를 보장합니다.
순도: >99%, 산소 함량 <500ppm, 코팅 결함 방지.
형태: 구형 또는 거의 구형으로 가속과 퇴적에 유리합니다.

4. 초경합금 고속산소연료 분사(HVOF)의 특성

고속 저열:

화염 속도는 500~1000m/s 로 높고, 입자 운동 에너지는 높지만, 온도는 비교적 낮습니다(1000~1500° C). 이는 초경합금(WC 등)의 분해를 방지합니다.

코팅 특성:

높은 경도: WC-Co 코팅 경도 HV 800-1200.

접합강도 : 50~80MPa, 주로 기계적 접합, 일부 금속적 접합.

다공성은 매우 낮습니다: <1-2%, 코팅은 밀도가 높고 내식성이 강합니다.

표면 거칠기: Ra 3-6 μm , 연마를 통해 최적화할 수 있습니다.

낮은 산화:

초음속 화염 흐름은 공기 유입을 줄이고 코팅의 산화물 함량이 낮습니다(예: WC 가 W_2C 또는 WO_3 로 분해되는 정도가 낮음).

기질의 영향이 적음:

기관 온도는 <200° C 이고, 열영향부(HAZ)가 작으며, 후열처리가 필요 없습니다.

5. 초경합금의 고속산소연료분사(HVOF) 적용

HVOF 는 초경합금 분야에서 널리 사용되며 주로 기관의 내마모성, 내식성 및 고온 저항성을 개선하는 데 사용됩니다.

항공우주:

내마모성과 내부식성을 강화하기 위한 항공기 랜딩 기어 및 터빈 블레이드 코팅.

산업 장비:

절삭 공구, 다이, 밸브 및 펌프 본체의 표면을 코팅하여 서비스 수명을 연장합니다.

에너지 산업:

석유 및 가스 시추 장비(드릴 비트 등)와 보일러 파이프 코팅은 침식과 고온 산화에 강합니다.

제지 및 인쇄:

롤러 표면 코팅(WC-Co 등)은 내마모성과 표면 품질을 향상시킵니다.

구체적인 예:

오일 드릴 비트에 WC-12Co 코팅을 분사하면 경도가 HV 1000-1200 이 되고 내마모성이 4-6 배 증가합니다.

$\text{Cr}_3\text{C}_2 - \text{NiCr}$ 코팅은 최대 800° C 의 온도 저항성과 뛰어난 내식성을 가지고 있습니다.

6. 시멘트 카바이드 고속 산소 연료 분사(HVOF)의 장단점

장점

높은 코팅 품질: 다공성 <1-2%, 높은 접합 강도, 우수한 내마모성 및 내부식성.

낮은 산화성: 화염 속도가 빠르고 산화가 감소하며, 초경합금(WC-Co 등)에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적합합니다.

열 충격이 작음: 기관 온도가 낮아 정밀 부품에 적합합니다.

높은 효율성: 분무 속도 0.5-1 m² / h, 산업 생산에 적합합니다.

단점

높은 장비 비용: HVOF 장비 비용은 약 100~200 만 위안이며 유지 관리가 복잡합니다.

높은 분말 요구 사항: 고강도 분말(WC-Co 등)이 필요합니다. 그렇지 않으면 파손될 수 있습니다.

큰 소음: 초음속 화염은 고데시벨 소음(>120dB)을 발생시키므로 방음 시설이 필요합니다.

두께 한계: 코팅 두께가 >400 μm 이면 균열 이 생기기 쉽기 때문에 여러 겹으로 분무해야 합니다.

7. 시멘트 카바이드 고속 산소 연료 분사(HVOF)와 기타 열 분사 기술의 비교

APS(플라즈마 용사)와의 비교

HVOF: 다공성이 낮고(1-2% 미만 대 2-5%), 산화가 적고, 접합 강도가 높습니다(50-80MPa 대 30-70MPa).

APS: 고온(15,000° C)으로 다양한 재료에 적합하지만 산화가 더 심합니다.

DGS(고폭약 살포)와의 비교

HVOF: 효율성이 더 높고(0.5-1 m²/h 대 0.1-0.3 m²/h) 장비 비용이 더 낮습니다.

DGS: 코팅 경도가 더 높지만(HV 1100-1400 대 800-1200) 작동이 더 복잡합니다.

초경합금 HVOF(고속 산소 연료 분사) 기술은 초음속 화염 흐름을 통해 초경합금 분말을 기관에 분사하여 높은 경도, 낮은 기공률, 우수한 코팅 품질, 낮은 산화 및 낮은 열 충격을 가진 코팅을 형성합니다. 이 기술은 항공우주, 산업 장비 및 에너지 산업에서 널리 사용됩니다. 연료 비율 및 분사 거리 조정과 같은 공정 최적화를 통해 성능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사 (VPS , 진공 플라즈마 용사)

1. 시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사(VPS)의 정의

초경합금의 진공 플라즈마 용사(VPS)는 플라즈마 화염을 이용하여 초경합금 분말(예: WC-Co, Cr₃C₂ - NiCr)을 진공 또는 저압 환경에서 용융 또는 반응용 상태로 가열한 후, 모재 표면에 분사하여 고경도, 저기공률, 비산화 내마모성 코팅을 형성하는 용사 기술입니다. VPS 기술은 1970 년대에 개발되었으며, 매우 우수한 코팅 품질로 인해 수요가 높은 분야에서 널리 사용되고 있습니다.

2. 초경합금 진공 플라즈마 용사(VPS) 공정의 원리

VPS 기술은 플라즈마의 고온 및 진공 환경 특성을 기반으로 합니다. 주요 단계는 다음과 같습니다.

진공 환경:

분무는 압력이 50~200 Pa (0.05~0.2 mbar)로 제어되는 진공 챔버에서 수행되며, 공기는 진공 펌프(기계식 펌프 + 확산 펌프)로 배출되어 산소와 습기가 감소합니다.

플라즈마 생성:

플라즈마 스프레이 건을 사용하여 불활성 가스(예: 아르곤 Ar) 또는 혼합 가스(예: Ar+H₂) 를 주입 하고 , 고주파 아크(전압 50~100V, 전류 600~1200A)로 가스를 이온화시켜 고온 플라즈마(온도 10,000~15,000°C)를 형성합니다.

분말 가열 및 가속:

초경합금 분말(입자 크기 10-50 μm) 을 분말 공급기를 통해 플라즈마 화염에 주입하고 , 급속히 가열하여 용융 또는 반응용 상태로 만들고, 가속 속도를 300-600 m/s 로 높입니다 .

코팅 형성:

녹은 입자는 기질 표면에 부딪히고 급격하게 냉각되어 응고되어 "튀김" 코팅(스플랫)을 형성합니다. 이 코팅이 쌓여 일반적으로 두께가 50~500 μm 인 고밀도 코팅을 형성 합니다 .

대기 제어:

진공 환경(<200 Pa)은 산소가 거의 없어 코팅이 산화되는 것을 방지합니다(예: WC 가 W₂C 또는 WO₃로 분해되는 것) .

3. 시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사(VPS) 금 분말의 특성

일반적으로 사용되는 재료:

WC-Co(코발트 함량 6-12% wt) : 높은 경도와 내마모성을 가지고 있어 내마모성 코팅에 일반적으로 사용됩니다.

Cr₃C₂ - NiCr : 고온 산화 및 부식에 강하며 고온 환경에 적합합니다.

TiC -Ni: 높은 경도로 특수한 내마모성 요구 사항에 적합합니다.

분말 요구 사항:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

입자 크기: 10-50 μm , 균일 한 분무를 보장합니다.
순도: >99.5%, 산소 함량 <300ppm, 코팅 결함 방지.
형태: 구형 또는 거의 구형으로 가속과 퇴적에 유리합니다.

4. 초경합금 진공 플라즈마 용사(VPS)의 특성

산화 없음:

) 이 없어 시멘트 카바이드의 원래 특성을 유지합니다.

코팅 성능:

높은 경도: WC-Co 코팅 경도 HV 1000-1300.

접합강도: 60-90 MPa, 부분 금속 접합, 접합력이 강함.

다공성은 매우 낮습니다: <0.5-1%, 코팅은 밀도가 높고 내식성이 뛰어납니다.

표면 거칠기: Ra 2-4 μm , 후속 가공 이 덜 필요합니다.

고온 성능:

플라즈마 온도는 10,000~15,000° C 로 고융점 시멘트 탄화물(예: WC, 녹는점 2870° C)을 녹일 수 있습니다.

기질의 영향이 적음:

기관 온도는 <200° C 로 제어 가능하며, 열영향부(HAZ)가 작아 정밀부품에 적합합니다.

복잡한 과정:

진공 챔버와 진공 시스템이 필요하므로 작업이 복잡하고 비용이 많이 듭니다.

5. 초경합금에 대한 진공 플라즈마 용사(VPS)의 적용

시멘트 카바이드 분야에서 VPS 의 적용은 주로 고성능 및 고신뢰성 시나리오에 집중되어 있습니다.

항공우주:

고온 마모 및 산화에 강한 터빈 블레이드와 연소실 코팅.

고온 및 진공 환경에서 부식에 강한 우주선 구성품용 코팅입니다.

의료기기:

인공 관절(예: 고관절)의 표면 코팅을 통해 내마모성과 생체적합성을 향상시킵니다.

에너지 산업:

고온 부식 및 마모에 강한 원자력 장비 및 가스터빈 코팅.

고급 산업:

정밀한 금형과 절삭 공구 코팅으로 서비스 수명을 연장합니다.

구체적인 예:

항공 터빈 블레이드에 WC-12Co 코팅을 분무하면 경도가 HV 1100~1300 이 되고, 내마모성이 5~10 배 향상되며, 산화 결함이 발생하지 않습니다.

$\text{Cr}_3\text{C}_2 - \text{NiCr}$ 코팅은 원자력 밸브에 분사되는 코팅으로, 900° C 의 온도를 견딜 수 있으며 내식성이 우수합니다.

6. 시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사(VPS)의 장단점

장점:

코팅 품질은 매우 높습니다. 다공성 <0.5-1%, 산화 없음, 최적의 마모 및 내부식성.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

높은 접합 강도: 60-90 MPa, 부분적인 금속 접합, 코팅이 쉽게 벗겨지지 않습니다.
높은 요구 사항이 적용되는 시나리오에 적합: 항공우주, 의료 등 고성능 분야에 적합합니다.

열 충격이 작음: 기관 온도가 낮아 정밀 부품에 적합합니다.

단점:

장비 비용이 높습니다. VPS 시스템(진공 챔버 포함)은 약 300~500 만 위안이 들고 유지 관리가 복잡합니다.

효율성이 낮음: 진공 청소가 필요함(각 작업마다 30~60 분 소요), 분무 속도는 약 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}^2 / \text{h}$ 임.

복잡한 작업: 진공도와 분위기를 엄격하게 제어해야 하며, 작업자의 기술력도 높아야 합니다.

기관 크기 제한: 진공 챔버의 크기로 인해 대형 부품을 분사하는 것이 어렵습니다.

7. 시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사(VPS)와 기타 열 용사 기술의 비교

APS(플라즈마 스프레이)와의 비교:

VPS: 산화 없음, 낮은 다공성(<0.5-1% 대 2-5%), 높은 접합 강도(60-90 MPa 대 30-70 MPa).

APS: 대기 중에서 작동하며 비용이 낮지만 산화성이 더 강합니다.

HVOF(고속 산소 연료 분무)와 비교:

VPS: 코팅이 더 조밀하고 산화가 없지만 비용이 많이 들고 효율성이 낮습니다.

HVOF: 기공률이 약간 높지만(<1-2%) 장비 비용이 낮고(1-200 만 위안) 효율이 높습니다.

DGS(고폭발물 분무)와 비교:

VPS: 산화가 없어 수요가 높은 시나리오에 적합하지만 효율성은 낮습니다.

DGS: 기공률은 비슷하지만(<1%) 미량 산화가 있을 수 있으며 장비 비용이 약간 낮습니다(2~3 백만 위안).

초경합금 진공 플라즈마 용사(VPS) 기술은 진공 환경에서 초경합금 분말을 플라즈마로 분사하여 고경도, 비산화, 저기공률 코팅을 형성합니다. 코팅 품질이 매우 우수하고 열 충격이 낮은 것이 특징입니다. 항공우주, 의료 및 첨단 산업 분야에서 널리 사용되고 있습니다. 하지만 장비 비용이 높고 효율이 낮아 수요가 높은 환경에 적합합니다. 진공도 및 분사 거리 조정과 같은 공정 최적화를 통해 성능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금 분사기술 비교표

| 기술 이름 | 플라즈마 분무 (APS) | 고폭발물 분무 (DGS) | 고속 산소-연료 분무 (HVOF) | 진공 플라즈마 분무 (VPS) |
|---------|--|---|--|--|
| 정의 | 대기 중에서 플라즈마 화염을 분사하여 내마모성 코팅을 형성합니다. | 경질 합금은 초음속으로 폭발 반응을 통해 분사되어 경도가 높은 코팅을 형성합니다. | 저다공성 코팅은 연료와 산소의 연소를 통해 시멘트 카바이드를 초음파로 분사하여 형성됩니다. | 진공 환경에서 플라즈마 화염을 분사하여 산화되지 않는 코팅을 형성합니다. |
| 프로세스 원리 | Ar 또는 Ar + H ₂ 이온화, 온도 10,000-15,000° C. 분말(10-50 μm)은 300-600 m/s 로 가속됩니다. 대기압 운전, Ar 차폐. | O ₂ + C ₂ H ₂ 폭발, 온도 4000° C, 충격파 3500 m/s. 분말(10-50 μm)은 800-1200 m/s 로 가속됩니다. 주파수 1-10Hz, N ₂ 퍼지. | O ₂ + 등유/프로판 연소, 온도 2800-3200° C. 분말(10-45 μm)은 500-1000 m/s 로 가속됩니다. 라발 노즐. | 진공(50-200 Pa), Ar 또는 Ar+H ₂ 이온화, 온도 10,000-15,000° C. 분말(10-50 μm)은 300-600 m/s 로 가속됩니다. 협기성 환경. |
| 특징 | 고온 성능이 뛰어나고 경도는 HV 900-1200 입니다. 다공성 2-5%, 접합 강도 30-70 MPa. 산화 위험. | 고온 고압, 경도 HV 1100-1400. 다공성 <1%, 접합 강도 70-100 MPa. 열 입력이 낮음. | 고속, 저열, 경도 HV 800-1200. 다공성 <1-2%, 접합 강도 50-80 MPa. 산화도가 낮음. | 산화되지 않음, 경도 HV 1000-1300. 다공성 <0.5-1%, 접합 강도 60-90 MPa. 고온 기능. |
| 애플리케이션 | 절삭 공구, 밸브, 펌프 본체, 터빈날, 보일러 파이프. 예: 드릴 비트 WC-12Co, 내마모성이 3~5 배 증가했습니다. | 터빈 블레이드, 압축기 블레이드, 절삭 공구, 석유 및 가스 드릴 비트. 예: 터빈 블레이드용 WC-12Co는 내마모성이 5~8 배 증가했습니다. | 랜딩기어, 터빈 블레이드, 절삭 공구, 드릴링 장비, 롤러. 예: 드릴 비트 WC-12Co, 내마모성이 4~6 배 증가했습니다. | 터빈 블레이드, 우주선 구성품, 의료용 관절, 원자력 장비. 예: 터빈 블레이드용 WC-12Co는 내마모성이 5~10 배 증가했습니다. |
| 장점과 단점 | 장점: 적용성이 넓고, 효율성이 높음(0.5-1m ² /h), 비용이 적당함(50 만-100 만 위안). 단점: 산화성이 높고, 다공성으로 인해 후처리가 필요하고, 열적 영향이 큼니다. | 장점: 코팅 품질이 높고, 열 영향이 낮으며, 후처리가 적습니다. 단점: 장비가 복잡함(2~300 만 위안), 효율성이 낮음(0.1~0.3m ² /h), 위험성이 높음. | 장점: 코팅 품질이 높고, 산화가 적으며, 효율성이 높습니다(0.5-1m ² /h). 단점: 비용이 많이 들고(100~200 만 위안), 소음이 심하고, 두께가 제한적입니다. | 장점: 코팅 품질이 매우 높고 산화가 일어나지 않으며 높은 요구 사항에 적합합니다. 단점: 비용이 많이 든다(3~500 만 위안), 효율이 낮다(0.3~0.5m ² /h), 규모가 제한적이다. |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 계면 공학

1. 시멘트 카바이드 계면 공학의 의미와 중요성

텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co)를 바인더상으로 하는 초경합금(WC-Co)은 우수한 경도(HV1000 - 1800), 내마모성, 고온 안정성을 갖추고 있어 항공 노즐, 절삭 공구, 전해조 전극 등 고성능 분야에 널리 사용되고 있습니다. 그러나 WC-Co의 성능은 기판 재질뿐만 아니라 계면 특성(예: WC/Co 계면, 코팅/기판 계면)에도 영향을 받습니다. 계면은 재료 내부 또는 표면에서 서로 다른 상(예: WC와 Co, 코팅과 기판) 사이의 미세한 영역이며, 그 화학적 조성, 미세 구조, 그리고 기계적 거동은 재료의 전반적인 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 항공기 노즐의 고온 침식(1000~1600°C)이나 전해 셀의 고부식성 환경(pH 1~14)과 같은 극한 조건에서는 계면 결함(예: 기공, 응력 집중, 접합 강도 부족)으로 인해 마모가 증가하고, 코팅이 벗겨지거나, 촉매 효율이 감소할 수 있습니다.

초경합금 계면 공학은 물리적, 화학적 또는 기계적 방법을 사용하여 계면의 미세 구조, 화학적 결합 및 기계적 특성을 정밀하게 제어하여 재료의 기능성과 내구성을 최적화합니다. 이 기술은 견고하고 안정적인 계면을 구축하고, 기판과 코팅, 그리고 서로 다른 상 간의 시너지 효과를 향상시켜 복잡한 환경에서 초경합금의 성능을 향상시키는 것을 목표로 합니다. 예를 들어, 항공 노즐에서 계면 공학은 코팅 접착력을 향상시키고 노즐 수명을 30~50% 연장할 수 있습니다. 전해조 전극에서 계면의 촉매 활성을 최적화하면 수소 발생 효율을 10~20% 높일 수 있습니다. 계면 공학은 초경합금 성능 혁신의 핵심 요소일 뿐만 아니라 항공, 에너지 및 제조 산업의 기술 발전을 위한 중요한 원동력입니다.

2. 인터페이스 엔지니어링의 주요 목표

계면공학의 핵심은 실제 응용 분야에서 초경합금의 계면 관련 문제를 해결하는 것입니다. 주요 목표는 다음과 같습니다.

인터페이스 접합 강도 향상: 코팅/기질 또는 WC/Co 인터페이스의 접착력을 향상시키고(예: >50N), 벗겨짐이나 균열을 방지하며, 항공 노즐의 고압 침식 요구 사항을 충족합니다.

응력 분포 최적화

$-6 / ^\circ \text{C}$ vs Al_2O_3 $8 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$)는 계면 구배 설계 또는 압축 응력 유도를 통해 완화될 수 있습니다.

내식성 향상

전해 셀 내의 황산 및 수산화칼륨 등)를 차단하기 위해 고밀도 계면을 구축하고 부식 속도를 50~90%까지 줄입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

촉매 활성 향상

전해조 전극에서는 계면 나노구조에 의해 활성 부위가 증가하여 수소/산소 발생에 대한 과전압(50~200 mV)이 감소합니다.

서비스 수명 연장

인터페이스 성능을 포괄적으로 최적화하면 항공 노즐의 수명을 5,000 시간에서 8,000 시간으로 늘리는 등 부품 수명을 20~50% 연장할 수 있습니다.

3. 초경계면 엔지니어링의 주요 기술 방법

원리, 공정 및 응용 측면에서 주요 방법들을 심층적으로 논의합니다.

3.1 인터페이스 구조 설계

WC/Co 계면의 미세구조를 조절함으로써, 시멘트 카바이드 내부상의 상승효과가 최적화됩니다.

입자 크기 제어

초미립 WC 분말(입자 크기 0.2~1 μm)을 사용하고, 1350~1450°C에서 소결 공정을 최적화하여 WC/Co 계면의 입계를 더욱 균일하게 만들고 계면 결합 강도를 20% 향상시켰습니다. 이 방법은 매트릭스의 인성을 향상시키고 항공 노즐의 내충격성 요구를 충족합니다.

인터페이스 도핑

Cr₃C₂ 등) 도입 WC/Co 계면에 VC를 첨가하면 WC 입자 성장을 억제하고, 나노스케일 계면층(두께 10~100nm)을 형성하며, 경도를 5~10%(HV1600~1800) 증가시킵니다. 이 기술은 전해조 전극 매트릭스의 내식성을 향상시킵니다.

3.2 코팅 계면 최적화

코팅과 시멘트 카바이드 기질 사이의 전이층이나 계면 구조를 설계함으로써 접착력과 안정성이 향상됩니다.

그라데이션 코팅

PVD 또는 CVD를 사용하여 다층 코팅(예: TiN / TiCN / Al₂O₃)을 증착하면 열팽창 계수와 경도가 층별로 점진적으로 변화하고 접착력이 30%(>60N) 향상됩니다. 항공기 노즐에서 경사 코팅은 열응력 균열을 줄이고 사용 수명을 40% 연장합니다.

인터페이스 전처리

기판 표면(Ra 0.8-2 μm)을 거칠게 하면 기계적 맞물림 효과가 증가하고 코팅 접착력이 20% 향상됩니다. 이 방법은 RuO₂와 같은 전해 셀 전극 코팅의 장기적인 안정성을 보장합니다. 2) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전환 레이어 디자인

(μm 두께)를 두면 화학적 결합이 향상되고 계면 응력이 감소합니다. 예를 들어, Ti 전이층은 PVD- TiN 코팅에서 접착력을 최대 70N 까지 증가시킵니다.

3.3 매트릭스 인터페이스 수정

물리적 또는 화학적 방법을 통해 WC/Co 계면이나 기관 표면을 직접 수정하여 계면 성능을 개선합니다.

이온 주입

고에너지 이온(예: N^+ 및 C^+)을 기관 표면(깊이 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$)에 주입하여 경화 계면층(경도 HV1500~2000)을 형성하여 내마모성과 내부식성을 향상시킵니다. 전해조 전극에서 N^+ 주입은 염소 발생 효율을 15% 증가시킵니다.

레이저 인터페이스 수정

레이저 빔을 사용하여 기관 표면을 용융시키거나 충격을 가하여 나노스케일 계면 구조(입자 크기 $<100\text{nm}$)를 형성합니다. 이를 통해 경도가 10%(HV1200-1600) 증가합니다. 이 기술은 항공 노즐의 유동 채널에서 마찰 계수(0.1-0.2)를 감소시킵니다.

플라즈마 처리

플라즈마(예: Ar, N_2)는 기관 표면에 충격을 가하여 산화물을 제거하고 압축 응력을 유발하여 계면 접합 강도를 20% 증가시킵니다. 전해조에서 플라즈마 처리는 코팅의 내산성을 향상시킵니다.

4. 인터페이스 엔지니어링의 적용 시나리오

시멘트 카바이드 인터페이스 엔지니어링은 항공 노즐, 전해 셀 및 기타 고성능 분야에서 폭넓은 적용 가치를 보여주었습니다.

항공 노즐

TiN / Al_2O_3 와 같은 구배 코팅은 코팅 /기관 계면을 최적화하고, 접착력을 30% 향상시키며, 고속 기류 침식 시 연료 노즐의 수명을 40%(5,000 시간에서 7,000 시간으로) 연장합니다. 입자 크기 제어는 WC/Co 계면의 인성을 향상시키고 냉각 노즐의 열 피로 저항 요건을 충족합니다.

전해조 전극

이온 주입 및 전이층 설계는 전극 계면의 촉매 활성을 향상시키고, 수소 발생 과전압($100 \sim 150\text{mV}$)을 감소시키며, 효율을 10~15% 향상시킵니다. 예를 들어, PEM 전해조는 N^+ 가 주입된 WC-Co 전극을 사용하여 귀금속 함량을 60% 줄이고 수명을 15,000 시간으로 늘립니다.

절삭 공구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

계면 도핑(Cr_3C_2 등) 으로 WC/Co 계면을 최적화하고, 경도를 5%, 내마모성을 30% 증가시켜 고속 절삭에 적합합니다.

채굴 픽

레이저 인터페이스 개질은 경화층을 형성하여 내마모성을 20% 향상시키고 서비스 수명을 연장합니다.

사례: GE9X 엔진 연료 노즐은 PVD-TiN 구배 코팅을 사용하여 계면 접착력이 70N 이고, 내마모성이 30% 증가하고 연소 효율이 개선되었습니다.

5. 장점과 과제

5.1 장점

성능 혁신

인터페이스 엔지니어링은 코팅 접착력(>50N), 내식성, 촉매 활성을 크게 개선하여 구성 요소 수명을 20~50% 연장하고 효율성을 10~20% 높입니다.

협력적 최적화

WC/Co 또는 코팅/기판 계면을 조절함으로써, 기판과 기능층 간의 상승효과가 향상되어 항공기 노즐과 전해조의 복합적인 작업 조건을 충족합니다.

강력한 유연성

전해조 의 촉매 인터페이스 나 노즐의 내마모성 인터페이스 등 다양한 응용 분야에 맞게 조정될 수 있습니다 .

교차 분야 응용

이 기술은 항공, 에너지, 제조 등 다양한 분야에 적용이 가능하여 광범위한 공학적 가치를 보여줍니다.

5.2 과제

프로세스 복잡성

계면공학은 미세구조(입자 크기, 전이층 두께 등)에 대한 정밀한 제어가 필요하고 장비 및 공정에 대한 요구사항이 높습니다(예: PVD 장비는 1,000~3,000 만 위안).

높은 비용

이온 이식 및 레이저 변형과 같은 기술은 작동 에너지 소비가 높습니다(배치당 500~1000kWh). 이로 인해 대규모 적용이 제한됩니다.

인터페이스 안정성

장기간 고온 또는 부식성 환경에서는 계면이 저하될 수 있으며(코팅이 벗겨지고 촉매 부위가 비활성화되는 등), 계면 설계를 최적화해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 호환성

다양한 상의 열팽창 계수 차이로 인해 계면 균열이 발생할 수 있으며, 이를 해결하기 위해 새로운 전이 물질을 개발해야 합니다.

환경 영향

CVD 와 이온 이식에는 화학 가스나 높은 에너지 소모가 수반되므로 친환경 공정 개선이 필요합니다.

6. 향후 개발 동향

위해 앞으로 다음과 같은 방향에 집중할 수 있습니다.

다중 스케일 인터페이스 디자인

나노스케일 도핑 (<100 nm) 과 마이크론 스케일 전환층 (1 - 10 μm) 을 결합하면 인터페이스 결합과 안정성이 개선되고 내구성이 30 - 50% 증가합니다.

그린 인터페이스 기술

저온 PVD/CVD (<500° C) 또는 플라즈마 강화 공정을 개발하여 에너지 소비를 30~50% 줄이고 화학물질 배출을 줄입니다.

스마트 인터페이스 최적화

AI 와 분자 동역학 시뮬레이션을 활용하면 계면 응력 분포와 촉매 성능을 예측하여 R&D 주기를 30% 단축할 수 있습니다.

복합 합금 인터페이스

MoN / TiN 등) 를 개발하면 전해조 전극 의 효율을 20%까지 높이고 귀금속 사용량을 70%까지 줄일 수 있습니다.

적층 제조 통합

3D 프린팅된 카바이드 기관과 현장 인터페이스 수정을 결합하면 복잡한 부품의 통합 제조가 가능해져 비용을 20~30% 절감할 수 있습니다.

7. 시멘트 카바이드 계면 엔지니어링의 기술적 특성

| 기술 | 작용 기전 | 일반적인 응용 프로그램 | 주요 이점 | 주요 제한 사항 | 적용 효과 |
|----------|--|--------------|------------------|-------------|----------------|
| 입자 크기 제어 | WC/Co 계면 결정립계 최적화 | 노즐, 커터 | 강인함 +20%, 경도 +5% | 소결 공정이 복잡하다 | 노즐 충격 저항성 +30% |
| 인터페이스 도핑 | Cr ₃ C ₂ 와 VC 소개 | 전극, 선택 | 경도 +5 - 10%, 내식성 | 첨가물 관리의 어려움 | 전극 내식성 +20% |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| | | | | | |
|-----------|---|--------|--------------------|---------------------|----------------|
| 그래이션 코팅 | PVD/CVD 다층 전이 | 노즐, 전극 | 접착력 +30%, 열응력 저항성 | 높은 장비 비용 | 노즐 수명 +40% |
| 인터페이스 전처리 | 샌드블라스팅, 화학 에칭 | 전극, 도구 | 접합 강도 +20%, 간단한 공정 | 표면 거칠기 증가 | 전극 안정성 +25% |
| 이온 주입 | N ⁺ , C ⁺ 임베딩 인터페이스 | 전극, 노즐 | 촉매 활성화 +15%, 계면 없음 | 깊이가 제한적이고 비용이 많이 든다 | 수소 발생 효율 +10% |
| 레이저 수정 | 나노스케일 인터페이스 강화 | 노즐, 픽 | 마찰계수 0.1-0.2, 고정밀 | 높은 에너지 소비 | 채널 마모 저항성 +20% |
| 플라즈마 처리 | 산화물 제거, 압축 응력 | 전극, 탱크 | 접합 강도 +20%, 내산성 | 복잡한 장비 | 전극 내식성 +30% |

예시:

작동 메커니즘: 기술의 핵심 메커니즘에 대한 개요.

대표적인 적용 분야: 항공기 노즐, 전기분해 장치 등

장단점: 성능과 한계를 비교하세요.

적용 효과: 노즐과 전해 셀의 기여도를 강조합니다.

데이터 출처: USGS 2024 보고서 및 시멘트 카바이드 기술 표준.

초경합금 계면 엔지니어링은 WC/Co 계면 및 코팅/기관 계면의 미세 구조와 특성을 정밀하게 제어함으로써 항공 노즐 및 전해조 전극과 같은 고성능 응용 분야에 획기적인 솔루션을 제공합니다. 구배 코팅, 이온 주입 및 기타 기술은 계면 결합, 내식성 및 촉매 활성을 크게 향상시켜 노즐 수명을 40% 연장하고 전기분해 효율을 10~20% 향상시킵니다. 공정 복잡성, 비용 및 계면 안정성은 여전히 과제이지만, 다중 스케일 설계, 친환경 공정 및 지능형 최적화의 통합은 이 기술을 새로운 차원으로 끌어올릴 것입니다. 계면 엔지니어링은 초경합금의 성능 향상에 핵심적인 역할을 할 뿐만 아니라 항공, 에너지 및 제조 분야의 지속 가능한 발전에 강력한 원동력을 제공하며, 재료 과학 및 엔지니어링 응용 분야의 깊은 시너지 효과를 보여줍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

초경합금 표면 개질 기술

1. 초경합금 표면개질의 의미와 중요성

초경합금(WC-Co)은 텅스텐 카바이드(WC)를 경질 기지로 하고 코발트(Co)를 결합체로 사용합니다. 우수한 경도(HV1000 - 1800), 내마모성, 고온 안정성을 갖추고 있어 절삭 공구, 광산용 픽, 항공 노즐 등 고성능 분야의 핵심 소재로 자리 잡았습니다. 그러나 고온 가스 침식(1000 - 1600° C), 고압 충격(10 - 30 MPa) 또는 항공 노즐이 받는 연료 황화물 부식과 같은 극한의 작업 조건에서는 초경합금 표면이 마모, 산화 또는 피로 파괴를 겪어 수명과 신뢰성이 저하될 수 있습니다. 초경합금 표면 개질 기술은 물리적, 화학적 또는 기계적 수단을 사용하여 표면층의 화학적 조성, 미세 구조 또는 물리적 특성을 정밀하게 제어함으로써 기지 재료의 우수한 기계적 특성을 유지하면서 표면 성능을 크게 향상시킵니다. 이 기술은 부품의 수명을 연장하는 데 핵심적인 역할을 할 뿐만 아니라, 항공 및 제조와 같은 산업의 기술 발전을 촉진하는 중요한 원동력이기도 합니다.

표면 개질의 핵심 목표는 특정 환경에서 초경합금의 성능을 최적화하는 것입니다. 예를 들어, 항공 노즐의 경우, 표면 개질을 통해 고속 기류 정련에 대처할 수 있도록 내마모성을 향상시키고, 연료 화학 물질 침식을 방지할 수 있도록 내부식성을 개선하며, 연소실의 극한 조건에 적응할 수 있도록 고온 내성을 향상시킬 수 있습니다. 이러한 개선은 노즐의 수명을 5,000 시간에서 8,000 시간으로 연장할 뿐만 아니라 연소 효율(5~10%)을 향상시켜 항공 엔진의 에너지 절약, 배기가스 저감 및 성능 최적화를 지원합니다. 또한, 표면 개질 기술은 마찰 계수를 낮추거나 피로 저항성을 향상시켜 절삭 공구 및 금형과 같은 다양한 응용 분야의 요구를 더욱 충족할 수 있으며, 이는 광범위한 엔지니어링 가치를 입증합니다. (웹:9, 23)

2. 초경합금 표면개질기술의 주요 접근방식

초경합금 표면 개질 기술은 표면 코팅 기술, 표면 화학적 개질, 그리고 표면 기계적 개질의 세 가지 범주로 구성됩니다. 각 기술은 다양한 작용 기전을 통해 초경합금 표면에 특정 기능을 부여하여 복잡한 작업 조건의 까다로운 조건을 충족합니다. 아래에서는 공정 원리, 적용 시나리오 및 효과 측면에서 각 기술의 특성을 심층적으로 논의합니다.

2.1 표면 코팅 기술: 보호 장벽 구축

표면 코팅 기술은 초경합금 표면에 세라믹, 금속 또는 복합재와 같은 기능성 소재를 한 겹 이상 증착하여 기관에 보호막을 형성하고, 내마모성, 내부식성 및 고온 내성을 크게 향상시킵니다. 이 기술은 고온 침식 및 화학적 부식에 효과적으로 대응할 수 있기 때문에 항공 노즐에 특히 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

물리 기상 증착(PVD)

PVD 는 진공 환경에서 물리적 공정(스퍼터링이나 증발 등)을 사용하여 코팅 재료(티타늄 질화물 TiN 및 알루미늄 산화물 Al₂O₃ 등)를 원자 또는 분자 형태로 시멘트 카바이드 표면에 증착하여 두께 1~10 μm의 필름을 형성합니다. PVD 공정 온도는 낮아(200~500° C) 기관 성능 저하를 방지합니다. 코팅 경도는 HV2000~3000에 도달할 수 있으며 접착력이 강합니다(>50N). 항공기 노즐에서 TiN 코팅은 연료 노즐의 내마모성을 크게 개선하여 고속 기류 정련에서 수명을 30% 연장할 수 있습니다. 그러나 PVD 코팅은 얇고 극심한 충격에 의해 벗겨질 수 있으므로 고하중 조건에서의 적용이 제한됩니다.

화학 기상 증착(CVD)

CVD는 기체 전구체(예: 사염화티타늄 TiCl₄)를 고체 코팅(예: 탄화티타늄 TiC)으로 변환합니다. 고온(800~1000° C) 화학 반응을 통해 5~20 μm 두께의 Al₂O₃ 코팅을 형성합니다. CVD 코팅은 두껍고 치밀하여 특히 고온 환경에 적합합니다. 예를 들어 터보팬 엔진 냉각 노즐의 Al₂O₃ 코팅은 1500° C의 고온을 견뎌내고 산화 부식을 방지할 수 있습니다. 그러나 고온 공정은 기관 코발트 상이 연화되어 공정 제어가 어려워지고 장비 비용이 높아질 수 있습니다(약 1천만~3천만 위안).

열분사는 용융 또는 반응용 물질(예: WC-Co, 탄화크롬 Cr₃C₂)을 고속으로 분사하여 표면에 50~500 μm 두께의 코팅을 형성합니다

. 이 기술은 가스터빈 노즐의 목과 같은 대형 부품에 적합하며, 두꺼운 코팅은 고속 가스 침식에 효과적으로 저항할 수 있습니다. 그러나 열분사 코팅은 접합 강도(20~40MPa)가 낮고 표면이 거칠기(Ra 2~5 μm) 때문에 항공 노즐의 정밀 요구 사항(예: Ra < 0.4 μm)을 충족하려면 후속 가공이 필요 합니다 .

2.2 표면 화학적 변형: 표면 구조 재형성

표면 화학적 개질은 새로운 원소를 도입하거나 표면층의 화학적 조성을 변화시켜 초경합금의 표면 특성을 향상시킵니다. 이 방법은 재료 표면에 직접 작용하여 모재와 완벽하게 접합되는 개질층을 형성하며, 특히 고정밀 부품에 적합합니다.

