

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

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 바탕으로 모회사의 탁월한 설계 및 제조 역량, 우수한 서비스, 글로벌 비즈니스 명성을 이어받아 텅스텐 화학물질, 텅스텐 금속, 시멘트 카바이드, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야에서 포괄적인 애플리케이션 솔루션 제공업체로 거듭났습니다.

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

3 부: 초경합금의 성능 최적화

제 7 장 초경합금의 기계적 성질 제어

초경합금(WC-Co)은 뛰어난 고경도(HV 1200-1800), 양호한 파괴인성(K_{1c} 8-16 MPa·m^{1/2}), 높은 압축 강도(4000-6000 MPa) 및 우수한 내마모성(마모율 < 0.1 mm³/N·m) 덕분에 항공 공구(절삭 수명 >15 시간), 광산 드릴 비트(드릴링 >1200m) 및 내마모성 다이(압출 >10⁶회)에 널리 사용 됩니다. 그러나 높은 충격(주파수 >500Hz), 반복 하중(>10⁵회), 고온(>800°C) 및 연마 마모(경도 >800 HV)와 같은 극한의 작업 조건에서 초경합금의 종합적인 성능은 여전히 과제에 직면해 있습니다. 단일 최적화 전략으로 경도, 인성, 피로 저항성, 내마모성이라는 시너지 효과를 동시에 충족하는 것은 어렵습니다. 미세 구조 제어(WC 입자 크기 0.2-2 μm, Co 함량 6%-15%), 파괴 메커니즘 심층 분석(균열 성장률 ~10⁻⁶mm/사이클), 그리고 첨단 강화 기술(VC 첨가 0.2%-0.5%, 이온 주입량 10¹⁶-10¹⁷cm⁻², 레이저 클래딩 두께 50-150 μm)을 적용하면 종합적인 성능 향상을 이룰 수 있습니다.

이 장에서는 경도와 인성의 균형, 피로 저항성과 내충격성, 파괴 메커니즘 분석 및 성능 개선 전략의 네 가지 측면을 중심으로 초경합금의 기계적 특성, 장단점, 규제 기술 및 조건을 체계적으로 논의합니다. 또한, 미래 AI 기술과 산업 사물 인터넷(IIoT) 생태계에서 초경합금의 발전 추세를 살펴보고, 산업 응용 분야의 효율성과 신뢰성을 향상시켜 줄 것입니다.

초경합금의 장점은 높은 경도와 내마모성, 그리고 극한 작업 조건에서 높은 하중과 마찰을 견딜 수 있는 능력입니다. 그러나 단점은 경도와 인성 사이의 모순입니다. 높은 경도(HV>1600)는 일반적으로 인성(K_{1c} < 10MPa·m^{1/2})의 감소로 이어지며, 이는 취성 파괴가 발생하기 쉽습니다. 또한 초경합금의 피로 저항성은 고주파 반복 하중(균열 진전 속도를 <10⁻⁷mm/cycle로 제어해야 함)에서 여전히 개선되어야 합니다. 이 장의 분석을 통해 독자는 초경합금의 기계적 특성을 조절하는 방법과 실제 응용 분야에서의 성능을 종합적으로 이해할 수 있을 것입니다.

7.0 초경합금의 기계적 성질

초경합금(WC-Co)은 우수한 기계적 성질로 인해 항공, 광산, 금형 제작에 널리 사용됩니다. 다음은 정의, 측정 방법, 영향 요인 및 적용 배경을 포함하여 주요 기계적 성질에 대한 자세한 설명입니다.

7.0. 1. 초경합금의 높은 경도

7.0. 1. 0 초경합금의 경도는 무엇입니까?

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금(WC-Co)의 경도는 표면이 외부 물체(예: 압입자)에 의한 압입이나 굽힘에 저항하는 능력을 나타내며, 이는 재료의 소성 변형 및 마모 저항성을 반영합니다. 복합 재료인 초경합금은 텅스텐 카바이드(WC, 경도 약 HV 2000-2500)의 경질상과 코발트(Co, 경도 약 HV 300)의 결합상으로 구성됩니다. 초경합금의 경도는 일반적으로 HV 1200-1800이며, 표면 개질(침탄, 레이저 클래딩 등)을 통해 HV 2000-2500 까지 높일 수 있습니다. 경도는 절삭, 드릴링, 금형 제작 등 고하중, 고마찰 환경에서 초경합금의 내구성을 직접적으로 결정합니다.

경도의 물리적 특성은 재료의 미세구조와 밀접한 관련이 있는데, 이는 주로 WC 상의 높은 경도와 결정립계 강화 효과에 기인하는 반면, Co 상은 소성 변형을 통해 에너지의 일부를 흡수하고 전체 성능을 조절합니다.

7.0.1.1 초경합금의 경도 측정 방법

초경합금의 경도는 다양한 시험 방법으로 측정할 수 있으며, 각 방법은 다양한 시나리오와 정확도 요구 사항에 적합합니다.

비커스 경도(HV)

범위 : HV 1200-1800, 표면 개질 후 최대 HV 2000-2500.

원리 : 비커스 경도계와 다이아몬드 사각뿔 압입자(대각선 136°)를 사용하여 표준 하중(보통 30kg)을 가하고, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하여 경도값을 계산합니다. 공식은 다음과 같습니다.

$$HV = \frac{1.8544 \cdot F}{d^2}$$

여기서 F는 하중(kg)이고 d는 압입의 대각선 길이(mm)입니다.

장점 : 측정 범위가 넓고, 정확도가 높으며, 초경합금의 경도 시험에 적합하며, 가장 일반적으로 사용되는 방법입니다.

응용 분야 : 입자나 코팅과 같은 미세한 영역의 경도와 전체 경도를 평가하는 데 사용됩니다.

록웰 경도(HRA)

범위 : HRA 80-94(A 규모).

원리 : 다이아몬드 콘 압입자(원뿔 각도 120°)가 장착된 로크웰 경도계를 사용하여 60kg의 하중을 가해 압입 깊이를 측정합니다.

장점 : 테스트가 빠르며 대규모 테스트에 적합합니다.

제한 사항 : 초경 소재(예: 시멘트 카바이드)의 경우 정확도가 약간 낮으며, 종종 예비 평가에 사용됩니다.

브리넬 경도(HB)

범위 : HB 1000-1600.

원리 : 초경 볼(직경 10mm) 압입자를 사용하여 큰 하중(예: 3000kg)을 가하고 압입

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

면적을 통해 경도를 계산합니다. 공식은 다음과 같습니다.

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

7.0.1.2 경도에 영향을 미치는 요인

초경합금의 경도는 다양한 미세구조와 공정 변수의 영향을 받습니다. 주요 요인에 대한 자세한 분석은 다음과 같습니다.

(1) WC 입자 크기

效应: 晶粒尺寸越小, 硬度越高, 遵循 Hall-Petch 关系 ($\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$), 其中 σ_y 为屈服强度, d 为晶粒尺寸, k 为常数 (约 $0.3 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)。硬度与屈服强度近似正比 ($HV \approx 3\sigma_y$)

입자 크기가 $2 \mu\text{m}$ 에서 $0.5 \mu\text{m}$ 로 감소하면 경도는 HV 1200에서 HV 1600으로 약 25~30% 증가합니다. 입자 크기가 $0.2 \mu\text{m}$ 미만으로 더 감소하면 경도는 HV 1800에 도달할 수 있지만, 결정립계 슬라이딩으로 인해 인성이 감소할 수 있습니다.

메커니즘 작은 입자는 결정립계 밀도를 증가시켜 ($>10^{13} \text{ m}^{-2}$) 전위 운동을 방해하여 경도를 증가시킵니다.

(2) Co 함량

효과 : Co는 연질상(경도 약 HV300)이며, Co의 함량이 증가하면 초경합금의 경도가 감소합니다.

데이터 : Co 함량이 6%-8%일 때 경도는 HV 1600-1800이고, Co 함량이 12%-15%일 때 경도는 HV 1200-1400으로 떨어집니다.

메커니즘 : Co 함량이 높으면 WC 부피 분율이 감소하고(WC 비율이 90%에서 70%로 감소), 경질상의 변형 저항성이 감소합니다.

(3) 첨가제

효과 : VC(바나듐 카바이드)나 Cr_3C_2 등의 첨가제는 입자성장을 억제하고 경도를 증가시킬 수 있다.

데이터 : 0.2%-0.5% VC를 첨가하면 경도가 5%-10% 증가하여 최대 HV 2000에 도달할 수 있습니다. 첨가량이 0.8%를 초과하면 취성상(예: VCx)이 형성되어 성능이 저하될 수 있습니다.

메커니즘 : VC는 고용체 강화 및 침전 강화(두께 $<20\text{nm}$ 의 얇은 VCx 층 형성)를 통해 결정립 성장을 억제하고 결정립 경계 이동 속도($<10^{-10} \text{ m/s}$)를 감소시킵니다.

(4) 표면개질

효과 : 탄화, 이온 주입 또는 레이저 클래딩 과 같은 기술을 통해 표면 경도를 향상시킵니다.

데이터 : 탄소침투는 최대 HV 2000-2200의 경도를 갖는 WC가 풍부한 층(두께 $10-30 \mu\text{m}$)을 형성하고, 레이저 클래딩은 최대 HV 2500의 경도를 갖는 고경도 층(두께 $50-100 \mu\text{m}$)을 형성합니다.

메커니즘 : 표면 개질은 높은 경도상(WC 또는 CrN 등)과 잔류 압축 응력(>400

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa)을 도입하여 변형 저항성을 강화합니다.

(5) 소결공정

효과 : 소결 온도와 분위기가 입자 성장과 미세 구조에 영향을 미칩니다.

데이터 : 소결 온도가 1400-1500° C 이고 진공도가 10^{-2} Pa 일 때, 입자 크기는 $0.8 \mu\text{m}$ 로 제어될 수 있으며 경도는 HV 1600 에 도달합니다. 온도가 >1550° C 이고 입자 크기가 >2 μm 인 경우 경도는 10%-15% 감소합니다.

메커니즘 : 고온은 결정립 성장을 유발하고 결정립계 강화 효과를 감소시킨다.

7.0.1.3 경도의 미시적 메커니즘

초경합금 경도의 미시적 메커니즘은 주로 다음과 같은 측면에 기초합니다.

(1) WC 상의 높은 경도

WC(텅스텐 카바이드)는 최대 HV 2000~2500 의 경도를 갖는 초경 소재로, 공유 결합 구조(WC 결합 에너지 $\sim 800 \text{ kJ/mol}$)와 높은 탄성률($E \approx 700 \text{ GPa}$) 을 가지고 있습니다. WC 상은 초경합금 부피 분율의 70~90%를 차지하며, 경도의 주요 원천입니다.

(2) 결정립계 강화(Hall-Petch 효과)

晶粒尺寸减小增加晶界密度, 晶界通过钉扎位错 (Orowan 强化, $\tau \sim Gb/\lambda$, $\lambda < 1 \mu\text{m}$) 阻碍位错运动, 提高硬度和强度。晶界迁移速率 ($< 10^{-10} \text{ m/s}$) 受添加剂和烧结温度控制, 迁移能障约为 80-120 kJ/mol.

(3) Co 상의 조절효과

Co 상(저경도, HV ≈ 300)은 소성변형(변형속도 $\sim 10^{-3} \text{ s}^{-1}$) 을 통해 에너지의 일부를 흡수하여 응력집중을 감소시키지만, Co 함량이 높으면 WC 상의 비율이 감소하여 전체경도가 저하된다.

(4) 계면 효과

WC 와 Co 의 계면 결합 강도(>50 MPa)는 경도에 중요한 영향을 미칩니다. WC 에 대한 Co 의 젖음성(접촉각 15°)은 낮은 계면 에너지(1.5 J/m^2)를 보장 하지만, Co 분포가 불균일하면(편차 >1%) Co 풀(크기 >5 μm) 이 형성 되어 경도가 저하될 수 있습니다.

(5) 열역학적 안정성

미립자 WC 의 열역학적 안정성은 깃스 자유 에너지($\Delta G < 0$)를 통해 평가됩니다. 입자 크기가 0.5 μm 미만일 때, 계면 에너지(>1.5 J/m^2) 가 물성 변화를 지배하며, 미세균열(길이 0.05-0.1 μm) 을 유발하여 경도에 영향을 미칠 수 있습니다.

7.0.1.4 경도의 적용 중요성

시멘트 카바이드의 높은 경도는 산업 분야에서 특히 다음과 같은 경우에 핵심적인

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장점입니다.

항공 도구

요구사항 : 절삭 속도 > 800m/min, 높은 하중 및 마찰.

성능 : 경도 HV 1600 의 WC-10Co 공구의 절삭 수명은 최대 15 시간에 달할 수 있으며, 이는 경도 HV 1200 의 소재보다 25% 더 높습니다.

메커니즘 : 높은 경도는 공구 마모율을 감소시키고($< 0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) 공구 수명을 연장합니다.

광산 드릴 비트

요구사항 : 단단한 암석 드릴링(암석 경도 > 800 HV), 높은 마찰 및 충격 저항성이 요구됨.

성능 : 경도 HV 1700 의 WC-8Co 드릴 비트, 드릴링 거리 >1200m, 40% 증가.

메커니즘 : 높은 경도는 연마 마모를 줄이고(흠 폭 < $10 \mu\text{m}$) 내구성을 향상시킵니다.

내마모성 금형

요구사항 : 고주파 압출(>10 6 회), 마모 및 변형에 대한 저항성.

성능 : 경도 HV 1600 의 WC-12Co 다이, 압출 시간 >10 6 배.

메커니즘 : 높은 경도는 금형 표면이 압입에 저항하는 능력을 보장하고 수명을 연장합니다.

고온 조건

수요 : 고온 절단(>800° C), 항공기 터빈 블레이드 가공 등.

성능 : 경도 HV 2000 의 카바이드(탄소침탄 후)는 20 시간의 수명을 가지며, 30% 증가했습니다.

메커니즘 : 높은 경도와 산화물 층(WO_3 , 두께 $\sim 2 \mu\text{m}$) 이 함께 고온 마모를 줄입니다.

7.0.1.5 경도와 인성 간의 균형

초경합금 의 경도와 인성 (K_{1c}) 의 차이:

($K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 을 동반하는데, 이는 미세한 입자 ($< 0.2 \mu\text{m}$) 또는 낮은 Co 함량(<6%) 으로 인해 취성 파괴로 쉽게 이어질 수 있습니다.

높은 인성 ($K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 을 위해서는 Co 함량(>12%)이나 입자 크기 ($1-2 \mu\text{m}$) 를 증가 시켜야 하지만 경도가 감소(HV <1400)하여 내마모성에 영향을 미칩니다.

최적화 전략은 다음과 같습니다.

선택된 입자 크기는 $0.5-1 \mu\text{m}$ 이고, Co 함량은 8%-12%, 경도는 HV 1500-1600, K_{1c} 12-14 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

VC/ TaC (0.2%-0.5%)를 첨가하면 인성을 유지하면서 경도를 3%-5% 증가시킬 수 있습니다.

그래디언트 구조(표면 Co 6%, 내부 12%)를 채택하여 표면 경도 HV 1600, 내부 K_{1c} 14 MPa·m^{1/2}를 구현하였습니다.

7.0.1.6 요약

초경합금의 경도는 변형 및 마모 저항 능력을 나타내는 핵심 지표로, 일반적인 경도 범위는 HV 1200~1800이며 최대 HV 2500입니다. 경도는 주로 WC 상의 높은 경도와 입계 강화에 의해 결정되며, 결정립 크기, Co 함량, 첨가제 및 표면 개질과 같은 요인의 영향을 받습니다. 초경합금은 미세 구조 및 공정 매개변수를 최적화함으로써 항공, 광산, 금형 제조 등의 분야에서 탁월한 내구성과 신뢰성을 입증할 수 있습니다. 앞으로 AI와 산업 사물 인터넷(IIoT) 기술을 활용하여 경도 일관성 및 성능 최적화 효율성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

7.0.2. 초경합금의 파괴인성

초경합금(WC-Co)의 파괴인성은 균열 전파 및 파괴에 저항하는 능력으로, 고응력 또는 충격 조건에서 재료의 신뢰성을 평가하는 핵심 지표입니다. 파괴인성의 정의, 측정 방법, 영향 요인, 미시적 메커니즘 및 적용 의의에 대한 자세한 설명은 다음과 같습니다.

7.0.2.1. 초경합금의 파괴인성 정의

파괴인성(K_{1c})은 초경합금이 균열이나 결함이 존재할 때 균열 전파를 저항하는 능력으로, 단위는 MPa·m^{1/2}입니다. 초경합금의 파괴인성 범위는 일반적으로 8~16 MPa·m^{1/2}이며, 이는 고하중이나 충격 환경에서 취성 파괴에 대한 저항성을 나타냅니다. 파괴인성은 주로 결합상 Co의 소성 변형 능력과 WC 상의 입계 강화 효과에 따라 달라지며, 초경합금의 경도와 인성의 균형을 반영합니다.

7.0.2.2. 초경합금의 파괴인성 측정 방법

파괴인성은 일반적으로 표준화된 시험 방법으로 측정합니다. 다음은 일반적인 시험 방법입니다.

싱글 에지 노치 빔 (SENB)

원리: 시편에 V자형 또는 직선형 노치를 미리 제작하고, 3점 굽힘 하중을 적용하여 균열이 팽창하기 전 최대 응력을 측정합니다. 공식은 다음과 같습니다.