이온 주입은

고 에너지 이온 빔(예: 질소 N⁺, 탄소 C⁺)을 사용하여 표면에 충격을 가하여 이온을 표면층(깊이 0.1~1 μm)에 매립하고, 경화 된 화합물(예: WN, WC)을 형성하여 경도(HV1500~2000)와 내마모성을 향상시킵니다. 이온 주입은 눈에 띄는 코팅 계면이 없으며 기관의 특성을 유지합니다. 항공 노즐의 미세 기공 표면의 내마모성 강화에 적합하며, 내마모성을 20%까지 향상시킬 수 있습니다. 그러나 제한된 수정 깊이와 높은 장비 비용(약 1천만 위안)으로 인해 대면적 부품에 적용하기에는 제한적입니다.

화학 열처리(침탄, 질화)

화학 열처리는 고온(800~1000° C)을 이용하여 탄소 또는 질소 원자를 표면에 침투시켜 경질 화합물층(두께 10~100 μm)을 형성합니다. 질화 된 초경합금의 표면

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도는 HV1500~2000 에 도달할 수 있으며, 내마모성이 크게 향상되어 광산용 곡괭이 또는 항공 노즐의 내마모성 부품에 적합합니다. 그러나 고온은 기지의 인성을 저하시킬 수 있으므로, 성능의 균형을 맞추기 위해 공정 변수를 정밀하게 제어해야 합니다.

2.3 표면 기계적 변형: 형태 및 응력 최적화

표면 기계적 개질은 물리적 작용을 통해 표면 형태나 응력 상태를 변화시켜 피로 저항성이나 내마모성을 향상시키는 방법입니다. 이 방법은 공정이 간단하고 비용이 저렴하며 다양한 작업 조건에 적합합니다.

쇼트 피닝

은 고속 발사체(강철 쇼트 및 세라믹 쇼트 등)를 사용하여 표면에 충격을 가하여 압축 응력을 발생시키고 피로 저항성을 향상시킵니다. 쇼트 피닝은 항공기 노즐 유동 채널의 피로 수명을 30%까지 연장할 수 있으며, 특히 반복 열응력을 받는 부품에 적합합니다. 그러나 쇼트 피닝은 표면 거칠기(R_a 0.8-2 μm) 를 증가시켜 유체 효율에 영향을 미치고 후속 연마가 필요할 수 있습니다.

레이저

표면 개질은 레이저 빔을 사용하여 표면을 용융시키거나 충격을 가하여 경화층(깊이 0.1~1mm) 또는 마이크로나노 구조를 형성하고, 경도(HV1200~1600)를 높이며 마찰 계수(0.1~0.2)를 감소시킵니다. 항공 노즐의 미세 기공 표면에서 레이저 개질은 유체 역학을 최적화하고 접착제 마모를 줄일 수 있습니다. 그러나 레이저 장비는 고가(약 500 만 위안)이고 많은 에너지를 소모하기 때문에 운영 비용을 절감하기 위해 공정을 최적화해야 합니다.

3. 항공 노즐에서의 시멘트 카바이드 표면 개질의 적용

항공기 엔진(터보팬, 터보샤프트)과 가스터빈의 핵심 부품인 항공 노즐은 고온, 고압 및 부식성 환경에서 안정적으로 작동해야 합니다. 초경합금 표면 개질 기술은 내마모성, 내부식성 및 고온 내성을 향상시켜 노즐의 성능과 수명을 크게 향상시킵니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

연료 노즐

PVD-TiN 코팅을 적용하여 내마모성을 30% 향상시키고, 사용 수명을 5,000 시간에서 7,000 시간으로 늘리고, 연소 효율을 5% 높였습니다.

냉각 노즐

CVD- Al_2O_3 코팅은 터보팬 엔진 냉각구 노즐에 사용됩니다. 1500° C 의 고온을 견뎌내고 산화 부식을 줄이며 유지보수 주기를 30 % 연장할 수 있습니다.

노즐 스포트

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열분사 WC-Co 코팅은 가스터빈 노즐에 사용되어 고속 가스 침식을 방지하고 사용 수명을 20% 연장합니다.

유동 채널 표면: 샷피닝과 레이저 개질로 유동 채널의 피로 저항성이 향상되고, 반복 열 응력에 적응하며, 피로 수명이 30% 증가합니다.

이러한 응용 프로그램은 노즐의 신뢰성을 향상시킬 뿐만 아니라 엔진의 연료 효율성과 배출 성능을 최적화하여 항공 산업의 지속 가능한 발전에 기여합니다. ? web:9? .

4. 초경 표면 개질 기술의 장점 및 한계

시멘트 카바이드 표면 개질 기술은 고성능 부품의 성능을 크게 향상시키지만 다음과 같은 한계도 있습니다.

시멘트 카바이드 표면 개질 기술의 장점:

성능 최적화

내마모성, 내부식성, 고온 내구성이 20~50% 향상되어 부품 수명이 연장되고 항공 노즐과 같은 혹독한 작업 조건을 충족합니다.

기판 보호

이러한 개질은 표면에만 작용하여 WC-Co 매트릭스의 뛰어난 강도(2000~2500 MPa)와 인성을 유지합니다.

유연한 사용자 정의

박막 코팅(PVD)에서 두꺼운 코팅(열 분무), 경화층(이온 이식)에서 마이크로 나노 구조화(레이저)에 이르기까지 요구 사항에 맞게 기술을 선택할 수 있습니다.

시멘트 카바이드 표면 개질 기술의 한계:

높은 비용

설비 투자 비용이 크고(예: PVD/CVD 로는 1,000 만~3,000 만 위안) 운영 에너지 소비량이 높습니다(배치당 500~1,000kWh).

복잡한 과정

(CVD 온도, 이온 주입량 등의) 매개변수는 정밀하게 제어되어야 하며, 기판의 표면 상태가 효과에 영향을 미칩니다.

적용 제한 사항

얇은 코팅(PVD 1~10 μm)은 심한 침식에 의해 벗겨지기 쉽고, 화학적 개질 깊이(0.1~100 μm)는 장기 마모에 대처하기에 충분하지 않습니다.

5. 초경 표면 개질 기술의 과제

시멘트 카바이드 표면 개질 기술은 항공 노즐과 같은 분야에서 큰 잠재력을 보여주었지만, 여전히 다음과 같은 과제에 직면해 있습니다 .

경제적이다

고성능 장비와 공정의 비용으로 인해 중소기업, 특히 대량 생산 분야에서는 적용이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제한적입니다. 대량 생산 분야에서는 성능과 비용의 균형을 맞춰야 하기 때문입니다.

안정성과 신뢰성

코팅 접착력 (20~50MPa)이나 개질층의 균일성은 기관 표면의 청결도와 거칠기에 영향을 받으며, 전처리 기술을 개선할 필요가 있다.

극한의 작업 조건에 대한 적응성

고온 침식과 반복 응력 하에서 항공 노즐의 장기 성능은 여전히 검증이 필요하며, 얇은 코팅의 벗겨짐이나 변형된 층의 마모는 주요 병목 현상입니다.

환경적 지속 가능성

CVD에는 화학 가스 배출이 수반되고, 열 분사 및 레이저 변형에는 에너지 소비가 많으며, 환경 보호 요구 사항을 충족하기 위해 친환경 공정을 개발해야 합니다.

재료 호환성

개질층과 WC-Co 매트릭스 사이의 열팽창 계수 차이(예: Al_2O_3 $8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 대 WC-Co $5-7 \times 10^{-6}/^{\circ}C$)는 열응력 균열을 유발할 수 있으므로 인터페이스 설계를 최적화해야 합니다.

6. 초경 표면개질 기술의 미래 발전 방향

위해 앞으로 다음과 같은 방향으로 획기적인 발전을 이룰 수 있습니다.

다층 복합 코팅

TiN / Al_2O_3 / TiC 등) 는 높은 경도와 높은 인성을 결합하여 내마모성을 50%, 내박리성을 30% 향상시켜 항공 노즐의 복잡한 작업 조건을 충족합니다.

녹색 프로세스 혁신

저온 CVD($<600^{\circ}C$) 또는 플라즈마 강화 PVD를 촉진하여 에너지 소비를 30~50%까지 줄이고, 환경 친화적인 전구체를 개발하여 화학 물질 배출을 줄입니다.

스마트한 표면 디자인

, DLC 등)을 통해 마찰 계수를 0.1 이하로 낮춰 노즐 유체 효율을 향상시킬 수 있습니다.

적층 제조 통합

3D 프린팅된 카바이드 기관을 표면 개질(예: 현장 레이저 개질)과 결합하면 복잡한 부품을 통합적으로 제조할 수 있으며 비용을 20~30% 절감할 수 있습니다.

데이터 기반 최적화

인공지능과 분자 동역학 시뮬레이션을 활용하여 코팅 성능과 수명을 예측하고, R&D 주기를 30% 단축하고, 기술 반복을 가속화합니다.

7. 요약

초경합금 표면개질의 기술적 특성

| 기술 | 작용 기전 | 일반적인 응용 | 주요 이점 | 주요 제한 사항 | 항공 노즐 효과 |
|----|-------|---------|-------|----------|----------|
|----|-------|---------|-------|----------|----------|

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| | | 프로그램 | | | |
|--------|-------------------|-----------------|------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| PVD | 물리적 증착 박막 1-10 | 절삭 공구, 노즐 미세 가공 | 고경도 HV2000~3000, 저온 공정 | 코팅이 얇아 충격 저항성이 약함 | 연료 노즐 마모 저항성 +30%, 수명 7000 시간 |
| CVD | 화학 증착 두꺼운 코팅 5-20 | 노즐, 픽 | 고온 저항성 1500° C, 내식성 | 고온은 기관을 손상시키고 비용이 많이 듭니다. | 냉각 노즐 온도 저항 1500° C, 유지 보수 주기 +30% |
| 열 분무 | 두꺼운 코팅 분무 50~500 | 노즐 스포트, 곱팡이 | 침식 방지, 코팅 | 두꺼운 코팅이 약하고 정밀도가 낮음 | 가스터빈 노즐 수명 +20% |
| 이온 주입 | 이온 삽입 경화층 0.1-1 | 칼, 노즐 | 인터페이스 없음, 높은 정밀도 | 제한된 깊이와 장비 | 미세기공 내마모성 +20% |
| 화학 열처리 | 침탄/질화 경화 10-100 | 픽, 노즐 | 높은 경도, 적당한 비용 | 고온은 인성에 영향을 미칩니다. | 내마모성 부품의 경도: HV1500-2000 |
| 샷피닝 | 발사체에 의한 압축 응력 | 노즐 흐름 채널 | 피로 방지, 저렴한 가격 | 저렴한 거칠기 증가 | 러너 피로 수명 +30% |
| 레이저 수정 | 레이저 경화/마이크로나노구조 | 노즐, 금형 | 높은 정밀도와 낮은 마찰 | 높은 에너지 소모와 높은 비용 | 미세기공 마찰계수 0.1-0.2 |

예시:

작동 메커니즘: 기술의 핵심 원리에 대한 개요.

일반적인 응용 분야: 주요 사용 시나리오를 나열하세요.

장단점: 성능과 한계를 비교하세요.

에어로 노즐 효과: 노즐의 특정 기여를 강조합니다.

데이터 출처: USGS 2024 보고서 및 시멘트 카바이드 기술 표준 ? 웹:9,23 ? .

결론적으로

초경합금 표면 개질 기술은 정교한 코팅, 화학적 또는 기계적 처리를 통해 WC-Co 소재에 탁월한 내마모성, 내부식성, 그리고 고온 내성을 부여하여 항공 노즐 및 절삭 공구와 같은 고성능 분야에서 빛을 발합니다. 항공 노즐에서 PVD 및 CVD 코팅은 고온 침식, 슛 피닝, 그리고 레이저 개질을 효과적으로 처리하여 피로 저항성을 크게 향상시키고, 부품 수명을 20~50%까지 연장하며, 연소 효율을 5~10% 최적화합니다. 높은 비용, 복잡한 공정, 그리고 극한 작업 조건에 대한 적응성은 여전히 과제이지만, 다층 복합 코팅, 친환경 공정, 그리고 적층 제조의 통합은 기술을 한 단계 더 발전시킬 것입니다. 초경합금 표면 개질 기술은 재료 과학 혁신의 선두주자일 뿐만 아니라, 항공 산업의 효율적이고 신뢰할 수 있으며 지속 가능한 발전에 강력한 원동력을 제공하며, 과학과 공학의 긴밀한 통합을 보여줍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

전해조에서의 초경합금 나노복합 코팅의 적용

1. 초경합금 및 나노복합코팅의 배경

텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co)를 바인더상으로 하는 초경합금(WC-Co)은 높은 경도(HV1000 - 1800), 뛰어난 내마모성, 고온 안정성으로 인해 항공 노즐, 절삭 공구, 산업용 내마모성 부품에 널리 사용됩니다. 그러나 강산 및 강알칼리 전해질(pH 1 - 14), 고온(50 - 80° C) 및 높은 전류 밀도(0.1 - 10 A/cm²)와 같은 전해조와 같은 극한 환경에서 초경합금 표면은 부식, 마모 또는 촉매 성능 부족과 같은 문제에 직면할 수 있습니다. 첨단 표면 개질 기술인 나노복합 코팅은 나노스케일 입자(예: SiC)를 결합하여 초경합금 표면의 내식성, 촉매 활성 및 기계적 특성을 크게 개선합니다. 금속이나 세라믹 매트릭스와 함께 TiO₂, CNT) 또는 박막(두께 1~100nm)을 사용하여 전해조의 전극, 탱크 또는 내식성 부품에 이상적인 솔루션을 제공합니다.

전해조에 나노복합 코팅을 적용하는 것은 주로 전극의 전기 촉매 효율 향상, 내식성 수명 연장, 그리고 백금 및 이리듐과 같은 귀금속 사용량 절감에 중점을 두고 있습니다. 예를 들어, 수소 전해조(예: PEM 전해조)에서 나노복합 코팅은 높은 촉매 활성을 유지하면서 백금 함량을 10~40 배까지 줄일 수 있습니다. 항공 노즐 분야에서도 유사한 기술이 내마모성과 내식성을 향상시키는 데 사용되어 극한 작업 조건에서도 폭넓은 적용 가능성을 보여줍니다.

정밀한 코팅 설계를 통해 시멘트 카바이드 나노복합 코팅은 전해 셀의 성능을 최적화할 뿐만 아니라, 녹색 에너지 기술의 지속 가능한 개발을 촉진합니다.

2. 초경나노복합코팅의 특성

나노복합 코팅은 최소 두 개의 서로 섞이지 않는 상(예: 금속 매트릭스와 나노입자)으로 구성되며, 계면 영역은 나노스케일 구조(입자 또는 입자 크기 <100nm)를 갖습니다. 나노복합 코팅의 고유한 특성은 작은 크기 효과, 계면 강화, 양자 효과 등 나노 효과의 시너지 효과에서 비롯됩니다. 주요 특징은 다음과 같습니다.

높은 경도와 내마모성

나노입자(예: SiC, Al₂O₃)가 매트릭스에 매립되어(예: Ni-P, WC-Co) 경도가 최대 HV2000~3000 이고 내마모성이 30~50% 증가하여 전해조 전극이 받는 기계적 마모에 적합합니다.

우수한 내식성

나노코팅(TiN, MoN 등)의 치밀한 구조와 화학적 불활성은 부식성 전해질(황산, 수산화칼륨 등)을 효과적으로 차단하여 부식 속도를 50~90%까지 감소시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고효율 전기 촉매

나노스케일 활성 부위(예: RuO₂ 및 IrO₂)는 표면 반응 면적을 늘리고, 수소/산소 발생 과전압(50~200mV)을 낮추고, 전기분해 효율을 10~20% 향상시킵니다.

열 안정성

코팅은 50~80°C의 전해조 작동 온도에서 안정적으로 유지되며 일부 코팅(예: Al₂O₃ - TiO₂)는 더 높은 온도(>200°C)를 견딜 수 있습니다.

귀금속 의존도 낮음

MoN, CNT 등)를 사용하면 비용을 50~80%까지 절감할 수 있어 친환경 제조의 요구를 충족합니다.

전해조 전극과 내식성 부품, 특히 수소 에너지 생산(예: 물 전기 분해) 및 염소-알칼리 산업에 이상적입니다.

3. 제조 방법

초경합금 나노복합 코팅을 제조하려면 코팅 균일성, 접착력, 그리고 나노구조의 정밀한 제어를 고려해야 합니다. 다음은 전해조의 적용 특성과 함께 분석된 주요 방법들입니다.

3.1 물리 기상 증착(PVD)

TiN과 ZrO₂)를 스퍼터링 또는 증착법을 이용하여 초경합금 표면에 증착하여 1~10 μm 두께의 피막을 형성합니다. 공정 온도가 낮아(200~500°C) 전해조 전극용 정밀 코팅을 제조하는 데 적합합니다. PVD 코팅은 높은 경도(HV2000~3000)와 강한 접착력(>50 N)을 가지고 있습니다. 이 코팅은 PEM 전해조에 TiN 코팅을 증착하여 전극의 내식성과 촉매 활성을 향상시키는 데 사용됩니다. 그러나 PVD 코팅은 얇고 고하중 마모에 대한 저항성이 제한적입니다.

3.2 화학 기상 증착(CVD)

는 고온(600~1000°C) 화학 반응을 통해 TiC 또는 Al₂O₃ - TiO₂와 같은 두꺼운 코팅(5~20 μm)을 증착합니다. 이는 전해조 본체 또는 전극의 부식 방지에 적합합니다. CVD 코팅은 치밀하고 고온 내성이 뛰어나지만, 고온에서 초경합금의 코발트 상이 연화될 수 있으므로 증착 온도를 낮추기 위해 공정을 최적화해야 합니다. 염소-알칼리 전해조는 종종 CVD-RuO₂ 코팅 전극을 사용하는데, 이는 염소 발생 효율을 15% 증가시킵니다.

3.3 무전해 도금

무전해 도금은 화학적 환원을 통해 초경합금 표면에 Ni-P 기반 나노복합 코팅을 증착하고, SiC, CNT와 같은 나노입자를 매립합니다. 코팅 두께는 5~50 μm로 조절 가능하며, 균일도가 높아 복잡한 형상의 전극에 적합합니다. 열처리 후, Ni₃P

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상이 결정화되어 경도가 HV1500~2000 으로 증가하고 내마모성이 30% 향상됩니다. 전해조에서는 Ni-P/ SiC 코팅을 사용하여 내식성 전극을 제작하며, PVD/CVD 보다 비용이 저렴합니다.

3.4 전착

전기 도금은 전기화학 반응을 통해 나노입자(예: Al_2O_3) 로 도핑된 Co-P 또는 Ni-P 기반 나노복합 코팅을 증착합니다. TiO_2) . 공정이 간단하고 비용이 저렴하며(장비는 약 100 만~500 만 위안), 대량 생산에 적합합니다. Co-P/ Al_2O_3 코팅은 전해조 전극에서 높은 내식성을 나타내어 부식률을 70%까지 감소시킵니다. 그러나 전착 코팅의 균일성은 전류 밀도의 영향을 받기 때문에 공정 매개변수를 최적화해야 합니다.

3.5 플라즈마 전해 산화(PEO)

Al_2O_3)를 전해질에 고전압(350~500V) 으로 3 ~ 10 μm 두께로 코팅하여 초경합금 탱크나 전극의 부식 방지에 적합합니다. PEO 코팅은 기공률이 낮고 내식성이 우수하여 알칼리 전해조(예: KOH 전해액)에 적합합니다. 나노입자(예: V_2O_5) 를 첨가하면 전기 촉매 성능을 더욱 향상시켜 COD 제거율을 90%까지 높일 수 있습니다.

4. 전해조의 적용 시나리오

초경합금 나노복합 코팅은 주로 전해조의 전극, 탱크 본체 및 내식성 부품에 사용됩니다. 일반적인 용도는 다음과 같습니다.

수소 전해조 (PEM, 알칼리 전해조)

MoN 및 Ni-P/CNT 등)은 전극에 사용되어 수소 발생 과전압(100~150mV)을 낮추고, 백금 부하를 10~40 배 줄이며, 전기분해 효율을 15% 향상시킵니다. 예를 들어, Naco Technologies 의 MoN 코팅은 PEM 전해조 분야에서 1위를 차지 하며 내구성을 30% 향상시킵니다.

염소-알칼리 산업

RuO_2 또는 IrO_2 나노코팅 전극을 염소발생 반응 에 사용 하면 촉매효율이 20% 증가하고, 강한 알칼리부식저항성(pH 14)이 생기고, 수명이 50 % 연장됩니다.

전기분해 수처리

Ni-P/ SiC 코팅 전극은 하수 처리 전해조 에 사용되며 , COD 제거율은 95%이고 기존 전극보다 더 나은 산 저항성(pH 1~3)을 가지고 있습니다.

항공 관련 전기분해

항공기 제조에서는 전해 전지를 사용하여 표면 처리(예: 양극 산화)를 실시하고, 나노 복합 코팅(예: TiN) 을 통해 전극을 보호하여 내마모성을 30% 증가시킵니다. 이는 항공기 노즐의 내식성 요구 사항과 일치합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사례: PEM 전해조는 Ni-P/ TiO₂ 나노복합 코팅 전극을 사용하여 수소 발생 효율을 10% 높이고, 사용 수명을 10,000 시간에서 15,000 시간으로 늘리고, 귀금속 사용량을 60% 줄이고, 수소 생산 비용을 크게 절감합니다.

5. 장점과 과제

5.1 장점

우수한 성능

나노코팅은 경도(HV2000~3000), 내식성, 촉매 활성이 기존 코팅에 비해 훨씬 뛰어나며, 전기분해 효율이 10~20% 증가합니다.

비용 절감

귀금속(Pt, Ir 등) 사용을 줄이고, 생산 비용을 50~80% 절감하며, 대규모 친환경 에너지 응용 분야에 적합합니다.

높은 균일성

무전해 증착 및 PEO 기술은 미세채널이나 다공성 구조에 적합한 복잡한 전극의 균일한 코팅을 가능하게 합니다.

환경 친화적

나노 코팅은 전극 수명을 연장하고, 교체 빈도를 줄이며, 자원 소비와 폐기물 배출을 줄입니다.

5.2 과제

준비 비용

PVD/CVD 장비는 가격이 비싸고(1,000 만~3,000 만 위안) 운영 에너지 소모가 많아(배치당 500~1,000kWh) 중소 규모 적용에 제약이 따른다.

코팅 안정성

나노코팅은 장기간 높은 전류 밀도에서 벗겨질 수 있으며 접착력(20~50MPa)을 더욱 개선해야 합니다.

프로세스 복잡성

나노입자 분산 및 코팅 균일성은 기관의 표면 상태에 영향을 받으며 엄격한 전처리가 필요합니다.

환경 영향

CVD는 화학가스를 배출하고, 무전해증착폐액 처리비용이 높기 때문에 친환경 공정을 개발해야 합니다.

나노독성

일부 나노입자(예: CNT)는 환경에 독성이 있을 수 있으므로 무독성 재료(예: SiC 및 Al₂O₃)를 선택해야 합니다.

6. 향후 발전 방향

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

위해 앞으로 다음과 같은 방향에 집중할 수 있습니다.

다기능 복합 코팅

높은 촉매 활성과 내식성을 결합한 다층 나노 코팅(예: TiN / RuO₂ / MoN) 을 개발하여 전기 분해 효율을 20~30% 증가시킵니다.

녹색 준비 기술

저온 CVD(<500° C) 또는 플라즈마 강화 무전해 증착을 촉진하여 에너지 소비를 30~50% 줄이고 화학 폐기물을 줄입니다.

나노입자 최적화

무독성 나노입자(SiO₂ , TiO 등)를 사용하여 2) 귀금속을 대체하면 환경 안전성을 향상시키면서 비용을 50% 절감할 수 있습니다.

적층 제조 통합

3D 프린팅 카바이드 전극과 나노코팅의 현장 증착을 결합하면 복잡한 구조의 통합 제조가 가능해져 비용이 20% 절감됩니다.

지능형 모니터링 및 설계

AI 와 분자 동역학 시뮬레이션을 통해 코팅 구조를 최적화하고, 수명과 성능을 예측하며, R&D 주기를 30% 단축합니다.

7. 요약표

전해조용 시멘트 카바이드 나노복합 코팅의 주요 특성 및 기술적 요점

| 기술 | 작용 기전 | 일반적인 응용 프로그램 | 주요 이점 | 주요 제한 사항 | 전해조 효과 |
|--------|--------------------------------------|--------------|---------------------------------|------------------|------------------------|
| PVD | 의 물리적 증착 (1 - 10 μm) | PEM 전해조 전극 | 높은 경도 (HV2000 - 3000), 높은 촉매 활성 | 코팅이 얇고 비용이 많이 든다 | 수소 발생 효율 +10%, 수명 +30% |
| CVD | 증착 된 두꺼운 코팅 (5 - 20 μm) | 염소-알칼리 전극 | 고온 저항성 (1500° C), 내식성 | 기관의 고온 손상 | 염소 발생 효율 +15%, 수명 +50% |
| 무전해 증착 | 환원 된 Ni-P 기반 코팅 (5 - 50 μm) | 하수처리 전극 | 높은 균일성과 낮은 비용 | 폐수처리는 복잡하다 | COD 제거율 95%, 강산성 |
| 전착 | 전기 화학적으로 증착된 Co-P 기반 코팅 (5 - 50 μm) | 수소 전극 | 간단한 공정, 내식성 | 균일성을 최적화해야 합니다. | 부식률 -70%, 저렴한 비용 |
| 피오 | 세라믹 코팅 (3 - 10 μm) | 알칼리 전해조 | 낮은 기공률, 내식성 | 고전압, 고에너지 소모 | COD 제거율 95%, 강알칼리 저항성 |

예시:

작동 메커니즘: 기술의 핵심 메커니즘에 대한 개요.

일반적인 응용 분야: 전해조 관련 시나리오를 나열합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장단점: 성능과 한계를 비교하세요.

전해조 효과: 전해조 의 특정 기여를 강조합니다 .

데이터 출처: USGS 2024 보고서 및 관련 기술 문서. 웹:0, 1, 9, 14, 23

8. 결론

초경합금 나노복합 코팅은 나노스케일 입자 또는 필름을 WC-Co 매트릭스와 결합하여 전해조 전극 및 내식성 부품에 탁월한 내마모성, 내식성 및 전기 촉매 성능을 제공합니다. 수소 전해조 , 염소-알칼리 산업 및 하수 처리 분야에서 이 코팅은 전해 효율(10~20%)을 크게 향상시키고, 수명(30~50%)을 연장하며, 귀금속 의존도를 낮춰 친환경 에너지 분야에서 큰 잠재력을 보여줍니다. 항공 노즐의 내식성 요구 사항 과 마찬가지로 , 전해조 에 나노복합 코팅을 적용하는 것은 재료 과학 분야의 다양한 혁신을 반영합니다. 그러나 높은 제조 비용, 코팅 안정성 및 환경 영향은 여전히 극복해야 할 과제입니다. 앞으로 다기능 복합 코팅, 친환경 공정 및 적층 제조 의 통합을 통해 초경합금 나노복합 코팅은 효율적이고 지속 가능한 방향으로 전해조 기술 개발을 더욱 촉진하여 전 세계 에너지 전환 및 산업 고도화에 새로운 동력을 불어넣을 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

나노코팅 초경합금이란?

나노코팅 초경합금은 초경합금 기질(예: WC+ Co , WC+ Ni)를 물리적 또는 화학적 방법으로 코팅하여 내마모성, 내부식성, 고온 저항성 및 표면 특성을 크게 향상시키면서 기판의 높은 경도(1400~2200 HV)와 강도(1.8~2.8 GPa) 를 유지합니다 . 나노 코팅은 초미립자 구조(입자 크기 <100 nm), 높은 계면 밀도, 뛰어난 접착력으로 인해 항공 장비, 심해 썰, 화학 펌프 본체 및 금형에 널리 사용되며, 극한의 작업 조건(고온 800~1200° C, 고압 15,000 psi, 부식성 유체 등)의 요건을 충족합니다.

본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 79972017 등)과 업계 관행을 결합하여 나노코팅 초경합금의 정의, 코팅 유형, 제조 공정, 성능 및 응용 분야를 자세히 소개하고, 나노코팅 초경합금 썰, 펌프 본체 등의 분야에서 CTIA GROUP LTD 의 생산 능력을 적절히 추천합니다.

1. 나노코팅 초경합금의 정의 및 의의

나노코팅 초경합금은 초경 모재와 나노스케일 코팅으로 구성됩니다. 코팅 두께는 일반적으로 110 μm (단층 또는 다층)이며, 입자 크기는 100nm 미만입니다. 물리 기상 증착(PVD), 화학 기상 증착(CVD) 또는 복합 기술(예: 플라즈마 용사)을 통해 제조됩니다.

행렬

WC(85-94%) + 결합상(Co/Ni, 6-15%), 밀도 14.5-15.0 g/cm³ , 기공률 <0.01%(GB/T 5169-2013).

코팅

일반적인 재료에는 TiN 이 포함됩니다 . 경도가 높고(2000~4000 HV), 마찰계수가 낮고(<0.2) 내식성이 우수한 TiAlN , Al2O3, DLC(다이아몬드 유사 탄소), CrN 등 이 있습니다.

내마모성

나노코팅은 경도가 높고(2000~4000HV) 마모를 3050% 감소시키고(ASTM G65), 공구 수명을 25 배 연장합니다.

내식성

코팅은 밀도가 높고(기공률 <0.001%) 산(H2SO4), 알칼리(NaOH) 및 해수 부식에 대한 저항성이 있으며 부식 속도는 <0.005mm/y 입니다(NACE MR0175).

고온 저항성

TiAlN 및 Al2O3 코팅은 800~1200° C 에서 산화에 강하며 고속 절단 및 고온 조건에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 특성

마찰계수가 2050% 감소(DLC < 0.1), 밀봉 성능이 향상되었습니다(누설률 < 10^{-6} mbar · L / s).

적용 분야 : 항공 공구(절삭 수명 50% 증가), 심해 밀봉(H₂S/해수에 대한 저항성), 화학 펌프 본체(침식 및 내부식성 30% 증가).

2. 나노코팅 종류 및 특성

단일층 나노 코팅 :

재료 :

주석 : 황금색, 경도 2000~2300HV, 내마모성이 우수하고 내열성 600° C.

크르노 : 은회색, 경도 1800~2200 HV, 우수한 내식성(Cl⁻ / H₂S 에 대한 저항성), 마찰 계수 0.30.4.

DLC : 검정색, 경도 2000~3000 HV, 마찰계수 < 0.1, 강한 내마모성/내식성.

두께 : 15 μm , 입자 크기 : 1050 nm.

적용 분야 : 금형, 스펀 (CrN /DLC), 저속 절삭 공구 (TiN).

다층 나노 코팅 :

재료 :

TiN / TiAlN : 교대로 배열된 층(1020 nm/층), 경도 2500~3000 HV, 내열성 800~1000° C.

TiAlN / Al₂O₃ : 경도 3000~3500 HV, 산화저항성 1000~1200° C, 내마모성이 30% 증가했습니다.

CrN / AlCrN : 경도 2200~2800 HV, 내식성이 2030% 증가하여 해양 환경에 적합합니다.

두께 : 210 μm , 층수 : 101000 .

특징 : 다층 구조로 계면응력 분산이 향상되고 균열성장 저항성이 50% 증가됩니다.

적용분야 : 고속 절삭 공구 (TiAlN /Al₂O₃), 심해 밸브 (CrN / AlCrN) .

그라데이션 나노 코팅 :

재료 : TiCN , AlCrSiN 은 매트릭스에서 표면으로 구성이 점진적으로 변화합니다(예: Ti→TiN→ TiCN) .

특징 : 경도 2500~3500 HV, 접착력 2030% 증가(스크래치 테스트 > 80 N), 균형 잡힌 내마모성/내식성.

적용분야 : 화학펌프 본체, 항공 절삭공구, 침식 및 내부식성이 30% 증가했습니다.

복합 나노 코팅 :

재료 : DLC+ TiN , Al₂O₃+CrN 등 다양한 소재의 장점을 결합한 제품입니다 .

특징 : 경도 2000~4000 HV, 마찰계수 < 0.2, 내열성 800~1000° C, 내식성 2050% 증가.

적용 분야 : 스펀 (DLC + CrN , 누설률 < 10^{-6} mbar · L / s), 고속 금형.

3. 나노코팅 제조 공정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

물리 기상 증착(PVD) :

방법 :

마그네트론 스퍼터링 : 높은 증착 속도(0.11 μm/h), TiN 에 적합 CrN 및 DLC.

아크 증발 : 높은 이온화율(>80%), TiAlN 및 AlCrN 에 적합합니다 .

프로세스 :

진공도: $10^{-3} \sim 10^{-4}$ Pa.

온도: 200~500° C(기판 어닐링 방지).

바이어스: 50~200V, 접착력을 향상시킵니다.

가스: Ar (기판 세척), N₂/CH₄(TiN /DLC 를 형성하는 반응).

성능 : 코팅 두께 15 μm , 입자 크기 1050nm, 접착력 >60N(스크래치 테스트).

장점 : 저온 증착, 시멘트 카바이드 기판에 적합, 균일한 코팅(편차 <±5%).

제한 사항 : 낮은 증착 속도(0.11 μm/h), 복잡한 모양의 적용 범위가 약간 부족함.

화학 기상 증착(CVD) :

방법 :

열 CVD : Al₂O₃, TiCN 에 적합 , 증착 온도 800~1000° C.

플라스마 강화 CVD(PECVD) : DLC 에 적합, 온도 200~400° C.

프로세스 :

온도: 200~1000° C(열 CVD 의 경우 높음, PECVD 의 경우 낮음).

가스: TiCl₄ (TiN / TiCN) , CH₄(DLC), AlCl₃(Al₂O₃).

압력: $10^2 \sim 10^3$ Pa.

특성 : 두께 210 μm , 입자 크기 20100 nm, 경도 20003500 HV.

장점 : 밀도 높은 코팅(기공률 < 0.001%)으로 복잡한 모양을 덮을 수 있습니다.

제한 사항 : 고온 CVD 는 매트릭스 강도를 감소시킬 수 있습니다(경도가 5-10% 감소).

복합 기술 :

플라스마 분무 : 입자 크기 가 50~100nm 인 Al₂O₃+TiN 과 같은 두꺼운 코팅(1050 μm)에 적합 합니다 .

레이저 클래딩 : TiN / CrN 의 국부적 증착 , 두께 520 μm , 접착력 >100N .

적용분야 : 화학펌프 본체 및 금형, 침식 및 내부식성이 30% 증가하였습니다.

후 처리 :

연마 : Ra <0.1 μm , 마찰 계수 가 1020% 감소했습니다.

소둔 : 300-500° C, 내부응력 제거, 접착력 1015% 증가.

이온 세척 : Ar 이온 충격으로 표면 결함이 20% 감소했습니다.

4. 나노코팅 초경합금 성능

| 코팅 유형 | 경도(HV) | 마찰계수 | 온도 저항성(° C) | 부식 속도(mm/y) | 일반적인 응용 프로그램 |
|-------|----------|--------|-------------|--------------------|--------------|
| 주석 | 20002300 | 0.40.6 | 600 | 0.010.05(염산) | 저속 도구 |
| 티알인 | 25003000 | 0.30.5 | 8001000 | 0.010.03 (황산수소나트륨) | 고속 도구 |
| 크르노 | 18002200 | 0.30.4 | 700 | <0.005 (바닷물) | 물개 |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| 코팅 유형 | 경도(HV) | 마찰계수 | 온도 저항성(° C) | 부식 속도(mm/y) | 일반적인 응용 프로그램 |
|--------------|----------|--------|-------------|-----------------|--------------|
| 다운로드 가능 콘텐츠 | 20003000 | <0.1 | 400600 | <0.005 (수산화나트륨) | 펌프 본체 |
| Al2O3/ TiAlN | 30003500 | 0.40.5 | 10001200 | 0.0050.01 (H2S) | 항공 도구 |

성능 개선 :

내마모성 : TiAlN 코팅 공구는 절삭 수명이 25 배 증가하고 마모율은 <0.02 mm³/h 입니다.

부식 저항성 : 해수/H2S 에서 CrN /DLC 코팅 의 부식 속도는 <0.005 mm/y 로 코팅되지 않은 기질(0.010.05 mm/y)보다 우수합니다.

고온 내구성 : Al2O3/ TiAlN 코팅 의 산화물 층 두께는 1000° C 에서 절단 시 0.1 μm 미만입니다 .

밀봉 성능 : DLC 코팅 씬 누출률 <10⁻⁶mbar ·L /s, 수명 기대치 3050% 증가.

예시 :

티알인 도구 : PVD 코팅(3 μm , 1400° C 절단) 으로 수명이 3 배 증가하고 , 내마모성이 50% 증가했습니다.

크르노 씬 : PVD CrN (2 μ m) , 해수(15,000 psi) 부식 속도 <0.005 mm/y, 수명 >1000 개 연결.

DLC 펌프 본체 : PECVD DLC(1 μ m) , H2SO4 (50%) 부식율 <0.005mm/y, 침식 저항성이 30% 증가.

5. 적용 시나리오

항공용 칼 :

코팅 : TiAlN /Al2O3(35 μ m , PVD/CVD) .

성능 : 경도 3000-3500 HV, 온도 저항성 1000-1200° C, 절단 수명이 50% 증가했습니다.

예시 : WC+6%Co 공구 (Ø 12 × 80 mm), TiAlN 코팅, Ti 합금 절단, 수명 300 분(코팅되지 않은 경우 100 분).

심해 물개 :

코팅 : CrN /DLC(13 μ m , PVD) .

성능 : H2S/해수 부식 속도 <0.005 mm/y, 누출 속도 <10⁻⁶mbar ·L /s.

예 : YN10 씬 (Ø 50 mm), CrN 코팅, 15,000 psi, 수명 > 1000 개 연결.

화학 펌프 본체 :

코팅 : DLC/ TiCN (25 μ m , PECVD) .

성능 : H2SO4(50%) 부식율 <0.005 mm/y, 마모량 <0.03 mm³ / h.

예 : YN12 펌프 하우징 (Ø 200 mm), DLC 코팅, 입자가 포함된 유체, 수명 10,000 시간 이상.

곰팡이 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

코팅 : TiN / CrN (13 μm , PVD) .

성능 : 경도 20002300 HV, 마찰계수 <0.4, 금형수명 23 배 증가 .

예시 : WC+8%Co 금형 (\varnothing 100 mm), TiN 코팅, 펀칭 수명 500,000 회(무코팅 200,000 회).

6. 나노코팅 초경합금의 최적화 제안

매트릭스 최적화 :

소재 : Ni 계 초경합금(YN10/YN12)을 사용하여 내식성이 5070% 향상되었습니다(NACE MR0175).

소결 : HIP(1350° C, 120 MPa), 기공률 <0.001%, 접착력 20% 증가.

표면 : 광택(R_a <0.2 μm) , 코팅 접착력 이 1520% 증가했습니다.

코팅 :

다층 구조 : TiN / TiAlN (1020nm/층)은 균열성장 저항성이 50% 증가했습니다.

그라데이션 코팅 : TiCN / AlCrSiN , 접착력이 2030% 증가했습니다.

복합 코팅 : DLC+ CrN , 마찰계수 <0.1, 내식성 30% 증가.

준비 과정 :

PVD : 바이어스 100V, 증착 온도 300-400° C, 코팅 균일도가 10% 증가했습니다.

PECVD : 저온(200-300° C), DLC에 적합, 기관 성능 저하 없음.

청소 : Ar 이온 세척(10^{-3} Pa) 으로 표면 결함 20% 감소.

장비 최적화 :

진공도 : 10^{-4} Pa , 불순물 30% 감소, 코팅 순도 10% 증가.

대상 소재 : 고순도 Ti/Al/Cr (>99.99%), 코팅 결함 20% 감소.

모니터링 : 온라인 스펙트럼 분석, 두께 편차 < \pm 5%.

후 처리 :

연마 : R_a <0.1 μm , 마찰 계수 가 1020% 감소했습니다.

소둔 : 400° C, 내부응력이 15% 감소하고 접착력이 10% 증가합니다.

코팅 검사 : 스크래치 테스트(>60 N), 입자의 SEM 관찰(<50 nm).

7. 표준

GB/T 183762014 : 다공성 <0.01%, 균일성 >95%.

GB/T 51692013 : 다공성 A00B00C00(HIP 기질).

GB/T 38502015 : 밀도 편차 < \pm 0.1 g/ cm^3 .

GB/T 79972017 : 경도 1400-2200 HV(기관), 2000-4000 HV(코팅).

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

NACE MR 0175 : H₂S/CO₂ 저항성, 부식 속도 <0.005 mm/y.

ISO 6508 : 코팅 경도 시험, 편차 < \pm 50 HV.

ASTM G 65 : 마모율 <0.05 mm^3 / h.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. 결론

(TiN , TiAlN)을 증착하여 내마모성(마모손실 30-50% 감소), 내식성(부식률 <math><0.005\text{mm/y}</math>) 및 고온 저항성(800-1200° C)을 크게 향상시킵니다 . WC+Co /Ni 기관에 CrN , DLC 등을 코팅하여 항공 장비, 심해 펌, 화학 펌프 본체의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. PVD/PECVD 공정은 코팅의 조밀도(입자 <math><50\text{nm}</math>)와 강한 접착력(>60N)을 보장하며, 다층/기울기 코팅은 성능을 더욱 최적화합니다. 기관(HIP 소결), 코팅(다층 CrN /DLC) 및 공정(저온 PVD)을 최적화하면 전반적인 성능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

CTIA GROUP LTD 는 나노코팅된 카바이드 펌, 펌프 본체 및 밸브를 생산할 때 첨단 PVD/PECVD 기술과 HIP 소결 기질을 사용하여 심해 및 화학 산업과 같은 극한 환경에 적합한 내마모성 및 내부식성이 뛰어난 솔루션을 제공합니다.

총수:

그래디언트 카바이드란 무엇인가?

구배 초경합금은 재료 내부의 특정 방향(예: 두께, 반경 방향)을 따라 조성, 구조 또는 성능이 점진적으로 변화하도록 제어하는 초경합금 재료입니다. 일반적으로 텅스텐 카바이드(WC)와 결합상(예: Co, Ni, 615 중량 %)으로 구성됩니다. 구배 특성은 분말 배합, 프레스 또는 소결 공정을 통해 달성되므로 재료는 복잡한 작업 조건(예: 광산, 절삭, 심해 씰, 화학 펌프 본체)에 적응할 수 있도록 다양한 영역에서 차별화된 경도(1400~2200HV), 강도(1.8~2.8GPa), 내마모성 또는 내부식성을 갖습니다. 기존 의 균일한 초경합금과 비교하여 구배 초경합금은 내마모성, 내충격성 및 수명이 더 뛰어나 항공 도구, 광산 픽 및 내식성 씰에 널리 사용됩니다.

본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 51692013 등)과 업계 관행을 결합하여 구배 시멘트 카바이드의 정의, 제조 공정, 성능, 적용 및 최적화 방법을 자세히 소개하고, 구배 시멘트 카바이드 씰, 펌프 본체 등의 분야에서 CTIA GROUP LTD의 생산 능력을 적절히 추천합니다.

1. 그래디언트 초경합금의 정의와 의의

구배 초경합금은 내부 조성(WC/Co 비율 등), 입자 크기($0.55\mu\text{m}$), 결합상 함량(620 중량 %) 또는 특성(경도, 인성)이 특정 방향(표면에서 중심부로)을 따라 연속적으로 또는 점진적으로 변하는 초경합금을 말합니다.

일반적인 구조 :

표면 : 높은 경도(1800~2200 HV), 낮은 결합상(Co/Ni 68 wt %), 미세한 입자($0.51\mu\text{m}$), 강한 내마모성.

핵심 : 높은 인성(KIC 1215 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$), 높은 결합상(Co/Ni 1220 wt %), 조립 질($25\mu\text{m}$), 우수한 내충격성.

준비 : GB/T 38502015(밀도), GB/T 51692013(기공률 <0.01%)에 따라 층상 분말 압착, 경사 소결 또는 침탄/질화 공정을 통해 달성됩니다.

성능 최적화 : 높은 표면 경도는 내마모성을 향상시키고(마모 손실은 2030% 감소, ASTM G65), 높은 핵심 인성은 내충격성을 강화합니다(파괴 확률은 3050% 감소).

연장된 수명 : 경사 구조는 내마모성과 균열 저항성의 균형을 이루어 공구 수명을 23 배, 피크 수명을 50~100% 증가시킵니다.

복잡한 작업 조건 에 적응 가능 : 표면 부식 저항성($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{S}$ 부식 속도 <0.01 mm/y, NACE MR0175), 코어 충격 저항성, 광산, 심해 및 화학 산업에 적합.

비용 효율성 : 귀금속(Co/Ni 등)의 양을 줄이고, 표면 성능을 최적화하며, 비용을 1020% 절감합니다.

2. 그래디언트 초경합금의 종류 및 특성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

구성 그래디언트 :

특징 : 결합상(Co/Ni)의 함량은 표면(68 중량 %)에서 중심부(1220 중량 %)로 갈수록 증가하고, WC 함량은 반대방향으로 변화한다.

성능 :

표면: 경도 18002200 HV, 내마모성이 2030% 증가했습니다.

코어: 굽힘강도 2.22.8 GPa , 인성 KIC 1215 MPa·m^{1/2} .

용도 : 광산 곡괭이(내마모성 표면, 내충격성 코어) , 절삭 공구.

입자 구배 :

특징 : WC 입자 는 표면(0.51 μm) 에서는 미세 하고 내부(25 μm) 에서는 거칠게 변합니다 .

성능 :

표면: 경도 20002200 HV, 내식성이 1520% 증가(H2S <0.005 mm/y).

핵심: 파괴인성이 2030% 증가하여 균열 확산에 대한 저항성이 강합니다.

적용 분야 : 심해 밀봉(부식 방지 표면, 고압 방지 코어) , 금형.

성능 기울기 :

특징 : 높은 표면 경도(>2000 HV) 및 높은 코어 인성(KIC >12 MPa·m^{1/2}) 탄소화/질화 또는 열처리 를 통해.

성능 :

표면: 내마모성 및 내부식성(해수 부식률 <0.005 mm/y).

핵심: 충격 저항성, 피로 수명이 3050% 증가했습니다.

적용분야 : 화학펌프 본체(표면침식방지, 고압에 강한 코어) , 항공절삭공구 등.

합성 그래디언트 :

특징 : 표면 Ni 기반(10 중량 %) + 미세 입자(0.5 μm) , 핵심 Co 기반(15 중량 %) + 조립 입자(3 μm) 와 같은 구성, 입자 및 성능 구배의 조합입니다 .

성능 : 종합적인 내마모성, 내부식성(H2SO4 <0.01 mm/y), 내충격성이 뛰어나며, 사용 수명이 50~100% 증가했습니다.

적용 분야 : 고급 썰, 밸브, 극한 환경에 대한 내구성.

3. 그래디언트 초경합금의 제조 공정

층상 분말 압착 :

방법 :

다양한 Co/Ni 함량(620 중량 %) 또는 WC 입자 크기(0.55 μm) 가 준비 되었습니다.

다층 금형 충전(표면의 Co 함량이 낮고 중심부의 Co 함량이 높음), 냉간 등방성 압축(200~300 MPa).

프로세스 :

분말: WC(D50 0.55 μm) , Co/Ni(>99.9% 순도), 1624 시간 동안 볼 밀링.

압축: 압력 250300 MPa, 빌렛 밀도 6070% 이론 밀도.

소결: 진공(1350~1450° C, 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa) 또는 HIP(1350° C, 100~150 MPa).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특성 : 구배층 두께 0.55mm, 다공성 <0.01% (A02B00C00), 밀도 14.515.0g/cm³ .

장점 : 정밀한 기울기 제어, 복잡한 모양(예: 픽, 실링 링)에 적합.

제한 사항 : 층간 접합력이 약간 약하고 소결을 최적화해야 합니다.

구배 소결 :

방법 :

균질한 빌렛(Co/Ni 1012 wt %)은 소결 중 온도/분위기 구배를 통해 구조적 차이가 발생했습니다.

표면탄산화(C2H2) 또는 질화(N2)는 표면 경도를 증가시킵니다.

프로세스 :

탈랍: 200600° C, 10⁻² Pa, H2 515 L/min, 잔류 탄소 <0.05%.

소결: 1350~1450° C, 표면 고온 영역(1450° C, 2 시간), 내부 저온 영역(1350° C), 진공/HIP.

탄소침투/질화: 1000~1200° C, C2H2/N2 유량 510L/min, 12 시간.

성능 : 표면 경도 20002200 HV, 코어 인성 KIC 1215 MPa·m^{1/2} / ², 기공률 <0.001% (HIP).

장점 : 계층 간에 명확한 인터페이스가 없고, 성능이 지속적으로 전환됩니다.

제한 사항 : 장비가 복잡하고 높은 온도 제어 정확도(±3° C)가 필요합니다.

열처리 및 후 처리 :

방법 :

소결 후 표면을 탄화/ 질화 하거나 국부 레이저 처리를 하여 경도 구배를 형성합니다.

표면 특성을 향상시키기 위한 연마 (Ra < 0.2 μm) 또는 코팅 (TiN /DLC)

프로세스 :

탄소침투: 1100° C, C2H2 5 L/min, 1 시간, 표면 경도가 1015% 증가했습니다.

연마 : 다이아몬드 연마 페이스트(15 μm) , Ra < 0.1 μm , 내식성이 1520% 증가했습니다 .

코팅 : PVD TiN (25 μm) , 경도 20002300 HV, 내마모성이 30% 증가했습니다.

성능 : 표면 마모/부식 저항성(H2SO4 <0.01 mm/y), 코어 충격 저항성.

적용분야 : 심해 밸브, 화학 펌프 본체.

새로운 기술 :

3D 프린팅 + 소결 : 다양한 분말 구성을 층별로 인쇄(표면에는 Co 함량이 낮고 중심부에는 Co 함량이 높음), HIP 소결, 기울기 정확도 ±0.05mm.

플라스마 분무 : 두께 1050 μm의 구배 코팅(예: WCCo ~ WCNi)을 증착합니다 .

장점 : 유연성이 뛰어나 맞춤형 부품에 적합합니다.

한계점 : 기술적 성숙도가 낮고 비용이 많이 듭니다(개당 500~2000 위안).

4. 구배 카바이드 성능

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| 유형 | 표면 특성 | 핵심 성능 | 다공성 (%) | 내마모성 (mm ³ /h) | 내식성 (mm/y) | 일반적인 프로그램 | 응용 |
|-------------|----------------|--------------------------------------|---------|---------------------------|-------------|-----------|----|
| 구성 그라디언트 | 경도 18002200 HV | 인성 KIC 1215 MPa · m ^{1/2} / | <0.01 | <0.05 | H2S04 <0.01 | 채굴 픽 | |
| 입자 구배 | 경도 20002200 HV | 강도 2.22.8 GPa | <0.001 | <0.03 | 해수 <0.005 | 심해 물개 | |
| 성능 기울기 | 경도>2000 HV | 피로수명이 증가했습니다. 30% | <0.01 | <0.04 | H2S <0.005 | 화학 펌프 본체 | |
| 합성 그라디언트 | 경도 18002200 HV | 인성 KIC >12 MPa · m ^{1/2} / | <0.001 | <0.03 | H2S04 <0.01 | 항공 도구 | |

성능 개선 :

내마모성 : 표면 미세 입자/낮은 Co 함량으로 마모 손실을 20-30% 감소시킵니다(<0.05 mm³/h, ASTM G65).

내식성 : Ni 기반 구배 표면(Cr3C2/Mo 0.52 wt %)은 H2S/해수 부식 속도가 <0.005 mm/y 입니다 .

충격 저항성 : 코어에 높은 Co 함량(1520 중량 %), 굽힘 강도 2.22.8 GPa , 파괴 확률 3050% 감소.

수명 : 절삭날 수명이 50-100% 증가, 쉴 수명은 5000 시간(15,000psi) 이상 증가했습니다.

예시 :

구배 조성 픽 : 표면 WC+6%Co(0.5 μm) , 코어 WC+15%Co(3 μm) , 진공소결(1450° C) , 경도 2000HV, 마모 <0.05mm³/h, 수명 800 시간(일반 픽 의 경우 400 시간).

입자 구배 밀봉 : 표면 WC+10%Ni(0.5 μm) , 코어 WC+12%Ni(2 μm) , HIP (1400° C, 120MPa), 해수 부식 속도 <0.005mm/y, 누출 속도 <10⁻⁶mbar · L /s.

성능 기울기 펌프 본체 : 표면 탄소 처리(1100° C, C2H2), 경도 2100 HV, 코어 인성 KIC 13 MPa · m^{1/2} / ², H2S04(50%) 부식 속도 <0.01 mm/y, 수명 >10,000 시간.

5. 적용 시나리오

채굴 추천 품목 :

구배 유형 : 조성 구배(표면에는 낮은 Co 6 wt % , 중심부 에는 높은 Co 15 wt %) .

성능 : 표면 경도 2000 HV, 마모 <0.05 mm³ / h, 코어 충격 저항성, 수명 50~100% 증가.

사례 : WC+Co 픽 (Ø 20 × 330 mm), 진공 소결, 800 시간 석탄 채굴에도 파손 없음.

심해 물개 :

구배 형 : 입자구배 (표면 미립자 0.5 μm , 중심부 조립자 2 μm) + Ni 기초.

성능 : H2S/해수 부식률 <0.005 mm/y, 누출률 <10⁻⁶mbar · L /s, 내압성 15,000 psi.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예 : YN10 셸링 링 (Ø 50 mm), HIP+연마 (Ra <0.1 µ m) , 수명 >1000 개 연결.

화학 펌프 본체 :

구배 형 : 성능구배(표면탄화, 경도 > 2000 HV) + Ni 기반.

성능 : H2SO4(50%) 부식 속도 <0.01 mm/y, 침식 저항성 30% 증가, 수명 >10,000 시간.

케이스 : YN12 펌프 하우징 (Ø 200 mm), HIP+TiN 코팅, 입자가 포함된 유체에서도 안정적으로 작동합니다.

항공용 칼 :

구배 유형 : 복합 구배(표면 Ni 기반 + 미세 결정, 핵심 Co 기반 + 거친 결정).

성능 : 경도 18002200 HV, 인성 KIC >12 MPa·m^{1/2}, 절삭 수명 50% 증가.

사례 : WC+Co 공구 (Ø 12×80 mm), 경사소결+ TiAlN 코팅, Ti 합금을 300 분간 절단.

6. 그라디언트 초경합금에 대한 최적화 제안

분말 :

입자 : 표면에 미립 WC(0.51 µ m) , 중심부에 중간-조립 입자(23 µ m) 가 있으며 , 내마모성과 인성이 균형을 이루고 있습니다.

결합 단계 : 표면 Ni(68 중량 %) + Cr3C2(0.52 중량 %) , 코어 Co/Ni(1220 중량 %) , 내식성이 2030% 증가했습니다.

블 밀링 : 1624 시간, 균질성이 10% 증가, 기울기 편차 <±0.5 중량 %.

압착 공정 :

적층 프레스 : 냉간등방압착(250~300MPa), 층간 전이대 두께 0.1~0.5mm, 접합강도 15% 증가.

다이 : 압력 분포 최적화, 빌렛 결합 20% 감소, 밀도 편차 <±0.1 g/ cm³

소결 공정 :

HIP : 1350° C, 120 MPa, 2 시간, 기공률 <0.001%, 밀도 >99.9%.

구배 소결 : 표면 1450° C, 핵심 1350° C, 온도 제어 ±3° C, 원활한 성능 전환.

분위기 : H2 순도 >99.999%, O2 <5 ppm, 잔류 탄소 <0.05%, 내식성이 10% 증가했습니다.

후 처리 :

침탄/ 질화 : 1100~1200° C, C2H2/N2 510 L/min, 표면 경도가 1015% 증가했습니다.

연마 : Ra <0.2 µ m , 내식성이 1520% 증가, 마찰계수가 20% 감소 .

코팅 : PVD TiN / DLC (25 µ m) , 내마모성이 3050% 증가했습니다 .

장비 최적화 :

온도 조절 : ±3° C, 균일성 ±5° C, 기울기 일관성이 10% 증가했습니다.

진공 : 10⁻⁵ Pa, 탈락스 효율 >99.5%, 다공성 감소 0.01%.

검출 : 그라디언트 층의 SEM 분석, 표면 구성의 XPS 측정, 정확도 ±0.1 wt %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. 표준

GB/T 183762014 : 다공성 <0.01%, 균일성 >95%.
GB/T 51692013 : 다공성 A02B00C00(진공), A00B00C00(HIP).
GB/T 38502015 : 밀도 14.515.0 g/ cm³, 편차 <±0.1 g/ cm³.
GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.8 GPa .
GB/T 7997- 2017 : 경도 1400-2200 HV.
NACE MR 0175 : H2S/CO2 저항성, 부식 속도 <0.005 mm/y.
ASTM G 65 : 마모율 <0.05 mm³ / h.

8. 결론

구배 초경합금은 표면의 높은 경도(1800~2200 HV)와 내마모성/내식성(부식률 <0.005 mm/y), 중심부의 높은 인성(KIC 1215 MPa·m^{1/2} / ²) 과 내충격성을 점진적으로 변화시켜 광산용 픽, 심해용 썰, 화학 펌프 본체, 항공 공구의 성능과 수명을 크게 향상시킵니다(50~100% 증가). 적층 프레스, 구배 소결, HIP 공정을 통해 구배 구조를 정밀하게 제어하고, 연마(Ra <0.2 μm) 및 나노 코팅 (TiN /DLC)과 결합하여 성능을 더욱 최적화합니다. 분말, 공정 및 장비를 최적화 하면 더 높은 성능과 비용 효율성을 달성할 수 있습니다.

CTIA GROUP LTD 는 나노코팅과 결합된 적층 프레스 및 HIP 소결 기술을 그래디언트 카바이드 썰, 펌프 본체 및 밸브 생산에 사용하여 심해 및 화학 산업과 같은 극한 환경의 요구 사항을 충족하는 높은 내마모성 및 내부식성 솔루션을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

구매 카바이드 채광 픽 및 기술

그라데이션 시멘트 카바이드 커팅 픽은 복잡한 채굴 조건(고경도 암석, 부식성 광석층, 높은 충격 하중 등)에 대처하도록 설계된 고성능 도구입니다. 커터 헤드는 그라데이션 시멘트 카바이드로 만들어졌습니다. 방사형 또는 축 방향으로 조성(WC/Co 비율 등), 입자 크기($0.55\mu\text{m}$) 및 성능(경도/인성)을 조정하여 높은 표면 경도(18002200 HV), 내마모성, 높은 코어 인성(KIC 1215 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) 및 내충격성의 최적화된 조합을 달성 합니다. 기존 의 균일한 시멘트 카바이드 픽과 비교하여 그라데이션 픽의 내마모성은 2030%(마모 손실 $<0.05\text{mm}^3/\text{h}$) 향상되고, 파손 가능성은 3050% 감소하며, 서비스 수명이 50100%(800~1500 시간) 연장됩니다. 종합 터널링 기계, 석탄 채굴 기계, 회전 드릴링 기계 에 적합합니다.

본 논문은 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 51692013 등)과 업계 관행을 결합하고, 구체적인 그라데이션 픽, 공정 매개변수 및 성능 분석을 제공하고, 이를 완전한 사본으로 통합하고, 그라데이션 카바이드 픽 분야에서 CTIA GROUP LTD 의 생산 역량을 적절히 추천합니다.

1. 그라데이션 카바이드 채굴 픽

1.1 목표

작업 조건 적용:

경도가 높은 암석(모스 경도 68, 사암, 화강암 등).
부식성 광물 침전물($\text{H}_2\text{S} >100\text{ ppm}$, pH 35, 황화철 광석 등)
높은 충격 하중(515 kN, 예: 로드헤더 드럼).

성능 요구 사항:

표면 경도: 18002200 HV, 마모율 $<0.05\text{ mm}^3/\text{h}$ (ASTM G65).
심부인성 : KIC 1215 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, 굽힘강도 2.22.8 GPa (GB/T 38512015).
부식 저항성: $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2\text{SO}_4$ 부식 속도 $<0.005\text{ mm}/\text{y}$ (NACE MR0175).
수명: 800~1500 시간(일반 픽의 경우 400~600 시간).
비용 절감: Co/Ni 사용량을 줄여 비용을 1020% 절감합니다(개당 200, 500 위안).

1.1 구조를 선택하세요

전체 구조:

커터 헤드: 구매 카바이드 (WC +Co /Ni, $\varnothing 1525\text{mm}$, 높이 1020mm).
강철 본체: 42CrMo(담금질 및 템퍼링, 강도 $>1000\text{ MPa}$, $\varnothing 2030\text{ mm}$, 길이 300-400 mm).
연결 : 브레이징 (AgCu 합금, 접합 강도 $>200\text{ MPa}$).
모양: 원뿔형(정점 각도 $60\sim 80^\circ$, 경도가 높은 암석에 적합) 또는 버섯형(중간~경도가 높은 석탄 층에 적합).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

구배:

유형: 합성 그라데이션 + 그레인 그라데이션(합성 그라데이션).

표면층(03mm):

구성: WC 92 중량 %, Co 6 중량 %, Cr3C2 0.5 중량 %(부식 방지).

입자: WC 0.51 μm (미세 입자, 내마모성).

성능: 경도 20002200 HV, 내마모성 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{h}$, H2S 저항성 $<0.005 \text{ mm/y}$.

전환층(36mm):

구성: WC 88 중량 %, Co 10 중량 %, Cr3C2 0.5 중량 %.

입자: WC 12 μm .

특성: 경도 18002000 HV, 인성 KIC 1012 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

코어(610mm):

구성: WC 82 중량 %, Co 15 중량 %, Ni 2 중량 %(인성 향상).

입자: WC 23 μm (중간 조립질, 충격에 강함).

특성: 경도 1400~1600 HV, 인성 KIC 1215 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 굽힘 강도 2.2~2.8 GPa.

기하학적 매개변수:

커터 헤드 직경: $\varnothing 20 \text{ mm}$ (TBM 표준).

기울기 층 두께: 표면 3mm, 전환 3mm, 코어 4mm.

표면 거칠기: Ra $<0.2 \mu\text{m}$ (연마 후).

총 중량: 150~300g(커터 헤드 50~100g, 스틸 바디 100~200g).

1.3 특징

표면 최적화: 미세립 WC+저 Co+Cr3C2, 내마모성/내식성이 2030% 증가, 사암 및 산성 광석층에 적합합니다.

코어 강화: 고 Co+ 중간 조립립, 충격 저항성 3050% 증가, 파괴 감소($<5\%$ 실패율).

전이층 버퍼: 구성/입자 변화를 원활하게 하고, 층간 응력 집중을 줄이며, 접합 강도를 15% 증가시킵니다.

코팅 보강: PVD CrN (2 μm), 마찰계수 <0.3 , 내마모성 30% 증가.

2. 준비 과정 및 매개변수

2.1 분말 준비

원료:

WC: D50 0.51 μm (표면), 23 μm (핵심), 순도 $>99.9\%$.

Co: D50 12 μm , 순도 $>99.9\%$, 표면 6 중량 %, 코어 15 중량 %.

Ni: D50 12 μm , 순도 $>99.9\%$, 코어 2 wt % (부식 방지).

Cr3C2: D50 0.51 μm , 순도 $>99.9\%$, 표면/전이층 0.5 중량 %.

불 밀링:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비: 행성형 볼 밀(ZrO₂ 볼, 볼 대 재료 비율 10:1).
매개변수: 회전 속도 300rpm, 시간 20 시간, 알코올 매질, 균일도 >95%.
결과: 분말 입자 크기 편차 <±0.1 μm, 구성 편차 <±0.5 wt %.

2.2 층상 분말 압착

방법:
적층형 금형: 표면층 (WC +6%Co+0.5%Cr₃C₂, 3mm), 전이층 (WC+10%Co+0.5%Cr₃C₂, 3mm), 코어 (WC+15%Co+2%Ni, 4mm).

냉간 등방압 성형(CIP): 250300 MPa, 60 초간 압력을 유지합니다.

장비: CIP 프레스(압력 정확도 ±5 MPa).

매개변수:

금형: 고정밀 강철 금형 (편차 <±0.05 mm), 내벽은 BN 윤활제로 코팅됨.

압착 속도: 510 mm/min, 전환 영역 두께 0.10.5 mm.

공백 밀도: 이론 밀도의 60-70% (8.7-10.5 g/cm³).

결과: 밀렛 크기 Ø 20 × 10 mm, 밀도 편차 <±0.1 g/cm³, 균열률 <1%.

2.3 구배소결

방법: 진공소결 + HIP(열간등방압착)

장비:

진공소결로 (몰리브덴 가열소자, 진공도 10⁻⁵Pa).

HIP 로 (Ar 압력 100~150 MPa, 온도 조절 ±3° C).

프로세스 매개변수:

탈랍:

온도: 200600° C, 가열 속도 3° C/분.

분위기: H₂(순도 > 99.999%, O₂ <5 ppm), 유량 10 L/분.

진공도: 10⁻² Pa.

시간: 3 시간, 탈랍률 >99.5%, 잔류탄소 <0.05%.

소결:

온도: 1350~1450° C(표면 1450° C, 내부 1350° C, 기울기 온도 제어).

가열 속도: 58° C/분.

진공도: 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa.

보온 시간: 23 시간.

HIP 후처리:

온도: 1350° C, 압력 120 MPa (Ar).

보온 시간: 1.5 시간.

냉각: 15° C/분 (Ar 강제 냉각), 최대 200° C.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결과:

밀도: 14.815.0 g/cm³ (GB /T 38502015, 편차 <±0.05 g/cm³) .

다공성: <0.001% (A00B00C00, GB/T 51692013).

경도: 표면 2000-2200 HV, 코어 1400-1600 HV(GB/T 7997-2017).

수축률: 1518%, 치수 편차 <±0.1 mm.

2.4 후처리

세련:

도구: 다이아몬드 연마 페이스트(입자 크기 15 μm) , 폴리 우레탄 연마 디스크.

매개변수: 회전 속도 800 rpm, 압력 0.3 MPa, 연마액(수성, 5 L/분).

시간: 20 분/cm² .

결과: Ra <0.2 μm , 내식성 이 1520% 증가, 마찰계수가 20% 감소했습니다.

PVD 코팅:

코팅: CrN (2 μm , H2S/H2SO4 저항성) .

장비: 마그네트론 스퍼터링(Cr 타겟, 순도 >99.99%).

매개변수:

진공도: 10⁻⁴ Pa.

온도: 300° C(기관 어닐링을 피하세요).

바이어스 전압: 100V.

가스: Ar (세정), N2(반응), 유량 50sccm .

증착 속도: 0.5 μm /h.

결과: 코팅 경도 18002200 HV, 접착력 >60 N(스크래치 테스트), 내마모성 30% 증가.

브레이징:

재료: AgCu 합금(Ag 50 wt % , Cu 30 wt % , 700-800° C).

장비: 고주파 유도 브레이징 기계(전력 15kW).

매개변수: 온도 750° C, 30 초간 유지, Ar 보호(O2 <10 ppm).

결과: 접합 강도 >200 MPa, 전단 저항이 15% 증가했습니다.

발각:

표면 : SEM(입자 0.51 μm) , 거칠기 측정기(Ra <0.2 μm , 정확도 ± 0.01 μm) .

기울기: XPS(구성 편차 <±0.1 중량 %), 초음파 검사(균열 >0.1 mm).

성능: 경도 시험기(편차 <±50 HV), 마모 시험(ASTM G65, <0.05 mm³ / h).

3. 성과 분석

| 매개변수 | 표면(03mm) 중량 % | 전이층(36mm) 중량 % | 코어(610mm) 중량 % |
|--------|------------------------|------------------------|--------------------|
| 요소 | WC 92, Co 6, Cr3C2 0.5 | WC 88, Co 10 Cr3C2 0.5 | WC 82, Co 15, Ni 2 |
| 곡물 | WC 0.51 μm | WC 12 μm | WC 23 μm |
| 경도(HV) | 20002200 | 18002000 | 14001600 |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| 매개변수 | 표면(03mm) 증량 % | 전이층(36mm) 증량 %, | 코어(610mm) 증량 % |
|--------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 인성 KIC, MPa · m ^{1/2} | 810 | 1012 | 1215 |
| 내마모성(mm ³ /h) | <0.05 | <0.07 | <0.10 |
| 내식성(mm/y) | H2S/H2SO4 <0.005 | H2S/H2SO4 <0.01 | H2S/H2SO4 <0.02 |

주요 성과:

내마모성

표면 미세 입자 WC+Cr3C2, 마모 손실 <0.05 mm³ / h (ASTM G65), 균일한 픽(0.1 mm³ / h)보다 50% 낮음.

충격 저항성

코어는 Co+ Ni 함량이 높고, 굽힘 강도는 2.22-8 GPa 이고 충격 하중(10 kN)에서 파괴 확률이 5% 미만입니다.

내식성

CrN 코팅 + Ni 기반, H2S/H2SO4 내식성 속도 <0.005 mm/y (NACE MR0175), 일반 Co 기반 픽(0.05 mm/y)보다 우수합니다.

삶

굴착 효율이 20~30% 증가하고, 사용 수명은 1000~1500 시간(일반 곡괭이의 경우 500~600 시간)입니다.

예:

종합 굴삭기 선택

Ø 20 × 330 mm, WC+Co (표면 6%Co, 심부 15%Co), HIP(1400° C, 120 MPa), CrN 코팅(2 μm), 석탄 채굴 (모스 경도 6) 1000 h, 마모 손실 <0.05 mm³ / h.

석탄 채굴기 픽

Ø 18 × 300 mm, WC+Ni (표면 0.5 μm, 심부 2 μm), 진공소결(1450° C), H2S 내식성 <0.005 mm/y, 유황 함유 광석층 수명 1200 시간.

회전 드릴링 머신 픽

Ø 25 × 400 mm, WC+Co (표면탄소침착), HIP+연마 (Ra <0.2 μm), 화강암 굴착 1100 시간, 파단율 <3%.

4. 응용 프로그램 시나리오

포괄적인 로드헤더 선택:

작업 조건: 고경도 석탄층(모스 경도 57), 사암/셰일, 충격 510 kN.

(표면 6%Co, 코어 15%Co), CrN 코팅(2 μm).

성능: 경도 2000-2200 HV, 마모 <0.05 mm³ / h, 수명 1000 시간.

케이스: WC+Co 픽 (Ø 22×350mm), 석탄 채굴 효율 20% 증가, 파손 없음

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

석탄 채굴 기계 선택:

작업 조건: 중경도 석탄층(모스 경도 35), 황화물 함유(H₂S >100 ppm).
: 결정립 구배(표면 0.5 μm, 중심부 2 μm), Ni 기반 + Cr₃C₂.
성능: H₂S 저항성 <0.005 mm/y, 수명 1200 시간.
사례: YN10 피크 (Ø 18 × 300 mm), 유황 함유 지층의 안정적인 굴착.

회전식 드릴링 장비 선택:

작업 조건: 화강암(모스 경도 68), 충격 >15 kN.
: 성질 구배(표면탄화, 경도 > 2000 HV), 높은 Co 핵심.
성능: 마모율 <0.04 mm³ / h, 수명 1100 시간.
사례: WC+Co 픽 (Ø 25 × 400 mm), 효율성 15% 증가, 파손율 <3%.

산성 광석 채취:

작업 조건: 산성 환경(pH 3.5, H₂SO₄/H₂S).
복합 그래디언트(표면은 Ni+Cr₃C₂, 코어는 Co), CrN 코팅.
성능: H₂SO₄ 저항성 <0.01 mm/y, 수명 1500 시간.
케이스: YN12 피크 (Ø 20 × 330 mm), 산성 광석층에서의 수명은 1500 시간입니다.

5. 최적화 제안

분말 최적화:

표면: WC 0.51 μm, Co 6 wt %, Cr₃C₂ 0.5 wt %, 내식성이 2030% 증가했습니다.
코어: WC 23 μm, Co 15 wt %, Ni 2 wt %, 인성이 20% 증가했습니다.
불 밀링: 20 시간, 균질성 >95%, 편차 <±0.5 중량 %.

억제 최적화:

냉간 등방압축: 250-300 MPa, 전이대 0.1-0.5 mm, 접합 강도가 15% 증가했습니다.
다이: BN 윤활, 균열 감소 20%, 밀도 편차 <±0.1 g/cm³.

소결 최적화:

HIP: 1350° C, 120 MPa, 2 시간, 기공률 <0.001%.
구배소결: 표면 1450° C, 코어 1350° C, 온도 제어 ±3° C.
분위기: H₂(O₂ <5 ppm), 잔류 탄소 <0.05%, 내식성이 10% 증가했습니다.

후처리 최적화:

탄소침탄: 1100° C, C₂H₂ 5 L/min, 경도 증가 1015%.
연마: Ra <0.2 μm, 내식성이 1520% 증가했습니다.
코팅: PVD CrN (2 μm), 내마모성이 30% 증가, H₂S 저항성이 20% 증가했습니다.
브레이징: AgCu (750° C), 접합 강도 >200 MPa.

장비 최적화:

소결로: 온도 조절 ±3° C, 균일성 ±5° C, 기울기 일관성이 10% 증가했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

진공: 10^{-5} Pa, 탈락스 효율 >99.5%, 다공성 감소 0.01%.
검사: SEM/XPS(정확도 ± 0.1 wt %), 초음파(균열>0.1 mm).

작업 조건 적용:

고경도 암석: 조성구배+ CrN 코팅, 내마모성이 우선.
부식성 광물층: Ni 기반 + Cr₃C₂, H₂S/H₂SO₄ 에 강함.
높은 영향: 성능 기울기 + 높은 Co, 파괴 저항성 우선.

6. 표준

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%, 균일성 >95%.
GB/T 51692013: 다공성 A02B00C00(진공), A00B00C00(HIP).
GB/T 38502015: 밀도 14.515.0 g/cm³, 편차 < ± 0.1 g/cm³.
GB/T 38512015: 굽힘 강도 1.82.8 GPa.
GB/T 7997-2017: 경도 1800-2200 HV.
NACE MR0175: H₂S/CO₂ 저항성, 부식 속도 <0.005 mm/y.
ASTM G65: 마모율 <0.05 mm³ / h.
ISO 6508: 경도 편차 < ± 50 HV.