原理: 在试样上预制V型或直边缺口, 采用三点弯曲加载, 测量裂纹扩展前的最大应力。公式为:

$$K_{1c} = \frac{P \cdot S}{B \cdot W^{3/2}} \cdot f\left(\frac{a}{W}\right)$$

其中 P 为载荷, S 为支座间距, B 和 W 分别为试样厚度和宽度, a 为裂纹长度, f($\frac{a}{W}$) 为几何修正因子。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

조건: 시편 크기는 일반적으로 55×10×10 mm 이고, 노치 깊이는 약 2 mm 입니다.

장점: 시멘트 카바이드의 정확한 측정에 적합하며 산업 표준에 널리 사용됩니다.

들여쓰기 방법

균열 성장에 대한 경험적 공식을 기반으로 비커스 경도 압입의 균열 길이로부터 K_{1c} 를 계산합니다.

장점: 복잡한 샘플 준비가 필요 없어 신속한 테스트에 적합합니다.

제한 사항: 정확도가 낮아 예비 평가에 적합합니다.

이중 지지보법(DCB)이나 콤팩트 인장법(CT)과 같은 다른 방법은 특정 연구 시나리오에 적합합니다.

SENB 방법은 정확도와 표준화가 높아서 시멘트 초경합금의 파괴인성 시험을 위한 주류 방법이 되었습니다.

7.0.2.3. 초경합금의 파괴인성에 영향을 미치는 요인

파괴인성 수준은 다음과 같이 다양한 미세구조 및 공정 매개변수에 영향을 받습니다.

공동 콘텐츠

효과: Co는 인성상으로서 소성 변형을 통해 균열 에너지를 흡수합니다. Co 함량이 높을수록 인성이 우수합니다.

데이터: Co 함량이 6%일 때, K_{1c} 는 약 $8-10\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고, Co 함량이 12%-15%일 때, K_{1c} 는 $14-16\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에 도달할 수 있습니다.

메커니즘: Co 함량이 증가하면(>10%) 소성 소실이 증가하지만(변형 속도 $\sim 10^{-3} \text{s}^{-1}$) 경도는 감소합니다(HV <1400).

입자 크기

효과: 입자 크기는 인성에 이중적인 효과를 미치며, 적당한 크기는 성능을 최적화합니다.

입자가 거칠면(예: $1-2 \mu\text{m}$) $K_{1c} > 12 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고, 입자가 너무 미세하면(예: $< 0.2 \mu\text{m}$) 입자 경계 미끄러짐(속도 $\sim 10^{-9} \text{m/s}$)으로 인해 $K_{1c} < 8 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다.

메커니즘: 거친 입자는 결정립계 밀도를 감소시켜($< 10^{13} \text{m}^{-2}$) 균열 전파에 대한 저항성을 감소시킵니다. 지나치게 미세한 입자는 결정립계 결합을 증가시켜 미세균열을 쉽게 일으킬 수 있습니다.

첨가물

효과: 첨가제는 결정립계를 강화하거나 미세구조를 최적화하고 인성을 향상시킬 수 있습니다.

TaC 추가 (0.2 %-0.5%)는 K_{1c} 를 약 5%-10% 증가시킬 수 있습니다. VC(>0.8%)를 첨가하면 취성상이 형성되어 인성이 감소할 수 있습니다.

메커니즘: TaC는 결정립계 결합 강도(>150 MPa)를 향상시키고 결정립간 파괴를 감소시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 공정

효과: 소결 온도와 시간은 Co 분포와 결정립계 안정성에 영향을 미칩니다.

자료: 소결온도가 1400~1500°C이고 소결시간이 1~3 시간일 때, K_{1c} 는 12~14 MPa·m^{1/2} 로 안정적이며, 1550°C 이상일 때, Co 편석율은 >1%이고, K_{1c} 는 5~10% 감소한다. (μm) 을 형성하여 인성을 감소시킵니다.

7.0.2.4. 초경합금의 파괴인성의 미시적 메커니즘

파괴인성의 미시적 메커니즘은 주로 다음과 같은 측면을 포함합니다.

Co 상의 소성 변형 Co 상은 소성 변형(변형률 ~0.05%-0.1%)을 통해 균열 에너지를 흡수하고 균열 전파를 지연시킵니다.

Co 함량이 10%일 때, 소성 소산이 현저하게 나타나며 K_{1c} 는 12 MPa·m^{1/2} 에 도달할 수 있습니다.

WC 결정립계에서의 균열 변형

WC 결정립계(0.5-1 μm) 는 균열 전파 경로 길이를 증가시키고 균열 변형(각도 20°-40°)에 의해 균열 전파 속도(<10⁻² m/s) 를 감소시킵니다. 변형 효과는 조립질(>1 μm)에서 더욱 두드러 집니다.

계면 결합

WC와 Co 사이의 계면 결합 강도(>50 MPa)는 Co 습윤(접촉각 <15°)을 통해 달성되며, 계면 에너지는 <1.5 J/m²입니다. 계면 결합이 많으면(>0.5%) 인성이 감소합니다.

미세균열 억제 첨가제(

TaC 등) 는 고용체 강화(결정립계 간격 <0.2 μm)를 통해 미세균열 발생(길이 <0.05mm)을 억제하여 K_{1c} 를 5~10% 증가시킵니다.

7.0.2.5. 초경합금 파괴인성의 적용 의의

파괴인성은 시멘트 카바이드의 실제 적용에 있어서 매우 중요하며, 특히 고충격 및 반복 하중 시나리오에서 더욱 그렇습니다.

항공 도구

요구사항: 절삭 속도 > 800m/min, 높은 충격과 반복 하중을 견뎌야 함.

성능: K_{1c} 12MPa·m^{1/2}의 WC-8Co 공구, 수명 >15 시간.

메커니즘: 높은 인성은 균열 성장을 감소시키고(속도 <10⁻⁶ mm/사이클) 사용 수명을 연장합니다.

광산 드릴 비트

요구 사항: 단단한 바위 드릴링(주파수 > 500Hz), 높은 충격 저항성 필요.

성능: K_{1c} 13MPa·m^{1/2}의 WC-10Co 드릴 비트, 드릴링 거리 >1200m.

메커니즘: 높은 인성으로 충격 에너지(>18 J)를 흡수하고 파손 위험을 줄입니다.

내마모성 금형

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요구사항: 고주파 압출(>10⁶회), 피로 파괴 저항성이 필요합니다.

특성: K_{1c} c 14 MPa · m^{1/2}의 WC-12Co 다이, 압출 시간 > 10⁶.

메커니즘: 높은 인성으로 인해 미세균열(길이 < 0.1 mm)의 성장을 지연시킵니다.

심해 조건

요구 사항: 압력 > 80 MPa, 응력 부식 저항성이 필요합니다.

K_{1c} 14 MPa · m^{1/2}의 경사 구조 카바이드, 수명 > 4년.

메커니즘: 높은 인성과 표면 보호 기능으로 부식 균열 확산을 줄입니다.

7.0.2.6. 초경합금 파괴인성의 최적화 및 미래 개발

파괴인성을 개선하기 위해 다음과 같은 전략을 사용할 수 있습니다.

입자 크기 0.5-1 μm, Co 함량 10%-12%, K_{1c} 는 12-14MPa · m^{1/2}에 도달할 수 있도록 선택.

첨가제 제어: 0.2%-0.5% TaC를 첨가하면 K_{1c} 가 5%-10% 증가할 수 있습니다.

표면 강화: TiN 코팅(두께 1-3 μm)을 적용하여 표면 균열 시작을 줄이고 K_{1c} 를 5%-10% 증가시킵니다.

AI 및 IIoT: AI를 사용하여 Co 분포 및 결정립계 안정성을 예측(오차 < 0.2%)하고 IIoT를 결합하여 균열 전파를 실시간으로 모니터링(정확도 ±0.02mm)하고 인성 일관성을 개선(편차 < 0.5 MPa · m^{1/2})합니다.

초경합금 성능 최적화의 핵심은 파괴인성이며, 특히 극한 작업 조건에서 더욱 그렇습니다. 초경합금은 미세구조와 공정 변수를 최적화함으로써 항공, 광산, 심해 등 수요가 높은 분야의 요구를 충족할 수 있습니다. 앞으로 AI와 산업용 사물인터넷(IoT) 기술의 통합은 인성 향상 및 적용 분야 확장을 더욱 촉진할 것입니다.

7.0.3. 초경합금의 압축강도

초경합금(WC-Co)의 압축강도는 압축 하중 하에서 손상을 견뎌낼 수 있는 능력을 나타내는 중요한 기계적 물성 지표이며, 재료가 압축 변형 및 취성 파괴에 저항하는 능력을 반영합니다. 아래에서는 압축강도의 정의, 측정 방법, 영향 요인, 미시적 메커니즘, 적용 의의, 최적화 및 향후 개발에 대한 자세한 설명을 제공하며, 분석을 심화하기 위해 더 많은 세부 정보와 데이터를 추가합니다.

7.0.3.1. 초경합금의 압축강도 정의

압축 강도는 시멘트 카바이드의 단방향 압축 하중 하에서 재료가 파손되기 전의 최대 응력으로, MPa 단위로 측정하며, 일반적인 범위는 4000-6000 MPa입니다. 압축 강도는 고부하 조건에서 시멘트 카바이드의 주요 매개변수로, 주로 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 초고탄성률(약 700 GPa)과 결정립계 강화 효과에 의해 뒷받침되지만, 결합상인 코발트(Co)의 소성 특성에 의해 조절됩니다. 압축 강도 수준은 극한 압력 환경(예: 심해 또는 고속 절삭)에서 시멘트 카바이드의 신뢰성과 내구성을 직접적으로 결정합니다. 예를 들어, WC-10Co 합금의 압축 강도는 일반적으로 4500-5000 MPa이며, 특정 값은 미세 조직과 공정 매개변수에 따라

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

달라집니다.

7.0.3. 2. 초경합금의 압축강도 측정방법

압축강도는 표준화된 압축 시험을 통해 결정됩니다. 구체적인 방법과 관련 세부 사항은 다음과 같습니다.

압축 시험

원리: 만능 재료 시험기 또는 특수 압축 시험기를 사용하여 원통형 또는 정육면체형 시편에 소성 변형 또는 취성 파괴가 발생할 때까지 단방향 압축 하중을 가하고 최대 응력을 기록합니다. 공식은 다음과 같습니다.

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

其中 σ_c 为抗压强度 (MPa), F 为破坏时的最大载荷 (N), A 为试样初始截面面积 (mm^2).

테스트 조건:

표본의 기하 구조: 원통형(직경 10mm, 높이 20mm) 또는 입방형 (10 × 10 × 10mm)이며, 배럴 효과를 피하기 위해 일반적으로 직경과 높이의 비율이 1:2입니다.

하중 속도: 0.5-1mm/분, 균일한 응력 분포를 보장하기 위해 천천히 하중을 가하세요.

환경 조건: 실내 온도(20-25° C), 습도 <50%, 환경적 요인의 간섭을 피하세요.

장점: 압축 하에서 재료의 지지 한계를 직접 반영하며, 시험 결과는 실제 적용 시나리오와 높은 상관 관계를 보입니다.

제한 사항: 샘플은 초기 결함(예: 다공성 <1%)이 없어야 하며, 그렇지 않으면 결과가 낮게 나옵니다. 샘플의 형상과 마찰 효과로 인해 오류가 발생할 수 있으므로 윤활제나 보정 계수를 적용해야 합니다.

보완 기술: 스트레인 게이지를 조합하여 가로 및 세로 변형률을 측정하고 포아송 비($\nu \approx 0.2-0.25$)를 계산하여 압축 성능을 더욱 검증합니다.

압축 시험 방법은 시멘트 카바이드의 압축 강도를 측정하는 표준 방법이며 산업 및 과학 연구에 널리 사용됩니다.

초경합금의 압축강도에 영향을 미치는 요인

압축강도는 미세구조, 조성비, 제조 공정 등 여러 요인의 영향을 받습니다. 구체적인 분석 내용은 다음과 같습니다.

WC 입자 크기

효과: 결정립 미세화로 인해 결정립계 밀도가 증가하여 압축 저항성이 향상됩니다.

: 입자 크기가 $2\mu\text{m}$ 에서 $0.2-0.5\mu\text{m}$ 로 미세화되면 압축 강도는 4000MPa 에서 >4500MPa, 심지어는 5000MPa 까지 증가합니다. 입자 크기가 $>2\mu\text{m}$ 이면 압축 강도는 3500-4000MPa 로 떨어집니다.

Hall-Petch 관계에 따른 미세 입자($< 0.5\mu\text{m}$)

机理: 细小晶粒 ($<0.5\mu\text{m}$) 依据 Hall-Petch 关系 ($\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$, $k \approx 0.3\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항복 강도를 향상시키고, 결정립계 밀도가 10^{13} m^{-2} 이상으로 전위 이동을 효과적으로 방해합니다.

제한 사항: 입자가 너무 미세하면($<0.2 \mu\text{m}$) 입자 경계 결합이 증가($>0.5\%$)하여 미세 균열이 발생할 수 있으며 압축 강도가 5%-10% 감소할 수 있습니다.

공동 콘텐츠

효과: Co 함량이 너무 높으면 압축 강도가 약해집니다.

데이터: Co 함량이 8%-12%일 때 압축 강도는 4500-5000MPa에서 안정적입니다. Co 함량이 $>15\%$ 일 때 압축 강도는 $<3500\text{MPa}$ 로 떨어집니다. Co 함량이 $<6\%$ 일 때 압축 강도는 5000-6000MPa에 도달할 수 있지만 인성이 감소합니다 ($K_{1c} < 10\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$).

메커니즘: Co는 연질상(경도 $\text{HV} \approx 300$)입니다. Co 함량이 높으면($>15\%$) WC 체적분율이 감소하고($<70\%$), 재료가 연화되며, 압축 지지력이 감소합니다. Co 함량이 낮으면 WC 상 비율이 증가하지만 취성 파괴가 발생하기 쉽습니다.

최적화 범위: 10%의 Co 함량은 압축 저항성과 인성 사이의 균형을 이루는 가장 좋은 값으로 간주됩니다.

미세구조

효과: 균일한 미세구조로 인해 압축 특성이 크게 향상됩니다.

데이터: 결정립계 밀도가 $>10^{13} \text{ m}^{-2}$ 이고 기공률이 $<1\%$ 일 때 압축 강도는 $>5000\text{MPa}$ 입니다. 결정립계 결합률이 $>2\%$ 이거나 기공률이 $>2\%$ 일 때 압축 강도는 10%-15% 감소합니다.

机理: 均匀分布的 WC 相和 Co 相减少应力集中, 晶界通过 Orowan 强化 ($\tau \sim Gb/\lambda$, $\lambda < 1 \mu\text{m}$) 钉扎位错, 增强抗压能力; 孔隙或缺陷 (如尺寸 $>5 \mu\text{m}$) 成为应力集中源, 降低强度.

공정의 영향: 냉간 등방압 성형(CIP, 압력 200-300 MPa)은 밀도를 99% 이상 증가시켜 압축 저항성을 크게 개선할 수 있습니다.

7.0.3.4. 마이크로 메커니즘 초경합금의 압축 강도

압축 강도의 미시적 메커니즘은 다음과 같은 측면을 포함합니다.

WC 상의 높은 탄성률

WC 상의 탄성률($E \approx 700 \text{ GPa}$)은 높은 압축 강도 기반을 제공하며 압축 변형에 대한 저항성을 갖습니다. 70%-90%의 WC 부피 분율은 압축 강도의 주요 원천이며, 공유 결합 구조(WC 결합 에너지 $\sim 800 \text{ kJ/mol}$)는 우수한 압축 성능을 보장합니다.

결정립계 강화

높은 결정립계 밀도($>10^{13} \text{ m}^{-2}$)는 오로완 강화 메커니즘을 통한 전위 이동을 방해합니다. 결정립 크기가 $0.5 \mu\text{m}$ 미만일 때 강화 효과가 크며 압축 강도가 20~30% 증가할 수 있습니다. 결정립계 이동 속도($<10^{-10} \text{ m/s}$)는 소결 온도($1400 \sim 1500^\circ \text{C}$)에 의해 제어됩니다.

Co 상의 소성 조절 Co 상(경도 $\text{HV} \approx 300$)은 소성 변형(변형률 속도 $\sim 10^{-3} \text{ s}^{-1}$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1) 을 통해 압축 에너지를 흡수하고 취성 파괴를 방지합니다. 10% Co 함량에서는 소성 소산이 압축 강도와 인성 간의 균형을 최적화합니다.

계면 안정성

WC와 Co 사이의 계면 결합 강도(>50 MPa)는 Co 습윤(접촉각 <15°)과 계면 에너지 <1.5 J/m²에 의해 달성됩니다. Co 풀(크기 >5 μm)과 같은 계면 결함(>0.5%)이 많으면 압축 강도가 10~15% 감소합니다.

열응력 효과

소결 냉각 속도(3~5° C/분)는 열응력(<100 MPa)을 제어합니다. 냉각 속도가 너무 빠르면(>10° C/분) 미세균열이 발생하고 압축강도가 5~10% 감소할 수 있습니다.

초경합금 압축강도의 적용 의의

초경합금은 높은 압축 강도 덕분에 고하중 및 극한 환경에서 널리 사용됩니다. 다음은 특정 시나리오에 대한 자세한 분석입니다.

항공 도구

요구 사항: 절단 중 4000MPa 이상의 국부 압력을 견뎌야 하며, 모서리 무결성을 유지하기 위해 높은 압축 저항성이 필요합니다.

성능: 압축 강도가 5000MPa 인 WC-10Co 공구는 절삭 속도가 800m/min 이상일 때 수명이 15 시간 이상인데, 이는 압축 강도가 4000MPa 인 소재보다 25% 더 높습니다.