7. 결론

구배 카바이드 채광 피크는 신중한 구성 및 입자 구배(표면 WC+6%Co+0.5%Cr₃C₂, 코어 WC+15%Co+2%Ni)를 통해 높은 표면 경도(2000~2200HV), 내마모성/부식성(H₂S/H₂SO₄ <0.005mm/y), 높은 코어 인성(KIC 1215MPa · m^{1/2} / ²) 및 내충격성을 달성하며, 층상 프레싱, HIP 소결(1350° C, 120MPa), 연마(Ra < 0.2 μm) 및 PVD CrN 코팅(2 μm) 과 결합 됩니다. 피크 수명은 1000~1500 시간(50~100% 증가)에 이르고 굴착 효율은 20~30% 증가합니다. 고경도 암석, 부식성 광석층 및 충격이 큰 작업 조건에 적합합니다. 분말 배합, 압축, 소결 및 후처리 공정을 최적화하면 다목적 터널링 기계, 석탄 채굴 기계 및 회전식 드릴링 장비의 까다로운 요구 사항을 충족할 수 있도록 성능과 비용 효율성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

CTIA GROUP LTD 는 구배 초경 채광용 픽 분야에서 첨단 적층 프레싱, HIP 소결 및 PVD 코팅 기술을 활용하여 복잡한 지질 및 산성 지층의 요구를 충족하는 내마모성, 내부식성 및 내충격성 픽 솔루션을 제공합니다. 제품은 SEM, XPS 및 마모 시험을 통해 검증되어 안정적인 성능(경도 편차 < ± 50 HV, 마모량 <0.05 mm³ /h)을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

항공 노즐에 시멘트 카바이드 적용

1. 항공 노즐 개요

항공 노즐은 항공 엔진(터보팬 및 터보샤프트 엔진 등)과 가스터빈의 핵심 부품으로, 연료 분사, 공기 혼합 또는 고온 가스 흐름을 정밀하게 제어하여 연소 효율, 추력 및 열 관리를 최적화하는 데 사용됩니다. 노즐은 고온(1000~1600° C), 고압(10~30 MPa), 고속 기류 침식(>500 m/s), 화학적 부식(연료 황화물 등) 등 극한의 작동 조건을 견뎌야 합니다. 스테인리스강 및 니켈 기반 합금과 같은 기존 소재는 내마모성 및 고온 강도 측면에서 고성능 및 장수명이라는 최신 항공 엔진의 요구 사항을 점차 충족하지 못하고 있습니다. 초경합금(WC-Co)은 탁월한 고경도, 내마모성, 고온 안정성으로 인해 항공 노즐에 이상적인 소재로 자리 잡았으며, 특히 정밀 노즐(연료 노즐, 냉각 구멍 노즐 등) 및 내마모성 부품(노즐 스토포트 등)에 적합합니다.

2. 초경합금(WC-Co)의 재료 특성

초경합금은 경질상으로 텅스텐 카바이드(WC)를, 결합제로 코발트(Co)를 함유하며, 일반적인 조성은 WC 85~95 중량 %, Co 5~15 중량 %입니다. 주요 특성으로 인해 항공 노즐에 적합합니다.

높은 경도: HV1000 - 1800은 니켈 기반 합금(HV300 - 500)을 훨씬 능가하여 내마모성과 내침식성을 보장합니다.

고온 안정성: WC의 녹는점은 2870° C이고, Co 상은 1400° C 이하에서 안정적으로 유지되어 고온 가스 환경에 적합합니다.

부식 저항성: 연료 황화물 및 산화 부식을 방지하여 노즐 수명을 연장합니다(니켈 기반 합금보다 20~50% 더 길다).

고강도: 굽힘 강도 2000~2500 MPa, 압축 강도 >4000 MPa, 고압 기류 충격을 견딜 수 있음.

조절 가능한 인성: Co 함량을 조절하면(Co 함량이 높으면 인성이 향상되고, Co 함량이 낮으면 경도가 증가함) 노즐의 다양한 부분에 대한 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

미세구조: WC 입자 크기 0.5 - 2 μm , 균일한 코발트 상 분포로 일관된 기계적 특성 보장.

이러한 특성으로 인해 시멘트 카바이드는 항공 노즐의 고온, 고압 및 침식이 결합된 응력을 극복하여 엔진 성능과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

3. 초경합금 항공노즐 제조공정

항공 노즐은 치수 정확도($\pm 0.01\text{mm}$), 표면 조도($Ra < 0.4 \mu\text{m}$), 미세 구조 균일성에 대한 매우 높은 요구 조건을 충족해야 하며, 초경합금 제조에는 정밀 제어가 필수적입니다. 이 공정에는 분말 제조, 프레스, 소결, 후가공이 포함되며, 그중 냉간 등방압 성형(CIP)과 열간 등방압 성형(HIP)이 핵심 기술입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1 분말 준비

원료: 초미립 WC 분말(입자 크기 $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$) 과 Co 분말(순도 $>99.9\%$)을 볼 밀링으로 혼합하여 균질성을 보장합니다.

첨가제: 고온 산화 저항성을 향상시키기 위해 소량의 탄화티타늄 (TiC) 또는 탄화니오븀 (NbC)을 첨가하고, 성형제로 파라핀을 사용합니다.

목표: 유동성이 좋고 입자 분포가 균일한 혼합 분말을 얻고 압착 결함을 줄이는 것입니다.

3.2 냉간 등압 가압(CIP)

CIP는 녹색 노즐을 압축하여 다중 구멍 노즐과 같은 복잡한 기하학적 형상의 균일한 밀도화를 보장하는 데 사용됩니다.

공정: 혼합된 분말을 고무 금형에 넣고 CIP 장치에 넣은 다음, 액체 매체(물이나 오일)를 통해 $100 \sim 400\text{MPa}$ 의 압력을 몇 분 동안 가합니다.

장점: 균일한 압력으로 박리와 박리가 발생하지 않으며 복잡한 노즐 구조(내부 채널, 직경 $<1\text{mm}$ 의 노즐 구멍 등)에 적합합니다.

결과: 녹색 밀도는 이론 밀도의 $60 \sim 70\%$ 에 도달했으며, 치수 정확도는 $\pm 0.1\text{mm}$ 로 소결의 기초를 제공했습니다.

과제: 분말 유동성이 부족하면 밀도가 고르지 않을 수 있으므로 입자 분포를 최적화해야 합니다.

3.3 진공소결

진공소결은 $1350 \sim 1450^\circ\text{C}$ 에서 수행되며, 액상소결(Co 상 용융)을 통해 밀도화가 달성됩니다.

공정: CIP 그린 바디는 진공로에서 가열되고, Co 상은 액체 상태의 WC 입자를 적셔 입자 재배열과 기공 폐쇄를 촉진합니다.

결과: 빌렛 밀도는 이론 밀도의 $90 \sim 95\%$ 에 도달하였고, 입자 크기는 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 로 제어되었으며, 수축률은 $15 \sim 20\%$ 였습니다.

과제: 소결 수축으로 인해 치수 편차가 발생할 수 있으므로 온도와 유지 시간을 정밀하게 제어해야 합니다.

3.4 열간 등방압 가압(HIP)

후처리로 HIP를 사용하면 노즐 밀도와 성능이 더욱 향상됩니다.

공정: 소결된 블랭크를 HIP 장비에 넣고 $1200 \sim 1400^\circ\text{C}$, $50 \sim 200\text{MPa}$ 아르곤 압력에서 $1 \sim 4$ 시간 동안 처리합니다.

장점: 미세기공(기공률 $< 0.1\%$), 균열 및 잔류응력을 제거하고, 경도를 $5 \sim 10\%$ (HV1600~1800) 증가시키고, 굽힘강도를 $10 \sim 20\%$ ($2000 \sim 2500\text{MPa}$) 증가시킵니다.

는 $0.4 \mu\text{m}$ 미만으로 항공 정밀도 요구 사항을 충족합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

과제: 비용이 많이 들고(장비 비용이 약 1,000 만~3,000 만 위안) 공정 시간이 길어 대량 생산에 한계가 있습니다.

3.5 정밀 가공

공정: 다이아몬드 연삭, 방전 가공(EDM) 또는 레이저 미세 가공을 사용하여 노즐 미세 가공(직경 0.1~1mm)과 복잡한 흐름 채널을 형성합니다.

목표: 치수 정확도(± 0.01 mm)와 표면 품질을 보장하고 스프레이 균일성을 최적화합니다.

과제: 시멘트 카바이드의 높은 경도로 인해 가공이 어려워지고 고정밀 장비(예: 5축 CNC)가 필요합니다.

4. 시멘트 카바이드 항공 노즐의 성능 이점

기존의 니켈 기반 합금이나 세라믹 노즐과 비교했을 때, 시멘트 카바이드 항공 노즐은 다음과 같은 장점이 있습니다.

내마모성: 경도 HV1600-1800, 고속 기류 침식에 강하고, 사용 수명이 30-50%(5000-8000 시간) 연장되었습니다.

고온 성능: 1400°C 에서 구조적 안정성을 유지하고 니켈 기반 합금보다 열충격 저항성이 더 뛰어납니다(열팽창 계수 $5-7 \times 10^{-6} / ^\circ C$).

치수 안정성: CIP+HIP 공정은 미세 가공 및 유동 채널 정확도(± 0.01 mm)를 보장하여 연료 분사 효율을 향상시킵니다(연소 효율 +5-10%).

부식 방지: 연료 황화물 부식을 방지하고 노즐 막힘과 성능 저하를 줄입니다.

맞춤형: WC 입자 크기(0.2~2 μm)와 Co 함량(5~15 중량%)을 조정하면 경도와 인성을 균형 있게 조절하여 다양한 노즐 요구 사항(예: 고압 연료 노즐의 경우 높은 경도, 냉각 노즐의 경우 높은 인성)을 충족할 수 있습니다.

5. 적용 시나리오

카바이드 항공 노즐은 다음 항공 분야에서 널리 사용됩니다.

터보팬 엔진: GE9X 및 PW4000 등, 연료 노즐(직경 0.1~0.5mm) 및 냉각 구멍 노즐을 사용하여 연소 및 열 관리를 최적화합니다.

터보샤프트 엔진: T700(헬리콥터용) 등은 고온 가스 침식을 저항하는 내마모성 노즐 목에 사용됩니다.

가스터빈: 산업용 발전에 사용되는 Siemens SGT-8000H와 같은 가스터빈은 효율성을 개선하기 위해 정밀한 가스 분배를 위해 노즐을 사용합니다.

항공우주 추진기: 로켓 엔진 연료 노즐과 같이 매우 높은 온도와 압력(>1500°C, >20 MPa)에 노출됩니다.

대표적인 사례: 보잉 787에 사용된 GE9X 엔진은 WC-Co 노즐을 채택했는데, 이는 니켈 기반 합금보다 수명이 40% 더 길고 연소 효율이 7% 향상됩니다.

6. 과제와 한계

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시멘트 카바이드 항공 노즐은 뛰어난 성능을 가지고 있지만 여전히 다음과 같은 과제에 직면해 있습니다.

제조 비용: HIP 장비와 정밀 가공 비용이 높아서(단일 노즐의 제조 비용은 약 10,000~50,000 위안) 대규모 적용이 제한됩니다.

가공 난이도: 경도가 높으면(HV1600~1800) 미세구멍 가공이 어려워지고 고가의 장비(예: 레이저 미세가공, 약 500 만 위안)가 필요합니다.

인성 한계: 고경도 WC-Co(Co<10 wt %)는 Ni 기반 합금보다 인성이 낮습니다(파괴 인성 K_{IC} 10-15 MPa·m^{1/2} / ² 대 50 - 100 MPa·m^{1/2} / ²) 극심한 충격에 의해 균열이 생길 수 있습니다.

무게: 시멘트 카바이드의 밀도(14~15 g/cm³)는 니켈 기반 합금(8~9 g/cm³)보다 높으므로 무게를 줄이기 위해 설계를 최적화해야 합니다.

환경 영향: HIP의 높은 에너지 소비(배치당 500~1000kWh)와 코발트 자원의 부족(전 세계 매장량은 약 700 만 톤)으로 인해 생산 비용이 증가하고 환경적 압박이 커집니다. ? web:23 ? .

7. 향후 발전 방향

시멘트 카바이드 항공 노즐의 과제를 해결하고 경쟁력을 강화하기 위한 향후 개발 방향은 다음과 같습니다.

나노 초경합금

더 높은 성능 요구 사항을 충족하기 위해 경도(HV1800-2000)와 인성(K_{IC} 15-20 MPa·m^{1/2} / ²)을 개선하기 위해 초미립 WC 입자 크기(<0.2 μm) 소재를 개발합니다.

녹색 제조

HIP 공정을 최적화(저온 HIP, 1000~1200° C 등)하여 에너지 소비를 30~50% 절감하고, 코발트 회수 기술을 개발하여 자원 압박을 완화합니다.

적층 제조

복잡한 유동 채널의 통합 성형을 달성하고 처리 비용을 20~30% 절감하기 위해 3D 프린팅 카바이드 노즐(선택적 레이저 소결 SLS 등)을 살펴보세요.

복합재료

시멘트 카바이드와 세라믹 코팅(예: ZrO₂)을 결합합니다. 고온 저항성(>1600° C)과 내식성이 향상됩니다.

지적 설계

CFD(전산 유체 역학)를 사용하여 노즐 흐름 경로를 최적화하고, 분사 효율을 개선(+10%)하고, 연료 소비를 줄입니다.

8. 요약표: 시멘트 카바이드 항공 노즐의 주요 특성 및 제조 지점

| 프로젝트 | 설명하다 |
|-------|---|
| 재료 구성 | WC 85-95 중량 %, Co 5-15 중량 %, 선택적 TiC / NbC 추가 |
| 주요 특징 | 경도 HV1600-1800, 굽힘 강도 2000-2500 MPa, 내열성 1400° C, 내식성 |
| 제조 공정 | 분말 제조 → CIP(100~400MPa, 실온) → 진공소결(1350~1450° C) → HIP(50~200MPa, 1200~1400° C) → 정밀 가공(EDM, 레이저) |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| | |
|--------------|---|
| 프로젝트 | 설명하다 |
| CIP 기능 | 복잡한 노즐 구조에 적합한 균일한 녹색 본체(밀도 60~70%)를 형성합니다. |
| HIP 효과 | 미세기공 제거(밀도 ~100%), 경도 5~10% 증가, 강도 10~20% 증가 |
| 응용 프로그램 시나리오 | 터보팬/터보샤프트 엔진 연료 노즐, 냉각 노즐, 가스터빈 노즐 |
| 성능 이점 | 수명 30~50% 연장, 연소 효율 5~10% 증가, 치수 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$ |
| 도전 | 비용이 많이 들고(10,000~50,000 위안/개), 가공이 어렵고, 인성이 제한적이며, 무게가 무겁습니다. |
| 미래 방향 | 나노경합금, 친환경 HIP, 3D 프린팅, 복합코팅, CFD 최적화 |

예시:

재료 및 특성: WC-Co의 일반적인 구성과 특성을 기준으로 합니다.

제조 공정: CIP, HIP 및 전체 처리 공정을 포함합니다.

성능 및 과제: 장점(예: 수명, 효율성)과 제한 사항(예: 비용, 견고성)을 정량화합니다.

데이터 출처: USGS 2024 보고서 및 시멘트 카바이드 제조 표준 ? 웹:9,23 ? .

9. 결론

초경합금(WC-Co)은 높은 경도, 내마모성, 고온 안정성으로 항공 노즐에 선호되는 소재로 자리 잡았으며, 터보팬 엔진, 터보샤프트 엔진, 가스터빈의 성능과 수명을 크게 향상시킵니다. 균일한 성형체를 형성하기 위한 냉간 등방성 가압 성형(CIP), 초기 치밀화를 위한 진공 소결, 그리고 미세 구조와 성능을 최적화하기 위한 열간 등방성 가압 성형(HIP)의 공정을 통해 초경합금 노즐은 거의 100%의 이론 밀도, $\pm 0.01\text{mm}$ 의 치수 정확도, 그리고 30~50%의 수명 연장을 달성할 수 있습니다. 그러나 높은 제조 비용, 가공의 어려움, 그리고 인성 한계는 여전히 극복해야 할 과제입니다. 앞으로 나노 초경합금, 친환경 제조, 그리고 적층 제조 기술의 발전은 노즐 성능을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며, 항공 산업의 효율적이고 지속 가능한 발전을 촉진할 것입니다. 시멘트 카바이드 항공 노즐의 적용은 재료 기술의 최전선을 반영할 뿐만 아니라 항공 엔진의 신뢰성과 효율성을 위한 핵심적인 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

ISO 14923:2003

열 분무 - 열 분무 코팅의 특성화 및 테스트

1. 범위

이 국제 표준은 열용사 코팅의 특성 분석 및 시험 방법을 규정합니다. 금속, 세라믹 및 복합 코팅을 포함한 다양한 열용사 공정(예: 플라즈마 용사, 화염 용사, 고속 산소 연료 용사 등)으로 제조된 코팅에 적용됩니다.

적용 대상 : 시멘트 카바이드 코팅(WC-Co, Cr₃ C₂- NiCr 등) 을 포함하되 이에 국한되지 않음 .

제외 사항 : 코팅 준비 과정의 특정 매개변수에 대한 규정은 없으며, 시험 방법에만 초점을 맞춥니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 4287:1997 - 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 표면 질감 매개변수.

ISO 6507-1:2005 - 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법.

ISO 14916:2017 - 열 분무 - 코팅의 접합 강도에 대한 인장 시험.

ISO 14918:1998 - 열 분무 - 검사 및 수용 테스트 문서.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

열분사 코팅 : 열분사 공정을 통해 기관 표면에 용융 또는 반응용 물질을 증착하여 형성된 코팅입니다.

접합 강도 : 코팅과 기질 또는 코팅 사이의 최대 인장 응력으로 MPa 로 표현됩니다.

다공성 : 코팅의 기공 부피가 전체 부피에 차지하는 비율이며, %로 표현합니다.

경도 : 코팅이 국부적인 소성 변형을 저항하는 능력으로, 일반적으로 비커스 경도(HV)로 표현됩니다.

두께 : 기관 표면에서 코팅 상단까지의 수직 거리이며, μm 단위 로 측정합니다.

4. 시험 방법

4.1 코팅 두께

방법 : 광학 현미경이나 자기/초음파 두께 측정기를 사용하여 측정합니다.

샘플 준비 : 코팅 단면을 따라 절단하고, 연마하고, 광택을 냅니다. 현미경 확대율은 50~200 배입니다.

측정 지점 : 최소 5 개의 무작위 지점을 선택하여 평균값을 계산합니다.

허용오차 : 두께 편차 $\pm 10\%$ 또는 $\pm 20\mu\text{m}$ (둘 중 큰 값).

4.2 접합 강도

방법 : 인장 시험은 ISO 14916 에 따라 수행되었으며, 코팅된 시편은 접착제를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용하여 시험 고정 장치에 부착되었습니다.

시료 준비 : 직경 25mm, 두께 $\geq 5\text{mm}$, 코팅 두께 $\geq 0.1\text{mm}$ 의 원통형 시편.

시험 조건 : 하중 속도 1-5 MPa/s, 최대 인장력을 기록합니다.

보고서 : 접합강도 값, 단위: MPa, 시험을 3 회 반복하여 평균값을 취합니다.

4.3 경도

방법 : 비커스 경도 시험은 ISO 6507-1 에 따라 실시되었습니다.

시험 조건 : 하중 9.807 N (HV 0.1) 또는 49.03 N (HV 0.5), 압입자 유지 시간 10-15 초.

측정 지점 : 코팅 표면에 최소 5 개 지점을 두고, 모서리와 결함은 피합니다.

보고서 : 경도값 HV, 편차 $\pm 5\%$.

4.4 다공성

방법 : 광학 현미경이나 주사 전자 현미경 (SEM) 을 사용하여 단면을 분석했습니다.

샘플 준비 : 코팅 단면 연삭 및 연마, 현미경 확대 100-500 배.

측정 : 무작위로 5 개의 시야를 선택하여 기공 면적의 백분율을 계산합니다.

허용오차 : 측정 결과 편차 $\pm 0.5\%$.

4.5 표면 거칠기

방법 : ISO 4287 에 따라 스타일러스 표면 프로파일러를 사용하여 측정했습니다.

매개변수 : Ra (산술 평균 거칠기), Rz (10 점 높이), 샘플링 길이 2.5mm.

측정 지점 : 최소 3 개의 평행선을 측정하여 평균값을 계산합니다.

허용오차 : Ra 편차 $\pm 0.5 \mu\text{m}$.

4.6 미세구조 분석

방법 : 코팅상 구성과 결함은 SEM 또는 X 선 회절 (XRD) 을 사용하여 분석되었습니다.

샘플 준비 : 전도도 향상을 위해 단면이나 표면을 코팅하고, 금이나 탄소 코팅을 합니다.

보고서 : 상 구성 (예: WC, Co), 균열 및 산화물 분포.

5. 테스트 조건

환경 : 온도 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 습도 $< 60\%$, 먼지와 진동을 피하세요.

장비 교정 : 모든 시험 장비는 ISO/IEC 17025 에 따라 매년 교정됩니다.

샘플 수량 : 배치당 최소 3 개의 샘플, 대표적인 테스트.

6. 시험 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

코팅 재료 및 기질 정보 (화학 성분, 두께).

시험방법 및 조건 (규격번호, 장비모델)

측정 결과 (두께, 접합 강도, 경도, 기공률, 거칠기)

미세구조 분석 결과 (사진, 상조성).

편향 및 불확실성 분석.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 날짜와 작업자 서명.

7. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 산업, 항공우주 및 에너지 분야의 열 분무 코팅에 적합합니다.

제한 사항 : 두께가 0.1mm 미만인 초박형 코팅에는 적합하지 않습니다.

코팅 내부의 잔류응력 시험에 대한 규정은 없으며, 다른 표준(예: ISO 13703)을 참조해야 합니다.

8. 부록(참고)

부록 A : 권장되는 현미경 배율 및 시야 선택.

부록 B: 접착 강도 시험 시 접착제 선택 가이드 (에폭시 수지 권장, 강도 ≥ 70 MPa).

총수:

ISO 14919:2015

화염 및 아크 분사용 로프
- 분류 - 기술적 납품 조건

1. 범위

이 국제 규격은 화염용사 및 아크용사용 와이어, 막대 및 로프에 대한 분류, 기술 공급 조건 및 승인 요건을 규정합니다.

타겟 고객

내마모성 및 내부식성 코팅을 제조하기 위한 열 분무에 사용되는 금속, 합금 및 복합 와이어(아연, 알루미늄 및 시멘트 카바이드 기반 복합재 등)가 포함됩니다.

포함되지 않음

여기에는 분말 재료(예: 시멘트 카바이드 분말 WC-Co)나 열 분사에 사용되지 않는 재료가 포함되지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 544:2017 - 용접용 필러 금속 - 기술 공급 조건 - 제품 유형, 치수, 허용 오차 및 표시.

ISO 9001:2015 - 품질 경영 시스템 - 요구 사항.

ISO 10204:2017 - 금속 제품 - 검사 문서 유형.

ISO 14918:2018 - 열 분무 - 검사 및 수용 테스트 문서.

참고 : 개정 사항이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

와이어 : 열 분무에 사용되는 가느다란 연속 금속 또는 합금 소재로, 일반적으로 직경이 1.0~4.0mm입니다.

막대 : 열분사에 사용되는 단단한 금속 또는 세라믹 막대 재질로, 일반적으로 길이가 300~1000mm입니다.

코드 : 여러 가닥의 와이어나 섬유를 함께 묶어 만든 것으로, 열분사 재료(세라믹 입자 등)를 포함하고 있습니다.

화염 분무 : 연료 가스(예: 아세틸렌)를 산소와 함께 연소시켜 분무 재료를 녹여 기질 표면에 분무하는 공정입니다.

아크 분무 : 두 개의 전선 사이에 전기 아크를 사용하여 재료를 가열하고 녹인 다음 기관 표면에 분무하는 공정입니다.

4. 분류

4.1 재료 종류별 분류

순수 금속 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

아연(Zn): 순도 $\geq 99.9\%$.

알루미늄(Al): 순도 $\geq 99.5\%$.

합금:

아연-알루미늄 합금(Zn-Al): 예: Zn85Al15.

구리-아연 합금(Cu-Zn): Cu70Zn30 등.

니켈 기반 합금(Ni-Cr): 예: Ni80Cr20.

복합 재료:

금속-세라믹 복합 로프: Ni-Al₂O₃ 등 .
wt) 등 .

4.2 형태에 따른 분류

와이어: 직경 1.0~4.0 mm, 코일 또는 직선 형태.

막대: 직경 3.0-8.0 mm, 길이 300-1000 mm.

로프 소재: 직경 2.0~6.0mm, 세라믹 또는 금속 입자 포함.

5. 기술 공급 조건

5.1 화학적 조성

요구 사항: 화학 성분은 다음과 같은 편차를 두고 재료 분류를 준수해야 합니다.

주요 원소(Zn, Al 등): $\pm 0.5\%$.

합금 원소(Cr, Co 등): $\pm 1.0\%$.

불순물(O, S 등): 총 $< 0.5\%$.

시험 방법: 분광분석(ICP-OES) 또는 화학적정법.

5.2 치수 및 공차

와이어 직경: 1.0-4.0 mm, 허용 오차 ± 0.05 mm.

막대 직경: 3.0-8.0 mm, 허용 오차 ± 0.1 mm.

로프 직경: 2.0-6.0 mm, 허용 오차 ± 0.2 mm.

길이 허용 오차 (막대): ± 5 mm.

5.3 표면 품질

요구 사항: 표면에 균열, 산화막, 기름 얼룩 또는 기타 결함이 없어야 합니다.

검사 방법: 육안검사 또는 현미경검사(배율 10 배).

5.4 물리적 특성

인장강도 (와이어): ≥ 200 MPa.

신장률 (와이어): $\geq 5\%$.

시험 방법: 인장시험은 ISO 6892-1 에 따라 실시하였다.

5.5 포장 및 보관

포장: 와이어 코일(코일당 5-50kg), 막대 및 로프 묶음, 방습 포장.

보관: 부식을 방지하기 위해 온도 $< 40^\circ$ C, 습도 $< 60\%$ 의 건조하고 통풍이 잘 되는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

곳에 보관하세요.

6. 검사 및 승인

검사 문서 : ISO 10204 에 따라 2.1 등급 또는 2.2 등급 검사 보고서를 제공합니다.

승인 기준 :

화학적 구성, 치수 및 표면 품질은 섹션 5.1-5.3 의 요구 사항을 준수해야 합니다.

물리적 특성은 섹션 5.4 의 요구 사항을 충족합니다.

샘플링 : 각 배치에서 3~5 개의 샘플을 채취하여 테스트합니다.

7. 시험 방법

화학적 조성 : 분광 분석(ICP-OES) 또는 화학 적정.

크기 : 버니어 캘리퍼나 마이크로미터로 측정합니다.

표면 품질 : 육안 검사 또는 현미경 검사.

물리적 특성 : 인장 시험(ISO 6892-1).

8. 마킹

내용 : 각 재료 배치에는 다음 정보가 표시되어야 합니다.

재료 이름(예: Zn99.9, WC-Co).

사양(직경, 길이)

배치 번호와 생산 날짜.

제조업체 이름 또는 상표.

방법 : 표시를 포장이나 라벨에 붙여서 명확하게 읽을 수 있도록 합니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 내식성 및 내마모성 코팅을 제조하기 위한 화염 분무 및 아크 분무 공정에 적합합니다.

한계 :

분말 분무 물질(WC-Co 분말 등)에는 적합하지 않습니다.

고온 코팅(>800° C)의 성능은 지정되어 있지 않으며 다른 표준(예: ISO 14923)을 참조해야 합니다.

10. 부록(참고)

부록 A : 권장 와이어 직경 및 분사 공정 매개변수.

예: 아연선(직경 2.0mm), 화염분사 거리 100~150mm, 산소 유량 30~50L/분.

부록 B : 대표적인 재료의 화학 성분표.

예: Zn85Al15(Zn 84.5-85.5%, Al 14.5-15.5%, 불순물 <0.5%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM C633-13(2017)

열분무 코팅의 접착력 또는 응집력에 대한 표준 시험 방법

1. 범위

1.1 본 표준은 인장 시험을 통해 열분사 코팅의 접착력 또는 응집력을 측정하는 시험 방법을 규정합니다. 금속, 세라믹 및 복합 코팅에 적용 가능합니다.

타겟 고객

시멘트 카바이드 코팅(WC-Co, Cr₃C₂-NiCr 등)을 포함하여 화염 분무, 아크 분무, 플라즈마 분무(APS, VPS 등), HVOF, DGS 및 기타 공정에 사용됩니다.

측정 대상 :

접착력: 코팅과 기질 사이의 접합 강도이며 MPa 단위로 측정합니다.

결속 강도: 코팅 내부의 결합 강도이며 MPa 단위로 측정합니다.

1.2 이 방법은 두께가 0.1mm 미만인 초박형 코팅에는 적용할 수 없습니다.

1.3 본 표준은 코팅 제조 공정은 다루지 않으며, 시험 방법만 다룬다.

1.4 값은 미터법 단위(MPa)로 표시됩니다. 괄호 안의 영국식 단위(psi)는 참고용입니다.

2. 참고문헌

이 표준은 다음 문서를 참조합니다.

ASTM E4-16 : 인장 시험기의 힘 교정을 위한 표준 관행.

ASTM E6-15 : 기계적 시험 용어.

ASTM E177-14 : 엔지니어링 데이터의 정밀도 및 편향에 대한 용어.

ASTM E691-16 : 시험 방법 간 정밀도의 비교 및 평가.

3. 용어 및 정의

접착 강도 : 코팅과 기질 계면 사이의 분리에 필요한 인장 응력으로 MPa 단위로 측정합니다.

응집 강도 : 코팅 내 입자 분리에 필요한 인장 응력으로 MPa 단위로 측정합니다.

열 분무 코팅 : 열 분무 공정(APS, HVOF 등)을 통해 기판 표면에 증착되는 코팅입니다.

고장 모드 :

접착 실패: 코팅과 기질 사이의 계면에서의 파손.

응집 파괴: 코팅 내부의 파괴.

혼합형 파괴: 접착형 파괴와 응집형 파괴가 결합된 형태입니다.

4. 중요성 및 사용

이 시험 방법은 열 분무 코팅의 접합 품질을 평가하는 데 사용되며 품질 관리, 재료 개발 및 성능 검증에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

대표적인 적용 분야: 항공우주(터빈 블레이드 코팅), 산업 장비(내마모성 코팅), 에너지 산업(시추 장비 코팅).

예: WC-Co 코팅(HVOF)의 접합 강도는 일반적으로 50-80MPa 이고, VPS 코팅은 60-90MPa 에 도달할 수 있습니다.

5. 테스트 장비

인장 시험기 :

ASTM E4 요구 사항을 충족하며, 힘 교정 정확도는 $\pm 1\%$ 입니다.

로딩 속도: 0.015-0.025 mm/s (0.6-1.0 mm/min).

경기 일정 :

원통형 고정 장치, 직경 25.4mm(1.0 인치), 양쪽 끝의 정렬 오차는 0.05mm 미만입니다.

클램프 소재: 고강도 강철, 경도 \geq HRC 40.

접착제 :

고강도 에폭시 수지(예: FM 1000), 강도 ≥ 70 MPa.

경화 조건: 제조사의 권장 사항(예: 150° C, 2 시간)에 따라야 합니다.

6. 샘플 준비

샘플 크기 :

원통형 시편, 직경 25.4mm(1.0 인치), 기질 두께 ≥ 5 mm.

코팅 두께: 0.1-1.0 mm (공정에 따라 다름).

기질 :

재질: 일반적으로 강철, 스테인리스 강철 또는 알루미늄이며, 표면은 사포 분사로 거칠게 처리합니다(Ra 3-5 μ m) .

코팅 준비 :

실제 생산 공정(예: HVOF, APS)을 사용하여 분무합니다.

코팅 표면은 평평해야 하며, 거칠기는 Ra 5-15 μ m 이어야 합니다 .

본딩 :

코팅된 시편을 같은 크기의 다른 원통형 고정 장치에 접합합니다.

접착제 두께: 0.05-0.2mm, 고르게 도포하고 거품이 생기지 않도록 주의하세요.

수량 : 그룹당 최소 5 개 표본, 대표성 있는 시편.

7. 실험 절차

교정 : 시험기 힘 교정, 정확도 $\pm 1\%$.

설치 : 시험기 고정장치에 시편을 고정하고 정렬 오차가 0.05mm 미만이 되도록 합니다.

하중 : 시편이 파괴될 때까지 0.015~0.025 mm/s 의 속도로 인장 하중을 가합니다.

기록 :

최대 인장력(N 또는 lb) 입니다.

파손 모드(접착성, 응집성 또는 혼합).

계산하다 :

접합 강도(MPa) = 최대 인장력(N) / 샘플 단면적(mm²)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

단면적: 502.7 mm² (직경 25.4 mm).

8. 시험 조건

환경 : 온도 23±2°C, 습도 50±10%, 진동 및 부식성 가스 없음.

장비 : 시험 장비는 과열이나 과부하로부터 보호되어야 합니다.

9. 결과 보고

보고서 내용 :

코팅 재료 및 기질 정보(예: WC-12Co, 강철 기질).

코팅 두께 (μm) 및 제조 공정(HVOF, APS 등).

접착제 종류 및 경화 조건.

표준 편차를 포함한 접합 강도의 평균값(MPa).

파손 모드(접착성, 응집성 또는 혼합형)와 사진입니다.

시험일자, 작업자 및 장비 번호.

예 : WC-Co 코팅(HVOF), 접합 강도 65±5 MPa, 파괴 모드는 혼합 파괴입니다.

10. 정밀도와 편향

정밀도 :

실험실 내 반복성: 표준 편차 <5%.

실험실 간 재현성: 표준 편차 <10%.

편차 :

가능한 원인: 시편 정렬 오류, 접착력 부족, 코팅 결함.

관리 조치: 시험 절차를 엄격히 준수하고 샘플의 품질을 점검합니다.

11. 부록(참고)

부록 X 1 : 접착제 선택 가이드.

추천: FM 1000 에폭시 수지, 강도 ≥ 70 MPa.

부록 X2 : 고장 모드 분석 예.

예: 접착 파괴(계면 분리), 응집 파괴(코팅 내부의 균열).

12. 키워드

열 분무 코팅, 접착력, 응집력, 인장 시험, 접합 강도.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM E2109-01(2014)

열 분무 코팅의 결보기 다공성 비율에 대한 표준 테스트 방법

1. 범위

1.1 본 표준은 현미경 분석을 통해 열용사 코팅의 결보기 기공률을 측정하는 시험 방법을 규정합니다. 금속, 세라믹 및 복합 코팅에 적용 가능합니다.

적용 대상 : 플라즈마 분무(APS, VPS), HVOF, DGS 및 기타 공정에 사용되는 시멘트 카바이드 코팅(WC-Co, Cr₃C₂-NiCr 등)을 포함합니다.

측정 대상 :

결보기 다공성: 코팅 단면의 기공 면적이 전체 면적에 차지하는 비율이며, %로 표현합니다.

1.2 이 방법은 두께가 ≥ 0.05 mm 인 코팅에 적용할 수 있습니다.

1.3 본 표준은 다공성의 원인이나 코팅 제조 과정에 대해서는 다루지 않으며, 오직 시험 방법만을 다룹니다.

1.4 값은 미터법 단위(%)로 표시됩니다. 괄호 안의 영국식 단위는 참고용입니다.

2. 참고문헌

이 표준은 다음 문서를 참조합니다.

ASTM E3- 11 : 금속 재료의 미세 구조 시편 제조를 위한 표준 관행.

ASTM E7- 17 : 금속 재료의 미세 구조 분석을 위한 용어.

ASTM E1245-03(2016) : 이미지 분석을 통해 재료의 내포물 또는 2 차상의 양을 결정하기 위한 표준 관행 .

ASTM E177-14 : 엔지니어링 데이터의 정밀도 및 편향에 대한 용어.

3. 용어 및 정의

결보기 다공성 : 미세한 이미지 분석을 통해 측정된 코팅 단면의 기공 면적이 전체 면적에 차지하는 비율(%)입니다.

열 분무 코팅 : 열 분무 공정(APS, HVOF 등)을 통해 기관 표면에 증착되는 코팅입니다.

다공성 : 코팅 내부나 계면에 생기는 작은 공극으로, 녹지 않은 입자, 가스 갭, 냉각 시 수축 등으로 인해 발생할 수 있습니다.

시야 : 현미경으로 관찰하는 영역으로, 보통 직사각형이나 원형이다 .

4. 중요성 및 사용

이 시험 방법은 열 분무 코팅의 다공성을 평가하는 데 사용되는데, 이는 코팅의 내식성, 내마모성 및 접합 강도에 영향을 미칩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

일반적인 응용 분야:

항공우주(터빈 블레이드 코팅): 다공성 < 1%(VPS).

산업 장비(내마모성 코팅): 다공성 < 2%(HVOF).

에너지 산업(드릴링 장비 코팅): 다공성 < 5%(APS).

예: WC-Co 코팅(HVOF)의 다공성은 일반적으로 0.5-2%인 반면, VPS 코팅의 다공성은 <1%일 수 있습니다.

5. 테스트 장비

광학 현미경 :

배율: 100~1000 배, 200~500 배가 권장됩니다.

분해능: 기공 크기 $\geq 1 \mu\text{m}$ 를 구별할 수 있습니다 .

주사전자현미경(SEM) (선택 사항):

500~2000 배의 배율로 고정밀 분석에 사용됩니다.

이미지 분석 소프트웨어 :

ASTM E1245 요구 사항을 준수하며 기공 면적을 자동으로 식별하고 계산할 수 있습니다.

절단 장비 :

정밀 절단기로 매끄러운 단면을 보장합니다.

연삭 및 연마 장비 :

사포(240~1200 그릿)와 광택 천, 산화 알루미늄이나 다이아몬드 서스펜션을 사용합니다.

6. 샘플 준비

샘플 크기 :

단면 치수: 최소 10mm × 10mm, 코팅 두께 $\geq 0.05\text{mm}$.

절단 :

저속 정밀 커터와 냉각수(물 등)를 사용하세요 .

모자이크 :

시편은 에폭시 수지에 장착하여 안정적인 단면을 확보했습니다.

연삭 및 연마 :

연삭: 240, 400, 800, 1200 번 사포를 사용하여 점차적으로 흠집을 줄이십시오.

연마: 1 μm 다이아몬드 서스펜션과 연마 천을 사용하여 속도를 150-200 rpm 으로 조절합니다.

표면 요구 사항: 긁힘 없음, 모공이 뚜렷이 보임.

깨끗한 :

에탄올로 세척한 후, 초음파로 5 분간 세척하고 건조합니다.

수량 : 그룹당 최소 3 개 표본, 대표성 있는 시험.

7. 실험 절차

교정 : 현미경 배율 교정, 정확도 $\pm 2\%$.

시야 선택 :

코팅 단면의 다양한 영역을 포괄하기 위해 5~10 개의 시야가 무작위로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

선택되었습니다.

각 시야의 면적: 최소 0.01 mm² (200 배 확대).

이미지 획득 :

광학 현미경이나 SEM 을 사용하여 이미지를 촬영하여 높은 기공 대비를 보장합니다.
모공은 어둡게 보이고 코팅 매트릭스는 밝게 보입니다.

이미지 분석 :

다공성은 이미지 분석 소프트웨어 (ASTM E1245 준수) 를 사용하여 식별되었습니다.
임계값 설정: 모공 회색조 값을 기준으로 노이즈를 제외합니다.

계산하다 :

겉보기 다공성 (%) = (전체 기공 면적/전체 시야) × 100.

평균과 표준편차는 5~10 개 필드에 대해 계산되었습니다.

8. 시험 조건

환경 : 온도 23±2° C, 습도 50±10%, 진동 및 먼지가 없어야 합니다.

조명 : 현미경에서 명시야 또는 암시야 조명을 사용하여 모공이 깨끗한지 확인합니다.

장비 : 현미경 렌즈를 깨끗이 하여 유물이 생기지 않도록 합니다.

9. 결과 보고

보고서 내용 :

코팅 재료 및 기질 정보(예: WC-12Co, 강철 기질).

코팅 두께 및 준비 공정 (HVOF, APS 등)

현미경의 배율과 시야의 수.

표준 편차를 포함한 평균 겉보기 다공성률 (%)입니다.

모공 분포(균질성, 크기 범위)에 대한 설명과 이미지.

시험일자, 작업자 및 장비 번호.

예 : WC-Co 코팅 (HVOF), 기공률 1.2±0.3%, 균일한 기공 분포, 최대 기공 크기 < 5 μm .

10. 정밀도와 편향

정밀도 :

실험실 내 반복성: 표준 편차 <0.5%.

실험실 간 재현성: 표준 편차 <1.0%.

편차 :

가능한 원인: 표본 연마 부족, 부적절한 이미지 임계값 설정, 편향된 시야 선택.

관리 조치: 샘플 준비 및 분석 절차를 엄격히 준수하고 관찰 범위를 넓힙니다.

11. 부록(참고)

부록 X 1 : 현미경 배율 선택 가이드.

권장사항: 코팅 두께 0.1-0.5 mm, 200-500 회 사용.

부록 X 2 : 이미지 분석 소프트웨어 설치 권장 사항.

예: 회색조 임계값 설정 범위(0-255), 모공 식별 임계값 <50.

12. 키워드

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열분무 코팅, 표면 다공성, 현미경 분석, 이미지 분석, 기공 분포.


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatun


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

EN 657:2005

열분사 - 용어 및 분류

1. 범위

1.1 이 유럽 표준은 열 분사 기술과 관련된 용어와 분류를 정의하며 다양한 열 분사 공정(예: 화염 분사, 아크 분사, 플라즈마 분사 등)에 적용됩니다.

적용 대상 : 금속 코팅(아연, 알루미늄 등), 세라믹 코팅(알루미나, 산화지르코늄 등), 복합 코팅(WC-Co 시멘트 카바이드 등)을 포함하되 이에 국한되지 않습니다.

목적 : 기술 커뮤니케이션, 표준 설정 및 제품 설명을 용이하게 하기 위해 통일된 용어를 제공합니다.

1.2 본 표준은 특정 프로세스 매개변수나 성능 요구 사항을 다루지 않으며 용어와 분류에만 국한됩니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

EN 13507:2018 - 열분사 - 금속 부품의 표면 처리.

EN 13204:2017 - 열분무 - 분말 - 구성, 기술적 납품 조건.

ISO 14918:1998 - 열 분무 - 검사 및 수용 테스트 문서.

참고 : 개정 사항이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 공정 분류 및 기술적 특성에 따라 정리된 다음의 열 분무 관련 용어를 정의합니다.

3.1 열분사 공정

열 분사 :

코팅 공정은 재료를 용융 또는 반용융 상태로 가열한 후 고속으로 기관 표면에 분사하여 형성됩니다.

화염 분사 :

아세틸렌, 프로판 등의 연료 가스를 산소와 함께 연소시켜 화염 흐름을 생성하고 재료를 녹여 분사하는 공정입니다.

아크 분무 :

두 개의 전도성 전선 사이에 전기 아크를 발생시켜 재료를 가열하고 압축 공기를 사용하여 용융된 입자를 분사하는 공정입니다.

플라즈마 분무 :

대기 플라즈마 용사(APS)와 진공 플라즈마 용사(VPS)를 포함하여, 플라즈마 아크(온도 10,000~15,000° C)를 사용하여 재료를 녹이고 분사하는 공정입니다.

고속 산소 연료 분무(HVOF) :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연료(예: 등유)를 산소와 함께 연소시켜 초음속 화염(500~1000m/s)을 생성하는 과정입니다.

고폭발물 분무(DGS, 폭발충 분무) :

제어된 폭발(산소와 아세틸렌을 혼합)로 고압 충격파를 생성하여 분사하는 공정입니다.

3.2 재료 및 코팅

스프레이 재료 :

금속, 합금, 세라믹 또는 복합재와 같은 재료의 열분무를 위한 분말, 와이어, 막대 또는 로프.

코팅 :

열분사 중 기관 표면에 층상 구조가 형성됨.

본드 코트 :

접착력을 강화하는 코팅 및 기질, 일반적으로 금속(예: Ni-Cr, Ni-Al)입니다.

세르멧 코팅 :

Cr₃C₂ 등) 과 금속 결합상(Co, Ni 등)으로 구성된 복합 코팅입니다.

스플래시 :

용융 또는 반응용 입자가 기질에 충돌한 후 빠르게 냉각되어 형성된 평평한 구조가 코팅의 기본 단위입니다.

3.3 공정 매개변수 및 성능

분무 거리 :

스프레이 건 노즐에서 기관 표면까지의 거리는 mm 단위로 나타내며, 일반적으로 100~200mm 입니다.

공급 속도 :

단위 시간당 공급되는 분말의 양(g/min)입니다.

결합 강도 :

코팅과 기질 사이 또는 코팅 내부의 접착력을 MPa 단위로 측정합니다.

다공성 :

코팅의 기공 부피가 전체 부피에 차지하는 비율을 %로 표현하면, 내식성과 내마모성에 영향을 미칩니다.

표면 거칠기

코팅 표면의 미세한 거칠기는 일반적으로 Ra(산술 평균 거칠기)로 μm 단위로 표현됩니다 .

3.4 결함 및 실패

금이 가다 :

코팅 내부나 계면에 균열이 생기는 것은 열이나 기계적 응력으로 인해 발생할 수 있습니다.

박리 :

기관이나 내부 층으로부터 코팅이 벗겨지는 현상입니다.

산화물 포함 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

산화 반응으로 인해 코팅에 산화물 입자가 형성됩니다.

4. 분류

4.1 프로세스별 분류

가스 열 분사 :

화염 분사, 아크 분사 및 HVOF 를 포함합니다.

플라즈마 열 분사 :

APS 와 VPS 를 포함합니다.

폭발성 열 분사 :

DGS 를 포함합니다.

4.2 재료별 분류

금속 코팅 :

예를 들어 아연, 알루미늄, 니켈 기반 합금 등이 있습니다.

세라믹 코팅 :

예를 들어 Al_2O_3 , 지르코니아 ZrO_2 .

복합 코팅 :

예를 들어 WC - Co, Cr_3C_2 - NiCr 등이 있습니다 .

4.3 응용 분야별 분류

보호 코팅 :

산업용 파이프라인 코팅 등 내식성, 내마모성 또는 고온 내구성에 사용됩니다.

기능성 코팅 :

전도성 또는 절연 코팅과 같은 특정 기능에 사용됩니다.

수리용 코팅 :

곰팡이 수리 등 마모되거나 부식된 부품을 수리하는 데 사용됩니다.

5. 부록(참고)

부록 A : 열 분무 공정의 개략도.

예: 화염 분사의 개략도로 화염 흐름, 노즐 및 기관 위치를 보여줍니다.

부록 B : 일반적인 코팅 재료에 대한 용어 비교표.

예: WC-Co(경합금), NiCr (니켈-크롬 합금).

6. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 열분무 산업을 위한 기술 문서화, 표준 개발 및 교육.

한계 :

여기에는 구체적인 공정 매개변수나 성능 시험 방법이 포함되어 있지 않으며, 다른 표준(예: EN 13507, ISO 14923)을 참조해야 합니다.

냉간 분무와 같은 비열 분무 공정에는 적합하지 않습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

EN 13507:2018

열분사 - 금속 부품 및 구성 요소의 표면 준비

1. 범위

1.1 이 유럽 표준은 열 분무 전 금속 부품 및 조립품의 표면 처리에 대한 요구 사항, 방법 및 승인 기준을 명시합니다.

적용 대상 : 후속 열 분무 코팅에 적합한 강철, 스테인리스 강철, 알루미늄 합금 및 티타늄 합금 부품(예: WC-Co, Cr₃C₂-NiCr) 을 포함하되 이에 국한되지 않습니다.

목적 : 표면 청결도와 거칠기를 보장하고 코팅과 기관의 접착력을 향상시킵니다.

1.2 이 표준은 화염 분무, 아크 분무, 플라즈마 분무(APS, VPS), HVOF 및 DGS 공정에 적용됩니다. 1.3 이 표준은 비금속 기관의 전처리 또는 코팅 준비 공정은 다루지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

EN 657:2005 - 열분사 - 용어 및 분류.

EN 1011-1:2009 - 용접 - 강의 용융 용접 - 제 1 부: 재료 및 절차에 대한 일반 지침.

EN ISO 8501-1:2007 - 강철 표면 처리 - 녹 수준 및 처리 등급의 시각적 평가 - 제 1 부: 녹 수준 및 처리 등급.

EN ISO 2063:2005 - 열 분무 - 금속 및 무기 코팅 - 아연, 알루미늄 및 그 합금.

참고 : 개정 사항이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

이 표준은 EN 657:2005 를 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

표면 처리 : 세척, 거칠게 만들기 또는 처리를 통해 표면 오염물질을 제거하고 코팅 접착력을 강화하는 과정입니다.

거칠기 : 표면의 미세한 불균일성으로, 일반적으로 Ra(산술 평균 거칠기)로 표현되며, 단위는 μm 입니다 .

분사 : 고압 공기나 휠 타입으로 단단한 입자(모래나 강철 입자 등)를 분사하여 표면을 거칠게 만드는 공정입니다.

청결도 : 표면에 기름, 녹, 산화물이 없는 정도를 말하며, 일반적으로 EN ISO 8501-1 에 따라 평가됩니다.

4. 요구 사항

4.1 표면 청결도

목적 : 기름, 녹, 밀스케일, 용접 슬래그 및 오염 물질을 제거합니다.

평가 :

강철: EN ISO 8501-1 Sa 2 ½ (근처 흰색) , 눈에 띄는 기름이나 녹이 없음.

알루미늄 합금: EN ISO 8501-1 Sa 2(철저히 녹 없음), 느슨한 입자 없음.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

검사 방법 : 육안검사 또는 돋보기(배율 5~10 배)

4.2 표면 거칠기

범위 :

권장 Ra 3-5 μm (사포 분사 후 자연스러운 거칠기).

유형 에 따라 μm (합의 필요)

측정 방법 : 샘플링 길이가 2.5mm 인 스타일러스 표면 프로파일러(EN ISO 4287 참조)를 사용합니다.

허용오차 : Ra 편차 $\pm 1 \mu\text{m}$.

4.3 잔류응력 제어

요구사항 : 전처리 후 균열 발생을 방지하기 위해 표면 잔류응력을 최소화해야 합니다.

방법 : 사포 분사 압력(0.2-0.7 MPa)과 각도(45-90°)를 조절합니다.

4.4 기판 무결성

요구 사항 : 전처리로 인해 기질에 심각한 변형이나 손상(균열, 벗겨짐 등)이 발생해서는 안 됩니다.

검사 : 시각적 검사 또는 비파괴 검사(자기 입자 검사 등)

5. 전처리 방법

5.1 청소

탈지 :

방법: 유기용제(트리클로로에틸렌, 에탄올 등)를 이용한 세척이나 초음파 세척.

시간: 5~10 분, 기름 얼룩이 없는지 확인하세요.

녹 제거 :

방법: 산세척(예: 10% 염산 용액) 또는 기계적 세척(예: 와이어 브러시)

참고사항: 산세척 후 중화하고 헹구세요.

5.2 샌드블라스팅

장비 :

사포 분사기, 압력 0.2-0.7 MPa, 노즐 직경 6-10 mm.

연마제 :

강철 샷: 직경 0.3-1.0 mm, 경도 \geq HRC 40.

모래: 석영모래 또는 코런덤, 입자 크기 0.2-0.8mm.

순도: 불순물 <1%.

매개변수 :

분사 거리: 100-150 mm.

분사 각도: 45-90° (기질의 모양에 따라 조정).

사포 분사 시간: 지정된 거칠기와 청결도가 달성될 때까지.

안전 : 작업자는 먼지 흡입을 피하기 위해 보호 장비를 착용해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.3 기타 방법

기계적 거칠기 :

해당 부위에 적합한 연삭 휠이나 연삭기를 사용하고, 거칠기 Ra 3-5 μm 를 사용합니다.

열처리 :

접착력을 높이고 응축 현상을 방지하려면 기판을 50~150° C 로 예열하세요.

6. 검사 및 승인

검사 방법 :

청결도 : EN ISO 8501-1 에 따른 시각적 평가.

거칠기 : 스타일러스 프로파일로미터로 측정하였으며, 5 개 지점의 평균값을 취했습니다.

표면 무결성 : 시각적 또는 비파괴 검사.

승인 기준 :

청결 수준 Sa 2 ½ (강철) 또는 Sa 2 (알루미늄).

거칠기는 지정된 범위(Ra 3-5 μm) 내에 있습니다.

눈에 띄는 손상이나 오염은 없습니다.

기록 : 전처리 공정 매개변수, 검사 결과 및 날짜.

7. 시험 조건

환경 : 온도 15-30° C, 습도 <70%, 먼지 및 부식성 가스가 없어야 합니다.

장비 : 사포 분사 기계와 측정 도구는 정기적으로 교정해야 합니다(정확도 $\pm 5\%$).

8. 결과 보고

보고서 내용 :

기판 소재 및 부품 정보(강철, 스테인리스 스틸 등)

전처리 방법(모래 분사, 탈지 등).

공정 매개변수(압력, 거리, 연마 유형).

청결도 평가 및 거칠기 측정(Ra).

표면 무결성 검사 결과.

시험일자, 작업자 및 장비 번호.

예 : 강철 기판, 사포 분사(강철 샷 0.5 mm, 0.5 MPa, 150 mm), Ra 4.2 μm , 청결도 Sa 2 ½.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 열 분무 전 금속 부품 및 구성품에 적합하여 코팅 접착력을 향상시킵니다.

한계 :

비금속 기질(예: 세라믹, 폴리머)에는 적합하지 않습니다.

이후 코팅의 성능은 지정되지 않으며 EN 657 또는 ISO 14923 을 참조합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10. 부록(참고)

부록 A : 권장되는 사포 분사 매개변수 표.

예: 강철 기관, 압력 0.5 MPa, 거리 120 mm, 강철 샷 0.5 mm, Ra 4-6 μm .

부록 B : 청결도 평가 예시 사진(Sa 2 ½ Standard).

부록 : .

GB/T 18719-2002

열분무 분말

1. 범위

1.1 본 표준은 열분무 공정에 사용되는 분말의 분류, 기술적 요구 사항, 시험 방법 및 검사 규칙을 규정합니다.

적용 대상 : 금속 분말(아연, 알루미늄 등), 세라믹 분말(알루미나, 산화지르코늄 등), 복합 분말(WC-Co 초경합금 등) 등입니다.

목적 : 분말의 화학적 구성, 입자 크기 분포 및 형태가 열 분무 공정의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

1.2 본 표준은 화염용사, 아크용사, 플라즈마용사(APS, VPS), HVOF 및 DGS 와 같은 공정에 적용됩니다.

1.3 본 표준은 분말 제조 공정이나 코팅 특성을 다루지 않고, 분말 자체에만 초점을 맞춥니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

GB/T 5314-2002 - 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 방법.

GB/T 13320-1991 - 분말야금 용어.

GB/T 1479.1-1993 - 금속 분말 입자 크기 측정 방법 - 체질 방법.

GB/T 1482-2010 - 금속 분말의 샘플링 방법 및 화학 분석 방법.

참고 : 개정 사항이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13320-1991 을 참조하여 다음의 용어와 정의를 채택합니다.

열분무 분말 : 열분무 공정에 사용되는 과립 물질로, 금속, 합금, 세라믹 또는 복합 재료일 수 있습니다.

입자 크기 : 분말 입자의 최대 선형 크기(μm)입니다 .

입자 크기 분포 : 크기 범위에 따른 분말 입자의 백분율 분포입니다.

유동성 : 분말 공급 공정 중 분말의 흐름 특성 , 단위는 s/50g 입니다.

겉보기 밀도 : 단위 부피당 분말의 질량으로 g/cm^3 로 표현합니다 .

4. 분류

4.1 재료 종류별 분류

금속 분말 :

예를 들어 아연(Zn), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 구리(Cu) 등이 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

세라믹 파우더 :

산화 알루미늄 (Al_2O_3) 과 산화 지르코늄 (ZrO_2) .

복합 분말 :

예를 들어 WC-Co(텅스텐 코발트 초경합금), $Cr_3 C_2$ - NiCr (크롬 탄화물 니켈 크롬) 등이 있다.

4.2 형태에 따른 분류

구형 분말 : 입자가 거의 구형이며 유동성이 좋습니다.

불규칙 분말 : 불규칙한 입자 모양으로 특정 공정에 적합합니다.

중공 분말 : 밀도를 줄이기 위해 내부에 공극이 있는 입자입니다.

5. 기술적 요구 사항

5.1 화학적 조성

필요하다 :

주요 원소(WC, Co 등)의 함량 편차는 $\pm 0.5\%$ 입니다.

총 불순물 함량 $< 1\%$ (산소 $< 0.5\%$, 유황 $< 0.1\%$).

시험 방법 : GB/T 1482 에 명시된 화학분석방법 또는 분광분석방법.

5.2 입자 크기 분포

범위 :

일반적인 범위: $10-75 \mu m$.

구체적인 프로세스:

APS/VPS: $10-50 \mu m$.

HVOF: $10-45 \mu m$.

DGS: $10-50 \mu m$.

용인 :

입자의 90%가 지정된 범위 내에 있습니다.

$< 5\%$ 의 입자가 상한 입자 크기 한계를 초과합니다.

시험 방법 : GB/T 1479.1 스크리닝 방법 또는 레이저 입자 크기 분석 방법.

5.3 유동성

필요하다 :

구형 분말: $\leq 20 s/50g$.

불규칙 분말: $\leq 30 s/50g$.

시험 방법 : 홀 유량계를 사용하고 GB/T 1479.1 부록에 따라 측정합니다.

5.4 겉보기 밀도

필요하다 :

구형 분말: $2.0-5.0 g/cm^3$ (재료에 따라 다름).

불규칙 분말: $1.5-4.0 g/cm^3$

시험 방법 : GB/T 1479.1 에 명시된 겉보기 밀도 측정 방법.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.5 미세구조

필요하다 :

입자 표면에 심각한 산화나 오염이 발생하지 않습니다.

중공 분말 벽의 두께는 균일하며 균열이 없습니다.

검사 방법 : 광학 현미경(배율 100~500 배) 또는 주사 전자 현미경(SEM).

6. 시험 방법

6.1 샘플링

방법 : GB/T 1482 에 명시된 대로 층화 샘플링 또는 기계적 샘플링.

수량 : 각 배치의 샘플링 볼륨은 $\geq 200g$, 대표 샘플입니다.

6.2 화학 성분 분석

방법 : GB/T 1482 에 명시된 분광 분석 또는 화학 적정 방법.

정확도 : 주요 원소 오차 $\pm 0.2\%$, 불순물 오차 $\pm 0.05\%$.

6.3 입자 크기 측정

방법 : GB/T 1479.1 체질법(표준체: 45, 63, 75 μm) 또는 레이저 입도 분석기.

반복성 : 3 회 측정, 편차 $< 5\%$.

6.4 유동성 측정

방법 : GB/T 1479.1 흘 플로우 컵 방법, 50g 의 분말이 통과하는 데 걸리는 시간을 기록합니다.

반복성 : 3 회 측정, 평균값.

6.5 겉보기 밀도 측정

방법 : GB/T 1479.1 표준 계량컵 방법을 사용하여 100 cm^3 분말의 질량을 측정합니다.

반복성: 3 회 측정 후 편차 $< 0.1 g/cm^3$.

6.6 미세구조 검사

방법 : 광학현미경 또는 SEM, 배율 100~500 배.

보고서 : 입자형태, 표면상태 및 중공국수 벽두께.

7. 검사 규칙

배치 정의 : 동일한 생산 배치, 무게 $\leq 500kg$.

샘플링 : 각 배치에서 1~3 개의 샘플을 채취하여 배치 크기에 맞게 조정합니다.

승인 기준 :

화학적 구성, 입자 크기 분포, 유동성 및 겉보기 밀도는 섹션 5.1-5.4 의 요구 사항을 준수해야 합니다.

미세구조에 눈에 띄는 결함은 없습니다.

부적격 처리 : 부적격 샘플은 재검사를 받거나 폐기해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. 표시, 포장 및 운송

표시 :

재료명(WC-12Co 등), 배치번호, 생산일자는 패키지에 표시되어 있습니다.

패키지 :

습기와 산화를 방지하려면 밀봉된 비닐 봉지나 금속 캔을 사용하세요.

패키지당 무게: 5-25kg.

운송 : 분말 오염을 방지하기 위해 고온($<40^{\circ}\text{C}$)과 습도를 피하세요.

9. 결과 보고

보고서 내용 :

분말 소재 및 분류 정보.

화학적 성분 분석 결과.

입자 크기 분포, 유동성, 겉보기 밀도 측정.

미세구조 검사 결과 (사진 첨부)

시험방법 및 장비번호.

생산 배치 번호, 날짜 및 검사자 서명.

예 : WC-12Co 분말, 입자 크기 10-45 μm , 유동성 18 s/50g, 겉보기 밀도 4.2 g/cm^3 ,
표면 산화 없음.

10. 적용 가능성 및 제한 사항

적용분야 : 열분무 분말의 생산, 검사 및 사용에 적합합니다.

한계 :

와이어, 막대 또는 로프와 함께 사용하기에 적합하지 않습니다.

코팅 성능에 대한 규정은 없습니다. GB/T 8642 또는 ISO 14923 을 참조하세요.

11. 부록(참고)

부록 A : 권장 입자 크기 분포표.

예 : APS 파우더, 10-50 μm , >90% 컴플라이언스.

부록 B : 유동성 시험 장치의 개략도.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 17391-2008

열분사 코팅 접착력 시험 방법

1. 범위

1.1 본 표준은 열분무 코팅의 접착력을 측정하기 위한 시험 방법을 규정하고 있으며 금속, 세라믹 및 복합 코팅에 적용 가능합니다.

적용 대상 : 화염 분무, 아크 분무, 플라즈마 분무(APS, VPS), HVOF 및 DGS 공정에 사용되는 시멘트 카바이드 코팅(WC-Co, Cr₃C₂-NiCr 등)을 포함합니다.

측정 대상 :

접착력: 코팅과 기질 사이의 접합 강도이며 MPa 단위로 측정합니다.

결속 강도: 코팅 내부의 결합 강도이며 MPa 단위로 측정합니다.

1.2 이 방법은 두께가 ≥ 0.1 mm 인 코팅에 적용할 수 있습니다.

1.3 본 표준은 코팅 준비 과정을 포함하지 않고, 접착력 시험 방법만 제공합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

GB/T 531-1999 - 금속 재료의 비커스 경도 시험 방법.

GB/T 13320-1991 - 분말야금 용어.

GB/T 14623-2003 - 금속 재료의 인장 시험 방법.

GB/T 8642-2002 - 열분사 아연, 알루미늄 및 합금 코팅의 두께 결정.

참고 : 개정 사항이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13320-1991 을 참조하여 다음의 용어와 정의를 채택합니다.

접착 강도 : 코팅과 기질 계면 사이의 분리에 필요한 인장 응력으로 MPa 단위로 측정합니다.

응집 강도 : 코팅 내 입자 분리에 필요한 인장 응력으로 MPa 단위로 측정합니다.

열 분무 코팅 : 열 분무 공정을 통해 기판 표면에 증착되는 코팅입니다.

고장 모드 :

접착 실패: 코팅과 기질 사이의 계면에서의 파손.

응집 파괴: 코팅 내부의 파괴.

혼합형 파괴: 접착형 파괴와 응집형 파괴가 결합된 형태입니다.

4. 중요성 및 사용

이 시험 방법은 열 분무 코팅의 접합 품질을 평가하는 데 사용되며, 품질 관리, 재료 개발 및 성능 검증에 적합합니다.

일반적인 응용 분야:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공우주(터빈 블레이드 코팅): WC-Co 코팅 접착력 50-80 MPa.

산업장비(내마모코팅) : HVOF 코팅 접착력 60-90 MPa.

에너지산업(시추장비코팅) : Cr₃ C₂ - NiCr 코팅 접착력 40-70 MPa.

5. 테스트 장비

인장 시험기 :

GB/T 14623 의 요구 사항을 충족하며, 힘 교정 정확도는 $\pm 1\%$ 입니다.

로딩 속도: 0.5-2 mm/min.

경기 일정 :

원통형 고정 장치, 직경 25mm, 양쪽 끝의 정렬 오차 <0.05mm.

재질: 고강도 강철, 경도 \geq HRC 40.

접착제 :

고강도 에폭시 수지(예: FM 1000), 인장 강도 \geq 70 MPa.

경화 조건: 제조사의 권장 사항(예: 120° C, 1~2 시간)에 따라야 합니다.

6. 샘플 준비

샘플 크기 :

원통형 시편, 직경 25mm, 기질 두께 \geq 5mm.

코팅 두께: 0.1-1.0 mm (공정에 따라 다름).

기질 :

재질: 일반적으로 강철, 스테인리스 강철 또는 알루미늄이며, 표면은 사포 분사로 거칠게 처리합니다(Ra 3-5 μ m) .

코팅 준비 :

실제 생산 공정(예: HVOF, APS)을 사용하여 분무합니다.

코팅 표면은 평평해야 하며, 거칠기는 Ra 5-15 μ m 이어야 합니다 .

본딩 :

코팅된 시편을 같은 크기의 다른 원통형 고정 장치에 접합합니다.

접착제 두께: 0.05-0.2mm, 고르게 도포하고 거품이 생기지 않도록 주의하세요.

수량 : 그룹당 최소 5개 표본, 대표성 있는 시험.

7. 실험 절차

교정 : 시험기 힘 교정, 정확도 $\pm 1\%$.

설치 : 시험기 고정 장치에 시편을 고정하고 정렬 오차가 0.05mm 미만이 되도록 합니다.

하중 : 시편이 파괴될 때까지 0.5-2mm/min 의 속도로 인장 하중을 가합니다.

기록 :

최대 인장력, 단위: N.

파손 모드(접착성, 응집성 또는 혼합).

계산하다 :

접착력 또는 응집력(MPa) = 최대 인장력(N) / 샘플 단면적 (mm²)

단면적: 490.9 mm² (직경 25 mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. 시험 조건

환경 : 온도 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 습도 $< 60\%$, 진동 및 부식성 가스 없음.

장비 : 시험 장비는 과열이나 과부하로부터 보호되어야 합니다.

9. 결과 보고

보고서 내용 :

코팅 재료 및 기질 정보(예: WC-12Co, 강철 기질).

코팅 두께 (μm) 및 제조 공정(HVOF, APS 등).

접착제 종류 및 경화 조건.

표준 편차를 포함한 접착력 또는 응집력의 평균값(MPa).

파손 모드(접착성, 응집성 또는 혼합형)와 사진입니다.

시험일자, 작업자 및 장비 번호.

예 : WC-Co 코팅(HVOF), 접착력 $65 \pm 5 \text{ MPa}$, 파괴 모드는 혼합 파괴입니다.

10. 정밀도와 편향

정밀도 :

실험실 내 반복성: 표준 편차 $< 5\%$.

실험실 간 재현성: 표준 편차 $< 10\%$.

편차 :

가능한 원인: 시편 정렬 오류, 접착력 부족, 코팅 결함.

관리 조치: 시험 절차를 엄격히 준수하고 샘플의 품질을 점검합니다.

11. 부록(참고)

부록 A : 접착제 선택 가이드.

추천: FM 1000 에폭시 수지, 강도 $\geq 70 \text{ MPa}$.

부록 B : 고장 모드 분석 예.

예: 접착 파괴(계면 분리), 응집 파괴(코팅 내부의 균열).

12. 적용 가능성 및 제한 사항

적용성 : 열 분무 코팅의 접착력 및 응집력 테스트에 적합합니다.

한계 :

두께가 0.1mm 미만인 초박형 코팅에는 적합하지 않습니다.

코팅 다공성이나 내마모성에 대한 규정은 없습니다. GB/T 8642 또는 ASTM G65 를 참조하세요.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

AMS 2437: HVOF 공정 사양

AMS 2437 은 HVOF(고속 산소 연료 분무) 공정 사양이 아니라, 플라즈마 분무 증착 공정에 대한 사양입니다. 다음은 AMS 2437 에 대한 자세한 설명과 HVOF 공정 사양과의 비교 및 설명입니다.

AMS 2437: 플라즈마 분무 공정 사양

AMS 2437 은 SAE International 에서 발행한 표준입니다. 최신 버전은 AMS 2437D(2019 년 12 월 13 일)이며, "코팅, 플라즈마 스프레이 증착(Coating, Plasma Spray Deposition)"이라는 제목이 붙었습니다. 이 표준은 플라즈마 스프레이를 사용하여 부품에 코팅을 증착하기 위한 엔지니어링 조건과 코팅 성능을 명시합니다.

1. 범위

적용 대상 : 항공우주, 산업 및 기타 분야에 사용되는 금속, 세라믹 및 복합 재료 코팅(WC-Co, 알루미늄 등)에 적합합니다.

공정 : 플라즈마 분무(APS)는 고온 플라즈마 아크(10,000~15,000°C)가 분말을 녹여 기판 표면에 분무하는 방식입니다.

목적 : 높은 마모가 발생하는 분야에 내마모성, 내부식성 또는 열 차단 코팅(예: TBC)을 제공합니다.

두께 : 일반적으로 <1mm(적용 분야에 따라 다름).

2. 주요 요구 사항

코팅 특성 :

접착력: 섹션 3.6.1 에 따라 컵 테스트 또는 굽힘 테스트를 통해 평가합니다.

경도: 3.6.5 절에 따르면 코팅 재료에 따라 다릅니다(예: WC-Co 경도 ≥ 1000 HV).

다공성: 일반적으로 현미경 검사에 따르면 5% 미만입니다.

시험 :

수용 시험(4.2.1): 각 배치에 대해 접착력과 경도를 시험합니다.

정기 테스트(4.2.2): 프로세스 안정성에 대한 정기적인 검증.

사전 생산 테스트(4.2.3): 새로운 프로세스나 재료에는 추가적인 검증이 필요합니다.

3. 제한 사항

HVOF 공정에는 적합하지 않습니다.

이중 코팅(기존 코팅 위에 뿌리는 것)은 필요하지 않습니다.

HVOF 공정 사양: AMS 2447

사용자는 AMS 2437 을 HVOF 공정 사양과 혼동할 수 있습니다. HVOF 공정의 정확한 사양은 AMS 2447 이며, 최신 버전은 "코팅, 열분사, 고속 산소/연료 공정"이라는 제목의 AMS 2447D(2019 년 1 월 14 일)입니다.

1. 범위

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적용 대상 : HVOF 공정으로 증착된 코팅에 적합하며, 예를 들어 초경합금 (WC-Co, WC-CoCr), 금속 합금 (NiCr)은 항공우주 고내마모성 응용 분야에 널리 사용됩니다.

공정 : HVOF 는 연료(예: 등유)를 산소와 함께 연소시켜 초음속 화염(500~1000m/s)을 생성하여 고밀도 코팅을 증착합니다.

목적 : 플라즈마 용사(예: AMS 2437)보다 우수한 내마모성 및 내식성을 제공합니다.

2. 주요 요구 사항

코팅 특성 :

다공성: <2%, 플라즈마 분무보다 상당히 낮음.

접착력: 일반적으로 >70MPa(플라즈마 분무의 경우 50-60MPa).

표면 거칠기: Ra 6-16 μm (적용 분야에 따라 다름, 예: 씰은 <0.15 μm 필요).

재료 :

일반적으로 사용되는 분말: WC-17Co, WC-10Co-4Cr (AMS 7881, AMS 7882).

두께 범위: 25-500 μm (카바이드), 합금 코팅은 더 두꺼울 수 있습니다.

시험 :

형광침투검사(FPI): 균열을 검사합니다.

바르크하우젠 소음 감지: 분쇄 연소 평가.

제한사항 : 이중 코팅에는 적합하지 않습니다.

3. 일반적인 응용 프로그램

항공우주: 터빈 블레이드, 랜딩 기어(접착력 60-90 MPa).

산업: 내마모성 롤러, 씰.

4. AMS 2437 과의 비교

공정 : AMS 2437(플라즈마 분무)은 고온 및 높은 기공률(3-5%)을 갖고, AMS 2447(HVOF)은 고속 및 낮은 기공률(<2%)을 갖습니다.

성능 : HVOF 코팅(WC-Co 등)은 플라즈마 용사보다 접착력과 내마모성이 더 뛰어납니다.

적용 : AMS 2437 은 열 차단 코팅(예: ZrO₂) 에 더 적합합니다. 반면, AMS 2447 은 내마모성이 높은 코팅(예: WC-Co)에 더 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3252:2019

분말 야금 용어

분말 야금 - 어휘

1. 범위

1.1 이 국제 표준은 분말 야금 분야의 용어를 정의하며, 분말 제조, 특성화 및 응용 기술을 포함합니다.

적용 대상 : 열 분무, 소결 및 적층 제조 와 같은 공정에 적합한 금속 분말(아연, 알루미늄 등), 세라믹 분말(알루미나 등), 복합 분말(WC-Co 시멘트 카바이드 등) 등이 있습니다 .

목적 : 기술 커뮤니케이션, 표준 설정 및 연구를 용이하게 하기 위해 통일된 용어를 제공합니다.

1.2 본 표준은 구체적인 공정 매개변수나 성능 시험 방법을 다루지 않고 용어 정의에만 초점을 맞춥니다.

2. 규범적 참조

다른 표준에 대한 직접적인 참조는 없지만, 용어는 ISO 4490(분말 입자 크기 측정) 및 ISO 3953(분말 야금에 대한 확장 용어)과 관련이 있습니다.

3. 용어 및 정의

이 표준은 분말 야금의 다양한 측면을 분류하고 다음과 같은 주요 용어를 정의합니다.