메커니즘: 높은 압축 강도는 모서리 압축 변형을 줄여(변형률 <0.1%) 절단 정확도와 내구성을 보장합니다.

심해 드릴

요구 사항: 압력이 80MPa 이상인 심해 환경에서 작업해야 하며 높은 압축 하중과 해수 부식을 견뎌야 합니다.

성능: 압축 강도가 5500MPa 인 WC-8Co 드릴 비트, 드릴링 거리 >1500m, 압력 저항성이 40% 향상되었으며, 사용 수명이 5 년으로 연장되었습니다.

메커니즘: 심해의 높은 압력(>80 MPa)을 견딜 수 있는 높은 압축 저항성과 부식 효과를 줄이기 위한 CrN 코팅(두께 2-4 μm)을 결합했습니다.

압력 저항성 금형

요구 사항: 고주파 압출(>10 6 회)은 변형이나 파손을 방지하기 위해 국부적인 높은 압력(>5000 MPa)을 견뎌야 합니다.

성능: 압축 강도가 6000 MPa 인 WC-12Co 다이, 압출 시간이 10 6 배 이상, 압축 강도가 4500 MPa 인 다이보다 30% 더 높습니다.

메커니즘: 높은 압축 강도는 금형 표면 압입을 줄이고(깊이 <0.5 μm) 서비스 수명을 연장합니다.

고온 조건

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요구 사항: 고온 절단(>800° C)에는 항공기 터빈 블레이드 가공과 같은 열 응력에 대한 저항성이 필요합니다.

성능: 압축 강도가 4500MPa 이고, 850° C에서 수명이 4000 시간 이상인 경사 구조 시멘트 카바이드(표면 6% Co, 내부 12%)로 일반 소재보다 35% 더 높습니다.

고온 압축을 저항하고 열 응력(<150 MPa)을 줄이기 위해 산화물 층(WO₃, 두께 ~2 μm) 과 결합된 높은 압축 저항성.

초경합금 압축강도의 최적화 및 미래 개발

압축 강도를 더욱 향상시키기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 최적화:

입자 크기는 0.2~ 0.5 μm 이고, 고에너지 볼 밀링(속도 300~500rpm, 시간 20~40 시간)을 통해 압축 강도는 5000~6000MPa 에 도달할 수 있습니다.

(K_{1c} >12MPa · m^{1/2}) 간의 균형을 유지하기 위해 Co 함량은 8%-12%로 제어됩니다.

첨가제 제어:

0.2%-0.5%의 VC 또는 Cr₃C₂를 첨가하면 결정립계 강도가 5%-10% 증가하고 압축 강도는 3%-5% 증가합니다.

취성상(비율 > 0.5%)이 형성되는 것을 방지하기 위해 0.8% 이상의 첨가는 피하세요.

표면 강화:

CrN 코팅(두께 2-4 μm, 경도 HV 3000-3500)을 적용하면 표면 압축 저항성이 향상되고 강도가 5%-10% 증가할 수 있습니다.

레이저 클래딩(전력 1.5-2.5kW, 두께 50-100 μm)은 고경도 층을 형성하여 압축 저항성을 10%-15% 향상시킵니다.

프로세스 최적화:

소결 온도 1400-1500° C, 진공도 <10⁻² Pa, 밀도 >99%, 기공률 <1%.

냉간 등방압 성형(CIP, 압력 200-300 MPa)은 밀도와 압축 강도를 5%-10% 증가시킵니다.

AI 와 IIoT :

AI 를 사용하여 결정립계 밀도와 Co 분포를 예측하였고(오차 < 0.2%), 볼 밀링 매개변수는 과거 데이터를 기반으로 최적화되었습니다(정확도 ± 0.5 시간).

IIoT 와 결합하여 응력 분포(정확도 ±10 MPa) 및 입자 크기(편차 <0.005 μm)의 실시간 모니터링을 달성 하여 압축 강도 일관성(편차 <2%)을 개선할 수 있습니다.

xAI 팀은 2025년 6월 1일, 딥러닝(DNN)을 기반으로 한 압축 최적화 모델을 개발하고 있으며, 이를 통해 압축 강도 예측 정확도가 ±50MPa 까지 높아져 심해 드릴 비트 설계에 도움이 될 것으로 기대됩니다.

압축 강도는 고하중 조건에서 초경합금의 핵심 성능입니다. 미세 구조, 공정 변수 및

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

신기술을 최적화함으로써 항공, 심해, 금형 제작과 같이 수요가 높은 분야의 요구를 충족할 수 있습니다. AI와 산업 사물 인터넷(IIoT)의 심층적인 적용을 통해 초경합금의 압축 성능과 생산 효율은 더욱 향상될 것이며, 향후 2~3년 안에 획기적인 발전을 이룰 것으로 예상됩니다.

7.0.4. 초경합금의 내마모성

초경합금(WC-Co)의 내마모성은 표면 재료 손실 및 마모에 대한 저항성을 의미하며, 고마찰 또는 연마 환경에서 재료의 내구성을 측정하는 핵심 성능 지표입니다. 다음은 내마모성의 정의, 측정 방법, 영향 요인, 미시적 메커니즘, 적용 의의, 최적화 및 향후 개발에 대한 자세한 설명입니다.

7.0.4.1. 초경합금의 내마모성 정의

내마모성은 초경합금이 마찰, 연마 또는 접촉 하중 하에서 표면 마모에 저항하는 능력으로, 일반적으로 마모율(단위: $\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$) 또는 마모량으로 정량화합니다. 초경합금은 우수한 내마모성으로 인해 고마모 환경에서 널리 사용되는데, 이는 주로 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 높은 경도(약 HV 2000-2500)와 결합상인 코발트(Co)가 제공하는 인성 지지력 때문입니다. 내마모성은 절삭, 드릴링 및 금형 제작에서 초경합금의 수명에 직접적인 영향을 미칩니다.

7.0.4.2. 초경합금의 내마모성 측정 방법

내마모성은 일반적으로 표준화된 마모 시험을 통해 측정됩니다. 다음은 일반적인 방법과 관련 세부 정보입니다.

모래 흐름 마모 시험(ASTM G65)

원리: 모래 흐름을 연마재로 사용하고, 하중을 가하여 연마 마모를 시뮬레이션한 후, 마모 후 시료의 부피 손실을 측정합니다. 마모율 계산 공식은 다음과 같습니다.

$$W_r = \frac{V}{F \cdot L}$$

여기서 W_r 은 마모율($\text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$), V 는 마모량(mm^3), F 는 하중(N), L 은 미끄럼 거리(m)입니다.

테스트 조건:

입자크기: SiO_2 (경도 > 800 HV).

슬라이딩 속도: 1-2m/s, 지속시간 30-60분.

환경: 실내 온도(20-25°C), 습도 <50%.

장점: 실제 연마 마모 조건을 시뮬레이션하고, 시험 결과가 산업적 적용에 매우 적합합니다.

제한 사항: 모래의 입자 크기와 균일성을 제어해야 하며, 시험 결과는 마찰 계수의 영향을 받습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

핀온디스크 마모 시험 (ASTM G99)

원리: 시편은 회전하는 디스크와 접촉하는 핀 역할을 하며, 하중을 가하면 마모 후의 질량 손실이나 깊이가 측정됩니다.

장점: 접촉 마모 및 표면 피로 마모 평가에 적합합니다.

제한 사항: 디스크 소재에 대한 높은 경도 요구 사항과 마찰 열 효과를 교정해야 할 필요성.

3 체 마모 시험

원리: 복잡한 작업 조건에서 마모를 시뮬레이션하기 위해 세 번째 연마재를 도입하고 마모 홈터의 폭과 깊이를 측정합니다.

장점: 광산 드릴 비트의 마모와 같은 실제 적용 시나리오에 더 가깝습니다.

모래 흐름 마모 시험 (ASTM G65)은 강력한 시뮬레이션과 높은 수준의 표준화로 인해 시멘트 초경합금의 내마모성을 시험하는 주된 방법이 되었습니다.

7.0.4.3. 초경합금의 내마모성에 영향을 미치는 요인

내마모성은 미세구조, 조성비, 작업 조건, 환경 요인 등 여러 요인의 영향을 받습니다. 구체적인 분석 내용은 다음과 같습니다.

경도

效应: 硬度越高, 耐磨性越好, 遵循 Archard 磨损公式 ($V = k \cdot F \cdot L/H$, H 为硬度)。

메커니즘: 높은 경도로 인해 연마재 절단 깊이와 표면 흠 너비가 줄어듭니다.

제한사항: 경도가 너무 높으면 인성이 감소하고 취성 마모의 위험이 커질 수 있습니다.

입자 크기

효과: 입자 미세화는 일반적으로 내마모성을 향상시키지만, 과도한 입자 미세화는 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다.

메커니즘: 적당한 입자 크기는 입자 경계 밀도를 높이고 연마 입자의 침투를 방해합니다. 지나치게 미세한 입자는 입자 경계 결함을 유발하고 미세 균열로 이어질 수 있습니다.

공동 콘텐츠

효과: Co 함량이 적당하면 내마모성이 좋아진다.

메커니즘: 적절한 양의 Co는 플라스틱 지지력을 제공하고 접촉 마모를 줄입니다.

너무 많으면 Co가 부드러워지고 재료 손실이 증가합니다. 너무 적으면 인성이 부족하고 취성 마모가 발생하기 쉽습니다.

작동 온도

효과: 고온은 내마모성을 감소시키며, 특히 접촉 마모가 지배적인 경우 더욱 그렇습니다.

메커니즘: 고온은 Co 상을 부드럽게 만들어 접촉제 마모와 물질 전달을 증가시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 거칠기

효과: 표면이 매끄러워져 내마모성이 향상됩니다.

메커니즘: 거칠기가 낮으면 초기 마모 지점이 줄어들고 연마재가 끼는 현상이 줄어듭니다.

환경 부식

영향: 부식성 환경은 마모를 가속화합니다.

메커니즘: 산성 환경은 Co 상을 용해시켜 부식 구멍을 형성하고 마모를 증가시킵니다.

7.0.4.4. 초경합금의 내마모성에 대한 미세 메커니즘

마모 저항의 미시적 메커니즘은 다음과 같은 측면을 포함합니다.

WC 상의 높은 경도

WC 상의 경도(HV 2000-2500)는 연마 절삭에 대한 저항성이 뛰어나고, 표면 재료 손실을 줄이며, 내마모성의 주요 원천입니다.

결정립계 강화

결정립계는 오로완 강화 메커니즘을 통한 연마입자의 침투를 방해하며, 적당한 결정립 크기($0.5-1\mu\text{m}$)가 가장 좋은 효과를 냅니다.

Co 상의 윤�활효과

Co 상의 양이 적절하면 윤�활과 플라스틱 완충작용을 하여 접촉제 마모를 줄여줍니다. Co 상의 양이 너무 많으면 재료 이동이 증가합니다.

표면 산화물 층은

고온에서 WO_3 산화물 층을 형성하여 마모를 감소시키지만, 층 두께가 불균일하면 벗겨짐이 발생할 수 있습니다.

마모 유형

연마 마모: 단단한 입자가 표면을 절단하여 홈을 형성합니다.

접착 마모: 고온에서 Co 연화로 인해 재료가 이동합니다.

피로 마모: 반복 하중 하에서 미세균열이 확산되어 마모가 심화됩니다.

7.0.4.5. 초경합금 내마모성의 적용 의의

우수한 내마모성을 지닌 초경합금은 높은 마찰 조건에서도 우수한 성능을 발휘합니다. 구체적인 적용 분야는 다음과 같습니다.

항공 도구

요구사항: 절삭 속도 > 800m/min, 높은 마찰 및 연마 마모에 대한 저항성이 필요함.

메커니즘: 높은 경도로 인해 절삭날의 마모가 줄어듭니다.

광산 드릴 비트

요구 사항: 단단한 바위 드릴링(암석 경도 > 800 HV), 연마 마모에 대한 저항성이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

필요함.

메커니즘: 입자 미세화로 흠 폭이 줄어들고 사용 수명이 늘어납니다.

내마모성 금형

요구사항: 고주파 압출(>10 6 회), 표면 마모에 대한 저항성이 필요함.

메커니즘: 표면 거칠기가 낮아 초기 마모 지점이 줄어듭니다.

고온 조건

수요: 고온 절단(>800° C), 항공기 터빈 블레이드 가공 등.

메커니즘: 표면 코팅으로 고온 접착제 마모가 줄어듭니다.

7.0.4.6. 초경합금 내마모성의 최적화 및 향후 개발

내마모성을 더욱 개선하기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 최적화:

0.5-1 μm 의 입자 크기는 고에너지 볼 밀링을 통해 선택 및 달성되어 내마모성이 최적화됩니다.

Co 함량은 가소성과 경도의 균형을 맞추기 위해 8%-12%로 조절됩니다.

첨가제 제어:

소량의 VC 또는 Cr₃C₂를 첨가하면 결정립계 강도를 높이고 마모를 줄일 수 있습니다.

취성상 형성을 방지하기 위해 과도한 첨가는 피하세요.

표면 강화:

표면 경도를 높이고 마모율을 낮추려면 CrN 코팅을 적용하세요 .

레이저 클래딩은 고경도 층을 형성하여 내마모성을 더욱 향상시킵니다.

프로세스 최적화:

소결 온도 1400-1500° C, 진공도 <10⁻² Pa, 높은 밀도를 보장합니다.

초기 마모를 줄이기 위해 표면을 거칠기 좋게 연마했습니다.

AI 와 IIoT :

AI 를 활용하여 마모 동작을 예측하고 미세 구조 설계를 최적화합니다.

IIoT 와 결합하여 마찰 계수와 표면 상태를 실시간으로 모니터링하면 내마모성 일관성을 개선할 수 있습니다.

내마모성은 고마찰 조건에서 초경합금의 핵심 성능입니다. 미세 구조 최적화, 표면 처리 및 신기술을 통해 항공, 광산 및 고온 가공 분야의 높은 요구 사항을 충족할 수 있습니다. AI 와 산업 사물 인터넷 (IIoT)의 심층적인 적용을 통해 향후 2~3 년 안에 초경합금의 내마모성과 생산 효율이 크게 향상될 것으로 예상됩니다.

7.0.5. 초경합금의 피로 저항성

초경합금(WC-Co)의 피로 저항성은 반복 하중 하에서 피로 파괴 및 균열 전파에 저항하는 능력이며, 장기 사용 시 재료의 내구성을 측정하는 중요한 기계적 특성 지표입니다. 다음은 피로 저항성의 정의, 측정 방법, 영향 요인, 미세 메커니즘, 적용 의의, 최적화 및 향후 개발에 대한 자세한 설명입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.0.5.1. 초경합금의 피로 저항성 정의

피로 저항성은 초경합금이 반복적인 하중 및 하중 제거 조건에서 피로 균열의 발생 및 성장에 저항하는 능력을 말하며, 일반적으로 피로 수명(사이클 수) 또는 균열 성장 속도(da/dN)로 특징지어집니다. 초경합금의 피로 저항성은 주로 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 경도와 결합상인 코발트(Co)가 제공하는 인성 지지력에 기인합니다. 이는 절삭 공구 및 드릴의 장기 사용과 같은 고주파 반복 하중 조건에 적합합니다.

7.0.5.2. 초경합금의 피로저항 측정 방법

피로 저항성은 일반적으로 표준화된 피로 시험을 통해 측정됩니다. 다음은 일반적인 방법과 관련 세부 사항입니다.

회전 굽힘 피로 시험(ASTM E466)

원리: 시편에 회전 상태에서 교대로 굽힘 하중을 가하고, 피로 파괴가 발생하기까지의 사이클 수를 기록합니다. 피로 수명은 사이클(N)로 표현됩니다.

테스트 조건:

부하 주파수: 10-50Hz.

($R = \sigma_{min} / \sigma_{max}$) : 0.1-0.3.

환경: 실내 온도(20-25°C), 습도 <50%.

장점: 실제 교대 응력 조건을 시뮬레이션하고 고주기 피로 성능을 평가하는 데 적합합니다.

제한 사항: 시편의 표면 품질을 제어해야 하며 시험 결과는 응력 집중의 영향을 받습니다.

축 하중 피로 시험(ASTM E606)

원리: 시편에 축방향 교대 하중을 가하고 피로수명이나 균열성장률을 측정합니다.

장점: 저주기 피로 및 균열 성장 거동을 평가하는 데 적합합니다.

제한 사항: 시험 장비에 대한 요구 사항이 높고 응력 분포를 수정해야 합니다.

균열 성장 시험(ASTM E647)

원리: 균열이 미리 생긴 시편에 하중을 가하고 균열 성장률(da/dN)과 응력 강도 계수(ΔK) 간의 관계를 측정합니다.

장점: 균열 성장 메커니즘에 대한 정량적 데이터를 제공합니다.

보완 기술: 광학 현미경(해상도 <1 μm)이나 주사 전자 현미경(SEM)과 결합하여 균열 형태를 관찰합니다.

회전 굽힘 피로 시험은 강력한 시뮬레이션과 높은 수준의 표준화로 인해 시멘트 초경합금의 피로 저항성을 시험하는 주된 방법이 되었습니다.

7.0.5.3. 초경합금의 피로 저항성에 영향을 미치는 요인

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

피로 저항성은 미세조직, 성분비, 하중 조건, 환경 요인 등 여러 요인의 영향을 받습니다. 구체적인 분석 내용은 다음과 같습니다.

입자 크기

효과: 입자 미세화는 일반적으로 피로 저항성을 향상시킵니다.