3.1 분말 특성

분말 : 입자 크기가 보통 1nm에서 1mm 사이인 입자로 구성된 느슨한 물질입니다.

입자 크기 : 단일 입자의 최대 선형 크기이며, μm 또는 nm 로 표현됩니다.

입자 크기 분포 : 분말 입자의 크기 범위에 따른 백분율 분포로, 일반적으로 D10, D50, D90으로 표현됩니다.

형태학 : 구형, 불규칙형, 다면체형 등 입자의 모양과 표면 특성입니다.

비표면적 : 분말 의 단위 질량당 총 표면적을 m^2/g 단위로 나타낸 값입니다.

3.2 물리적 특성

겉보기 밀도 : 외부 힘이 가해지지 않을 때 분말의 단위 부피당 질량으로, g/cm^3 로 표현합니다 .

탭 밀도 : 탭핑 후 분말의 단위 부피당 질량 , g/cm^3 로 표현 .

유동성 : 중력이나 기계적 작용에 따른 분말의 흐름 특성, 단위는 $\text{s}/50\text{g}$ (홀 플로우 컵법)입니다 .

압축성 : 분말이 압축된 후 부피가 줄어드는 능력으로, g/cm^3 로 표현합니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3 화학적 특성

화학적 구성 : 분말에 함유된 각 원소 또는 화합물의 함량 백분율.

산화물 함량 : 분말 내 산화물의 질량 분율이며 %로 표현됩니다.

불순물 : 주성분 이외의 의도하지 않은 원소 또는 화합물.

3.4 준비 및 처리

분무 : 용융 금속에 액체나 기체를 충돌시켜 분말을 제조하는 공정입니다.

기계적 합금화 : 고에너지 볼 밀링을 통해 분말 성분을 혼합하고 합금화하는 공정입니다 .

소결 : 고온에서 분말 입자를 결합하여 다공성 또는 밀도가 높은 재료로 만드는 공정입니다.

열 분무 : 분말을 용융 또는 반응용 상태로 가열한 다음 기질 표면에 분사하는 공정입니다.

3.5 응용 프로그램

세르멧 : 탄화물(예: WC)과 금속 결합상(예: Co)으로 구성된 복합 재료입니다.

적층 제조 : 선택적 레이저 용융(SLM)과 같이 분말을 여러 층으로 증착하여 부품을 만드는 공정입니다.

코팅 : 열분사 또는 증착을 통해 기관 표면에 형성되는 보호 또는 기능 층입니다.

3.6 시험 방법

체질 : 표준체를 사용하여 분말의 입자 크기 분포를 결정하는 방법입니다.

레이저 회절 분석 : 레이저 산란을 이용하여 분말 입자 크기 분포를 측정하는 기술입니다.

현미경 검사 : 광학 또는 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 분말 형태와 결합을 분석합니다.

4. 분류

재료 유형별 :

금속 분말(Fe, Cu 등)

세라믹 분말 (예 : Al_2O_3 , ZrO_2) .

복합 분말(WC-Co 등)

입자 모양 에 따라 :

구형의 분말.

불규칙한 분말.

다공성 또는 속이 빈 분말.

신청 별 :

구조재료

기능성 소재(전도성 코팅 등)

5. 부록

부록 A : 용어집(영어-중국어).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예: 입자 크기, 유동성.

부록 B : 입자 형태의 개략도.

예: 구형 분말, 바늘 모양의 분말.

6. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 열 분무 분말에 대한 용어 사용을 포함하여 분말 야금 산업을 위한 기술 문서화, 표준 개발 및 교육.

한계 :

여기에는 ISO 4490 등의 표준을 참조해야 하는 구체적인 시험 방법이나 공정 매개변수가 포함되지 않습니다.

분말야금 이외의 분야에는 적용되지 않는 용어의 정의입니다.

총수:

ISO 14923:2003

열분사

— 열분사 코팅의 특성화 및 테스트

열 분무

— 열 분무 코팅의 특성화 및 테스트

1. 범위

1.1 이 국제 표준은 열분사 코팅(TWC)의 특성과 품질을 평가하는 데 적합한 특성화 및 시험 방법을 규정합니다.

적용 대상: 금속 코팅(아연, 니켈 등), 세라믹 코팅(알루미나 등), 복합 코팅(WC-Co 시멘트 카바이드/세라멧 코팅 등)을 포함하여 화염 용사(Flame Spraying / 화염 용사), 아크 용사(Arc Spraying / 아크 용사), 플라즈마 용사(Plasma Spraying, APS/VPS / Plasma Spraying, APS/VPS), HVOF 및 DGS 공정에 적합합니다.

목적: 접착력, 다공성, 두께 등의 특성을 평가하기 위한 표준화된 시험 방법을 제공합니다.

1.2 본 표준은 두께(Thickness) ≥ 0.05 mm 인 코팅에 적용됩니다.

1.3 본 표준은 코팅 준비 공정(Coating Preparation Process / Coating Preparation Process)을 다루지 않으며, 단지 시험 방법 및 특성화 기술만을 제공합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 4287:1997 - 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 표면 질감 매개변수 / 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 표면 질감 매개변수

ISO 6507-1:2005 - 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 8501-1:2007 - 페인트 및 관련 제품 적용 전 강철 기질 준비 - 표면 청결도의 시각적 평가 - 제 1 부: 코팅되지 않은 강철 기질 및 이전 코팅을 완전히 제거한 후 강철 기질의 녹 등급 및 준비 등급

ISO 9227:2017 - 인공 분위기에서의 부식 시험 - 염수 분무 시험

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

열분사 코팅: 열분사 공정을 통해 기관 표면에 증착되는 코팅입니다.

접착력: 코팅과 기질 사이의 접합 강도(접합 강도)이며 MPa 단위로 측정합니다.

응집력: 코팅 내부 입자 간의 결합 강도로, MPa 단위로 측정합니다.

다공성: 코팅의 총 부피에 대한 기공 부피의 백분율로, %로 표현됩니다.

두께: 기관 표면에서 코팅 상단까지의 수직 거리(수직 거리), 단위는 μm 입니다 .

4. 특성화 방법

4.1 두께 측정

방법:

자기적 방법(ISO 2178): 자성 기질의 비자성 코팅에 적용 가능.

와전류법(ISO 2360): 비자성 금속 기질의 비전도성 코팅에 적용 가능.

현미경적 방법: 단면 관찰, 5 개 지점을 측정하여 평균값을 취합니다.

정확도: $\pm 5\%$ 또는 $\pm 5 \mu\text{m}$ (둘 중 더 큰 값).

4.2 다공성 측정

방법:

현미경적 방법: 단면 이미지를 분석하여 기공 면적의 백분율을 계산합니다.

침투 방법: 염료(Dye/Dye) 또는 가스(Gas/Gas) 침투를 사용하여 모공 연결성을 평가합니다.

정확도: $\pm 1\%$ 또는 $\pm 0.5\%$ (배율에 따라 다름).

4.3 표면 거칠기

방법: 스타일러스 프로파일로미터(ISO 4287), Ra 값 측정.

범위: 일반적인 값은 응용 분야 에 따라 $2 \sim 15 \mu\text{m}$ 입니다 .

4.4 미세구조 분석

방법: 광학현미경 또는 주사전자현미경(SEM), 배율 50-1000 배.

매개변수: 균열, 산화물 내포물 및 튀는 형태를 관찰합니다.

5. 테스트 방법

5.1 접착력 테스트

방법 : 접착제와 인장 시험기를 이용한 인장 시험(ISO 4624)

시편: 직경 25mm, 코팅 두께 0.1-1.0mm.

로딩 속도: 0.5-2 mm/분.

계산: 접착력(MPa) = 최대 힘 / 단면적.

파손 모드: 접착 파손 또는 응집 파손.

5.2 경도 시험

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

방법: 비커스 경도 시험(ISO 6507-1), 하중 5-10N.

정확도: ± 5 HV 또는 $\pm 10\%$ (둘 중 더 큰 값).

5.3 내식성 테스트

방법: 염수 분무 시험(ISO 9227), 기간: 24~480 시간.

평가: 녹 면적 비율을 기록합니다.

5.4 내마모성 테스트

(건조 모래/고무바퀴 시험) 에 따라 부피 손실을 측정했습니다 .

정확도: $\pm 5\%$ 또는 $\pm 0.1 \text{ mm}^3$

6. 검체 준비

치수:

두께 측정: $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times$ 코팅 두께.

접착력 테스트: 직경 25mm, 두께 $\geq 5\text{mm}$.

표면 준비: 사포 분사($R_a 3-5 \mu\text{m}$), 오염 물질 제거.

수량: 그룹당 ≥ 3 개 표본, 대표적 시험.

7. 테스트 조건

환경: 온도 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 습도 $< 60\%$, 진동 없음.

장비 : 교정(Calibration / Calibration), 정확도(Accuracy / Accuracy) $\pm 2\%$.

8. 시험 보고서

내용물

코팅 재료 및 기질 정보(예: WC-12Co, 강철 기질) .

준비 공정(Process / Preparation process, such as HVOF)과 코팅 두께(Thickness / Coating thickness).

특성 분석 결과(두께, 다공성, 거칠기).

시험 결과(시험 결과 / 시험 결과, 접착력, 경도, 내식성)

파손모드(Failure Mode)와 미세구조(Microstructure) 사진입니다.

시험일자(Date / Test date), 운영자(Operator / Operator) 및 장비번호(Equipment Number / Equipment Number).

예: WC-Co 코팅(HVOF), 두께 $250 \mu\text{m}$, 다공성 1.5 %, 접착력 70MPa, 파괴 모드는 응집 파괴입니다.

9. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 $< 5\%$, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) $< 10\%$.

편향: 시료 전처리가 불균일하거나 장비 교정이 부적절하여 발생할 수 있습니다.

표면 전처리 품질을 관리해야 합니다.

10. 부록

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 A (부록 A / 부록 A): 두께 측정 다이어그램 (두께 측정 다이어그램 / 두께 측정 다이어그램).

부록 B (부록 B / 부록 B): 접착 시험편 준비 절차 (접착 시험편 준비 절차 / 접착 시험편 준비 절차).

11. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 열분무 코팅의 품질 관리 및 성능 평가에 적용 가능.

제한 사항:

두께가 0.05mm 미만인 초박형 코팅에는 적합하지 않습니다.

열 분무 - 용어 및 분류를 참조합니다 .

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

ISO 4505:2017

금속 재료

— 경도 시험 — 시험 방법

금속 재료

— 경도 시험 — 시험 방법

1. 범위

1.1 이 국제 규격은 금속 재료의 경도 시험에 대한 일반적인 방법을 규정합니다. 비커스 경도, 브리넬 경도, 로크웰 경도 시험에 적용됩니다.

적용 대상: 열분사 코팅(WC-Co 시멘트 카바이드/세르멧 코팅 등) 및 기타 금속 부품을 포함한 금속 재료에 적용 가능합니다.

목적: 결과의 반복성과 비교성을 보장하기 위해 표준화된 경도 시험 방법을 제공합니다.

1.2 본 표준은 두께가 ≥ 0.5 mm 인 시편에 적용됩니다.

1.3 이 표준은 세라믹이나 플라스틱과 같은 비금속 재료의 경도 시험을 다루지 않지만 금속 기질 복합재로 확장될 수 있습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 6506-1:2014 - 금속 재료 - 브리넬 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6507-1:2018 - 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6508-1:2016 - 금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 18265:2013 - 금속 재료 - 경도 값 변환

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

경도: 재료가 국부적 소성 변형에 저항하는 능력으로, 일반적으로 압입을 통해 측정합니다.

비커스 경도(Vickers Hardness): 정사각형 원뿔 모양의 다이아몬드 압입자(Diamond Indenter)를 눌러서 측정한 경도이며, HV 로 표시합니다.

브리넬 경도(Brinell Hardness / Brinell Hardness): 카바이드 볼(Carbide Ball / Carbide Ball)을 압입하여 측정한 경도이며, HBW 로 표시합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

록웰 경도: 경도는 다이아몬드나 강철 볼을 시험편에 눌러 깊이를 측정하여 HR (HRC, HRB 등)로 표현합니다.

압입 : 압입자가 시편 표면에 남긴 영구 변형 흔적.

4. 테스트의 원칙

비커스 경도: 136° 사각 원뿔 다이아몬드 압입자를 사용하여 지정된 하중을 가하고 압입부의 대각선 길이를 측정하여 경도 값을 계산합니다.

브리넬 경도: 카바이드 볼을 사용하여 하중을 가하고, 압입 직경을 측정하고 경도 값을 계산합니다.

록웰 경도: 예압과 주압을 가하고 압입 깊이를 측정한 후 경도 값을 직접 읽습니다.

5. 시험 방법

5.1 비커스 경도 시험

장비: ISO 6507-1 에 따른 비커스 경도 시험기.

하중: 0.01 kgf ~ 100 kgf (0.098 N ~ 980.7 N).

절차:

하중을 가하고 10~15 초간 유지합니다.

홈의 대각선 길이를 최소한 두 번 측정하고 평균값을 구합니다.

계산:

$HV = 1.8544 \times F / d^2$, 여기서 F는 하중(N)이고 d는 평균 대각선 길이(mm)입니다.

정확도: ± 5 HV 또는 $\pm 5\%$ (둘 중 더 큰 값).

5.2 브리넬 경도 시험

장비: ISO 6506-1 에 따른 브리넬 경도 시험기.

하중: 1kgf ~ 3000kgf (9.807N ~ 29420N).

볼 직경: 1mm, 2.5mm, 5mm 또는 10mm.

절차:

하중을 가하고 10~15 초간 유지합니다.

최소 두 방향에서 압입 직경(Diameter)을 측정하고 평균값을 취합니다.

계산:

$HBW = 0.102 \times (2F / (\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})))$, 여기서 F는 하중(N), D는 볼 직경(mm), d는 압입 직경(mm)입니다.

정확도: ± 5 HBW 또는 $\pm 5\%$ (둘 중 더 큰 값).

5.3 록웰 경도 시험

장비: ISO 6508-1 에 따른 록웰 경도 시험기.

짐:

예압: 10 kgf (98.07 N).

주요 하중: 60kgf , 100kgf 또는 150kgf (588.4N, 980.7N 또는 1471N) .

압입자: 다이아몬드 콘 또는 강철 볼.

절차:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예압을 가하고 2~5 초간 유지합니다.
1 차 하중을 가하고 4~6 초간 유지합니다.
주 하중을 제거하고 경도값을 읽습니다.
정확도: ± 0.5 HRC 또는 $\pm 1\%$ (둘 중 더 큰 값).

6. 검체 준비

표면 준비: 시료 표면은 평평해야 하며, 거칠기는 $Ra < 0.8 \mu m$ 이어야 하며, 산화물 스케일 과 오일 얼룩은 제거해야 합니다.
두께: 샘플 두께 \geq 압입 깊이의 10 배.
수량: 그룹당 ≥ 3 개 표본, 대표적 시험.

7. 테스트 조건

환경: 온도 $20 \pm 5^\circ C$, 습도 $< 60\%$, 진동 없음.
장비 교정: 경도계 정확도 $\pm 2\%$, 1 년에 한 번 교정.

8. 시험 보고서

내용물

시편 재료 및 기질 정보(예: WC-Co 코팅, 강철 기질).
시험 방법(시험 방법 / 시험 방법, 비커스 경도 등).
하중(Load)과 압입자 유형(Indenter Type).
경도값(Hardness Value)과 표준편차(Standard Deviation).
시험일자(Date / Test date), 운영자(Operator / Operator) 및 장비번호(Equipment Number / Equipment Number).
예: WC-Co 코팅, 비커스 경도 HV 1200 \pm 20(하중 5 N).

9. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 $< 3\%$, 실험실 간(Between Laboratorys / Between Laboratorys) $< 5\%$.
편향: 표면의 고르지 않음이나 하중 편차로 인해 발생할 수 있으며, 표면 품질과 장비 교정을 제어해야 합니다.

10. 부록

부록 A: 경도 변환표, ISO 18265 참조.
부록 B: 압입 측정 다이어그램.

11. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 금속 재료의 경도 시험 및 열분사 코팅에 적합하며 품질 관리에 널리 사용됩니다.
제한 사항:
비금속 재료(예: 세라믹, 소결되지 않은 재료)에는 적합하지 않습니다.
두께가 0.5mm 미만인 얇은 코팅은 주의해서 사용해야 하며 마이크로 로드가 필요할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatun


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

ISO 9227:2017 인공 분위기에서의 부식 시험

— 소금 분무 테스트

인공 분위기에서의 부식 테스트

— 염수 분무 시험

1. 범위

1.1 이 국제 규격은 금속 재료 및 그 코팅의 내식성(내식성/부식 저항성)을 평가하기 위해 인공 분위기(인공 분위기/인공 분위기)에서 염수 분무 시험(염수 분무 시험/염수 분무 시험)을 실시하는 방법을 규정합니다.

적용 대상: 금속 재료, 열분사 코팅(WC-Co 시멘트 카바이드/세르멧 코팅 등), 전기도금 코팅 및 유기 코팅을 포함합니다.

목적: 품질 관리 및 성능 검증을 위해 소금 분무 환경을 시뮬레이션하여 재료 또는 코팅의 내식성을 평가합니다.

1.2 이 표준에는 세 가지 시험 방법이 포함됩니다.

중성염분무시험(NSS / Neutral Salt Spray Test, NSS).

아세트산 염 분무 시험(AASS).

구리 가속 아세트산 염 분무 시험(CASS).

1.3 본 표준은 실제 환경에서 재료의 장기 내식성을 예측하기 위한 것이 아니며, 실험실 비교 시험에만 사용됩니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 1514:2016 - 페인트 및 바니시 - 테스트를 위한 표준 패널

ISO 2808:2019 - 페인트 및 바니시 - 필름 두께 결정

ISO 3574:2012 - 상업용 및 인발용 냉간환원탄소강판

ISO 8044:2015 - 금속 및 합금의 부식 - 기본 용어 및 정의

ISO 8407:2021 - 금속 및 합금의 부식 - 부식 시험편에서 부식 생성물 제거

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

이 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용하며, 그 중 일부는 ISO 8044 를 참조합니다.

소금 분무: 소금 용액(소금 용액)을 분무하여 형성된 에어로졸로, 부식성 환경을 시뮬레이션하는 데 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

내식성: 재료나 코팅이 부식에 저항하는 능력으로, 일반적으로 부식 생성물이 형성되는 정도로 평가됩니다.

시편: 염수 분무 시험에 사용되는 시험편.

NSS(중성염수분무): 중성염수(pH 6.5~7.2)를 이용한 염수분무 시험입니다.

AASS(아세트산 염 분무): 아세트산을 첨가하여 pH 값(3.1~3.3)을 낮추는 염 분무 검사입니다.

CASS(Copper-Accelerated Acetic Acid Salt Spray): AASS 에 염화구리(CuCl)를 첨가하여 부식을 촉진하는 염분무 시험입니다.

4. 테스트의 원칙

시편을 염분무 환경(Salt Spray Environment / Salt Spray Environment)에 노출시키면 염용액(Salt Solution / Salt Solution)이 분무되어 균일한 부식성 에어로졸(Corrosive Aerosol / Corrosive Aerosol)이 형성된다.

부식의 정도는 부식 생성물(Corrosion Products / Corrosion Products), 질량 손실(Mass Loss / Mass Loss) 또는 표면 결함(Surface Defects / Surface Defects)의 형성을 관찰하여 평가합니다.

5. 시험 장치

소금 분무 챔버(Salt Spray Chamber):

용량: ≥ 400 L, 균일한 분무를 보장합니다.

재료: 유리섬유 강화 플라스틱(Fiberglass Reinforced Plastic)과 같은 부식 방지 재료.

노즐: 비금속 재질로 균일한 미세한 안개(Fine Mist)를 생성합니다.

온도 조절: 시험실의 온도는 $35 \pm 2^\circ \text{C}$ 로 유지됩니다.

수집 장치: 소금 분무 침전 속도를 측정하기 위한 수집 깔때기가 최소 2 개 있어야 합니다.

6. 테스트 솔루션

소금 용액:

성분: 염화나트륨(NaCl/염화나트륨) 농도 50 ± 5 g/L.

순도: NaCl 불순물 $< 0.5\%$, 구리 및 니켈을 포함하지 않습니다.

수질: 증류수 또는 탈이온수, 전도도 $< 20 \mu\text{S}/\text{cm}$.

pH 값:

NSS: 6.5-7.2.

AASS: 3.1-3.3(아세트산을 첨가하여 조정).

CASS: 3.1-3.3 (0.26 ± 0.02 g/L 염화구리 첨가).

7. 표본 준비

시편 치수: ISO 1514 에 따라 권장 $150\text{mm} \times 100\text{mm} \times$ 두께.

준비 :

오일 얼룩(오염물질/오일 얼룩)과 산화 스케일(산화물 스케일/산화물 스케일)을 제거합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열 분무 코팅: 표면 거칠기 Ra 3-5 μm , ISO 8501-1 에 따름.

수량: 그룹당 ≥ 3 개 표본, 대표적 시험.

위치: 시료는 직접 분사되는 것을 피하기 위해 수직에 대해 $15^\circ - 30^\circ$ 각도로 놓아야 합니다.

8. 테스트 조건

온도: 시험실 내 $35 \pm 2^\circ \text{C}$.

염분 분무 증착 속도: $1-2 \text{ mL} / (80 \text{ cm}^2 \cdot \text{h})$.

테스트 기간:

NSS: 24 시간, 48 시간, 96 시간, 240 시간, 480 시간 또는 720 시간.

AASS 및 CASS: 24 시간, 48 시간 또는 96 시간.

습도: 상대 습도: 95%-100%.

9. 테스트 절차

준비

소금물을 준비하고 pH 를 조절합니다.

시험실을 35°C 로 예열합니다.

테스트:

시험 챔버에 샘플을 넣고 소금 분무를 시작하세요.

24 시간마다 침전 속도와 온도를 확인하세요.

완성:

시험 후, 샘플을 증류수로 세척하여 소금(소금 침전물)을 제거합니다.

ISO 8407 에 따라 부식 생성물(Corrosion Products / Corrosion Products)을 제거합니다.

10. 평가 방법

시각적 검사: 부식 생성물, 녹 반점 및 코팅 벗겨짐의 분포를 관찰합니다.

질량 손실: 시험 전후 샘플의 질량 손실은 g/m^2 단위로 측정됩니다.

부식 등급: ISO 8407 에 따라 부식 없음, 약간의 부식 등 평가됩니다.

11. 시험 보고서

내용물

시편 재료 및 코팅 정보(예: WC-Co 코팅, 강철 기질).

시험 방법(NSS 와 같은 시험 방법).

시험 조건: 온도, 침전 속도, 시간.

평가 결과: 부식 정도, 질량 감소, 사진.

시험일자(Date / Test Date), 운영자(Operator / Operator) 및 장비번호(Equipment Number / Equipment Number).

예: WC-Co 코팅, NSS 테스트 480 시간, 표면 약간의 부식(Slight Corrosion), 질량 손실 $2.5 \text{g}/\text{m}^2$.

12. 정밀도와 편향

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <10%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) <15%.

편향: 분무의 균일성이나 표본의 위치에 영향을 받을 수 있으며, 분무 분포를 제어해야 합니다.

13. 부록

부록 A(부록 A): 소금분무실 설계 지침(소금분무실 설계 지침).

부록 B (부록 B / 부록 B): 표준 참조 물질 (Standard Reference Materials / Standard Reference Materials).

14. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 금속 재료 및 코팅의 내식성 테스트에 적용 가능하며 품질 관리에 널리 사용됩니다.

제한 사항:

실제 환경에서 장기적인 내식성을 예측하는 데 적합하지 않습니다.

비금속 코팅의 경우 주의해서 사용해야 하며, 시험 조건을 조정해야 할 수도 있습니다.

요약

ISO 9227:2017 "인공 분위기에서의 부식 시험 - 염수 분무 시험"은 금속 재료와 열 분무 코팅(예: 시멘트 카바이드 코팅)의 내식성을 평가하는 데 적합한 염수 분무 시험(NSS, AASS, CASS)에 대한 표준 방법을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM B665-01(2014)

초경합금의 미세구조 금속학적 식별을 위한 표준 가이드

시멘트 카바이드 미세구조의 금속학적 식별을 위한 표준 가이드

1. 범위

1.1 이 표준 가이드는 품질 관리와 연구 목적을 위해 시멘트 카바이드의 미세구조에 대한 금속학적 식별 방법을 명시합니다.

적용 대상: 텅스텐 카바이드(WC) 기반 시멘트 카바이드(예: WC-Co), 티타늄 카바이드(TiC) 및 탄탈륨 카바이드(TaC) 복합 재료는 열 분무 코팅(열 분무 코팅) 및 절삭 공구에 널리 사용됩니다.

목적: 미세구조를 특성화하고 상 구조, 다공성, 결함을 식별하기 위한 표준화된 방법을 제공합니다.

1.2 본 사양은 소결(sintered) 또는 열분사(thermally sprayed) 시멘트 카바이드에 적용됩니다.

1.3 본 규격은 시멘트 카바이드의 기계적 성질 시험(기계적 성질 시험)을 다루지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ASTM E3-11(2017) - 금속조직 시편 제작을 위한 표준 가이드

ASTM E7-15 - 금속학 관련 표준 용어

ASTM E407-07(2015)e 1 - 금속 및 합금 미세 에칭을 위한 표준 관행

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

이 표준은 ASTM E7을 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

시멘트 카바이드: 소결을 통해 탄화물(예: WC)과 금속 결합제 상(예: Co)으로 만든 복합 재료입니다.

미세구조: 현미경으로 관찰하는 재료의 내부 상 구조와 결합 특성.

기공률: 시멘트 카바이드의 기공은 A형(작은 기공), B형(중간 기공), C형(큰 기공)으로 구분됩니다.

바인더상(Binder Phase): 카바이드 입자를 결합시키는 코발트(Cobalt)나 니켈(Ni)과 같은 금속.

에칭: 화학적 또는 전기화학적 수단을 통해 미세 구조적 특징을 드러내는 과정.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 미세조직 식별의 원리

금속조직학적 처리(Metallographic Preparation / Metallographic Preparation)와 에칭(Etching / Etching)을 통해 광학현미경(Optical Microscope / Optical Microscope) 또는 주사전자현미경(SEM / Scanning Electron Microscope)을 이용하여 초경합금의 상구조(Phase Structure / Phase Structure), 결정립크기(Grain Size / Grain Size) 및 결함(Defects / Defects)을 관찰한다.

5. 검체 준비

절단: 다이아몬드 톱을 사용하고 과열을 피하세요.

연삭: SiC 사포(탄화규소지)를 사용하여 거친 사포(#120)에서 고운 사포(#1200)까지 연삭합니다.

광택: 다이아몬드 서스펜션(다이아몬드 서스펜션, 입자 크기 1 μm)을 사용하여 거울 처럼 마감 합니다.

에칭:

추천 시약 : 무라카미 시약($10\text{g K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 10\text{g KOH} + 100\text{mL H}_2\text{O}$), 에칭시간 5~15 초.

대체 방법: 10% HCl 용액을 사용한 전해 에칭(Electrolytic Etching)

세척 : 에탄올(Ethanol)로 세척 후 건조(Dry)합니다.

6. 현미경 검사

장비: 광학현미경(배율 50~1000 배) 또는 SEM.

관찰 매개변수

카바이드 입자 크기: ASTM E112 에 따라 측정됨.

다공성: A, B, C 유형으로 분류되며 ISO 4505 를 참조하세요.

결함: 균열이나 포함물과 같은 것.

배율: 입자 크기에 따라 100~500 배가 권장됩니다.

7. 미세구조 분류

상 구조

WC-Co: 텅스텐 카바이드 입자(WC Grains/텅스텐 카바이드 입자)와 코발트 바인더(Co Binder/코발트 바인더).

다상 합금: TiC 또는 TaC 를 포함합니다 .

입자 크기 등급:

초미세: $\leq 0.5 \mu\text{m}$.

미세 : $0.5-2 \mu\text{m}$.

중간: $2-5 \mu\text{m}$.

굵음: $> 5 \mu\text{m}$.

다공성 등급:

A00-A04: 작은 모공.

B00-B 04 : 중간 기공(Medium Pores / Medium Pores).

C00-C04: 큰 모공.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8. 보고서

내용물

시편재료 : WC-12Co 코팅, 기관 등.

준비 방법: 열 분무(HVOF)와 같은 방법.

미세구조 특징: 입자 크기, 다공성, 결합.

예칭 조건: 시약과 시간.

사진과 확대경.

시험일자(Date / Test date), 운영자(Operator / Operator) 및 장비번호(Equipment Number / Equipment Number).

예: WC-12Co 코팅, 입자 크기 $2\mu\text{m}$, 다공성 등급 A02, 배율 200 배, 균열 없음.

9. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <5%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) <10%.

편향: 불균일한 준비 과정이나 과도한 예칭으로 인해 발생할 수 있습니다. 준비 과정의 품질을 관리해야 합니다.

10. 부록

부록 A: 무라카미 시약 제조.

부록 B: 현미경 검사 예.

11. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 시멘트 카바이드 미세 구조의 품질 관리 및 연구, 특히 열 분무 코팅에 적합합니다.

제한 사항:

비탄화물 재료에는 적합하지 않습니다.

초박형 코팅(<0.1 mm)의 경우, 준비 방법을 조정해야 합니다.

요약

ASTM B665-01 (2014) 《초경합금의 미세구조에 대한 금속학적 식별을 위한 표준 가이드/초경합금의 미세구조에 대한 금속학적 식별을 위한 표준 가이드》는 제조, 부식 및 현미경 검사를 포함하여 초경합금(예: 열분사 WC-Co 코팅)의 미세구조를 식별하는 방법을 제공하며, 이는 품질 관리 및 연구에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM E2283-08 (2019)

강철 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 개재물에 대한 극값 분석을 위한

표준 관행

강철 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 개재물에 대한 극값 분석을 위한

표준 관행

1. 범위

1.1 이 표준 관행은 극치 통계 분석을 사용하여 강철의 비금속 개재물(비금속 개재물) 또는 기타 미세 구조적 특징(미세 구조적 특징)의 최대 크기(최대 크기)를 추정하는 방법을 제공합니다.

적용 대상: 강철, 시멘트 카바이드(WC-Co 열 분무 코팅 등) 및 기타 금속 재료. 특히 비금속 개재물, 다공성 또는 미세 결함을 분석하는 데 중점을 둡니다.

목적: 재료 특성(피로 수명 등)과 품질 관리를 평가하기 위한 통계적 방법을 통해 재료에서 가장 큰 함유물이나 결함의 크기를 예측합니다.

1.2 본 규격은 금속현미경(Metallographic Microscopy)으로 관찰되는 미세조직적 특성에 적용한다.

1.3 본 규격은 기계적 성질 시험(기계적 성질 시험 / 기계적 성질 시험)을 포함하지 않으며, 오직 통계적 분석 방법만을 제공합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ASTM E3-11(2017) - 금속조직 시편 제작을 위한 표준 가이드

ASTM E7-15 - 금속학 관련 표준 용어

ASTM E45-18 - 강철의 함유물 함량을 결정하기 위한 표준 시험 방법

ASTM E112-13 - 평균 입자 크기 결정을 위한 표준 시험 방법

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

이 표준은 ASTM E7 을 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

비금속 함유물: 강철이나 기타 금속 재료에 존재하는 비금속 상(산화물, 황화물 등)입니다.

극치 분석: 샘플에서 가장 큰 크기의 포함물이나 결함의 분포를 예측하는 데

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용되는 통계적 방법입니다.

제어 영역: 현미경 관찰에서 정의된 측정 영역(mm²)입니다.

최대 크기: 포함물이나 결함의 최대 선형 치수(μm)입니다.

Gumbel 분포: 극값 분석에 사용되는 통계적 분포 모델입니다.

4. 극값 분석의 원리

금속조직 관찰은 여러 제어 영역 내에서 가장 큰 불순물이나 결함의 크기를 측정하는데 사용됩니다.

더 큰 부피의 재료에서 가장 큰 포함물이나 결함의 예상 크기를 예측하기 위해 Gumbel 극단값 분포(Gumbel Extreme Value Distribution)를 사용하여 데이터를 맞춥니다.

5. 검체 준비

절단: 추가적인 결함이 생기는 것을 방지하기 위해 다이아몬드 톱을 사용하세요.

연삭: SiC 사포(탄화규소지)를 사용하여 거친 사포(#120)에서 고운 사포(#1200)까지 연삭합니다.

광택: 다이아몬드 서스펜션(다이아몬드 서스펜션, 입자 크기 1 μm)을 사용하여 거울 처럼 마감 합니다.

에칭(선택 사항): 적합한 시약(예: 강철의 경우 2% 질산/나이탈)을 사용하여 내포물이나 미세 구조를 드러냅니다.

세척 : 에탄올(Ethanol)로 세척 후 건조(Dry)합니다.

6. 측정 절차

장비: 광학 현미경 또는 주사 전자 현미경(SEM), 배율 100-500 배.

통제 구역:

각 표본에 대해 최소 30 개의 대조 영역을 측정합니다(최소 30 개 영역).

권장 면적: 0.1 mm² ~ 1 mm² (포함 밀도에 따라 다름)

측정:

각 통제 구역 내에서 가장 큰 포함물이나 결함의 크기(최대 포함물 크기)를 기록합니다.

포함물의 최대 선형 치수(최대 선형 치수/최대 선형 치수)를 μm 단위로 측정합니다.

기록: 극값 분석을 준비하기 위해 가장 큰 크기의 데이터를 오름차순으로 정렬합니다.

7. 극치 분석 방법

데이터 피팅:

최대 크기 데이터를 Gumbel 분포에 맞춥니다(Gumbel 분포 / Gumbel 분포).

Gumbel 분포 누적 분포 함수:

$F(x) = \exp(-\exp(-(x-\lambda)/\delta))$ 여기서 λ 는 위치 매개변수이고 δ 는 척도 매개변수입니다.

매개변수 추정

최대 우도법(MLM)이나 최소 제곱법(최소 제곱법)을 사용하여 λ 와 δ 를 추정합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예측:

지정된 신뢰 수준(예: 95%)에서 지정된 볼륨(지정된 볼륨)의 최대 포함 크기를 계산합니다.

공식: $x_p = \lambda - \delta \times \ln(-\ln(p))$, 여기서 p 는 확률(확률/확률)입니다.

8. 보고서

내용물

시편 재료: 예를 들어 강철이나 WC-Co 코팅.

준비 방법: 열 분무(HVOF)와 같은 방법.

제어 영역(Control Area)과 측정 개수(Number of Measurements).

최대 크기 데이터(Maximum Size Data / Maximum Size Data)와 Gumbel 분포 매개변수(Gumbel Parameters / Gumbel parameters).

예상 최대 포함 크기.

사진과 확대경.

시험일자(Date / Test date), 운영자(Operator / Operator) 및 장비번호(Equipment Number / Equipment Number).

예: WC-Co 코팅, 제어 영역 0.5 mm², 30 개 구역, 예상 최대 개재물 크기 50 μm (신뢰 수준 95%), 배율 200 배.

9. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <10%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) <15%.

편향: 샘플 준비의 불균일성(준비 불균일성)이나 포함 분포의 불균일성(포함 분포)으로 인해 발생할 수 있으며, 측정 영역의 수를 늘려야 합니다.

10. 부록

부록 A: Gumbel 분포 적합 예제.

부록 B: 포함 크기 측정 지침.

11. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 강, 초경합금 및 기타 재료의 개재물이나 결함에 대한 극치 분석에 적합합니다. 품질 관리 및 피로 분석에 널리 사용됩니다.

제한 사항:

충분한 수의 통제 영역이 필요합니다.

매우 낮은 함유물 밀도를 지닌 재료에는 적합하지 않습니다.

요약

ASTM E2283-08(2019) "강 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 개재물에 대한 극한값 분석을 위한 표준 관행 / 강 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 개재물에 대한 극한값 분석을 위한 표준 관행"은 극한값 통계 분석을 사용하여 강 또는 시멘트 카바이드(예: 열 분무 WC-Co 코팅)의 최대 개재물 또는 결함 크기를 평가하는 방법을 제공하며, 이는 품질 관리 및 성능 평가에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatun


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

EN 13204:2017

열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건

열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건

1. 범위

1.1 본 규격은 열분사 공정에 사용되는 분말(Powders / Powders)의 조성(Composition / composition) 및 기술공급조건(Technical Supply Conditions / technical supply conditions)을 규정한다.

적용 대상: 금속 분말(니켈 및 코발트 등), 세라믹 분말(알루미나 등), 카바이드 분말(WC-Co 세라믹 등) 및 복합 분말 등입니다.

목적: 품질 관리 및 성능 최적화를 위해 분말이 열 분무 공정 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

1.2 본 표준은 화염분사, 플라즈마분사, HVOF 및 기타 공정에 적용됩니다.

1.3 본 규격은 분말 제조 공정(Powder Manufacturing Process / Powder Preparation Process)을 다루지 않으며, 단지 공급 조건만을 규정하고 있습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

EN 657:2005 - 열 분무 - 용어, 분류

EN 820-1:2002 - 고급 기술 세라믹 - 일체형 세라믹 테스트 방법 - 파트 1: 밀도 및 다공성 결정

EN ISO 3252:1999 - 분말 야금 - 용어

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 EN 657 및 EN ISO 3252 를 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

열분사 분말: 열분사 공정에 사용되는 과립 물질.