메커니즘: 미세한 입자는 결정립계의 밀도를 높이고 균열 전파를 방해합니다. 지나치게 거친 입자는 응력 집중점을 형성할 수 있습니다.

공동 콘텐츠

효과: Co 함량이 적당하면 피로 방지 성능이 더 좋습니다.

메커니즘: 적절한 양의 Co는 소성 완충 역할을 하며 응력 집중을 감소시킵니다. Co가 너무 많으면 연화되어 피로 강도가 감소한다. Co가 너무 적으면 인성이 부족하여 균열이 발생하기 쉽다.

스트레스 비율

영향: 응력 비율은 피로수명에 영향을 미칩니다.

메커니즘: 낮은 응력 비율($R < 0.1$)은 피로 수명을 증가시키고, 높은 응력 비율($R > 0.5$)은 균열 성장을 가속화합니다.

주변 습도

효과: 습도가 높으면 피로 저항력이 감소합니다.

메커니즘: 습도가 증가하면 Co 상이 약간 부식되어 미세균열이 형성되고 피로 파괴가 가속화될 수 있습니다.

표면 결함

효과: 표면 품질은 피로 저항성에 영향을 미칩니다.

메커니즘: 표면 균열이나 거칠기($Ra > 0.2 \mu m$)는 피로 균열의 원인이 되어 서비스 수명을 단축시킵니다.

7.0.5.4. 초경합금의 피로저항성에 대한 미시적 메커니즘

피로 저항의 미시적 메커니즘은 다음과 같은 측면을 포함합니다.

WC 상의 높은 경도

WC 상의 경도(HV 2000-2500)는 피로 저항의 기초를 제공하고 반복 응력으로 인한 소성 변형을 저항합니다.

결정립계 강화

결정립계는 오로완 강화 메커니즘을 통한 균열 전파를 방해하며, 적당한 결정립 크기($0.5-1 \mu m$)가 가장 좋은 효과를 냅니다.

Co 상의 가소성 조절

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Co 상의 양이 적절하면 소성 변형을 통해 에너지를 흡수하고 균열 전파를 지연시킵니다. Co 상의 양이 너무 많으면 피로 손상이 증가합니다.

균열 변형

WC 결정립계는 균열 경로 변형을 일으켜 균열 성장 저항을 증가시킵니다.

피로 손상 유형

표면 발생: 순환 응력으로 인해 표면 미세균열(길이 < 0.1mm)이 발생합니다.

내부 확장: 균열은 결정립계 또는 Co 풀을 따라 확장됩니다.

파괴: 피로수명이 소진된 후에 최종 파괴가 발생합니다.

7.0.5.5. 초경합금의 피로저항성 적용의의

초경합금은 뛰어난 피로 저항성을 갖추고 있어 반복 하중 조건에서도 우수한 성능을 발휘합니다. 구체적인 적용 분야는 다음과 같습니다.

항공 도구

요구 사항: 고주파 절단(>500Hz), 순환 피로 저항성.

메커니즘: 경도가 높으면 표면 균열이 시작되는 것을 줄이고 사용 수명을 연장합니다.

광산 드릴 비트

요구 사항: 주기적 충격(주파수 > 500Hz), 피로 파괴 저항성이 필요합니다.

메커니즘: 결정립계 강화는 균열 전파를 지연시키고 내구성을 향상시킵니다.

내마모성 금형

요구 사항: 고주파 압출(>10 6 회), 피로 저항성.

메커니즘: 표면 결함이 적어 피로 균열의 원인이 줄어듭니다.

기계 부품

요구사항: 장기 순환 하중, 피로 저항성이 필요합니다.

메커니즘: 적절한 양의 Co 는 인성을 향상시키고 피로 손상을 지연시킵니다.

7.0.5.6. 초경합금의 피로 저항성 최적화 및 미래 개발

피로 저항성을 더욱 개선하기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 최적화:

0.5-1 μm 의 입자 크기는 고에너지 볼 밀링을 통해 선택 및 달성되어 입자 경계 강화를 향상시킵니다.

인성과 경도의 균형을 맞추기 위해 Co 함량은 8%-12%로 조절됩니다.

첨가제 제어:

소량의 VC 나 TaC 를 첨가하면 결정립계 강도가 향상되고 균열 전파가 감소할 수 있습니다.

취성상 형성을 방지하기 위해 과도한 첨가는 피하세요.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 강화:

표면 피로 저항성을 개선하려면 TiN 또는 CrN 코팅을 적용합니다.
피로 균열 원인을 줄이기 위해 낮은 거칠기($Ra < 0.1 \mu m$)로 연마합니다.

프로세스 최적화:

소결 온도 $1400-1500^{\circ} C$, 진공도 $< 10^{-2} Pa$, 높은 밀도를 보장합니다.
열응력을 줄이기 위해 냉각 속도 ($3\sim 5^{\circ} C/분$)를 조절합니다.

AI 와 IIoT :

AI 를 활용해 피로 수명을 예측하고 미세 구조 설계를 최적화하세요.
IIoT 와 결합하여 응력 분포와 균열 전파를 실시간으로 모니터링하면 피로 저항
일관성을 개선할 수 있습니다.

피로 저항성은 반복 하중 조건에서 초경합금의 핵심 성능입니다. 미세 구조, 표면
처리 및 신기술을 최적화함으로써 항공, 광산 및 기계 제조 분야의 높은 요구 사항을
충족할 수 있습니다. AI 와 산업 사물 인터넷 (IIoT)의 심층적인 적용을 통해 향후
 $2\sim 3$ 년 안에 초경합금의 피로 저항성과 생산 효율이 크게 향상될 것으로 예상됩니다.

7.0.6. 초경합금의 내충격성

초경합금(WC-Co)의 내충격성은 높은 충격 하중 하에서 파괴와 변형에 저항하는
능력으로, 동적 하중 환경에서 재료의 신뢰성을 측정하는 중요한 기계적 성능
지표입니다. 다음은 내충격성의 정의, 측정 방법, 영향 요인, 미시적 메커니즘, 적용
의의, 최적화 및 향후 개발에 대한 자세한 설명입니다.

7.0.6.1. 초경합금의 충격 저항성 정의

내충격성은 초경합금이 순간적인 고에너지 충격에 노출되었을 때 균열 발생 및
파괴에 저항하는 능력을 말하며, 일반적으로 충격 에너지(단위 J) 또는 충격
인성으로 특징지어집니다. 초경합금의 내충격성은 주로 결합상인 코발트(Co)가
제공하는 인성과 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 경도 지지력에 기인하며, 이는
광산 드릴 및 고속 절삭 공구와 같은 고충격 조건에 적합합니다.

7.0.6.2. 초경합금의 충격저항 측정 방법

충격 저항성은 일반적으로 표준화된 충격 시험으로 측정합니다. 다음은 일반적인
방법과 관련 세부 정보입니다.

샤르피 충격 시험 (ASTM E23)

원리: 시편은 3 점 굽힘 상태에서 진자에 의해 충격을 받고, 파괴에 필요한
에너지(충격 일)를 측정합니다.

테스트 조건:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표본 크기: 55 × 10 × 10 mm, V형 노치(깊이 2 mm) 포함.

충격 속도: 5-5.5m/s.

환경: 실온(20-25° C).

장점: 실제 충격 조건을 시뮬레이션하고, 테스트 결과가 적용 시나리오와 높은 상관관계를 보입니다.

제한 사항: 노치 모양과 표본 크기를 엄격하게 제어해야 하며 결과는 노치 민감도에 영향을 받습니다.

아이조드 충격 시험(ASTM E23)

원리: 샘플을 지지대 형태로 고정하고 진자의 충격을 가한 후 파괴 에너지를 측정합니다.

장점: 작은 샘플에 적합하고 조작이 쉽습니다.

제한 사항: 시험 결과는 시편을 고정하는 방법에 따라 영향을 받습니다.

낙하 중량 충격 시험

원리: 무거운 망치를 지정된 높이에서 자유낙하시켜 샘플에 충격을 가하고 재료의 충격 저항성을 측정합니다.

장점: 고에너지 충격을 시뮬레이션하고 동적 성능을 평가하는 데 적합합니다.

보완 기술: 고속 사진(프레임 속도 > 1000fps)을 결합하여 균열 과정을 관찰하거나 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 균열 형태를 분석합니다.

샤르피 충격 시험은 높은 수준의 표준화와 강력한 시뮬레이션으로 인해 시멘트 초경의 충격 저항성을 시험하는 주된 방법이 되었습니다.

7.0.6.3. 초경합금의 충격 저항성에 영향을 미치는 요인

내충격성은 미세구조, 성분비, 시험 조건, 환경 요인 등 여러 요인의 영향을 받습니다. 구체적인 분석 내용은 다음과 같습니다.

공동 콘텐츠

효과: Co 함량이 높을수록 충격 저항성이 좋아집니다.

메커니즘: Co 상은 소성 변형을 통해 충격 에너지를 흡수하고 취성 파괴를 줄입니다. Co 함량이 너무 낮으면 재료의 취성이 증가합니다.

입자 크기

효과: 적당한 입자 크기는 충격 저항성에 도움이 됩니다.

메커니즘: 입자 크기가 적당할 때(0.5~1 μ m) 결정립계 강화와 인성이 균형을 이룬다. 입자가 너무 미세하면 결정립계 결함이 발생할 수 있고, 입자가 너무 거칠면 균열 전파에 대한 저항성이 감소한다.

첨가물

효과: 첨가제는 충격 저항성을 향상시킬 수 있습니다.

메커니즘: TaC 또는 Cr₃C₂를 첨가하면 결정립계 강도가 향상되고 입계 파괴가 감소합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 온도

효과: 낮은 온도는 충격 저항성을 감소시킵니다.

메커니즘: 낮은 온도는 Co 상의 인성을 감소시키고 취성 파괴의 경향을 증가시킵니다.

표면 결함

효과: 표면 결함으로 인해 충격 저항성이 감소합니다.

메커니즘: 표면 균열이나 거칠기($Ra > 0.2 \mu m$)는 응력 집중점이 되어 충격 에너지를 감소시킵니다.

7.0.6.4. 초경합금의 충격 저항성에 대한 미시적 메커니즘

충격 저항의 미시적 메커니즘은 다음과 같은 측면을 포함합니다.

Co 상의 소성 흡수

Co 상은 소성 변형을 통해 충격 에너지를 흡수하여 균열 전파를 지연시킵니다. 적절한 양의 Co는 충격 인성을 향상시킵니다.

WC 결정립계에서의 균열 변형

WC 결정립계는 균열 경로 변형을 일으키고, 파단 경로 길이를 늘리고 파단 속도를 감소시킵니다.

결정립계 강화

결정립계는 오로완 강화 메커니즘을 통한 균열 전파를 방해하며, 적당한 결정립 크기($0.5-1 \mu m$)가 가장 좋은 효과를 냅니다.

계면 결합

WC와 Co 사이의 계면 결합 강도는 Co 젖음을 통해 달성되며, 계면 결합은 균열 시작을 촉발할 수 있습니다.

충격파괴 유형

입계 파괴: 균열이 WC 입계를 따라 확장되며, Co 함량이 낮을 때 더 흔하게 발생합니다.

입자간 파괴: 균열이 WC 입자를 통과하며 높은 충격 에너지에서 더 흔하게 발생합니다.

혼합 파괴: 입자간 파괴와 입자내 파괴가 공존하며, 이는 실제 작업 조건에서 흔히 볼 수 있습니다.

7.0.6.5. 초경합금 충격 저항의 적용 의의

초경합금은 뛰어난 내충격성을 지녀 고충격 환경에서도 우수한 성능을 발휘합니다. 구체적인 적용 분야는 다음과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

광산 드릴 비트

요구 사항: 고주파 충격(>500Hz), 충격 파괴 저항성.

메커니즘: 높은 Co 함량은 충격 에너지를 흡수하고 파손 위험을 줄입니다.

항공 도구

요구사항: 고속 절단(>800m/min), 동적 충격에 대한 저항성.

메커니즘: 결정립계 강화는 균열 성장을 지연시키고 사용 수명을 연장합니다.

임팩트 다이

요구사항: 고주파 스탬핑 (> 10⁶ 회), 충격 파괴 저항성.

메커니즘: 표면 결함이 적어 균열 발생이 줄어듭니다.

심해 장비

요구 사항: 심해 압력 충격(>80 MPa), 동적 하중을 견뎌야 함.

메커니즘: 적절한 양의 Co 와 표면 코팅은 충격 저항성을 향상시킵니다.

7.0.6.6. 초경합금 충격 저항의 최적화 및 향후 개발

충격 저항성을 더욱 개선하기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 최적화:

1 μm 의 입자 크기는 고에너지 볼 밀링을 통해 선택 및 달성되어 입자 경계 강화와 인성 간의 균형을 최적화합니다.

충격 에너지 흡수력을 향상시키기 위해 Co 함량을 8%-12%로 조절합니다.

첨가제 제어:

소량의 TaC 또는 Cr₃ C₂를 첨가하면 결정립계 강도를 높이고 결정립계 파괴를 줄일 수 있다.

취성상 형성을 방지하기 위해 과도한 첨가는 피하세요.

표면 강화:

표면 충격 저항성을 개선하기 위해 TiN 또는 CrN 코팅을 적용합니다 .

응력 집중점을 줄이기 위해 낮은 거칠기(Ra < 0.1 μm) 로 연마합니다 .

프로세스 최적화:

소결 온도 1400-1500° C, 진공도 <10⁻² Pa, 높은 밀도를 보장합니다.

열응력을 줄이기 위해 냉각 속도(3~5° C/분)를 조절합니다.

AI 와 IIoT :

AI 를 사용하여 충격 파괴 거동을 예측하고 미세 구조 설계를 최적화합니다.

IIoT 와 결합하면 균열 발생 및 확산을 실시간으로 모니터링하여 충격 저항력의 일관성을 개선할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

내충격성은 동적 하중 조건에서 초경합금의 핵심 성능입니다. 미세 구조 최적화, 표면 처리 및 신기술을 통해 광산, 항공 및 심해 장비의 높은 요구 사항을 충족할 수 있습니다. AI와 산업 사물 인터넷 (IIoT)의 심층적 적용을 통해 향후 2~3년 안에 초경합금의 내충격성과 생산 효율이 크게 향상될 것으로 예상됩니다.

7.0.7. 초경합금의 기계적 성질에 대한 종합적인 분석 및 응용

초경합금(WC-Co)의 기계적 특성 간에는 복잡한 상호작용과 상충 관계가 존재하며, 다양한 적용 시나리오의 요구를 충족하기 위해서는 이러한 상호 작용을 종합적으로 고려해야 합니다. 다음은 성능 상충 관계, 최적화 전략 및 향후 개발 측면에 대한 자세한 분석입니다.

7.0.7.1. 초경합금의 기계적 특성 간의 상충 관계

시멘트 카바이드의 기계적 특성에는 어느 정도 상충 관계가 있으며, 이는 다음과 같은 측면에서 나타납니다.

경도와 인성

관계: 경도가 높으면 보통 인성이 낮고, 그 반대의 경우도 마찬가지입니다.

메커니즘: 높은 경도(미세한 WC 입자와 낮은 Co 함량에 의해 달성됨)는 변형 저항성을 향상시키지만, 가소성과 파괴 인성(K_{1c})을 감소시켜 취성 파괴로 쉽게 이어질 수 있습니다. 높은 인성(높은 Co 함량에 의해 제공됨)은 가소성 변형을 통해 에너지를 흡수하지만, 경도를 감소시키고 내마모성을 약화시킵니다.

적용 영향: 항공 공구는 내마모성을 위해 높은 경도가 필요하고, 광산용 드릴은 내충격성을 위해 높은 인성이 요구됩니다. 두 가지 모두 특정 작업 조건에 따라 균형을 맞춰야 합니다.

피로 및 충격 저항성

관계: 피로 저항성과 충격 저항성은 미세 구조에 대해 서로 다른 요구 사항을 갖습니다.

메커니즘: 피로 저항성은 균열 확산을 막기 위해 미세 구조(적당한 입자 크기 등)를 최적화하는 데 달려 있고, 충격 저항성은 에너지 흡수 용량을 개선하고 순간 파괴를 줄이기 위해 더 높은 Co 함량이 필요합니다.

적용 영향: 고주파 반복 하중(항공 절삭 공구 등)에서는 피로 저항성이 더 중요하고, 충격이 큰 시나리오(광산 드릴 비트 등)에서는 충격 저항성이 우선합니다.

내마모성 및 환경 적응성

관계: 내마모성은 고온이나 부식과 같은 혹독한 환경에서 문제가 될 수 있습니다.

메커니즘: 고온($>800^{\circ}\text{C}$)은 Co 상을 연화시키고 접착 마모를 증가시킵니다. 부식성 환경($\text{pH} < 5$)은 Co 상을 용해시켜 부식 구멍을 형성하고 마모를 가속화합니다.

적용 영향: 항공 터빈 블레이드 가공 시에는 고온 내마모성을 고려해야 하며, 심해 드릴 비트는 부식성 환경에서의 성능에 주의해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.0.7.2. 초경합금의 기계적 특성 최적화 전략

시멘트 카바이드의 종합적인 성능을 최적화하기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 조절

입자 크기: 0.2~2 μm의 WC 입자 크기를 사용하십시오. 미세 입자(<0.5 μm)는 경도와 내마모성을 향상시키고, 큰 입자(1~2 μm)는 인성과 내충격성을 향상시킵니다. Co 함량: 6~15%로 관리합니다. 낮은 Co 함량(6~8%)은 높은 경도 요건에 적합하며, 높은 Co 함량(12~15%)은 높은 인성 및 내충격성 요건에 적합합니다.

첨가 최적화

소량의 VC 나 TaC 를 첨가하면 결정립계 강도가 향상되고, 인성은 유지되면서 내마모성과 피로 저항성이 개선됩니다. 취성상 형성을 방지하기 위해 과도한 첨가는 피하세요.

표면 개질 기술

CrN 또는 TiN 코팅을 적용하여 표면 경도와 내마모성을 높이고 고온 및 부식성 환경에서의 성능을 개선합니다.

레이저 클래딩이나 이온 이식 기술을 사용하여 고경도 표면층을 형성하여 충격 저항성과 피로 저항성을 향상시킵니다.

7.0.7.3. 초경합금의 기계적 성질 적용 시나리오

포괄적인 최적화를 통해 시멘트 카바이드는 다음과 같은 까다로운 응용 분야의 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

항공 도구

요구사항: 절삭 마모에 저항하기 위한 높은 경도와 내마모성, 반복 하중을 견딜 수 있는 높은 피로 저항성.

최적화 전략: 입자 크기 0.2-0.5 μm, Co 함량 6%-8%, 표면 코팅 CrN.

광산 드릴 비트

요구사항: 충격을 견뎌낼 수 있는 높은 인성 및 내충격성, 단단한 암석 마모를 견딜 수 있는 높은 내마모성.

최적화 전략: 입자 크기 1-2 μm, Co 함량 12%-15%, TaC 를 첨가 하여 입자 경계를 강화합니다.

내마모성 금형

요구사항: 압출 마모에 대한 높은 경도와 내마모성, 서비스 수명을 연장하기 위한 높은 피로 저항성.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

최적화 전략: 입자 크기 0.5-1 μm , Co 함량 8%-12%, 표면 거칠기 가 낮아지도록 연마.

7.0.7.4. 초경합금의 기계적 성질에 대한 향후 개발

앞으로는 다음과 같은 기술을 통해 시멘트 카바이드의 종합적 성능과 적용 신뢰성을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

AI 기술: AI 를 사용하여 성능 상충을 예측하고 미세 구조 설계(예: 입자 크기 및 Co 함량)를 최적화합니다.

사물인터넷 (IIoT): 사용 중 응력 분포와 균열 확산을 실시간으로 모니터링하여 성능 일관성을 개선합니다.

첨단 제조 기술: 3D 프린팅과 나노기술을 결합하여 표면 경도가 높고 내부 인성이 높은 경사 구조의 시멘트 카바이드를 개발하여 다기능적 요구를 충족합니다.

종합적인 분석 결과, 초경합금의 기계적 특성은 특정 응용 분야 요건을 충족하기 위해 정밀하게 평가되고 최적화되어야 함을 보여줍니다. 미세 구조, 첨가제 및 표면 개질 기술을 조절함으로써 초경합금은 항공, 광산 및 금형 제조 분야에서 널리 사용될 수 있습니다. 앞으로 AI 와 산업 사물 인터넷 (IIoT) 의 심층적인 적용은 초경합금의 성능 향상 및 적용 분야 확장을 더욱 촉진할 것입니다.

7.1 초경합금의 경도 및 인성 균형

(1) 초경합금의 경도

초경합금(WC-Co)의 경도는 변형과 마모에 대한 저항성을 나타내며, 일반적으로 비커스 경도(HV)로 표시되며, HV 는 1200~1800 입니다. 경도는 다음과 같은 요인의 영향을 받습니다.

WC 입자 크기

(예: 0.2-0.5 μm) 가 클수록 경도가 높아지며 HV 1800(홀-페치 효과)에 도달할 수 있습니다.

Co 함량

Co 함량이 낮으면(예: 6%-8%) 경도가 높아집니다(HV 1600-1800). Co 함량이 높으면(예: 12%-15%) 경도가 낮아집니다(HV 1200-1400).

첨가제로 사용하면

입자 성장을 억제하고 경도를 5~10% 증가시킬 수 있으며, 최대 HV 2000 까지 증가시킬 수 있습니다.

탄화나 레이저 클래딩과 같은 표면 개질을 통해 경도를 HV 2000~2500 까지 높일 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 경도

초경합금(WC-Co)의 경도는 시험 방법 및 적용 상황에 따라 다양한 방식으로 표현될 수 있습니다. 일반적인 표현 방법은 다음과 같습니다.

초경합금의 비커스 경도(HV) 범위

: HV 1200-1800, 최대 HV 2000-2500(표면 개질 후).

설명: 비커스 경도계를 사용하여 표준 하중(일반적으로 30kg)을 가하고 압입 면적으로 계산합니다. 장점: 초경합금의 광범위한 측정에 적합하며, 변형 저항성을 나타냅니다.

로크웰 경도(HR)

범위: HRA 80-94(A 등급).

설명: 다이아몬드 콘을 사용하여 150kg의 하중을 가하고 압입 깊이를 측정합니다.

장점: 빠른 시험, 대규모 시험에 적합.

브리넬 경도(HB)

범위: HB 1000-1600(3000kg과 같은 큰 하중이 필요함).

설명: 강철 볼이나 초경 볼을 사용하여 압입하고 압입 면적을 계산합니다.

제한 사항: 초경과 같은 고경도 재료에는 적용이 제한적이며, 하중 조정이 필요합니다.

미소경도(HV0.1-HV1)

범위: HV 1200-1800(0.1-1kg과 같은 작은 하중).

설명: 미세 영역 측정에 사용되며, 특히 입자나 코팅 분석에 적합합니다. 장점: 정확도가 높아 국부적인 물성 평가에 적합합니다.

이러한 표현 방식은 초경합금이 압축, 변형 및 마모에 저항하는 능력을 반영합니다. 비커스 경도(HV)는 적용 범위가 넓어 가장 널리 사용됩니다. 실제 값은 WC 입자 크기, Co 함량, 그리고 첨가제(예: VC는 HV를 5~10% 증가시킬 수 있음)의 영향을 받습니다.

(2) 초경합금의 인성

초경합금(WC-Co)의 인성은 일반적으로 파괴인성(K_{1c})으로 정의되며, $8 \sim 16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 의 범위를 가집니다. 인성 특성은 다음과 같습니다.

Co 함량이

높을수록 인성이 우수합니다. Co 함량이 6%일 때 K_{1c} 는 약 $8 \sim 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고, Co 함량이 12~15%일 때 K_{1c} 는 $14 \sim 16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에 도달할 수 있습니다.

입자 크기가

거칠면(예: $1-2 \mu\text{m}$) 인성이 더 높습니다 ($K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$). 입자 크기가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

너무 미세하면(예: $<0.2 \mu\text{m}$) 입자 경계 슬라이딩으로 인해 인성이 감소할 수 있습니다 ($K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$).

TaC 추가 (0.2 %-0.5%)를 첨가제로 사용하면 결정립계를 강화하고 K_{1c} 를 약 5%-10% 증가시킬 수 있습니다.

시험 방법은

단일 날 노치 빔법(SENB)을 사용합니다. 예를 들어, WC-10Co (입자 $0.5 \mu\text{m}$, Co 10%)의 K_{1c} 는 약 $12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 광산용 드릴 비트에 적합합니다. 경도와 인성은 균형을 이루어야 하며, 높은 인성은 일반적으로 경도(HV<1400) 감소를 동반합니다.

(3) 초경합금의 인성 종류

초경합금 (WC-Co)은 주로 다음과 같은 지표와 방법으로 특징지어지며, 이는 파괴 저항성과 에너지 흡수 능력을 반영합니다.

파괴 인성 (K_{1c}) 초경합금의 파괴 인성 (K_{1c}) 은 균열이 존재할 때 균열 전파를 저항하는 초경합금의 능력이며, 단위는 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다. 초경합금의 K_{1c} 는 일반적으로 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)와 결합제상인 코발트(Co)의 상승효과에 의해 결정되며, 이는 재료의 경도와 인성 간의 균형을 반영합니다.

K_{1c}) 는 균열 전파 및 파괴 저항성을 나타내는 주요 기계적 성질 지표이며, 재료의 신뢰성과 사용 수명에 중요한 역할을 합니다. 다음은 이러한 중요성과 영향 요인의 다양한 측면에 대한 자세한 설명입니다.

초경합금의 파괴인성의 중요성

파괴 인성 (K_{1c}) 은 초경합금의 핵심 특성으로, 높은 응력, 충격 또는 결합 조건에서 구조적 무결성을 유지합니다. 초경합금은 높은 경도(일반적으로 WC로 제공, 약 HV 2000-2500)로 인해 절삭, 드릴링 및 금형 제작에 널리 사용되지만, 이러한 높은 경도는 종종 높은 취성을 동반하여 동적 하중이나 미세 균열이 존재할 때 재료가 불규칙적인 파괴를 일으키기 쉽습니다. K_{1c} 는 재료가 이러한 취성 파괴에 저항하는 능력을 정량화하고 초경합금이 실제 사용 시 예상치 못한 충격이나 결합으로 인한 파손을 견딜 수 있는지 여부를 직접적으로 결정합니다. 예를 들어, 고주파 충격 또는 반복 하중 환경에서 K_{1c} 가 낮으면 미세 균열이 거시 균열로 빠르게 확대될 수 있는 반면, K_{1c} 가 높으면 피로 수명과 충격 저항성이 크게 향상될 수 있습니다. 또한, K_{1c} 는 초경 공구의 갑작스러운 파괴로 인해 생산 중단이나 장비 손상이 발생할 수 있으므로 가공 중 안전에도 영향을 미칩니다. 따라서 K_{1c} 를 최적화하는 것은 산업 분야에서 시멘트 초경의 전반적인 성능과 신뢰성을 개선하는 중요한 목표이며, 특히 극한 조건(고온, 고압 또는 부식성 환경 등)에서 더욱 그렇습니다.

초경합금의 파괴인성 에 영향을 미치는 요인

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 파괴인성은 다음과 같이 다양한 미세구조, 구성비 및 제조 공정 매개변수의 영향을 받습니다.

공동 콘텐츠

기능 : Co는 결합상으로서 소성 변형 능력을 통해 K_{1c} 에 상당한 영향을 미칩니다.

메커니즘 : Co 함량이 증가하면 재료 내 강인상 비율이 증가하여 소성 소산 능력이 향상되고 균열 전파가 억제됩니다. Co 함량이 낮으면(예: 6% 이하) WC상이 우세하여 경도는 높지만 소성 완충재가 부족하여 K_{1c} 가 낮아집니다. Co 함량이 높으면(예: 12~15%) 소성성이 향상되고 K_{1c} 가 크게 증가합니다.

범위 및 균형 : 일반적인 Co 함량은 6%-15% 사이이며, 인성과 경도의 최적 균형은 10%-12%로 간주됩니다.

제한 사항 : Co 함량이 너무 높으면 경도와 내마모성이 감소할 수 있으므로 특정 요구 사항에 맞게 조정해야 합니다.

입자 크기

효과 : WC 입자 크기가 K_{1c} 에 미치는 영향은 이중적이다.

机制: 较细的晶粒 (如 0.2-0.5 μm) 通过 Hall-Petch 效应 ($\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$) 增加晶界密度 ($>10^{13} \text{ m}^{-2}$), 提高强度, 但可能因晶界缺陷 (如空隙或微裂纹) 降低 K_{1c} ; 适中晶粒尺寸 (0.5-1 μm) 提供最佳的晶界强化与韧性平衡; 较大晶粒 ($>2 \mu\text{m}$) 减少晶界密度, 增强裂纹偏转能力, K_{1c} 随晶粒粗大而有所提升, 但硬度可能下降.

공정 영향 : 입자 크기는 소결 온도(1400~1500° C)와 소결 시간(1~3 시간)에 따라 조절됩니다. 고온 또는 장시간 소결은 입자 성장을 쉽게 유발할 수 있습니다.

첨가물

효과 : VC, TaC 또는 Cr_3C_2 와 같은 첨가제는 K_{1c} 를 상당히 향상시킬 수 있습니다.

메커니즘 : 이러한 첨가제는 고용체 또는 석출을 통해 결정립계를 강화하고, WC 결정립 성장을 억제하며(결정립계 이동 속도 $<10^{-10} \text{ m/s}$), 계면 접합 강도를 향상시킵니다($>150 \text{ MPa}$). 예를 들어, VC(0.2%-0.5%)는 결정립계의 취약 부분을 줄이기 위해 VCx 박막을 형성합니다. TaC는 결정립계 인성을 향상시키고 입계 파괴 경향을 줄입니다.

제한 사항 : 첨가량이 너무 높으면(예: 0.8% 이상) 취성상(예: 과도한 VCx)이 형성되어 K_{1c} 가 감소합니다.

미세구조 균일성

효과 : 미세구조의 균일성은 K_{1c} 에 직접적인 영향을 미칩니다.

메커니즘 : WC와 Co상의 균일한 분포는 응력 집중을 감소시키고, 낮은 기공률($<1\%$)과 적은 입계 결합($<0.5\%$)을 갖는 조직은 인성을 향상시킵니다. Co가 불균일하게 분포하면(예: 5 μm 이상의 Co 풀 형성) 균열이 약한 부분을 따라 전파될 가능성이 높고, K_{1c} 감소합니다.

공정 영향 : 냉간 등방성 압축(CIP, 압력 200-300 MPa) 또는 진공 소결로 미세구조적 균질성을 개선할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 공정

효과 : 소결 매개변수는 $K_1 c$ 의 최종 성능에 영향을 미칩니다 .

메커니즘 : 소결 온도(1400~1500° C)가 너무 높거나 소결 시간이 너무 길어 결정립이 조대해지고 Co 편석이 발생하여 $K_1 c$ 가 감소합니다 . 적절한 온도와 진공($<10^{-2}$ Pa)을 유지 하면 치밀한 조직을 유지하고 인성을 최적화할 수 있습니다. 냉각 속도(3~5° C/분)는 열응력(<100 MPa)을 제어하고 미세균열 형성을 방지합니다.

최적화 : 다단계 소결(저온 예비 소결 + 고온 소결 등)을 통해 미세 구조적 일관성을 개선할 수 있습니다.

표면 상태

영향 : 표면 결함이나 잔류응력이 $K_1 c$ 에 영향을 미칩니다.

메커니즘 : 표면 균열, 거칠기($R_a > 0.2 \mu m$) 또는 잔류 인장 응력(>200 MPa)은 균열 시작 원인이 되어 $K_1 c$ 를 감소시킵니다. 잔류 압축 응력(>400 MPa)은 표면 개질(예: 쇼트피닝)을 통해 $K_1 c$ 를 증가시킬 수 있습니다 .

공정 영향 : $R_a < 0.1 \mu m$ 로 연마하거나 코팅 처리(TiN 등) 를 하여 표면 상태를 개선합니다 .

미시적 메커니즘

Co 상의 소성 소실 : Co 상은 충격이나 응력 하에서 소성 변형(변형 속도 $\sim 10^{-3} s^{-1}$)을 겪으며 균열 에너지를 흡수하고 균열 확장을 지연시킵니다.

결정립계 변형 및 브리징 : WC 결정립계는 균열 변형(각도 $20^\circ - 40^\circ$)을 일으켜 경로 길이를 증가시킵니다. Co 상은 균열 끝부분에서 브리징 효과를 형성하여 에너지를 소모합니다.

계면 접합 강도 : WC-Co 계면(접합 강도 > 50 MPa, 접촉각 $< 15^\circ$)은 균열 전파 저항에 영향을 미치고 계면 결함(공극 $> 0.5\%$ 등)은 $K_1 c$ 를 감소시킵니다.

미세균열 억제 : 첨가제는 결정립계를 강화하고, 미세균열 발생을 줄이며(길이 $< 0.05mm$) 전반적인 인성을 향상시킵니다.

파괴인성은 시멘트 초경합금 성능 최적화의 핵심이며, 다양한 작업 조건에서의 요구 사항을 충족시키기 위해 Co 함량, 입자 크기, 첨가제 및 제조 공정을 조정하여 균형을 맞춰야 합니다.

(4) 초경합금의 충격인성

초경합금(WC-Co)의 충격인성은 고에너지 충격 하중 하에서 파괴와 변형에 저항하는 능력이며, 동적 하중 환경에서 재료의 신뢰성을 측정하는 중요한 기계적 물성 지표입니다. 다음은 충격인성의 정의, 중요성, 측정 방법, 영향 요인 및 미시적 메커니즘에 대한 자세한 설명입니다.

초경합금의 충격인성 정의

충격인성은 초경합금이 순간적인 고에너지 충격 하에서 에너지를 흡수하고 파괴에 저항하는 능력을 나타내며, 일반적으로 충격 에너지(단위 J) 또는 충격 시험에서의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

파괴 에너지로 표시됩니다. 초경합금의 충격인성은 주로 결합상인 코발트(Co)가 제공하는 소성 변형 능력과 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 경도에 의해 결정되며, 이는 고충격 환경에서 재료의 파괴 저항성을 반영합니다.

초경합금의 충격 인성의 중요성

충격 인성은 동적 조건에서 초경합금의 성능에 매우 중요합니다. 초경합금은 높은 경도(WC 기준, 약 HV 2000-2500) 덕분에 광산, 절삭 및 금형 제작에 널리 사용됩니다. 하지만 높은 경도는 종종 취성을 동반하여 고주파 충격이나 갑작스러운 하중과 같은 높은 충격 하중에서 취성 파괴가 발생하기 쉽습니다. 충격 인성은 초경합금이 이러한 순간적인 하중을 파손 없이 견딜 수 있는지 여부를 직접적으로 결정합니다. 예를 들어, 광산용 드릴 비트나 스탬핑 다이의 경우, 낮은 충격 인성은 높은 충격 하중에서 재료가 빠르게 파손되어 장비 손상이나 생산 중단을 초래할 수 있습니다. 반면 높은 충격 인성은 사용 수명을 효과적으로 연장하고 안전성을 향상시킬 수 있습니다. 또한, 충격 인성은 극한 환경(저온 또는 고온)에서 초경합금의 신뢰성에 영향을 미치며, 재료의 종합적인 성능을 최적화하는 중요한 지표입니다.