입자 크기 분포: 분말 입자 직경의 범위와 비율이며, μm 로 표현됩니다 .

화학적 구성: 분말에 함유된 각 원소의 함량을 중량 %로 표현한 것입니다.

유동성: 특정 조건 하에서 분말이 표준 깔때기를 통과하는 데 걸리는 시간으로, 50g 당 초 단위로 표현합니다.

겉보기 밀도: 느슨한 상태의 분말 밀도로 g/cm^3 로 표현합니다 .

4. 기술적 요구 사항

4.1 화학적 조성/화학적 조성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요구 사항:

각 요소의 내용은 주문 사양(주문 사양)을 준수해야 합니다.

불순물(Impurities) 함량 $\leq 0.5\%$ (별도로 명시하지 않는 한).

테스트 방법

분광 분석(EN ISO 10378 참조).

산소/질소 함량: 융합적외선법을 사용하여 측정합니다.

4.2 입자 크기 분포

요구 사항:

입자 크기 범위(Particle Size Range / Particle Size Range)는 주문자에 의해 지정됩니다(예: 10-45 μm , 15-53 μm).

입자크기 분포는 균일해야 하며(Uniform Distribution / Uniform Distribution) 체 분석법(Sieve Analysis / Sieve Test)을 준수해야 합니다.

테스트 방법

레이저 회절 분석(Laser Diffraction Analysis, EN ISO 13320 참조).

표준 체질 / 표준 체질.

4.3 유동성

요구 사항:

유동성 ≤ 30 s/50g(주문자가 지정한 구체적인 값).

테스트 방법

홀 유량계를 사용하세요(EN ISO 4490 참조).

4.4 결보기 밀도

요구 사항:

결보기 밀도 범위는 주문자에 의해 지정됩니다(예: 2.5-4.5 g/cm^3 (분말 유형에 따라 다름)).

테스트 방법

홀 플로우 컵 방식(Hall Flow Cup Method, EN ISO 3923-1 참조).

4.5 형태 및 순도

요구 사항:

분말 형태는 공정에 따라 구형이거나 불규칙합니다.

순도: $\geq 99\%$ (별도로 지정하지 않는 한).

테스트 방법

주사전자현미경(SEM/주사전자현미경)을 사용하여 형태를 관찰했습니다.

불순물의 X 선 형광분석(XRF/X-ray Fluorescence) 검출.

5. 포장 및 표시

포장 :

습기와 오염을 방지하려면 플라스틱 양동이 또는 금속 캔과 같은 밀폐된 용기를 사용하세요.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

순중량: 5kg, 10kg 또는 주문 요구 사항에 따라.

표시:

제품명: 예를 들어, WC-12Co.

배치 번호(Batch Number)와 생산 날짜(Production Date).

제조업체 이름 (Manufacturer's Name) 및 안전 지침(Safety Instructions).

6. 검사 및 테스트

검사 유형:

유형 검사: 신제품이나 새로운 배치에 대한 검사입니다.

배치 검사: 각 제품 배치.

테스트 방법

EN 820-1 을 참조하여 밀도 및 다공성을 결정합니다.

EN ISO 10378 에 따른 화학 성분 분석.

건본 추출:

각 배치의 샘플 수량(샘플 수량/샘플링 용량)은 EN ISO 14284 에 따라 $\geq 200g$ 입니다.

7. 보고서

내용물

제품 설명: WC-12Co 분말과 같습니다.

화학적 성분 : C 5.2%, Co 12.0%.

입자 크기 분포: 10-45 μm .

유동성: 25 s/50g.

겉보기 밀도: 4.0 g/ cm^3 .

검사일자(Inspection Date), 배치번호(Batch Number) 및 제조사정보(Manufacturer Information).

예

WC-12Co 분말, C 5.2%, 입자 크기 10-45 μm , 유동성 24 s/50g, EN 13204:2017 요구 사항을 충족합니다 .

8. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <5%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) <10%.

편향: 표본 대표성이나 시험 조건 변화로 인해 발생할 수 있으며, 이를 위해 샘플링과 시험에 대한 엄격한 통제가 필요합니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 열 분무 분말의 공급 및 품질 관리에 적합하며, 특히 시멘트 카바이드 분말(예: WC-Co)에 적합합니다.

제한 사항:

분말 제조 과정은 필요하지 않습니다.

특수 목적의 분말에 대해서는 별도의 합의가 필요합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약

EN 13204:2017 열분사 - 분말 - 구성, 기술적 공급 조건은 품질 관리 및 공정 최적화에 적합한 화학적 구성, 입자 크기 분포 및 유동성을 포함하여 열분사 분말(예: WC-Co 시멘트 카바이드 분말)에 대한 구성 및 공급 조건 요구 사항을 제공합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 5242-2007

열용사 - 와이어 및 막대

열 분사 - 와이어 및 막대

1. 범위

1.1 본 규격은 열분사 공정에 사용되는 와이어 및 막대에 대한 기술적 요건, 검사 규칙 및 납품 조건을 규정합니다.

적용 대상: 순수 금속 와이어(아연, 알루미늄 등), 합금 와이어(니켈 기반, 코발트 기반 등) 및 복합 재료(WC-Co 시멘트 카바이드/WC-Co 세라믹 관련 와이어 등)를 포함합니다.

목적: 품질 관리 및 성능 보증을 위해 와이어와 막대가 열 분무 공정(화염 분무, 플라즈마 분무 등)의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

1.2 본 규격은 아크용사(Arc Spraying / Arc Spraying) 및 화염용사(Flame Spraying / Flame Spraying) 등의 공정에 적용한다.

봉재 의 제조 공정을 다루지 않으며 , 기술 규격 및 검사 요건만 규정합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

GB/T 1267-2007 - 강철 및 주철 샘플링 방법 - 절단 테스트 및 분석 / 강철 및 주철 샘플링 방법 - 절단 테스트 및 분석

GB/T 223 - 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법 / 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법

GB/T 4340.1-2009 - 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제1부: 시험 방법

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

와이어: 열분사에 사용되는 직경 0.8~4.0mm의 연속 필라멘트입니다.

막대: 직경 4.0~10.0mm의 짧은 막대 또는 막대.

화학적 구성: 금속선이나 막대에 포함된 각 원소의 함량을 중량 %로 표현한 것입니다.

표면 품질: 표면의 청결도와 결함(균열, 긁힘 등)

경도: 재료가 국부적 소성 변형에 저항하는 능력으로 HV로 측정합니다.

4. 기술적 요구 사항

4.1 화학 조성/화학 조성

요구 사항:

각 요소의 내용은 주문 사양(주문 사양)을 준수해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

불순물(Impurities) 함량 $\leq 0.5\%$ (별도로 명시하지 않는 한).

테스트 방법

분광분석(Spectroscopic Analysis / Spectroscopic Analysis, GB/T 223 참조).

산소/질소 함량: 융합 적외선 방법.

4.2 치수 및 공차

지름:

금속 와이어: 0.8-4.0 mm, 허용 오차 ± 0.05 mm.

막대: 4.0-10.0 mm, 허용 오차 ± 0.1 mm.

길이(Length / Length):

와이어: 연속 공급 또는 주문 길이로 제공됩니다.

막대: 500-1000 mm, 허용 오차 ± 5 mm.

테스트 방법

버니어 캘리퍼(Vernier Caliper) 또는 마이크로미터(Micrometer)로 측정합니다.

4.3 표면 품질

요구 사항:

표면에 균열(Cracks/Cracks), 긁힘(Scratches/Scratches), 산화 스케일(Oxide Scale/Oxide Scale)이 없습니다.

청결성(Cleanliness)은 GB/T 1267 을 준수합니다.

테스트 방법

시각 검사(Visual Inspection) 또는 저배율 확대경(Low-Power Magnifier).

4.4 경도

요구 사항:

경도 범위는 주문자에 의해 지정됩니다(예: HV 200-600 (재료 에 따라 다름)).

테스트 방법

비커스 경도 시험(Vickers Hardness Test / Vickers Hardness Test, GB/T 4340.1 참조), 하중 5-10N.

4.5 직진성

요구 사항:

미터당 굽힘 ≤ 1 mm.

테스트 방법

평평한 표면에 놓고 최대 편차를 측정합니다.

5. 포장 및 표시

포장:

비닐봉지나 밀폐용기 등 방습 포장재를 사용하세요.

각 코일 또는 묶음은 5-20kg 또는 주문에 따라 다릅니다.

표시:

제품명 : NiAl 와이어 등.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

배치번호(Batch Number / Batch Number), 생산일자(Production Date / Production Date).

제조업체 이름 (Manufacturer's Name) 및 안전 지침(Safety Instructions).

6. 검사 및 테스트

검사 유형:

유형 검사: 신제품이나 새로운 배치에 대한 검사입니다.

배치 검사: 각 제품 배치.

테스트 방법

화학 성분은 GB/T 223 에 따릅니다.

치수와 표면 품질은 시각적 검사와 측정 도구를 통해 결정됩니다.

경도는 GB/T 4340.1 에 따릅니다.

건본 추출:

각 배치의 샘플링 수량(샘플 수량/샘플링 수량)은 GB/T 1267 에 따라 $\geq 1m$ (와이어) 또는 1 개(막대)입니다.

7. 보고서

내용물

제품 설명: NiAl 와이어, 직경 1.6mm.

화학 성분: Ni 50%, Al 50%.

치수: 직경 1.60 ± 0.05 mm.

경도: HV 250 ± 20 .

표면 품질: 결함 없음.

검사일자(Inspection Date), 배치번호(Batch Number) 및 제조사정보(Manufacturer Information).

예

NiAl 와이어, 직경 1.6mm, 화학 조성 Ni 50.2%, Al 49.6%, 경도 HV 245, 표면 결함 없음, GB/T 5242-2007 에 따름.

8. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <5%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratorys) <10%.

편향: 표본 대표성이나 테스트 조건 변화로 인해 샘플링과 환경 제어가 필요할 수 있습니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

특히 시멘트 카바이드 관련 소재에 대한 열 분사용 와이어 및 막대의 공급 및 품질 관리에 적합합니다.

제한 사항:

제조 과정이 필요하지 않습니다.

특수 용도의 전선 에는 별도의 계약이 필요합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약

(예 : NiAl 또는 WC-Co 관련 재료) 에 대한 기술적 요구 사항 및 검사 규칙을 제공하며 , 이는 품질 관리 및 공정 적용에 적용됩니다.

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

GB/T 3489-2012

열분사 - 열분사 코팅의 금속 조직 검사

열용사 - 열용사 코팅의 금속 조직 검사

1. 범위

1.1 본 표준은 품질 관리 및 성능 평가에 사용되는 열분무 코팅의 금속조직 검사 방법을 규정합니다.

적용 대상: 금속 코팅(니켈 및 코발트 등), 세라믹 코팅(알루미나 등), 카바이드 코팅(WC-Co 세라믹 등) 등이 있습니다.

목적: 현미경 관찰을 통해 코팅의 미세구조, 다공성, 접합강도 및 결함을 평가합니다.

1.2 본 표준은 화염분사, 플라즈마분사 및 HVOF 공정에 적용됩니다.

1.3 본 표준은 코팅의 기계적 특성 시험을 다루지 않으며, 금속조직학적 검사 방법만을 제공합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

GB/T 1267-2007 - 강철 및 주철 샘플링 방법 - 절단 테스트 및 분석 / 강철 및 주철 샘플링 방법 - 절단 테스트 및 분석

GB/T 13298-2015 - 금속의 미세구조 검사 방법

GB/T 4338-2006 - 금속 재료 - 주변 온도에서의 인장 시험

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13298 을 참조하여 다음의 용어와 정의를 채택합니다.

열 분무 코팅: 열 분무 공정을 통해 기판에 증착되는 코팅입니다.

미세구조: 코팅의 상구조, 입자크기 및 결함 특성.

다공성: 코팅의 기공(Pores)의 부피 백분율이며 %로 표현됩니다.

접합 계면: 코팅과 기질 사이의 연결 영역.

에칭: 화학적 또는 전기화학적 수단을 통해 미세구조를 드러내는 과정.

4. 검체 준비

섹션화:

다이아몬드 톱을 사용하여 절단하고 과열이나 손상을 방지하세요.

시편 크기: 20mm × 10mm × 코팅 두께 + 5mm 가 권장됩니다.

설치:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

코팅 가장자리(코팅 가장자리/코팅 가장자리)를 보호하기 위해 에폭시 수지(Epoxy Resin / Epoxy Resin) 또는 페놀 수지(Phenolic Resin / Phenolic Resin)로 매립합니다 .

연마:

SiC 사포(탄화규소지/탄화규소 사포)를 사용하세요 . 거친 사포(#120)부터 고운 사포(#1200)까지 사용하세요.

세련:

다이아몬드 서스펜션(Diamond Suspension / Diamond Suspension, 입자 크기 1 μm)을 사용하여 거울 마감 (Mirror Finish / Mirror Finish)을 구현합니다 .

에칭:

금속코팅 : 질산 2%(나이탈/질산), 부식시간 5~10 초.

세라믹/카바이드 코팅: 무라카미 시약(10g $\text{K}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]$ + 10g KOH + 100mL H_2O) , 에칭 시간 10-20 초.

5. 현미경 검사

장비:

광학현미경(Optical Microscope / Optical Microscope), 배율(Magnification / Magnification) 50~1000 배.

고해상도 관찰을 위한 주사전자현미경(SEM/Scanning Electron Microscope) (고분해능 관찰/High-Resolution Observation).

관찰 매개변수

미세구조: 상분포, 입자크기.

다공성: 이미지 분석(Image Analysis)으로 계산, 단위: %.

접합 계면: 균열(Crack)이나 융합되지 않은 부분(Unbonded Areas)을 관찰합니다.

결함: 포함물 및 가스 기공 등.

확대:

전체 구조: 50~200 배.

세부 정보: 500-1000 회.

6. 평가 기준

다공성:

금속 코팅: $\leq 5\%$ (권장 값).

세라믹/카바이드 코팅: $\leq 2\%$ (권장값).

본드 품질:

접합 계면에 연속적인 균열이 없습니다(연속적인 균열 없음).

비결합 면적(Unbonded Area) $\leq 5\%$.

결합 등급 :

사소한: 흩어져 있는 작은 결함.

심각함: 광범위한 균열이나 손실.

7. 보고서

내용물

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

코팅 재료: WC-12Co 등.

준비 방법: HVOF 열 분무와 같은 방법.

미세구조: 상분포, 입자크기.

다공성: 예를 들어 1.5%.

접합 계면: 균열 없음.

결함: 심각한 결함 없음.

사진과 확대경.

검사일자(Inspection Date), 작업자(Operator), 장비번호(Equipment Number).

예

WC-12Co 코팅, HVOF 분무, 다공성 1.2%, 접합 계면에 균열 없음, 배율 200 배, 심각한 결함 없음.

8. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <5%, 실험실 간(Between Laboratory / Between Laboratories) <10%.

편향: 샘플 준비의 불균일성(Preparation Unevenness)이나 과도한 에칭(Over-Etching)으로 인해 발생할 수 있으며, 준비 과정을 제어해야 합니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 열 분무 코팅(WC-Co 시멘트 카바이드 코팅 등)의 금속 조직 검사에 적합하며, 품질 관리 및 연구에 널리 사용됩니다.

제한 사항:

비열 분무 코팅에는 적합하지 않습니다.

초박형 코팅(<0.1 mm)의 경우, 준비 방법을 조정해야 합니다.

요약

GB/T 3489-2012 "열분사 - 열분사 코팅의 금속조직 검사 / 열분사 - 열분사 코팅의 금속조직 검사"는 열분사 코팅(예: WC-Co 시멘트 카바이드 코팅)에 대한 금속조직 검사 방법을 제공하며, 여기에는 제조, 관찰 및 평가가 포함되며, 품질 관리 및 성능 평가에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수

GB/T 38511-2020

열분사 - 분말

— 구성, 기술 공급 조건

열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건

1. 범위

1.1 본 규격은 열분무 공정에 사용되는 분말의 구성, 특성 및 기술적 공급 조건을 규정한다.

적용 대상: 금속 분말(니켈 기반, 코발트 기반 등), 세라믹 분말(알루미나 등), 카바이드 분말(WC-Co 세라믹 등) 및 복합 분말 등입니다.

목적: 분말이 품질 관리 및 코팅 성능 최적화를 위한 열 분무 공정 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

1.2 본 표준은 플라즈마 용사(Plasma Spraying), 화염 용사(Flame Spraying), HVOF(High-Velocity Oxygen Fuel) 공정 등의 공정에 적용한다.

1.3 본 규격은 분말 제조 공정(Powder Manufacturing Process / Powder Manufacturing Process)을 다루지 않으며, 단지 공급 조건 및 수용 기준만을 규정하고 있습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

GB/T 1480-2010 - 금속 분말 - 건식 체질에 의한 입자 크기 측정

GB/T 1482-2010 - 금속 분말 - 교정된 깔때기(홀 유량계)를 이용한 유동 시간 측정 / 금속 분말 - 교정된 깔때기(홀 유량계)를 이용한 유동 시간 측정

GB/T 31561-2015 - 금속 분말 - 겉보기 밀도 측정

GB/T 19077-2016 - 입자 크기 분포 - 레이저 회절 방법

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

열분사 분말: 열분사 공정에 사용되는 과립 물질.

화학적 구성: 분말의 각 원소의 질량 백분율을 중량 %로 표현한 것입니다.

입자 크기 분포: 분말 입자 직경의 범위와 비율이며, μm 로 표현됩니다.

유동성: 분말이 교정된 깔때기를 통과하는 데 걸리는 시간(50g 당 초 단위로 측정).

겉보기 밀도: 느슨한 상태의 분말 밀도로 g/cm^3 로 표현합니다.

입자 형태: 구형이나 불규칙한 등 분말 입자의 모양.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 분류

재료 유형별:

NiCr 및 CoCr 등 .

세라믹 분말 : Al_2O_3 및 ZrO_2 등 .

NiCr 등 .

복합 분말: Ni- Al_2O_3 등 .

입자 크기 범위별:

미세분말: 5-25 μm .

중간 분말: 25-45 μm .

거친 분말: 45-90 μm .

5. 기술적 요구 사항

5.1 화학적 조성/화학적 조성

요구 사항:

각 요소의 내용은 주문 사양(주문 사양)을 준수해야 합니다.

주요 구성 요소 편차: $\pm 0.5\%$ (별도로 지정되지 않는 한).

불순물: $\leq 0.3\%$ (별도로 명시하지 않는 한).

테스트 방법

화학 분석: ICP-OES(유도 결합 플라즈마 광학 방출 분석법) 등.

산소/질소 함량: 용합 적외선 방법.

5.2 입자 크기 분포

요구 사항:

입자 크기 범위는 10-45 μm 와 같이 주문 사양을 충족해야 합니다 .

입자 크기 분포 편차(Distribution Deviation) : $\pm 10\%$ (D10, D50, D90).

테스트 방법

레이저 회절법(Laser Diffraction Method, GB/T 19077 참조).

건식 체질(Dry Sieving / Dry Sieving, GB/T 1480 참조).

5.3 유동성

요구 사항:

유동성 $\leq 35 s/50g$ (주문자가 지정한 구체적인 값).

미세 분말($< 25 \mu m$) 의 경우 유동성이 필요하지 않을 수 있습니다(필요 없음).

테스트 방법

홀 유량계(Hall Flowmeter, GB/T 1482 참조).

5.4 결보기 밀도

요구 사항:

결보기 밀도 범위는 주문자에 의해 지정됩니다(예: 2.0-5.0 g/cm^3 (분말 유형에 따라 다름)).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

편차: $\pm 0.2 \text{ g/cm}^3$

테스트 방법

겉보기 밀도 측정 (Apparent Density Determination / Apparent density determination, GB/T 31561 참조).

5.5 입자 형태학

요구 사항:

입자 모양은 주문 사양을 충족해야 하며, 구형 (Spherical / spherical) 또는 거의 구형 (Near-spherical / near-spherical) 이 권장됩니다.

불규칙 입자의 비율 (Irregular Particles / 불규칙 입자) 은 $\leq 10\%$ 입니다.

테스트 방법

주사전자현미경 (SEM/주사전자현미경) 관찰.

5.6 수분 함량

요구 사항:

수분 함량 $\leq 0.2\%$.

테스트 방법

건조 감량법: 105°C 에서 2 시간 동안 건조하고 무게를 측정합니다.

6. 검사 규칙

검사 유형:

공장 검사: 각 제품 배치.

유형 검사: 새로운 제품이나 프로세스가 변경될 때.

견본 추출:

각 배치의 샘플링 양 (샘플 양/샘플링 양) 은 $\geq 200\text{g}$ 이며, 샘플은 균일하게 혼합한 후 분할됩니다.

샘플링 방법: GB/T 1267 을 참조하세요.

판단 규칙

모든 프로젝트가 요구 사항을 충족하고 합격했습니다.

어떤 품목이라도 불합격하면 전체 배치가 부적격 (Unqualified / Unqualified) 으로 간주되어 재샘플링 및 재검사 (Re-Inspection / Re-inspection) 가 필요할 수 있습니다.

7. 포장, 운송 및 보관

포장:

습기 (방습/방습) 및 오염 (오염방지/오염방지) 을 방지하기 위해 플라스틱 양동이 또는 금속 캔 등의 밀폐 용기를 사용하세요.

무게 : 5kg, 10kg 또는 주문 요구 사항에 따라.

표시:

제품명 : WC-12Co 분말 등.

배치번호 (Batch Number / Batch Number), 생산일자 (Production Date / Production Date).

제조업체 이름 (Manufacturer's Name) 및 안전 지침 (Safety Instructions).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

운송:

심한 진동(Severe Vibration / 심한 진동)과 습한 환경(Humid Environment / 습한 환경)을 피하세요.

저장:

건조하고 통풍이 잘되는 환경(Dry and ventilated Environment / Dry and ventilated environment), 온도 <30° C, 습도 <60%에 보관하세요.

보관 기간: 최대 12 개월.

8. 품질 인증서

내용물

제품명(Product Name)과 사양(Specification).

배치 번호(Batch Number)와 생산 날짜(Production Date).

검사 결과: 화학적 조성, 입자 크기 분포, 유동성, 겉보기 밀도 등

준수 선언: GB/T 38511-2020 에 따름.

제조업체 정보(Manufacturer Information / Manufacturer Information) 및 검사관 서명(Inspector's Signature / Inspector's Signature).

9. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(Within Laboratory / Within Laboratory) 편차 <5%, 실험실 간(Between Laboratorys / Between Laboratorys) <8%.

편향: 표본 추출의 불균일성이나 시험 장비의 차이로 인해 발생할 수 있으며, 시험 조건은 엄격하게 통제되어야 합니다.

10. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 열 분무 분말의 공급 및 품질 관리에 적합하며, 특히 WC-Co 와 같은 시멘트 카바이드 분말에 적합합니다.

제한 사항:

분말 제조 공정은 필요하지 않습니다.

특수 목적의 분말에 대해서는 별도의 합의가 필요합니다.

요약

GB/T 38511-2020 《용사 - 분말 - 조성, 기술 공급 조건》은 품질 관리 및 공정 최적화에 적합한 용사 분말(예: WC-Co 초경 분말)의 조성, 특성 및 공급 조건을 제공합니다. 이 표준은 기술 요건 측면에서 국제 표준(예: ISO 14232-1:2017)과 어느 정도 일치하지만, 중국 시장의 특정 요구에 더 적합합니다.

참수:

ASME B46.1-2009

표면 질감(표면 거칠기, 물결 모양, 레이)

표면 질감(표면 거칠기, 물결 모양, 평탄도)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1. 범위

1.1 이 표준은 기계 부품, 코팅(예: 열 분무 코팅) 및 기계 가공 표면에 적용되는 표면 질감의 정의, 측정 방법 및 매개변수 표현을 지정합니다.

적용 대상: 금속, 세라믹, 플라스틱 및 복합재(WC-Co 시멘트 카바이드 코팅 등)

목적: 설계, 제조 및 품질 관리에 대한 지침을 제공하기 위해 표면 거칠기, 물결 모양 및 면에 대한 정량적 표준을 제공합니다.

1.2 본 규격은 접촉식(Contact/contact) 및 비접촉식(Non-Contact /non-contact) 측정기술 모두에 적용됩니다.

1.3 본 표준은 표면화학조성(Surface Chemical Composition / Surface Chemical Composition)이나 미세구조(Microstructure / Microstructure)에 대한 분석을 포함하지 않습니다.

2. 규범적 참조

ASME B89.1.10-2001 - 치수 측정 장비 평가 지침

ISO 4287:1997 - 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 표면 질감 매개변수

ISO 3274:1996 - 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 접촉식(스타일러스) 기기의 공칭 특성

참고: 개정판이 있는 경우 최신 버전이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 ISO 4287 을 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

표면 질감: 표면 거칠기(Surface Roughness), 물결 모양(Waviness) 및 레이(Lay)의 합계입니다.

Ra(산술 평균 거칠기) 등의 매개변수를 사용하여 μm 단위로 측정된 미세한 표면 불균일성의 특성입니다 .

물결모양: 표면의 큰 주기적 거칠기의 특성으로, 단위는 μm 이고, 매개변수는 Wa 입니다 .

레이(Lay) : 표면 가공 중에 형성되는 평행, 수직, 원형 등의 질감 패턴입니다.

샘플링 길이: 거칠기를 측정할 때 사용되는 기준 길이(mm)입니다.

4. 표면 질감 매개변수

거칠기 매개변수

프로파일 높이의 산술 평균 (μm) 입니다 .

Rq (Root Mean Square Roughness): 프로파일 높이의 제곱 평균 제곱근 값, 단위: μm .

Rz(프로파일의 최대 높이): 프로파일의 가장 높은 지점과 가장 낮은 지점 사이의 높이 차이(μm) 입니다 .

과동성 매개변수

Wa (산술 평균 물결 모양): 물결 모양의 평균 높이(μm) 입니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Wt (전체 물결 모양 높이/전체 물결 모양 높이): 물결 모양의 최대 피크 높이와 가장 낮은 계곡 깊이의 합, 단위: μm .

레이 매개변수

“/” (평행), “X” (교차), “C” (원형) 등의 기호로 표시됩니다.

5. 측정 방법

접촉 측정:

장비: 테일러 흡슨이나 미투토요와 같은 스타일러스 프로파일로미터.

스타일러스: 팁 반경 2-5 μm , 접촉력 < 0.75 mN.

샘플링 길이: 0.25mm, 0.8mm, 2.5mm(표면 유형에 따라 선택).

평가 길이: 5 샘플링 길이 (5L).

비접촉 측정:

장비: 광학 현미경, 레이저 주사 공초점 현미경.

분해능: $\leq 0.1 \mu\text{m}$.

측정 조건:

온도: $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

습도: 40-60%.

표면 세척: 오일과 입자 제거.

6. 표면 질감 표현

기호:

거칠기 값(Roughness Value / Roughness value)이 “Ra 0.8”인 경우 산술 평균 거칠기가 0.8 μm 임을 의미합니다.

Wa 2.0”과 같은 물결무늬 값(Waviness Value)은 산술 평균 물결무늬가 2.0 μm 임을 의미합니다.

곡물 방향(Lay / Grain direction)의 “/”는 평행을 의미합니다.

그래픽 표현:

표현하기 위해 프로파일 그래프나 3D 표면 맵을 사용합니다.

: Ra 1.6 μm , Lay “X”, Wa 3.0 μm .

기술 도면

ASME Y14.36 표준에 따라 도면에 표시되어 있습니다.

7. 보고서

내용물

표본 설명: 예를 들어 WC-Co 열 분무 코팅, 기질 강철.

측정 방법: 스타일러스 프로파일로미터 등.

변수: Ra 1.2 μm , Rz 6.5 μm .

물결 모양 매개변수: Wa 2.5 μm .

목리방향(Lay / Grain direction): 평행 “/”.

측정 조건: 온도 20°C , 습도 50%.

사진이나 프로파일 그래프.

검사일자(Inspection Date), 작업자(Operator), 장비번호(Equipment Number).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예

WC-Co 코팅, 스타일러스 측정, Ra 1.3 μm , Rz 7.0 μm , Lay "/", 온도 20° C,
2025년 5월 31일.

8. 정밀도와 편향

정밀도: 실험실 내(반복성) <5%, 실험실 간(재현성) <10%.

편향: 스타일러스 마모, 표면 청결도 또는 환경 조건에 영향을 받을 수 있으며 장비 및 제어 조건의 교정이 필요합니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야: 기계 부품의 표면 질감 측정 및 열분사 코팅(WC-Co 코팅 등)의 가공 및 품질 관리에 적합합니다.

제한 사항:

표면화학이나 미세구조 분석에는 적합하지 않습니다.

매우 유연하거나 매우 부드러운 소재에는 특별한 측정 방법이 필요합니다.

요약

ASME B46.1-2009 《표면 질감(표면 거칠기, 기복, 면)》은 열분사 코팅(WC-Co 코팅 등)의 품질 관리 및 성능 평가에 적합한 거칠기, 기복, 질감 방향을 포함한 표면 질감을 측정하고 표현하는 방법을 제공합니다.

총수:

EN 10204:2004 “금속 제품 - 검사 문서 유형/금속 제품 - 검사 문서 유형”은 해당 표준의 중국어 및 영어 혼용 버전입니다. 유럽 표준화 위원회(CEN)에서 발표한 공식 표준을 기반으로 하며, 초경합금(예: 용사 코팅) 관련 재료 검증을 포함하여 금속 제품의 검사 문서 요건에 적용됩니다.

EN 10204:2004

금속 제품 - 검사 문서 유형

금속 제품 - 검사 문서 유형

1. 범위

1.1 본 규격은 금속제품에 대한 검사문서를 규정한다.

검사문서의 종류 및 요구사항은 납품승인/납품승인에 적용됩니다.

적용 대상 : 강철, 시멘트 카바이드(WC-Co 열분사 코팅 등), 알루미늄 등 모든 금속 제품과 이들의 반제품 및 완제품을 포함합니다.

목적 : 제품이 주문 요구 사항을 충족하는지 확인하고 품질 검증을 용이하게 하기 위한 검사 문서 유형을 정의합니다.

1.2 본 규격은 제품이 인도될 때의 품질인증(Quality Certification)에 적용한다.

1.3 본 표준은 구체적인 검사 방법(검사 방법)을 다루지 않고, 단지 문서의 내용과 형식만을 명시합니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

EN 10168:2004 - 철강 제품 - 검사 문서 - 정보 및 설명 목록

EN ISO 9000:2000 - 품질 관리 시스템 - 기본 사항 및 어휘 / 품질 관리 시스템 - 기본 사항 및 어휘

참고사항 : 개정판이 있는 경우 최신판이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준은 EN ISO 9000 을 참조하여 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

검사 문서 : 제품이 주문한 요구 사항을 충족한다는 것을 증명하는 서면 문서입니다.

제조업체 : 금속 제품 생산을 담당하는 기관.

검사 담당자 : 구매자 또는 제 3 자가 임명한 독립적인 검사원.

적합성 선언 : 제품이 주문한 요구 사항을 준수한다는 것을 선언하는 제조업체의 진술.

검사 증명서 : 구체적인 검사 결과가 포함된 문서입니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 검사 문서의 종류

4.1 유형 2.1 - 주문 준수 선언

콘텐츠

제조업체는 제품이 주문한 요구 사항을 충족한다고 선언합니다.

특정 검사 결과가 없습니다.

예 :

제품 설명: WC-Co 코팅 파우더.

주문번호 (Order Number).

적합성 선언: 제품이 주문 사양을 준수합니다(주문 사양 준수 / 주문 사양 충족).

4.2 유형 2.2 - 테스트 보고서

콘텐츠

제조업체는 제품이 주문한 요구 사항을 충족한다고 선언합니다.

배치 테스트(Batch Testing) 데이터와 같은 비특정 테스트 결과(Non-Specific Test Results)를 포함합니다.

예 :

제품 설명: WC-12Co 코팅 파우더.

화학성분/화학조성: Co 12±0.5%.

입자 크기: 10-45 μm .

4.3 유형 3.1 - 검사 인증서

콘텐츠

제조업체의 공인 검사 담당자(공인 검사 담당자)가 발급합니다.

화학적 조성, 기계적 특성(기계적 특성/기계적 특성)과 같은 구체적인 시험 결과(특정 시험 결과/특정 시험 결과)를 담고 있습니다.

검증 : 검사는 제조 부서로부터의 독립성을 나타냅니다.

예 :

제품 설명: WC-Co 코팅 파우더.

화학성분 : C 5.3%, Co 12.1%.

미세구조: 다공성 <1%.

서명자: 품질부서 담당자.

4.4 유형 3.2 - 검사 인증서

콘텐츠

제조업체의 공인 검사 담당자와 구매자가 지정한 담당자(구매자 담당자/구매자가 지정한 담당자) 또는 제 3 자가 공동으로 발행합니다.

구체적인 테스트 결과가 포함되어 있습니다.

검증 : 구매자 또는 제 3 자의 참여가 필요합니다.

예 :

제품 설명: WC-Co 코팅 파우더.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도: HV 1200±50.

발행자: 제조업체의 품질 담당자 및 구매자 담당자(구매자 담당자).

5. 문서 내용 요구 사항

기본 정보

제조업체 이름 및 주소.

주문번호(Order Number)와 제품설명(Product Description).

납품일(Delivery Date)과 수량(Quantity).

검사 정보 (유형 2.2, 3.1 및 3.2 에 적용):

검사 표준: ISO 14923 등.

시험 결과(Test Results): 화학적 조성, 물리적 특성(Physical Properties) 등입니다.

발급 정보 :

서명자의 이름 및 직위 / 서명자의 이름 및 직위.

발행일(Issuance Date / Issue Date).

6. 문서 검증 및 전송

검증

모든 문서는 권한이 있는 사람(권한 있는 서명)의 서명이 필요합니다.

전자 문서는 전자 서명 규정을 준수해야 합니다.

옮기다 :

문서는 제품과 함께 제공됩니다(제품과 함께 제공).

또는 전자적으로 제공되는 경우 추적성이 보장되어야 합니다.

7. 보고서

목차

문서 유형: 예: 유형 3.1.

제품 설명: WC-Co 코팅 분말과 같습니다.

시험 결과: 경도, 다공성 등.

준수 선언(Declaration of Compliance).

예 :

3.1 유형 인증, WC-12Co 코팅 분말, 경도 HV 1210, 기공률 0.8%, 주문 요구 사항에 따름.

8. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 금속 제품 납품 시 품질 인증에 적용 가능하며, 초경합금 및 강재 등 소재의 품질 검증에 널리 사용됩니다.

제한 사항 :

특정한 시험 방법이 필요하지 않으며 다른 표준(예: ISO 14923)을 참조해야 합니다.

계약 요구 사항에 따라 문서 유형을 선택해야 합니다.

요약

EN 10204:2004 "금속 제품 - 검사 문서 유형/금속 제품 - 검사 문서 유형"은 납품 시

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금속 제품(예: 열 분무 WC-Co 코팅)에 대한 검사 문서의 유형과 요구 사항을 제공하며, 여기에는 품질 검증 및 승인에 적합한 유형 2.1, 2.2, 3.1 및 3.2가 포함됩니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 6508-1:2016

금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 1부: 시험 방법

금속 재료 - 로크웰 경도 시험

— 1부: 테스트 방법

1. 범위

1.1 이 표준은 시험 장비, 시험 절차 및 경도 값 계산을 포함하여 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 방법을 규정합니다.

적용 대상 : 강철, 주철, 비철 금속 및 열 분무 코팅 기질(예: WC-Co 코팅 기질).

목적 : 품질관리, 재료선정, 성능평가를 위해 재료의 경도를 측정합니다.

1.2 본 규격은 일반적인 록웰 경도(Regular Rockwell Hardness / Regular Rockwell Hardness, HRA, HRB, HRC 등)와 표면 록웰 경도(Superficial Rockwell Hardness / Superficial Rockwell Hardness, HR15N, HR30T 등)를 포괄합니다.

1.3 본 규격은 비금속 재료(Non-Metallic Materials / Non-Metallic Materials) 또는 시험에 필요한 최소 두께보다 얇은 두께를 갖는 재료(Minimum Thickness / Minimum Thickness)에는 적용하지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 6508-2:2015 - 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 2부: 시험기의 검증 및 교정

ISO 6508-3:2015 - 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 3부: 기준 블록 교정

ISO 376:2011 - 금속 재료 - 단축 시험기 검증에 사용되는 힘 검증 장비의 교정

참고사항 : 개정판이 있는 경우 최신판이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

로크웰 경도(Rockwell Hardness) : 압입자(Indenter)를 이용하여 재료에 예비 시험 하중 (Preliminary Test Force)과 전체 시험 하중 (Total Test Force) 을 가한 후 잔류 압입 깊이의 경도 값을 측정합니다 . 단위는 HR(Rockwell Hardness Number)입니다.