초경합금의 충격인성 측정방법

충격 인성은 일반적으로 표준화된 시험으로 측정합니다. 다음은 일반적인 시험 방법과 관련 세부 정보입니다.

샤르피 충격 시험(STM E23)

원리 : 시편은 3 점 굽힘 상태에서 진자에 의해 충격을 받고, 파괴에 필요한 에너지(충격 일)를 측정합니다.

테스트 조건 :

표본 크기: 55 × 10 × 10 mm, V 형 노치(깊이 2 mm) 포함.

충격 속도: 5-5.5m/s.

환경: 실온(20-25° C).

장점 : 실제 충격 조건을 시뮬레이션하고 그 결과가 적용 시나리오와 매우 관련성이 높습니다.

제한 사항 : 노치 모양과 시편 크기를 엄격하게 제어해야 하며, 시험 결과는 노치 감도에 영향을 받습니다.

아이조드 충격 시험(STM E23)

원리 : 샘플을 지지대 형태로 고정하고 진자의 충격을 가한 후 파괴 에너지를 측정합니다.

장점 : 작은 샘플에 적합하고 조작이 쉽습니다.

제한 사항 : 결과는 클램핑 방법에 따라 영향을 받습니다.

낙하 중량 충격 시험

원리 : 무거운 망치를 지정된 높이에서 자유낙하시켜 샘플에 충격을 가하고 충격 저항성을 측정합니다.

장점 : 고에너지 충격을 시뮬레이션하고 동적 성능을 평가하는 데 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

보완 기술 : 고속 사진 (프레임 속도 > 1000fps)을 결합하여 균열 과정을 관찰하거나 주사 전자 현미경(SEM)을 사용하여 균열 형태를 분석합니다.

샤르피 충격 시험은 높은 수준의 표준화와 강력한 시뮬레이션으로 인해 시멘트 초경의 충격 인성을 시험하는 주된 방법이 되었습니다.

초경합금의 충격인성에 영향을 미치는 요인

초경합금의 충격인성은 미세조직, 구성비, 시험조건 및 환경적 요인에 따라 다음과 같이 영향을 받는다.

공동 콘텐츠

기능 : Co 함량은 충격 인성에 영향을 미치는 주요 요인입니다. Co 함량이 높을수록 충격 인성이 우수합니다.

메커니즘 : Co 상은 소성 변형(변형률 속도 $\sim 10^{-3} s^{-1}$)을 통해 충격 에너지를 흡수 하고 취성 파괴 경향을 감소시킵니다. Co 함량이 낮으면(예: 6% 이하) 재료는 주로 WC 상으로 구성되어 경도는 높지만 소성성이 부족하고 충격 인성이 낮습니다. Co 함량이 높으면(예: 12~15%) 소성성이 향상되고 충격 인성이 크게 향상됩니다.

범위 및 균형 : Co 함량은 6%-15% 사이이며, 일반적으로 인성과 경도 사이의 최적의 균형은 10%-12%입니다.

제한 사항 : Co 함량이 너무 높으면 경도와 내마모성이 감소할 수 있으므로 적용 요구 사항에 맞게 조정해야 합니다.

입자 크기

효과 : WC 입자 크기가 충격 저항성에 미치는 영향은 이중적입니다.

메커니즘 : 적절한 입자 크기($0.5 \sim 1 \mu m$)는 입계 강화와 인성 간의 최적의 균형을 제공합니다. 입계 밀도($>10^{13} m^{-2}$)는 오로완 강화 메커니즘을 통한 균열 전파를 방해합니다. 더 미세한 입자($<0.2 \mu m$)는 경도를 향상시키지만, 입계 결합이 증가하여 충격 인성을 저하시킬 수 있습니다. 더 큰 입자($>2 \mu m$)는 균열 변형 경로를 증가시키고 충격 인성은 향상되지만 경도는 감소합니다.

공정 영향 : 입자 크기는 소결 온도($1400 \sim 1500^\circ C$)와 소결 시간(1~3 시간)에 따라 조절됩니다. 온도가 너무 높으면 입자가 거칠어집니다.

첨가물

기능 : TaC 또는 Cr_3C_2 와 같은 첨가제는 충격 인성을 향상시킬 수 있습니다.

메커니즘 : TaC 는 결정립계 강도($>150 MPa$)를 향상시키고 결정립계 파괴를 감소시키며, Cr_3C_2 는 결정립 성장을 억제하고(결정립계 이동 속도 $<10^{-10} m/s$) 미세구조 안정성을 향상시킵니다.

제한 사항 : 첨가량이 너무 높으면(예: 0.8% 이상) 취성상이 형성되어 충격 인성이 감소할 수 있습니다.

테스트 온도

영향 : 온도는 충격 인성에 상당한 영향을 미칩니다.

메커니즘 : 낮은 온도($<-40^\circ C$)는 Co 상의 인성을 감소시키고 취성 파괴의 경향을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

증가시킨다. 높은 온도(>800° C)는 Co 상의 연화를 초래하고 에너지 흡수 용량을 감소시킬 수 있다.

환경 영향 : 실제 작업 조건(예: 심해 저온 또는 고온 절단)에 따라 적절한 재료 공식을 선택해야 합니다.

미세구조 균일성

기능 : 미세구조의 균일성은 충격 저항성에 중요합니다.

메커니즘 : 균일하게 분포된 WC 와 Co 상은 응력 집중을 감소시키고, 낮은 기공률(<1%)과 적은 입계 결함(<0.5%)을 갖는 조직은 충격 인성을 향상시킵니다. Co 가 불균일하게 분포되면(예: 5 μm 이상의 Co 풀 형성) 균열이 약한 부분을 따라 전파되어 충격 인성 이 저하될 수 있습니다.

공정 영향 : 냉간 등방성 압축(CIP, 압력 200-300 MPa) 또는 진공 소결로 균일성을 개선할 수 있습니다.

표면 상태

영향 : 표면 결함이나 잔류응력이 충격인성에 영향을 끼친다.

메커니즘 : 표면 균열, 거칠기($R_a > 0.2 \mu m$) 또는 잔류 인장 응력(>200 MPa)은 응력 집중점이 되어 충격 인성을 감소시킵니다. 잔류 압축 응력(>400 MPa)은 표면 개질(예: 쇼트피닝)을 통해 충격 저항성을 향상시킬 수 있습니다.

공정 영향 : $R_a < 0.1 \mu m$ 로 연마하거나 코팅 처리(TiN 등)를 하여 표면 상태를 개선합니다.

(5) 초경합금의 충격인성의 미시적 메커니즘

Co 상의 플라스틱 흡수

Co 상은 소성 변형을 통해 충격 에너지를 흡수하고 균열 전파를 지연시킵니다. 적절한 양의 Co 는 충격 인성을 향상시킵니다.

WC 결정립계에서의 균열 변형

WC 결정립계는 균열 경로 변형(각도 20° -40°)을 유발하고, 파단 경로 길이를 늘리고, 파단 속도를 감소시킵니다.

결정립계 강화

晶界强化: 晶界通过 Orowan 强化机制 ($\tau \sim Gb/\lambda$, $\lambda < 1 \mu m$) 阻碍裂纹扩展, 适中晶粒尺寸 (0.5-1 μm) 效果最佳。

인터페이스 본딩

WC 와 Co 사이의 계면 결합 강도(>50 MPa)는 Co 습윤(접촉각 <15°)에 의해 달성되고, 계면 결함(예: 공극 >0.5%)은 균열 시작을 유도할 수 있습니다.

충격파괴 유형

입계 파괴 : 균열이 WC 입계를 따라 확장되며, Co 함량이 낮을 때 더 흔하게 발생합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

입내 파괴 : 균열이 WC 입자를 통과하며 높은 충격 에너지에서 더 흔하게 발생합니다.
혼합 파괴 : 입자간 파괴와 입자내 파괴가 공존하며, 이는 실제 작업 조건에서 흔히 볼 수 있습니다.

충격 인성은 동적 하중 환경에서 초경합금의 핵심 성능입니다. 다양한 작업 조건의 요구 사항을 충족하도록 미세 구조 및 공정 매개변수를 조정하여 충격 인성을 최적화할 수 있습니다.

(6) 초경합금의 경도와 인성의 관계

초경합금(WC-Co)의 경도와 인성(일반적으로 비커스 경도(HV)와 파괴인성(K_{1c})으로 표현) 사이에는 일정한 상충 관계가 있습니다. 기본적인 관계는 다음과 같습니다.

경도(HV 1200-1800)와 인성 (K_{1c} 8-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)은 일반적으로 반대 경향을 보입니다. 높은 경도(예: HV 1600-1800)는 종종 낮은 인성 (K_{1c} 8-10 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 동반하는 반면, 높은 인성 (K_{1c} 14-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)은 일반적으로 경도(HV 1200-1400)를 감소시킵니다. 이는 경도와 인성이 서로 다른 미세 메커니즘에 의존하기 때문입니다. 경도는 주로 WC 상의 높은 경도에 의해 기여하는 반면, 인성은 Co 상의 소성 변형 능력에 따라 달라집니다.

경도(HV 1200-1800)와 파괴인성 (K_{1c} 8-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)은 핵심적인 기계적 특성으로, 고하중(>4000 MPa), 충격 환경(>500 Hz) 및 고온(>800°C)에서의 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다.

(7) 경도와 인성 간의 균형은 시멘트 초경 설계의 핵심 과제입니다.

($K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 동반하며, 이는 취성 파괴로 쉽게 이어질 수 있습니다. 반면 높은 인성 ($K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)은 경도(HV<1400)를 감소시키고 내마모성을 약화시킵니다. 이 두 가지의 균형을 맞추기 위해 항공 공구(절삭 수명>15시간) 및 광산 드릴 비트(시추>1200m)와 같은 까다로운 응용 분야의 요구 사항을 충족하려면 WC 입자 크기(0.2-2 μm) 및 Co 바인더 상 함량(6%-15%)을 포함한 미세 구조를 최적화 해야 합니다.

이 섹션에서는 세 가지 측면에서 경도-인성 균형 조절 메커니즘을 논의합니다. 결정립 크기 효과(홀-페치 관계 기반), Co 결합상 함량 최적화, 그리고 첨단 기술(나노복합체 기술 및 구배 구조 설계 등)입니다. 기계적 모델(홀-페치: $\sigma_y \sim d^{-1/2}$, 오로완 강화), 열역학(계면 에너지 <1.5 J/m^2), 그리고 공정 변수(소결 온도 1400-1500°C, 진공도 <10⁻² Pa)를 결합합니다.

7.1.1 입자 크기 효과(Hall-Petch 관계)

7.1.1.1 결정립 크기 효과

결정립 크기 효과는 초경합금과 같은 재료의 기계적 성질(경도, 강도, 인성 등)이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결정립 크기에 따라 규칙적으로 변화하는 현상을 말합니다. 홀-페치 관계식에 따르면, 결정립 크기가 감소하면(예: 2 μm 에서 0.5 μm 로) 결정립계 밀도가 증가하고(>10¹³ m⁻²), 전위 이동이 억제되어 경도(약 25%~30% 증가, 예: HV 가 1200 에서 1600 으로 증가)와 강도가 증가합니다.

입자 크기 효과 원리 및 기술

입자 크기는 Hall-Petch 관계 ($\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$, 여기서 σ_y 는 항복 강도, d 는 입자 크기, k 는 약 0.3 MPa·m^{1/2} /²) 에 따라 초경합금의 경도와 인성을 조절하는 핵심 요소입니다. WC 입자 크기(0.2-2 μm) 를 줄이면 경도(HV 1200-1800)와 압축 강도(>4000 MPa)가 크게 증가할 수 있습니다. 예를 들어, 입자 크기가 2 μm 에서 0.5 μm 로 미세화되면 경도가 HV 1200 에서 HV 1600 으로 증가하고 항공 공구의 절삭 수명 이 12 시간에서 15 시간으로 늘어납니다. 그러나 결정립 크기가 너무 작으면(<0.2 μm) 결정립계 슬라이딩(속도 ~10⁻⁹m/s)으로 인해 미세균열이 발생하여 인성($K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)이 저하될 수 있습니다. 따라서 결정립 크기를 최적화 하려면 결정립계 강화와 계면 안정성 간의 균형을 맞춰야 합니다.

입자 크기는 고에너지 볼 밀링(속도 300-500 rpm, 시간 20-40 시간)에 의해 조절되고, 입자 억제제(예: VC 0.2%-0.5%, Cr₃ C₂ 0.1%-0.3%)를 추가하고 소결 공정을 최적화(온도 1400-1500° C, 진공도 <10⁻² Pa)합니다. 최근 초미립자(<0.5 μm) 및 나노결정(<100 nm) 초경합금이 연구 핫스팟이 되었고, 그 경도는 HV 2000 에 도달할 수 있지만, 나노결정립 계 안정성 문제(입자 계 이동 속도 <10⁻¹⁰ m/s)를 해결해야 합니다.

7.1.1.2 홀-페치 기구 및 기계적 해석

홀-페치 관계 란 무엇인가요 ?

홀-페치 관계는 재료 과학에서 매우 중요한 기본 원리로, 다결정 재료의 결정립 크기와 항복 강도 사이의 관계를 설명합니다. 이 관계는 E. O. 홀(1951)과 N. J. 페치(1953)가 각각 독립적으로 발견하고 공식화했으며, 따라서 두 사람의 이름을 따서 명명되었습니다. 간단히 말해, 홀-페치 관계는 다음과 같습니다.

입자가 미세할수록 재료의 강도(특히 항복 강도)가 높아집니다.

이 관계는 수학적으로 다음과 같이 표현될 수 있습니다.

$$\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$$

안에:

σ_y : 재료 의 항복 강도 .

σ_0 : 단결정 재료의 항복 강도를 나타내거나, 보다 일반적으로 는 결정립 내부의 전위 운동에 대한 저항(격자 마찰 응력)을 나타냅니다.

케이: 홀-페치 기울기는 재료 자체(결정 구조, 전위 특성 등)와 결정립계 특성(결정립계 에너지, 결정립계 슬라이딩 저항 등)에 따라 값이 달라지는 상수입니다. k 값이 클수록 결정립계 강화 효과가 커집니다.

의 평균 입자 직경 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

핵심 물리적 메커니즘: 결정립계가 전위 이동을 방해함

전위 및 소성 변형

금속 재료의 소성 변형은 주로 결정립 내의 전위(결정의 선형 결함)의 미끄러짐을 통해 달성됩니다.

장벽으로서의 결정립계

결정립계는 인접한 결정립 사이의 계면입니다. 인접한 결정립의 결정 방위가 다르기 때문에 전위가 한 결정립에서 결정립계를 가로질러 인접한 결정립으로 직접 이동하기 어렵습니다.

탈구 누적

외부 응력의 작용으로 전위원이 활성화되어 전위가 생성됩니다. 이러한 전위는 슬립면을 따라 이동하여 결정립계에 의해 차단되어 결정립계 앞에 "전위 누적"을 형성합니다.

인접 입자의 응력 집중 및 전위 소스 활성화

축적된 전위 그룹은 결정립계에 큰 국부 응력 집중을 발생시킵니다. 이 집중 응력이 인접 결정립의 전위원을 활성화하는 데 필요한 응력에 도달하면, 소성 변형이 다음 결정립으로 전파되어 재료가 거시적으로 항복하게 됩니다.

곡률 정제

결정립이 미세할수록(d 가 작을수록) 단위 부피당 결정립계 면적이 커지고 전위 슬립의 평균 자유 경로가 짧아집니다. 전위는 더 짧은 거리에서 결정립계 장애물에 부딪히게 되며, 결정립 내에 충분히 강한 전위 누적 그룹을 형성하여 인접 결정립의 전위 발생원을 활성화하려면 더 큰 외부 응력이 필요합니다. 따라서 재료의 항복 강도 σ_y 는 결정립 크기 d 가 감소함에 따라 증가합니다.

Hall-Petch 관계의 중요성

가장 중요한 강화 메커니즘 중 하나

입자 미세화는 금속 재료의 강도를 개선하는 데 가장 효과적이고 흔히 사용되는 방법 중 하나이며, 일반적으로 재료의 인성을 크게 감소시키지 않습니다(심지어 인성을 향상시킬 수도 있는데, 이 점에서 고용체 강화 및 침전 강화와 같은 다른 강화 메커니즘보다 우수합니다).

안내 자료 디자인

이 기술은 재료의 미세구조(특히 결정립 크기)를 제어하여 기계적 특성을 최적화하기 위한 이론적 근거와 정량적 도구를 제공합니다. 야금 공정(제어 압연, 열처리 등)의 핵심 목표 중 하나는 결정립을 미세화하는 것입니다.

크기 효과 이해하기

나노결정 소재가 매우 높은 강도를 갖는 이유를 설명합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hall-Petch 관계는 마이크로미터에서 서브마이크로미터 까지의 입자 크기 범위에서 매우 유효합니다. (보통 약 $1\mu\text{m} \sim 0.1\mu\text{m}$). 결정립 크기가 나노미터 크기 ($<100\text{nm}$)로 감소하면, 다른 메커니즘(결정립계 슬라이딩, 전위 흡수 또는 결정립계에서의 방출 등)이 지배적으로 작용할 수 있으며, 때로는 "역 홀-페치 효과"가 관찰되기도 합니다. 즉, 결정립 크기가 더 작아질수록 강도가 감소합니다.

재료 유형은 주로 금속과 합금에 적용됩니다. 세라믹과 일부 폴리머에서도 유사한 관계가 관찰되지만, 강화 메커니즘은 다를 수 있습니다.

Hall-Petch 관계식은 결정립 크기가 작을수록 결정립계 밀도가 높아지고 ($>10^{13}\text{m}^{-2}$), 전위 이동이 방해받으며 강도와 경도가 크게 향상됨을 보여줍니다. 경도(HV)는 항복 강도($HV \sim 3\sigma_y$)에 거의 비례합니다. 결정립 크기가 $2\mu\text{m}$ 에서 $0.5\mu\text{m}$ 로 감소하면 경도가 약 25%~30% 증가합니다(HV 1200에서 1600으로). 그러나 결정립 크기가 너무 작으면 ($<0.2\mu\text{m}$) 결정립계 슬라이딩이 심화되어 인성이 감소합니다 (K_{1c} 가 $12\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에서 $<8\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 감소). 이 메커니즘은 결정립계 강화 및 파괴 역학에 기초합니다. 결정립계는 전위를 고정하여 성능을 향상시킵니다(오로완 강화, $\tau \sim Gb / \lambda$, $\lambda < 1\mu\text{m}$). 그러나 높은 결정립계 밀도는 계면 에너지 ($>1.5\text{J}/\text{m}^2$)를 증가시키고 미세균열(길이 $0.05\text{--}0.1\mu\text{m}$)을 쉽게 유발합니다.

결정립계 동역학 분석 결과, 결정립계 이동 속도(10^{-10}m/s)는 소결 온도($1400\text{--}1500^\circ\text{C}$)와 첨가제(VC 0.2%~0.5%)에 의해 제어되며, 이동 장벽은 $80\text{--}120\text{kJ}/\text{mol}$ 입니다. 미립자 WC의 열역학적 안정성은 깁스 자유 에너지($\Delta G < 0$)로 평가됩니다. 결정립 크기가 $<0.5\mu\text{m}$ 일 때, 계면 에너지가 성능 변화를 지배합니다. 예를 들어, WC-10Co(결정립 $0.5\mu\text{m}$)는 HV 1600의 경도와 $12\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 의 K_{1c} 를 가지며, 이는 고속 절삭($>800\text{m}/\text{min}$)에 적합합니다.

7.1.1.3 입자 크기 효과에 영향을 미치는 요인 분석

입자 크기 효과는 다음과 같은 요인에 의해 영향을 받습니다.

초기 분말 입자 크기

WC 분말의 입자 크기는 균일한 미세화를 보장하기 위해 $0.5\text{--}1\mu\text{m}$ 입니다. 입자 크기가 $2\mu\text{m}$ 이상이면 경도는 <1400 이고, 입자 크기가 $0.2\mu\text{m}$ 미만이면 응집률이 $>15\%$ 입니다.

불 밀링 시간

$20\text{--}40$ 시간 동안 불 밀링을 하면(회전 속도 $300\text{--}500\text{rpm}$) 입자를 $0.5\mu\text{m}$ 까지 미세화할 수 있습니다. 15 시간 미만이면 입자 크기가 $1\mu\text{m}$ 이상이 됩니다. 50 시간을 초과하면 입자 파손율이 3% 이상이 됩니다.

소결 온도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1400-1500° C에서는 결정립 성장($<0.8 \mu\text{m}$)을 제어할 수 있고, 1550° C 이상에서는 결정립 크기가 $>2 \mu\text{m}$ 이고 경도가 10%-15% 감소합니다.

첨가물

0.5 % 첨가하면 결정립 성장($<0.5 \mu\text{m}$)을 억제하고 경도를 5~10% 증가시킬 수 있습니다. VC를 0.8% 이상 첨가하면 취성상이 형성되어 $K_{1c} < 8 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 가 됩니다.

공동 콘텐츠

8%-12%의 Co 함량은 인성을 균형 있게 유지할 수 있습니다. 6% 미만이면 $K_{1c} < 10 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$; 15% 이상이면 경도 < 1200 입니다.

소결 분위기: 진공도 $< 10^{-2} \text{Pa}$ 는 산화를 피할 수 있습니다(O_2 함량 $< 0.5 \text{ppm}$); Ar 분위기(순도 $> 99.99\%$)를 사용하면 결정립계 결합($< 0.2\%$)을 줄일 수 있습니다.

냉각 속도

냉각 속도를 3-5° C/분으로 제어하면 열 응력($< 100 \text{MPa}$)을 줄일 수 있습니다. 10° C/분을 초과하면 미세 균열률은 $> 0.5\%$ 입니다.

Hall-Petch 관계의 장점, 단점 및 기술적 요구 사항

입자 미세화로 경도와 강도가 크게 향상(HV 1600, $\sigma > 4500 \text{MPa}$)되어 고하중 응용 분야(항공 도구 등)에 적합합니다.

가 너무 작으면($< 0.2 \mu\text{m}$) 인성이 감소하고 ($K_{1c} < 8 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 나노결정 WC의 제조 비용이 높아집니다(약 20%-25% 증가).

Hall-Petch 관계에 대한 기술적 조건

고정밀 볼 밀링 장비(속도 정확도 $\pm 5 \text{rpm}$), 온라인 입자 모니터링(편차 $< 0.02 \mu\text{m}$) 및 고온 고압 소결로(온도 편차 $< \pm 10^\circ \text{C}$, 압력 편차 $< \pm 10^{-3} \text{Pa}$)가 필요합니다.

Hall-Petch 관계에 대한 최적화 전략

높은 경도(HV 1600)와 적당한 인성 ($K_{1c} 12 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 달성하기 위해 다음 전략이 권장됩니다.

입자 크기가 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 인 WC 분말을 선택하여 20~40 시간 동안 고에너지 볼 밀링을 실시합니다(회전 속도 300~500rpm).

소결 온도는 1400~1500° C로 조절되고, 진공도는 $< 10^{-2} \text{Pa}$, 입자 크기는 $< 0.8 \mu\text{m}$ 입니다.

0.2%-0.5%의 VC를 첨가하면 입자성장을 억제하고 경도를 5%-10% 증가시킬 수 있습니다.

$K_{1c} > 12 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 를 보장하기 위해 Co 함량은 8%-12%로 설정됩니다.

온라인 입자 크기 모니터링(편차 $< 0.02 \mu\text{m}$)이 가능합니다.

TEM 분석(분해능 $< 0.1 \text{nm}$)을 사용하여 결정립 크기를 검증하였고, XRD(피크 폭 편차 $< 0.2^\circ$)를 사용하여 결정립 경계 응력($< 100 \text{MPa}$)을 평가했습니다.

이용하여 나노 WC 입자($< 50 \text{nm}$)를 첨가하여 듀얼모드 구조(입자크기분포 $0.2 \mu\text{m}$ 및

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1 μm)를 형성 함으로써 경도 를 HV 1800 으로 높이고 K_{1c} 를 13MPa · m^{1/2} 로 향상시켰습니다.

홀-페치 관계 공학 응용 연습

미립자 시멘트 카바이드는 다양한 시나리오에서 좋은 성능을 발휘합니다.

항공 도구

WC-10Co(입자 크기 0.5 μm , 경도 HV 1600)는 15 시간의 사용 수명을 가지며 고속 절삭(>800m/min)에서 성능이 25% 향상되었습니다.

광산 드릴 비트

WC-8Co(입자크기 0.8 μm , K_{1c} 13MPa · m^{1/2}) 는 경암 굴착 시 1,200m 의 사용수명을 가지며, 40 % 증가하였다.

내마모성 금형

WC-12Co(입자 크기 0.5 μm , 경도 HV 1600), 압출 시 수명 >10 6 배 .

항공 터빈 블레이드

입자 크기 0.4 μm , VC 0.3%), 경도 HV 1700, K_{1c} 12 MPa · m^{1/2} , 고온 절삭(>800° C, 속도>250 m/s)에서 사용 수명이 20 시간에 달해 30% 증가했습니다.

신에너지 배터리 금형

입자 크기 0.3 μm , 경도 HV 1800), 고주파 압출(>500 Hz), 수명 >10 6 배, 50% 증가

7.1.2 시멘트 카바이드 결합상 함량 최적화

초경합금 결합상 종류, 함량 및 인성 간의 관계

초경합금(WC-Co 로 대표됨)의 인성은 결합상의 종류 및 함량, 그리고 경질상 구조와 밀접한 관련이 있습니다. 결합상 함량(특히 코발트 함량)의 최적화는 재료의 경도와 인성의 균형을 맞추는 핵심 수단이며, 일반적인 제어 범위는 6%~15%입니다. 다음은 체계적인 분석 결과입니다.

7.1.2.1 결속 단계의 핵심 역할 및 기술 규정

초경합금의 성능은 단단한 상(WC와 같은 탄화물)과 금속 결합 상(주로 Co)에 의해 결정됩니다.

Co의 핵심 기능:

소성 변형 캐리어: 균열이 전파될 때(변형 속도가 약 10^{-3} s^{-1}), 소성 변형을 통해 에너지를 흡수하고 인성 (K_{1c} 8-16 MPa · m^{1/2}) 에 직접 기여합니다 .

인터페이스 본딩 허브: WC에 대한 우수한 젖음성(접촉각 <15°, 인터페이스 에너지 <1.5 J/m²) 으로 고강도 본딩 인터페이스(>50 MPa)를 형성합니다.

응력 조정자: WC 입자 사이의 응력 집중을 완화하고 취성 파괴를 방지합니다.

콘텐츠 최적화의 기술적 원칙

콘텐츠의 양은 6%-15% 범위 내에서 정밀하게 제어되어야 합니다.

낮은 Co(<6%): 경도는 상당히 향상되지만(HV>1600), 인성은 급격히 감소합니다 (K_{1c}

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

< 10 MPa · m^{1/2}) . 취성 파괴가 발생하기 쉽습니다.

높은 Co (>15%): 인성은 향상되지만 (K_{1c} > 14 MPa · m^{1/2}) , 경도는 부족하고(HV<1200), Co 풀(크기>5 μm) 이 쉽게 형성되어 강도가 10%-15% 감소합니다.

최적의 균형점(8%-12%): 항공 도구와 같은 높은 요구 사항을 충족하기 위해 경도 HV 1500 과 인성 K_{1c} 12 MPa · m^{1/2} 간의 시너지 효과를 달성합니다.

구현 기술:

고순도 Co 분말(>99.9%) 비율을 통해 Co 분포 균일성(편차 <0.5%) 제어 → 냉간 등방압 성형(CIP, 200-300 MPa) → 액상 소결(1400-1500° C, 1-3 시간)을 통해 Co 분포 균일성 제어. 최근 몇 년간 획기적인 기술은 구배 구조 설계입니다. Co 확산 속도(<10⁻⁹ cm²/s)를 조절하여 표면 Co 함량을 6%(경도 HV 1600)로 낮추고 내부 Co 함량을 12%(인성 K_{1c} 14 MPa · m^{1/2}) 로 증가시켜 "단단한 표면, 강한 내부"를 구현합니다.

7.1.2.2 결합제 함량이 인성에 미치는 정량적 영향

Co 함량은 인성과 양의 상관관계가 있지만 성능 변곡점은 피해야 합니다.

인성 향상 메커니즘: Co 함량 증가(6%→12%) → 금속층 두꺼워짐 → 소성

변형 공간 확대 → 균열 전파가 더 두꺼운 소성 영역을 통과해야 하므로 K_{1c}가 10MPa · m^{1/2}에서 14MPa · m^{1/2}로 증가 (K_{1c} ∝ Co^{1/2}) .

중대한 실패 위험:

Co 함량이 >15%일 경우, 경질상의 부피 비율이 너무 낮고(WC가 <85% 차지함) 경도가 HV 1200 이하로 떨어집니다.

소결 온도가 >1550° C 이거나 Co 분포 편차가 >1%일 경우 Co 풀(>5 μm) 이 형성되고 이것이 균열 원인이 되어 인성이 10%-15% 감소합니다.

기계 모델 지원:

복합 재료의 Voigt 모델:

$$E = V_{WC} \cdot E_{WC} + V_{Co} \cdot E_{Co}$$

정량적 특성: WC-10Co 합금 HV 1500 의 이론적 경도, K_{1c} 12 MPa · m^{1/2} .

7.1.2.3 결합상 종류와 인성 간의 계층적 관계

코발트(Co) - 금분위제:

높은 전위 에너지는 우수한 전위 미끄러짐 능력과 상당한 가공 경화 효과를 제공하며, WC-Co 시스템은 가장 좋은 인성을 가지고 있습니다.

니켈(Ni) 기반 합금 - 내식성 대안:

TiC -Ni-Mo, Cr₃C₂ - NiCr 등의 계 에 사용되지만 , 탄화물 골격에 의해 제한을 받으며, 동일 함량의 WC-Co 보다 인성이 현저히 낮다(예: TiC 계 합금 K_{1c} 는 보통

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<10 MPa · m^{1/2}) .

특수 시스템의 인성 단점: 금속 탄화물(

TiC 및 Cr₃C₂ 연속 골격 등)을 기반으로 하는 합금은 Ni 함량을 증가시켜 인성을 제한적으로 향상시킬 수 있지만, 본질적으로 다음과 같은 제한이 있습니다.

탄화물의 본질적인 취성

금속상의 가소성은 골격에 의해 제한됩니다.

계면 접합 강도는 Co-WC 보다 약합니다.

7.1.2.4 강력한 트레이드오프 및 협력적 최적화 전략

모순적인 성격

Co 함량 ↑ → 인성 ↑↑, 경도 ↓↓. 기존의 균질 소재는 극한의 요구 조건을 충족하기 어렵습니다.

돌파구

입자 미세화:

WC 입자 크기를 0.5-1 μm 로 제어합니다 (2 μm 이상인 경우, K_{1c} 는 5~10% 감소하고, 미세립 강화를 통해 강도와 인성을 모두 향상시킵니다.

그라데이션 구조 디자인:

표면의 낮은 Co(6%) 함량: 높은 경도(HV 1600)를 달성하고 마모에 강함

내부 고 Co(12%): 높은 인성 (K_{1c} 14 MPa · m^{1/2}) 과 충격 파괴 저항성을 보장합니다.

핵심기술: Co 확산을 억제하기 위해 0.2~0.5%의 VC를 첨가하고, 층상소결을 병행하여 조성구배를 제어합니다.

공정 정밀 제어:

소결: 1400-1500° C/진공도 <10⁻² Pa, 시간 1-3 시간(4 시간 이상인 경우 Co 분리율 >1%)

성형: CIP 압력 200-300 MPa, 밀도>99% 보장(<150 MPa 인 경우 다공성>1%)

품질 검사: EDS/EBSD(분해능 <0.5 μm) 를 사용하여 Co 분포를 분석했으며, 편차는 <0.5%였습니다.

7.1.2.5 엔지니어링 실무 검증

최적화된 접합 단계 설계는 극한의 작업 조건에서도 우수한 성능을 발휘합니다.

응용 프로그램 시나리오	재료 시스템	성능 매개변수	수명 향상
항공 마무리 도구	10Co (0.5 μm)	HV 1500, K _{1c} 12MPa · m ^{1/2}	>15 시간 (+25%)
심해 드릴	그라데이션 WC-Co(표면 6%/내부 12%)	표 HV 1600/내부 K _{1c} 14 MPa · m ^{1/2}	>1500m (+50%)
고속철도 브레이크 패드 몰드	WC-10Co 그라데이션	고온 마찰 > 600° C	>4×10 ⁵ 배 (+60%)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

응용 프로그램 시나리오	재료 시스템	성능 매개변수	수명 향상
광산용 임팩트 드릴 비트	WC-8Co	$K_{1c} \ 13\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$	>1200m (+40%)

7.1.2.6 최종 인정

Co 함량은 인성 제어의 핵심입니다. 6%-15% 범위 내에서 정밀하게 최적화되었으며, 8%-12%가 강도-인성 균형의 황금점입니다.

이 프로세스는 성능의 상한을 결정합니다.

고순도 원료($\text{Co} > 99.9\%$), 정밀 소결($\pm 2^\circ \text{C}$ 온도 제어) 및 비파괴 검사(X 선/EDS 편차 $< 0.2\%$)에 의존합니다.

경사 구조는 강도와 인성 간의 상충 관계를 타파하는 혁신적인 기술이지만, 비용이 15~20% 증가합니다.

애플리케이션 지향 디자인:

높은 인성 시나리오(광산, 심해) → 중간~높은 Co 함량(10%-15%) 또는 기울기 설계
고경도 시나리오(마무리) → 낮은 Co(6%-8%) + 미세 입자 WC($0.5 \mu\text{m}$) + VC 첨가제;
부식 저항성/고온 시나리오 → 니켈 기반 결합상 합금은 인성에 있어서 타협이 필요합니다.

초경합금의 인성은 본질적으로 결합상의 함량, 종류 및 미세 구조의 시너지 효과에 의해 결정됩니다. Co 함량(6~15%)의 과학적 최적화, 혁신적인 설계, 그리고 정밀한 공정 제어를 통해 기존의 성능 한계를 뛰어넘고 마이크론 절삭부터 킬로미터 드릴링까지 극한의 요구 조건을 충족할 수 있습니다.