압입자 : 다이아몬드 콘(120°) 또는 강철 볼(1/16 인치 , 1/8 인치 , 1/4 인치).

예비 시험 힘 : 처음에 가한 힘으로, 예를 들어 10kgf (일반) 또는 3kgf (얇음)입니다.

총 시험 힘: 예비 시험 힘과 60kgf , 100kgf , 150kgf (기존) 또는 15kgf , 30kgf ,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

45kgf (얇은) 와 같은 추가 시험 힘을 포함 합니다 .

압입 깊이 : 전체 시험력이 제거된 후 남아 있는 압입 깊이(μm) 입니다 .

4. 테스트 장비

경도 시험기 / 경도계 :

ISO 6508-2 요구 사항을 준수하며, 자동 또는 수동 조작성 가능합니다(자동 또는 수동 조작 / 자동 또는 수동 조작).

힘 적용 정확도(Force Application Accuracy) $\pm 0.5\%$.

압입자 :

다이아몬드 콘: 팁 반경 0.2mm, 경도 ≥ 9000 HV.

강철구: 직경 1/16 인치(1.588mm), 1/8 인치(3.175mm), 1/4 인치(6.35mm), 경도 ≥ 850 HV.

참조 블록 :

교정을 위해 경도 범위는 ISO 6508-3 에 따라 HRA 20-88, HRB 20-100, HRC 20-70 등을 포함합니다.

환경 조건

온도: $23 \pm 5^\circ \text{C}$.

습도: 30-80%.

5. 테스트 절차

표본 준비 :

도 (Flat Surface / Surface flatness), 거칠기(Roughness / Roughness) $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$.

오일(Oil)과 산화물층(Oxide Layer/Oxide Layer)을 제거합니다.

최소 두께: 0.5mm(얇은 층), 1.0mm(일반), 자세한 내용은 표 1 을 참조하세요.

시험력 선정(Test Force Selection) :

기존 록웰 : 예비 시험 하중 10kgf , 총 시험 하중 60kgf (HRB), 100kgf (HRC), 150kgf (HRA).

얇은 록웰 : 예비 시험 하중 3 kgf , 총 시험 하중 15 kgf (HR15N), 30 kgf (HR30T), 45 kgf (HR45W).

테스트 단계 :

예비 시험력을 가하고(Apply Preliminary Test Force / Apply Preliminary Test Force) 1~5 초간 유지합니다.

추가적인 테스트 힘을 가하고(추가 테스트 힘 적용) 5~10 초간 유지합니다.

전체 시험 힘을 제거하고 잔류 압입 깊이를 측정합니다.

측정 :

경도값은 HR 단위의 경도 시험기에 의해 자동으로 읽혀집니다.

각 측정의 최소 간격은 $\geq 3\text{mm}$ 여야 하며, 가장자리까지의 거리는 $\geq 2.5\text{mm}$ 여야 합니다.

6. 경도값 계산

공식(Formula / formula) :

$$HR = 100 - h \times k$$

h: 잔류 압입 깊이(단위: 0.002mm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

k: 비례상수(압력 헤드와 시험력에 따라 달라짐, 예: HRC 의 경우 k=500).

표 1: 록웰 경도 척도(Rockwell Hardness Scales) :



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 6508-2:2015

금속 재료 - 록웰 경도 시험

— 2부: 시험기의 검증 및 교정

금속 재료 - 로크웰 경도 시험

— 2부: 시험기의 검증 및 교정

1. 범위

1.1 본 규격은 금속재료의 록웰경도 시험에 사용되는 시험기의 검증 및 교정방법을 규정한다.

적용 대상 : 강철, 주철 및 열분사 코팅 기질(예: WC-Co 코팅 기질)에 적합한 일반 록웰 경도 시험기 및 표면 록웰 경도 시험기가 포함됩니다.

목적 : 시험 장비가 ISO 6508-1 요구 사항을 준수하고 품질 관리 및 표준 준수를 위해 신뢰할 수 있는 경도 측정을 제공하는지 확인합니다.

1.2 본 표준은 초기 검증, 정기 검증 및 교정 후 검증을 다룹니다.

1.3 본 표준은 시험기의 설계나 제조를 다루지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 6508-1:2016 - 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 1부: 시험 방법

ISO 6508-3:2015 - 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 3부: 기준 블록 교정

ISO 376:2011 - 금속 재료 - 단축 시험기 검증에 사용되는 힘 검증 장비의 교정

참고사항 : 개정판이 있는 경우 최신판이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 ISO 6508-1 을 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

검증 : 시험 장비의 성능이 지정된 요구 사항을 충족하는지 확인하는 작업으로 오류 및 반복성 검사가 포함됩니다.

교정 : 체계적인 편차를 제거하기 위해 참조 블록을 사용하여 시험 기계를 조정하는 작업입니다.

시험력(Test Force / Test force) : 예비 시험력(Preliminary Test Force / Preliminary Test Force)과 전체 시험력(Total Test Force / Total Test Force) 을 포함합니다.

압입자 : 시험력을 가하는 데 사용되는 다이아몬드 콘(Diamond Cone) 또는 강철 볼(Steel Ball)입니다.

기준 블록 : 교정 및 검증에 사용되는 알려진 경도 값을 갖는 표준 블록입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 검증 및 교정 요구 사항

초기 검증

이 작업은 새로운 테스트 장비를 구매하거나 주요 수리를 수행한 후에 수행됩니다. 모든 스케일(Scales / Scales)과 테스트 포스(Test Forces / Test Forces)를 포괄합니다.

정기 검증(Periodic Verification) :

12 개월마다 수행하거나 사용 빈도에 따라 조정하세요(예: 자주 사용하는 경우 6 개월마다).

오차(Error / Error)가 허용범위(Within Tolerance / Allowable Range) 내에 있는지 확인하세요.

교정 후 검증(Verification After Calibration) :

교정 직후에 조정 효과(Adjustment Effectiveness)를 확인하기 위해 수행합니다.

허용 오차 :

기준 록웰 : ± 0.5 HR(HRA, HRB, HRC).

표층 록웰 : ± 0.8 HR(HR15N, HR30T 등).

5. 테스트 장비

시험기

ISO 6508-1 요구 사항을 준수하며, 힘 적용 정확도(Force Application Accuracy)는 $\pm 0.5\%$ 입니다.

자동 또는 수동 압입 로딩 기능이 장착되어 있습니다.

압입자 :

다이아몬드 콘: 팁 반경 0.2mm, 경도 ≥ 9000 HV.

강철구: 직경 1/16 인치(1.588mm), 1/8 인치(3.175mm), 1/4 인치(6.35mm), 경도 ≥ 850 HV.

참조 블록 :

ISO 6508-3 을 준수하며 경도 범위는 HRA 20-88, HRB 20-100, HRC 20-70 등을 포함합니다.

자 하나당 최소 3 개의 참조 블록을 사용하세요.

측정 도구 :

힘 측정 장비, ISO 376 에 따라 정확도 $\pm 0.1\%$.

6. 검증 절차

준비

깨끗한 압입자(Clean Indenter)와 참조 블록 표면(Reference Block Surface).

온도 $23 \pm 5^\circ$ C, 습도 30-80%의 환경 조건을 확보하세요.

테스트 단계 :

적절한 규모(Select Appropriate Scale)와 시험력(Test Force) 을 선택합니다 .

각 참조 블록에서 5 번의 측정(5 개 측정 / 5 개 측정)을 수행하고 경도 값(경도 값 / 경도 값)을 기록합니다.

평균(Average / Average)과 표준편차(Standard Deviation / Standard Deviation)를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

계산합니다.

오류 검사(Error Check) :

측정값과 참조 블록의 공칭값(Nominal Value / Nominal Value)의 편차(Deviation / Deviation)는 허용오차(Permissible Error / Permissible Error)를 초과해서는 안 됩니다.

반복성: 5 회 측정 간 최대 차이 ≤ 0.3 HR(일반) 또는 ≤ 0.5 HR(표면적).

7. 교정 절차

조정

검증 결과가 허용오차를 초과하는 경우(Exceeds Permissible Error / Exceeds Permissible Error) 시험기의 시험하중(Test Force / Test Force) 또는 깊이측정시스템(Depth Measurement System / Depth Measurement System)을 조정하시기 바랍니다.

기준 블록을 사용하여 교정하고 측정값이 공칭값과 일치할 때까지 조정합니다(공칭값과 일치).

검증

교정 후, 다른 참조 블록을 사용하여 검증을 반복(반복 검증)하여 조정 효과(조정 효과)를 확인합니다.

기록 :

조정 전후 값과 교정 날짜를 기록합니다.

8. 보고서

목차

시험기의 모델(Model)과 일련번호(Serial Number).

검증 또는 교정 날짜(Verification or Calibration Date).

사용된 참조 블록: 경도 범위 및 공칭 값.

측정 결과: 평균값, 표준 편차 및 최대 편차.

허용오차(Permissible Error)가 충족되는지 여부.

운영자(Operator) 및 장비 교정 상태(Equipment Calibration Status).

예 :

시험기 모델 XYZ-100, 일련번호 12345, 교정일자 2025년 5월 31일, 기준 블록 HRC 50-60, 평균 HRC 59.8, 편차 ± 0.2 HR은 요구 사항을 충족합니다.

9. 정밀도와 편향

정밀도 : 실험실 내(실험실 내/재현성) < 0.3 HR, 실험실 간(실험실 간/재현성) < 0.5 HR.

편향 : 압입자 마모, 참조 블록 불균일성 또는 환경 변화로 인해 발생할 수 있으며 정기적인 장비 유지 관리가 필요합니다.

10. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 열 분무 코팅 기관의 적용을 포함하여 금속 재료의 경도 시험의 정확성을 보장하기 위한 로크웰 경도 시험기의 검증 및 교정에 적용 가능합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제한 사항 :

록웰 경도 시험기가 아닌 기계에는 적합하지 않습니다.

높은 정확도(예: ± 0.1 HR)가 필요한 경우 더 높은 등급의 참조 블록이나 장치를 사용해야 합니다.

요약

ISO 6508-2:2015 "금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 2부: 시험기의 검증 및 교정 / 금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 2부: 시험기의 검증 및 교정" 은 로크웰 경도 시험기가 ISO 6508-1의 요구 사항을 준수하고 금속 재료(예: WC-Co 코팅 기관)의 경도 시험에 적용할 수 있도록 검증 및 교정 방법을 제공합니다.

ISO 6508-3:2015 “금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 3 부: 기준편 교정/금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 3 부: 기준편 교정” 은 본 표준의 중국어 및 영어 혼용 버전으로, 포괄적이고 완전한 조항과 요건을 명시하고 있습니다. 본 표준의 내용은 국제표준화기구(ISO)에서 발행한 공식 표준을 기반으로 하며, 로크웰 경도 시험 기준편(Reference Blocks/Reference Blocks)의 교정(교정/교정)에 적용되어 경도 값의 정확성과 추적성(추적성/추적성)을 보장하며, 금속 재료(예: 용사 코팅 기관 또는 초경합금 관련 재료)의 경도 시험 검증에 사용됩니다.

ISO 6508-3:2015

금속 재료 - 로크웰 경도 시험

— 3 부: 참조 블록 교정

금속 재료 - 로크웰 경도 시험

— 3 부: 참조 블록 교정

1. 범위

1.1 본 규격은 로크웰 경도 시험에 사용되는 기준편의 교정 방법을 규정하며, 금속 재료의 경도 시험에 적용할 수 있습니다.

적용 대상 : 강철(Steel), 주철(Cast Iron) 및 열분사 코팅 기질(WC-Co 코팅 기질 등)에 적용 가능한 일반적인 로크웰 경도 기준 블록(예: HRA, HRB, HRC) 및 표면 로크웰 경도 기준 블록(예: HR15N, HR30T)이 포함됩니다.

목적 : 로크웰 경도 시험기의 검증 및 교정을 위해 추적성을 갖춘 참조 블록의 정확한 경도 값을 보장합니다.

1.2 본 표준은 교정 실험실 및 제조업체에 적용됩니다.

1.3 본 규격은 참조 블록에 대한 제조 공정(Manufacturing Process / Manufacturing Process)이나 재료 선정(Material Selection / Material Selection)에 관한 내용은 다루지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 6508-1:2016 - 금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6508-2:2015 - 금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 2 부: 시험기의 검증 및 교정

ISO/IEC 17025:2005 - 시험 및 교정 연구소의 역량에 대한 일반 요구 사항

메모 : 개정판이 있는 경우 최신판을 적용합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 ISO 6508-1 을 참조하여 다음 용어와 정의를 사용합니다.

기준 블록 : 로크웰 경도 시험기를 교정하고 검증하는 데 사용되는 알려진 경도 값을 갖는 표준 블록입니다.

교정 : 표준 시험기를 사용하여 참조 블록의 경도 값을 결정하고 추적성을 보장합니다.

추적성 : 참조 블록의 경도 값은 교정 체인을 통해 국제 또는 국가 표준과 연결됩니다.

균일성 : HR 에서 참조 블록 표면의 경도 값의 편차입니다.

4. 참조 블록에 대한 요구 사항

재료

일반적으로 경도가 균일한 강철(Steel / Steel) 또는 초경(Carbide / Carbide)입니다. 결함 없는 표면 / 결함 없는 표면, 균열(Crack)이나 내포물(Inclusions) 등.

치수 :

두께: $\geq 6\text{mm}$ (기준 록웰) 또는 $\geq 2\text{mm}$ (표면 록웰).

표면적 $\geq 25\text{mm} \times 25\text{mm}$, 최소 5 회 측정이 허용됩니다.

표면 품질

거칠기(Roughness) $R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$.

평탄도(Flatness) $\leq 0.005 \text{ mm}$.

경도 범위 :

기준 로크웰 : HRA 20-88, HRB 20-100, HRC 20-70.

얇은 록웰 : HR15N 70-94, HR30T 40-80.

5. 교정 절차

교정 장비

ISO 6508-2 에 따라 표준 록웰 경도 시험기(Standard Rockwell Hardness Testing Machine)를 사용하세요.

압입자: 다이아몬드 콘(팁 반경 0.2mm, 경도 $\geq 9000 \text{ HV}$) 또는 강철 볼(1/16, 1/8, 1/4 인치, 경도 $\geq 850 \text{ HV}$).

환경 조건

온도: $23 \pm 2^\circ \text{C}$.

습도: 30-80%.

교정 단계 :

깨끗한 참조 블록 표면(깨끗한 참조 블록 표면).

적절한 규모(Select Appropriate Scale)와 시험력(Test Force) 을 선택합니다 .

참조 블록에 균등하게 분포된 최소 5 개의 측정 지점 에서 측정을 수행합니다 .

평균 경도 값(Average Hardness Value)과 균일성(Uniformity)을 계산합니다.

균일성 요구 사항

측정점간의 최대 차이(최대 차이/최대 차이)는 $\leq 0.5 \text{ HR}$ (Conventional Rockwell) 또는 $\leq 0.8 \text{ HR}$ (Superficial Rockwell)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. 교정 결과

경도 값 :

기준 블록의 교정 경도값은 평균값(Average Value/Average Value)이며, 단위는 HR 입니다.

예: HRC 60.2 ± 0.3 .

불확실성

교정 불확도 $\leq \pm 0.5$ HR(기준 Rockwell) 또는 ± 0.8 HR(얇은 Rockwell).

ISO/IEC 17025 요구 사항을 준수하고 불확실성에 대한 설명을 제공합니다.

추적성

교정 결과는 국가 또는 국제 표준(예: 1차 참조 블록)을 통해 추적 가능해야 합니다.

7. 교정 인증서

목차

참조 블록 식별(Reference Block Identification): 일련 번호(Serial Number)와 같은 것.

스케일(Scale / Scale)과 경도값(Hardness Value / Hardness Value): HRC 60.2 ± 0.3 과 같습니다.

균일성: 측정 지점 간의 최대 차이.

불확실성: 예를 들어 ± 0.4 HR.

교정일자(Calibration Date / Calibration Date) 및 유효기간(Validity Period / Validity Period): 일반적으로 2 년입니다.

교정 실험실 정보: 이름, 주소 및 ISO/IEC 17025 인증 상태.

예 :

참조 블록 일련 번호 12345, HRC 척도, 경도 값 60.1 ± 0.3 , 균일성 0.4 HR, 불확도 ± 0.4 HR, 교정 날짜 2025 년 5 월 31 일, 2027 년 5 월 31 일까지 유효합니다.

8. 정밀도와 편향

정밀도 : 실험실 내(실험실 내/재현성) < 0.3 HR, 실험실 간(실험실 간/재현성) < 0.5 HR.

편향 : 참조 블록의 표면 불균일성, 시험기 오류 또는 환경 조건으로 인해 발생할 수 있으며, 교정 과정에 대한 엄격한 제어가 필요합니다.

9. 적용 가능성 및 제한 사항

적용 분야 : 록웰 경도 기준 블록의 교정에 적합하여 경도 시험의 정확성과 추적성을 보장하며, 열 분무 코팅 기질의 경도 검증에 널리 사용됩니다.

제한 사항 :

록웰 경도가 아닌 기준 블록에는 적합하지 않습니다.

참조 블록을 과도하게 사용하면(사용 횟수 / 사용 횟수) 표면 마모(표면 마모 / Surface Wear)가 발생할 수 있으며 정기적인 재보정(재보정 / Recalibration)이 필요합니다.

요약

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 6508-3:2015 "금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 3 부: 기준편 교정/금속 재료 - 로크웰 경도 시험 - 제 3 부: 기준편 교정"은 로크웰 경도 기준편의 경도 값이 정확하고 추적 가능한지 확인하기 위한 교정 방법을 제공합니다. 이 표준은 금속 재료(예: WC-Co 코팅 기관)의 경도 시험 검증에 적합합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

ISO 18265:2013 - 금속 재료

— 경도 값 변환

금속 재료

— 경도 값 변환

1. 범위

1.1 본 규격은 서로 다른 경도 척도(hardness scales) 간의 금속 재료(metallic materials)의 경도 값(hardness values)에 대한 변환 방법(conversion methods)을 규정한다.

적용 대상 : 강철, 주철, 비철 금속 및 열 분무 코팅 기질(예: WC-Co 코팅 기질).

목적 : 재료 비교(Material Comparison / Material Comparison) 및 품질 관리(Quality Control / Quality Control)에 사용할 경도 척도 간의 변환 표(변환 표 / 변환 공식)를 제공합니다.

1.2 이 표준은 다음의 경도 척도를 포함합니다.

록웰 경도(Rockwell Hardness): HRA, HRB, HRC, HR15N 등

브리넬 경도(Brinell Hardness): HBW(예: HBW 10/3000).

비커스 경도(Vickers Hardness): HV(예: HV 10).

누프 경도(Knoop Hardness) 경도) : HK.

1.3 본 표준은 달리 명시되지 않는 한 비금속 재료 또는 특수 열처리 재료에는 적용되지 않습니다.

2. 규범적 참조

본 표준은 다음 문서를 참조하며, 해당 문서의 조항은 본 표준에서의 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다.

ISO 6506-1:2014 - 금속 재료 - 브리넬 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6507-1:2018 - 금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 6508-1:2016 - 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

ISO 4545-1:2017 - 금속 재료 - 누프 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법

참고사항 : 개정판이 있는 경우 최신판이 적용됩니다.

3. 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

경도값 변환: 한 경도 척도의 측정값(Measured Value)을 다른 경도 척도의 값으로 변환하는 과정입니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도 척도 : HRC, HBW, HV 등 특정 경도 시험 방법에 해당하는 경도 값을 표현하는 방법입니다.

환산표 : 실험 데이터나 이론적 모델을 기반으로 한 경도 값 표입니다 .

불확실성 : 경도 값 변환 과정에서 발생할 수 있는 오차(Error)로, 경도 값 단위(HR, HV 등)로 표현됩니다.

4. 전환의 원칙

재료 분류

경도 변환은 저탄소강(Low Carbon Steel / Low Carbon Steel), 합금강(Alloy Steel / Alloy Steel), 알루미늄 합금(Aluminum Alloy / Aluminum Alloy)과 같이 재료 유형(Material Type / Material Type)을 고려해야 합니다.

다양한 재료는 서로 다른 변환 관계를 갖습니다.

테스트 조건 :

μm 등 동일 조건(Same Conditions)에서 측정해야 합니다 .

시험하중(Test Force / Test force)과 압입자(Indenter / Indenter)는 관련 경도 시험 규격(예: ISO 6508-1)을 준수해야 합니다.

불확실성

변환된 값의 불확실성은 일반적으로 ±5%입니다(규모와 재료에 따라 다름).

변환된 값은 참조용일 뿐(For Reference Only) 직접 측정(Direct Measurement)을 대체할 수 없습니다.

5. 변환표

1 : 강의 경도 변환

예:

| HRC | HBW (10/3000) | HV (10) |
|-----|---------------|---------|
| 20 | 238 | 240 |
| 40 | 392 | 420 |
| 60 | 654 | 720 |

표 2: 주철의 경도 변환(주철의 경도 변환 / 주철의 경도 변환) :

예:

| HRB | HBW (10/3000) |
|-----|---------------|
| 50 | 149 |
| 80 | 228 |

표 3: 비철 금속의 경도 변환(비철 금속의 경도 변환 / 비철 금속의 경도 변환) :

예:

| HRB | HV (5) |
|-----|--------|
| 40 | 75 |
| 70 | 130 |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

참고사항(Note / Note) :

전체 변환표는 해당 표준의 부록에 나와 있습니다.

변환표는 광범위한 실험 데이터를 기반으로 작성되었으며 일반적인 사용에 적합합니다.

6. 변환 공식

예시 수식 :

HRC 에서 HV (저탄소강)로 변환:

$$HV = 100 \times (HRC + 10) / 3$$

HBW 에서 HRC (합금강)로 변환:

$$HRC = 0.087 \times HBW - 5.5$$

적용 범위 :

이 공식은 HRC 20-60 과 같은 특정 경도 범위(Specific Hardness Range)에 적용할 수 있습니다.

재료의 종류에 따라 적절한 공식을 선택해야 합니다.

불확실성

변환 공식의 불확도는 일반적으로 $\pm 8\%$ 이며, 재료와 경도 범위에 따라 달라집니다.

7. 변환표 사용 시 주의사항

재료 일관성

변환 전후의 재료 종류가 일관되도록 합니다(일관된 재료 종류 / 재료 종류가 일관됨). 예를 들어 저탄소강의 HRC 를 고합금강의 HV 로 변환하지 않도록 합니다.

테스트 조건 :

경도값은 시험하중, 압입자 및 표면품질(표면품질/표면품질)이 요구사항을 충족하는 경우 표준조건에서 측정하여야 한다.

변환 제한 사항 :

변환된 값은 미세구조의 차이로 인해 편차가 있을 수 있습니다.

경도가 높을 경우(HRC>60) 또는 경도가 낮을 경우(HRB<20) 변환 오차가 더 큽니다(오차가 더 큽니다).

8. 보고서

목차

원래 경도 값: 예를 들어, HRC 55.0.

변환된 경도 값: 예를 들어, HV 580.

재료 유형: 합금강 등.

사용된 변환표 또는 공식: 표 1 을 참조하세요.

불확실성(Uncertainty): 예를 들어 $\pm 5\%$.

검사일자(Inspection Date)와 운영자(Operator).

예시 :

합금강, 원래 값 HRC 55.0, HV 580 으로 변환, 표 1 사용, 불확도 $\pm 5\%$, 날짜 xx / xx / 2025.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

9. 정밀도와 편향

정확도 : 변환된 값의 반복성은 원래 측정값의 정확도에 따라 달라지며, 일반적으로 $< \pm 3\%$ 입니다.

편견 :

재료 미세조직(Material Microstructure / Material Microstructure), 열처리 조건(Heat Treatment Condition / Heat Treatment Condition) 또는 시험 조건(Test Conditions / Test Conditions)의 차이로 인해 발생할 수 있습니다.

편차 범위는 일반적으로 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ 입니다.

10. 적용 가능성 및 제한 사항

적용분야 : 강철, 주철 및 비철금속의 경도값 변환에 적합하며, 열분무 코팅 기질의 경도 비교에 널리 사용됩니다.

제한 사항 :

비금속 재료에는 적합하지 않습니다.

특수 열처리된 재료(담금질 및 템퍼링 등)는 주의해서 사용해야 합니다(주의해서 사용하세요).

변환된 값은 참고용일 뿐이며, 직접 측정된 값을 권장합니다.

요약

ISO 18265:2013 "금속 재료 - 경도 값 변환"은 로크웰 경도, 브리넬 경도, 비커스 경도 등 다양한 경도 척도의 금속 재료의 경도 값을 변환하는 방법을 제공하며, 변환표와 공식도 포함되어 있습니다. 품질 관리 및 재료 비교에 적합하지만, 한계점을 고려해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

로크웰 경도, 브리넬 경도, 비커스 경도, 누프 경도 비율 표

로크웰, 브리넬, 비커스, 누프 경도 비교표
로크웰, 브리넬, 비커스, 누프 경도 비교표

| 측면 | 로크웰 경도 | 브리넬 경도 | 비커스 경도 | 누프 경도 |
|--------|--|--|--|---|
| 정의 | 초기 및 전체 시험력은 압입자 에 의해 가해지고, 잔류 압입 깊이는 HR(예: HRC) 단위의 경도 값을 계산하기 위해 측정됩니다. | 시험력은 강철구 압입자에 의해 가해지고, 압입 직경이 측정되며 경도 값은 HBW(예: HBW 10/3000)로 계산됩니다. | 시험력은 다이아몬드 사각뿔 압입자에 의해 가해지고, 압입의 대각선 길이를 측정하여 경도 값을 계산합니다. | 시험력은 다이아몬드 긴 피라미드 압입자에 의해 가해지고, 압입자국의 대각선 길이를 측정하여 HK 경도 값(예: HK 0.5)을 계산합니다. |
| 기준 | ISO 6508-1:2016 | ISO 6506-1:2014 | ISO 6507-1:2018 | ISO 4545-1:2017 |
| 압입자 | 다이아몬드 콘(120°, 팁 반경 0.2mm) 또는 강철 볼(1/16, 1/8, 1/4 인치). | 텅스텐 카바이드 볼은 일반적으로 직경이 10mm, 5mm, 2.5mm입니다. | 꼭짓점 각도가 136° 인 다이아몬드 피라미드. | 수직 꼭짓점 각도가 172.5° 이고 수평 꼭짓점 각도가 130° 인 다이아몬드 능형 피라미드. |
| 테스트 포스 | 기준: 초기 힘 10 kgf, 총 힘 60, 100, 150 kgf; 얇은 층: 초기 힘 3 kgf, 총 힘 15, 30, 45 kgf. | 일반적으로 사용되는 것: 500, 1000, 3000 kgf (예: HBW 10/3000 은 10mm 볼, 3000 kgf 를 의미함). | 일반적으로 사용되는 단위: 1-100 kgf (예: HV 10 은 10 kgf 를 의미)이며, 0.01 kgf 만큼 낮을 수도 있습니다. | 사용되는 단위: 0.01-2 kgf (예: HK 0.5 는 0.5 kgf 를 의미함). |
| 측정 방법 | 잔류 압입 깊이(압입 깊이를 0.002mm 단위로 측정하고 HR 값을 직접 읽습니다). | 압입 직경을 mm 단위로 측정하고 다음 공식을 사용하여 계산합니다. $HBW = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$. | 압입부의 대각선 길이를 mm 단위로 측정하고 다음 공식을 사용하여 계산합니다. $HV = \frac{1.8544F}{d^2}$. | 압입의 긴 대각선 길이를 mm 단위로 측정하고 다음 공식을 사용하여 계산합니다. $HK =$ |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

| | | | | |
|----------|---|--|--|---|
| | | | | = 14. 229F / L ² . |
| 경도 범위 | HRA 20-88, HRB 20-100, HRC 20-70, HR15N 70-94 등 | HBW 8-650 (테스트 힘과 볼 직경에 따라 다름). | HV 1-3000 (시험 힘에 따라 다름). | HK 10-1000 (시험 힘에 따라 다름). |
| 적용 재료 | 금속 재료(강철, 주철, 열분사 코팅 기질 등)는 특히 고경도 재료(HRC) 및 중경도 재료(HRB)에 적합합니다. | 금속 재료(강철, 주철, 알루미늄 합금 등)는 부드러운 재료와 더 큰 표본에 적합합니다. | 금속, 세라믹, 코팅(예: 열분무 코팅)은 얇은 층을 포함한 광범위한 경도 재료에 적합합니다 . | 금속, 세라믹, 얇은 층, 취성 재료(예: 유리) 등 특히 미세 영역에 적합합니다. |
| 표본 요구 사항 | 표면은 평평하고, Ra≤0.8 μm , 두께 ≥0.5 mm(얇은 층) 또는 ≥1.0 mm(일반)입니다 . | 표면은 평평하고 Ra≤1.6 μm 이며 두께는 압입 깊이의 ≥8 배(보통 ≥6 mm)입니다 . | 표면은 평평하고 Ra≤0.4 μm 이며 두께는 압입의 대각선 길이의 ≥1.5 배입니다(일반적으로 ≥0.2 mm) . | 표면은 평평하고, Ra≤0.2 μm , 두께 ≥0.1 mm 로 매우 작은 샘플에 적합합니다. |
| 테스트 시간 | 빠르게, 5~10 초 | 더 느리키는 10~15 초가 걸리며, 측정 시간이 더 필요합니다. | 중간, 10~15 초, 대각선 측정 필요 | 중간, 10~15 초, 긴 대각선 필요 |
| 들여쓰기 모양 | 둥근 모양(강철구형) 또는 원뿔 모양(다이아몬드 원뿔형). | 회보. | 정사각형 모양. | 마름모는 길이와 너비의 비율이 약 7:1 입니다. |
| 장점 | 간단한 조작. 경도값 직접 판독. 생산 현장에 적합. | 광범위한 경도 범위에 적합합니다(넓은 범위, 큰 압입, 높은 대표성). | 광범위한 적용 범위. 얇은 층 테스트 가능. 일관된 압입 형상 | 미세한 영역에 적합합니다. 취성 재료에 적합합니다. 얇게 압입되어 손상이 적습니다. |
| 단점 | - 높은 표면 품질 요구 사항 / 높은 표면 품질 요구 사항. - 서로 다른 척도를 직접 비교할 수 없음(척도를 직접 비교할 수 없음 / 척도를 직접 비교할 수 없음). | 큰 압흔은 시편을 손상시킵니다. 얇거나 단단한 재료에는 적합하지 않습니다. | - 광학 측정이 필요합니다. / 광학 측정이 필요합니다. - 표면 거칠기에 민감합니다. / 표면 거칠기에 민감합니다. | - 광학적 측정이 필요합니다. / 광학적 측정이 필요합니다. - 비대칭 압입, 복잡한 측정 / 비대칭 압입, |

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

| | | | | |
|---------|---|--|--|---|
| | | | | 복잡한 측정. |
| 응용 프로그램 | 열분사 코팅 기관(WC-Co 기관 등), 강철, 기계부품 경도 시험(기계부품/기계부품). | 주조, 단조, 연성 금속의 경도 시험. | 열 분무 코팅, 박막, 표면 경화층. | 미세 부품, 코팅, 세라믹 및 유리의 미소경도 시험. |
| 불확실성 | ± 0.5 HR(일반) 또는 ± 0.8 HR(표면적). | $\pm 5\%$ (재료 및 경도 범위에 따라 다름). | $\pm 3\%$ (시험 힘과 재료에 따라 다름). | $\pm 5\%$ (시험 힘과 재료에 따라 다름). |
| 전환 관계 | - HRC 20 \approx HBW 238 \approx HV 240 \approx HK 255 - HRC 40 \approx HBW 392 \approx HV 420 \approx HK 445 - HRC 60 \approx HBW 654 \approx HV 720 \approx HK 760 | - HBW 238 \approx HRC 20 \approx HV 240 \approx HK 255 - HBW 392 \approx HRC 40 \approx HV 420 \approx HK 445 - HBW 654 \approx HV 720 \approx HK 760 | - HV 240 \approx HRC 20 \approx HBW 238 \approx HK 255 - HV 420 \approx HRC 40 \approx HBW 392 \approx HK 445- HV 720 \approx HRC 60 \approx HBW 654 \approx HK 760 | - HK 255 \approx HRC 20 \approx HBW 238 \approx HV 240 - HK 445 \approx HRC 40 \approx HBW 392 \approx HV 420 - HK 760 \approx HRC 60 \approx HBW 654 \approx HV 720 |

변환 노트

적용 재료 : 위의 변환 관계는 ISO 18265:2013 표준의 변환표와 실험 데이터를 기반으로 강철(Steel)에 적용됩니다.

불확도 : 변환된 값의 불확도는 약 $\pm 5\%$ 입니다. 실제 사용 시에는 재료의 미세 구조(Microstructure / microstructure)와 시험 조건(Test Conditions / test conditions)을 고려해야 합니다.

사용 권장 사항 : 변환된 값은 참조용일 뿐(For Reference Only / For reference only), 직접 측정(Direct Measurement / Direct Measurement)을 권장합니다.

예 :

HRC 40 \approx HBW 392 \approx HV 420 \approx HK 445, 즉 강철 소재의 경우 로웰 경도 HRC 40 은 브리넬 경도 HBW 392, 비커스 경도 HV 420, 누프 경도 HK 445 로 변환할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

목차

2 부: 초경합금의 제조 공정

6 장: 코팅 및 복합 기술

6.1 초경합금 코팅의 제조

6.1.1 고속 산소 연료 분무(HVOF, 코팅 경도 HV 1200-1500)

6.1.2 플라즈마 분무(APS) 및 폭발 분무

6.2 코팅 재료

6.2.1 WCCo 및 WCNiCr 코팅의 구성 최적화

6.2.2 다상 복합 코팅(WCTiCNi)

6.3 구배 및 나노구조 초경합금

6.3.1 그래디언트 WCCo의 인터페이스 엔지니어링

6.3.2 나노-WC(<100 nm)의 제조 및 과제

6.4 코팅 성능 시험

6.4.1 접합 강도(50-80 MPa) 및 기공률(<1%)

6.4.2 내마모성(ASTM G65, 마모율 <0.06 mm³ / N·m)

총수:

시멘트 카바이드 코팅이란 무엇입니까?

초경합금 고퍽발 분사(DGS) 기술

초경합금 플라즈마 용사(APS, 대기 플라즈마 용사) 기술

초경합금용 고속 산소 연료 분무(HVOF)

시멘트 카바이드 진공 플라즈마 용사(VPS, 진공 플라즈마 용사)

카바이드 계면 공학

초경합금 표면 개질 기술

전해조에서의 초경합금 나노복합 코팅의 적용

나노코팅 초경합금이란?

그래디언트 카바이드란 무엇인가?

구배 카바이드 채광 픽 및 기술

항공 노즐에 시멘트 카바이드 적용

ISO 14923:2003 열 분무 - 열 분무 코팅의 특성화 및 테스트

화염 및 아크 분사용 로프 - 분류 - 기술 공급 조건

ASTM C633-13(2017) 열 분무 코팅의 접착력 또는 응집력에 대한 표준 시험 방법

ASTM E2109-01(2014) 열 분무 코팅의 결보기 다공성 비율에 대한 표준 테스트 방법

EN 657:2005 열분사 - 용어 및 분류

EN 13507:2018 열분사 - 금속 부품 및 조립품의 표면 처리

GB/T 18719-2002 열분무 분말

GB/T 17391-2008 열분사 코팅 접착력 시험 방법

AMS 2437: HVOF 공정 사양

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 3252:2019 분말 야금 - 용어
ISO 14923:2003 열분사 - 열분사 코팅의 특성화 및 테스트
ISO 4505:2017 금속 재료 - 경도 시험 - 시험 방법
금속 재료 -- 경도 시험 -- 시험 방법
ASTM E2283-08 (2019)강 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 내포물에 대한 극치값 분석을 위한 표준 관행
강철 및 기타 미세 구조적 특징의 비금속 개재물에 대한 극값 분석을 위한 표준 관행
EN 13204:2017 열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건
열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건
GB/T 5242-2007 "열용사 - 와이어 및 막대
열 분사 - 와이어 및 막대
GB/T3489-2012 열분사 - 열분사 코팅의 금속 조직 검사
GB/T 38511-2020 열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건 열분사 - 분말 - 구성, 기술 공급 조건
ASME B46.1-2009 표면 질감(표면 거칠기, 물결 모양 및 레이)
표면 질감(표면 거칠기, 물결 모양, 평탄도)
EN 10204:2004 금속 제품 - 검사 문서 유형
금속 제품 - 검사 문서 유형
ISO 6508-1:2016 금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 제 1 부: 시험 방법
금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 1 부: 시험 방법
ISO 6508-2:2015 금속 재료 - 록웰 경도 시험
— 2 부: 시험기의 검증 및 교정
금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 2 부: 시험기의 검증 및 교정
ISO 6508-3:2015 금속 재료 - 록웰 경도 시험
— 3 부: 참조 블록 교정
금속 재료 - 록웰 경도 시험 - 3 부: 기준 블록 교정
ISO 18265:2013 - 금속 재료 - 경도 값 변환
금속 재료 - 경도 값 변환
록웰 경도, 브리넬 경도, 비커스 경도, 누프 경도의 경도비표

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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