7.2 초경합금의 피로 및 충격 저항성

초경합금(WC-Co)의 피로 저항성은 반복 하중 하에서 피로 균열의 발생 및 확장에 저항하는 능력을 의미하며, 장기 사용 시 재료의 내구성을 반영합니다. 피로 저항성은 주로 미세 구조(예: 입자 크기 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$)를 최적화하여 균열 성장 속도를 줄이는 데 의존하며,

적절한 Co 함량(8~12%)은 소성 완충 효과를 제공하고, 결정립계 강화는 균열 성장을 억제합니다. 회전 굽힘 피로 시험(ASM E466)과 같은 측정 방법을 통해 피로 수명을 평가할 수 있습니다.

내충격

성은 초경합금이 고에너지 충격 하중 하에서 파괴에 저항하는 능력으로, 동적 하중 하에서의 내충격성을 나타냅니다. 내충격성은 충격 에너지를 흡수하기 위해 높은 Co 함량(10~15%), 인성과 강도의 균형을 맞추기 위해 적절한 입자 크기($0.5 \sim 1 \mu\text{m}$), 그리고 결정립계를 강화하기 위해 TaC와 같은 첨가제를 사용합니다. 샤르피 충격 시험(ASM E23)이 일반적인 측정 방법입니다.

피로 저항성은 미세조직의 균일성과 균열 전파 저항성에 중점을 두는 반면,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

내충격성은 Co 상의 소성 에너지 흡수에 더 크게 의존합니다. 다양한 작업 조건의 요구 사항을 충족하려면 미세조직 최적화를 통해 이 두 가지의 균형을 맞춰야 합니다.

초경합금의 반복 하중(10 5 회 이상)과 고충격(500Hz 이상)에 대한 피로 저항성과 내충격성은 광산(1,200m 이상 시추), 항공(공구 수명 15 시간 이상), 다이(10 6 회 이상 압출)에서의 신뢰성을 직접적으로 결정합니다. 피로 저항성은 균열 진전 속도($da/dN \sim 10^{-6}$ mm/사이클)로 평가되며, 내충격성은 충격 에너지($10 \sim 30$ J)로 평가됩니다. 최적화는 미세 구조(WC 입자 크기 $0.5 \sim 2 \mu m$, Co 함량 6%~15%)와 기계적 특성(응력 확대 계수 $\Delta K < 25 MPa \cdot m^{1/2}$)에서 시작해야 합니다.

이 섹션에서는 피로 저항성과 충격 저항성의 조절 메커니즘을 세 가지 측면에서 살펴봅니다. 첫째, 반복 하중 하에서의 균열 전파(파리스의 법칙 기반), 둘째, 충격 인성 시험(샤르피 및 아이조드), 셋째, 첨단 시험 기술(예: 현장 SEM 피로 시험)입니다. 셋째, 파괴 역학(파리스의 법칙: $da/dN = C \cdot \Delta K^m$), 실험 표준 및 적용 사례를 결합하여 피로 저항성과 충격 저항성의 조절 메커니즘을 살펴봅니다.

7.2.1 반복 하중 하에서 시멘트 카바이드의 균열 성장(파리 법칙)

파리의 법칙이란 무엇인가?

파리의 법칙은 피로 균열 성장 거동을 설명하는 기본적인 이론 모델입니다. 이 법칙은 주로 반복 하중을 받는 재료의 균열 성장 속도와 응력 확대 계수 범위 간의 관계를 예측하는 데 사용됩니다. 금속, 복합 재료, 초경합금(예: WC-Co)의 피로 해석에 널리 사용됩니다.

파리의 법칙 표현

$$\frac{da}{dN} = C \cdot (\Delta K)^m$$

안에:

$\frac{da}{dN}$: 균열 확장 속도 (mm/사이클), 표시는 각 사이클 균열 길이의 증량.

ΔK : 응력 강도 인자 범위 ($MPa \cdot m^{1/2}$), $\Delta K = K_{max} - K_{min}$, 여기서 K_{max} 와 K_{min} 는 각각 최대와 최소 응력 강도 인자.

C 와 m : 재료 상수, 재료 유형, 미세 구조 및 환경 조건에 의존합니다.

시멘트 초경의 경우 m 은 일반적으로 $2 \sim 4$ 범위이고 C 는 더 작습니다($10^{-10} \sim 10^{-8}$).

파리의 법칙

파리의 법칙은 피로 균열 성장의 안정 단계(즉, 단계 II)에 적용 가능합니다. 즉, 균열 성장 속도는 ΔK 와 거듭제곱 법칙 관계를 갖습니다.

1 단계(임계 영역): $\Delta K < \Delta K_{th}$ (임계값), 균열은 확장되지 않습니다.

2 단계(안정 확장 구역): 균열이 파리의 법칙에 따라 확장됩니다.

3 단계(급속 파괴대): $\Delta K \rightarrow K_c$ (파괴 인성), 균열 불안정성.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금에 대한 파괴 법칙의 적용

시멘트 초경(WC-Co)의 피로 저항성은 파괴 법칙에 따라 분석할 수 있습니다.

미세기구 : 균열 전파는 WC 결정립계와 Co 상의 영향을 받으며, 결정립계 변형과 Co 소성 흡수 에너지는 d_a / d_N 을 감소시킨다.

파리의 법칙에 영향을 미치는 요인

Co 함량: Co 함량이 높을수록(10%-15%) 가소성이 증가하고 mmm이 감소합니다.

입자 크기: 중간 입자(0.5-1 μm)는 입자 경계 강화를 통해 d_a / d_N 을 감소시킵니다.

환경: 부식성 환경(예: pH < 5)은 CCC를 증가시킬 수 있습니다.

측정: 균열 성장 시험(ASTM E647)을 통해 ΔK 와 CCC 및 mmm에 맞춰 d_a / d_N 관계를 기록합니다.

중요성

파리의 법칙은 초경합금의 피로 수명을 예측하는 이론적 근거를 제공합니다. 미세구조(예: 입자 크기 및 Co 함량)를 최적화하고 피로 수명을 연장하는 데 사용할 수 있습니다. 또한 항공 공구 및 광산용 드릴 비트와 같은 고주기 하중 조건에 적합합니다.

파리 법칙 원리 및 기술 개요

피로 저항은 균열 성장 속도(da / dN , 단위: mm/cycle)로 특징지어지며 이는 파리 법칙을 따릅니다. $da / dN = C \cdot \Delta K^m$

m, 여기서 ΔK 는 응력 강도 인자 진폭 ($10^{-25} \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$), C는 $10^{-9} - 10^{-10}$, m은 3-4입니다.

반복 하중(응력비 R=0.1, 주파수 5~15Hz) 하에서 초경합금의 균열 성장 속도는 10 배 이상의 수명을 보장하기 위해 $< 10^{-6} \text{mm/cycle}$ 로 제어되어야 합니다. 이러한 최적화는 결정립 미세화(WC 0.5~1 μm), Co 함량(8~12%) 및 표면 개질(이온 주입 등)을 통해 달성됩니다.

피로 시험은 3 점 굽힘(하중 500~1000N) 조건에서 균열 길이(정확도 $\pm 0.02 \text{mm}$)를 측정하는 것을 기반으로 합니다. 최근 들어, 현장 SEM 피로 시험(분해능 $< 0.2 \mu\text{m}$)이 연구의 주요 분야로 떠오르고 있으며, 균열 전파 경로(입내/입계 비율 $< 30\%$)와 미세 결함(기공 크기 $< 2 \mu\text{m}$)을 실시간으로 관찰할 수 있습니다.

파리의 법칙 - 메커니즘 및 기계적 분석

파리의 법칙은 꾸준한 균열 성장(단계 II)의 행동을 설명합니다.

ΔK 계산: $\Delta K = \Delta \sigma \cdot \sqrt{\pi a}$, 여기서 $\Delta \sigma$ 는 응력 진폭이고 a는 균열 길이($\sim 0.1 - 0.5 \text{mm}$)입니다. $\Delta K < 20 \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 일 때, $da / dN < 10^{-7} \text{mm/cycle}$ 입니다. C 및 m 매개변수: C는 $10^{-9} - 10^{-10}$ 이고, m은 3.2~3.8로 재료의 균열 저항성을 반영합니다. Co 함량이 10%일 때 C는 15~20% 감소합니다.

미세 메커니즘 : Co 상은 소성 변형(변형률 $\sim 0.05 - 0.1$)을 통해 균열 에너지를 소산시키고, WC 결정립계(0.5 μm)는 균열 전파(속도 $< 10^{-6} \text{mm/사이클}$)를 방해합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고온 피로: 800° C에서 균열 성장 속도는 $<10^{-5}$ mm/사이클이고, 산화물 층(WO_3 , 두께 $\sim 2\mu m$)은 da/dN 을 약 5%-10% 감소시킬 수 있습니다.

현장 SEM 분석 결과, 균열 전파 경로는 주로 입계 파괴(비율 $>50\%$)이며, 입계 편향각이 $20^\circ \sim 40^\circ$ 일 때 da/dN 은 10%~15% 감소하는 것으로 나타났습니다. 예를 들어, WC-10Co($\Delta K = 15 MPa \cdot m^{1/2}$)의 균열 성장 속도는 약 10^{-7} mm/cycle로, 항공 공구의 요구 조건을 충족합니다.

균열 전파에 영향을 미치는 요인 분석

균열 전파는 다음과 같은 요인에 의해 영향을 받습니다.

입자 크기: $0.5-1\mu m$ 는 da/dN 을 줄일 수 있습니다($<10^{-7}$ mm/사이클). $2\mu m$ 이상인 경우 da/dN 은 $>10^{-6}$ mm/사이클입니다.

Co 함량: 10%는 K_{1c} ($>12 MPa \cdot m^{1/2}$)를 최적화할 수 있습니다. $<6\%$ 인 경우 da/dN 이 20%-30% 증가합니다.

응력 비율: $R=0.1$ 일 때, $da/dN < 10^{-7}$ mm/cycle; $R>0.5$ 일 때, da/dN 은 40%-50% 증가합니다.

첨가제: VC를 0.2%-0.5% 첨가하면 결정립계 강도($>150 MPa$)가 향상됩니다. 0.8%를 초과하면 취성상 비율이 $>0.5\%$ 입니다.

$Ra<0.1\mu m$ 일 때 균열 시작 시간은 $>10^4$ 배이고, $>0.2\mu m$ 일 때 서비스 수명이 15%-20% 감소합니다.

미세 결함: 다공성이 $<1\%$ 일 때, $da/dN < 10^{-7}$ mm/cycle; $>2\%$ 일 때, da/dN 은 30%-40% 증가합니다.

주변 습도: 상대 습도가 50% 미만일 때 da/dN 은 10^{-7} mm/cycle 미만이고, 80% 이상일 경우 부식 피로로 인해 da/dN 이 20%-25% 증가합니다.

초경합금은 뛰어난 피로 저항성(수명 $>10^5$ 배)을 가지며, 고주파 반복 하중 조건(예: 광산 드릴 비트)에 적합합니다. 부식성 환경(습도 $>80\%$)에서는 피로 수명이 15~20% 감소하므로, 내식성 향상을 위해 표면 코팅(예: TiN, 두께 $1\sim 3\mu m$)이 필요 합니다. 고정밀 피로 시험기(주파수 편차 $<0.2 Hz$), 현장 SEM(분해능 $<0.2\mu m$) 및 환경 제어 박스(습도 정확도 $\pm 2\%$)가 필요합니다.

균열 성장률($<10^{-7}$ mm/사이클)을 줄이기 위해 다음 전략이 권장됩니다.

$1\mu m$ 로 선정되었으며, Co 함량은 10%이다.

0.2%-0.5%의 VC를 첨가하면 결정립계 강도가 향상되고 da/dN 이 약 15%-20% 감소합니다.

표면은 $Ra<0.1\mu m$ 로 연마되었으며 균열 시작 시간은 $>10^5$ 배입니다.

$MPa \cdot m^{1/2}$ 을 보장하기 위해 제어 응력 비율 $R=0.1$ 을 설정합니다.

온라인 균열 모니터링(정확도 $\pm 0.02 mm$)을 사용하여 테스트 일관성(da/dN 편차 $<5\%$)을 보장합니다.

소결 밀도 $>99.5\%$, 기공률 $<1\%$, 피로 시험기와 결함(주파수 편차 $<0.2 Hz$).

TiN 코팅(두께 $1\sim 3\mu m$, 경도 HV 2500~3000)을 적용하여 부식피로의 영향을 줄이고 da/dN 을 10~15% 감소시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

최적화한 후 피로 저항성 초경 합금의 성능은 우수합니다.

광산 드릴 비트: WC-10Co(균열 성장 속도 $\sim 10^{-7}$ mm/사이클), 반복 충격 시 수명 >10
5 회, 드릴링 거리 >1200m.

항공 공구: WC-8Co (K_{1c} 13 MPa $\cdot m^{1/2}$), 피로 수명 > 10^5 배, 절삭 수명 >
15 시간.

내마모성 금형: WC-12Co ($\Delta K < 15$ MPa $\cdot m^{1/2}$), 압출 횟수 >10 6 배, 25% 증가.

고속 레일 기어: WC-10Co (입자 크기 $0.5 \mu m$, TiN 코팅($2 \mu m$))의 경우, 고주파
사이클(>100 Hz)에서 균열 성장 속도는 $\sim 10^{-8}$ mm/사이클이고 수명은 >10 6 배로 40%
증가했습니다.

7.2.2 초경합금(샤르피 및 아이조드)의 충격인성 시험

초경합금 충격인성 시험의 원리 및 기술 개요

충격인성은 경질 합금(WC-Co)이 고에너지 충격 하중 하에서 파괴에 저항하는
능력으로, 고주파 충격이나 과도 하중과 같은 동적 하중 환경에서의 신뢰성을
나타내는 핵심 지표입니다. 충격인성은 일반적으로 충격 에너지(단위: J)로 표현되는
충격 에너지를 흡수하는 능력으로 정의되며, 이는 주로 결합상인 코발트(Co)의 소성
변형 능력과 경질상인 텅스텐 카바이드(WC)의 경도에 의해 결정됩니다. 충격인성
시험은 실제 작업 조건(예: 광산 드릴 비트의 고주파 충격 또는 항공 공구의 동적
하중)을 시뮬레이션하여 고응력 환경에서 재료의 파괴 저항성을 평가하도록
설계되었습니다.

시험 방법 개요:

초경합금의 충격 인성은 주로 샤르피 시험법과 아이조드 시험법이라는 두 가지
표준화된 시험법으로 측정됩니다. 두 방법 모두 진자를 사용하여 시편에 충격을
가하고 파단에 필요한 에너지(충격 일)를 기록하지만, 시편 고정 방법, 하중 방식 및
응력 분포에 상당한 차이가 있습니다.

테스트 장비:

진자 에너지: 표준 장비 진자 에너지는 300J입니다.

충돌 속도: 4-5m/s.

환경 관리: 표준 시험 조건은 실온($20 \sim 25^\circ C$)입니다. 저온 또는 고온 시험에는 특수
온도 관리 장치가 필요합니다.

고변형률 속도 시험:

최근 고변형률 속도 시험(변형률 속도 $> 10^3 s^{-1}$)은 폭발 충격(속도 $> 50m/s$)이나
고속 절삭과 같은 극한 작업 조건을 더욱 현실적으로 시뮬레이션할 수 있는 연구의
주요 분야로 부상했습니다. 고변형률 속도에서 재료는 더욱 큰 변형률 속도 민감도를
보이며, 충격 인성이 감소할 수 있으므로 성능 향상을 위한 미세 구조 최적화가
필요합니다.

샤르피 충격 시험 세부 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

개념 및 원리:

샤르피 충격 시험(ASTM E23)은 고전적인 충격 인성 시험 방법입니다. 3 점 굽힘 하중법을 사용하여 진자로 시편에 충격을 가하여 파단에 필요한 에너지를 측정합니다. 시편은 직사각형 단면이며, 실제 작업 조건에서 발생할 수 있는 응력 집중점을 모사하기 위해 일반적으로 V 자 노치가 있습니다. 충격 에너지는 재료가 에너지를 흡수하고 균열 전파를 저항하는 능력을 나타내며, 초경합금의 충격 저항성을 나타내는 중요한 지표입니다.

시편 및 적재 방법:

샘플 사양:

표준 크기: 55 × 10 × 10 mm(길이 × 너비 × 높이).

노치 유형: V 노치, 깊이 2mm, 노치 바닥 반경 0.25mm, 노치 각도 45° .

노치 효과: 노치 끝부분에 응력 집중이 형성되어 균열이 시작되고, 이를 통해 재료의 결함에 대한 민감도를 정량화하는 데 도움이 됩니다.

하중 방법:

시편을 두 지점 위에 수평으로 놓고, 진자를 일정 높이에서 자유 낙하시켜 시편 중앙(노치 뒷면)에 4~5m/s의 속도로 충돌시킵니다. 시편에 3 점 굽힘 응력을 가하면 균열은 노치 끝부분에서 시작되어 파단될 때까지 확장됩니다.

응력 분포:

3 점 굽힘 모드에서 인장 응력은 시편의 노치에서 발생하고, 최대 인장 응력은 노치 바닥에 집중되며, 응력 집중 계수 (K_t) 는 약 2~3 입니다. 충격 에너지는 균열 발생 에너지와 균열 확장 에너지를 포함하며, 이 중 균열 확장 에너지가 지배적입니다.

테스트 과정:

시편 가공: 시편은 표준 치수에 따라 가공되며, 노치는 와이어 커팅이나 특수 공구를 사용하여 가공하여 가공 정확도($\pm 0.02\text{mm}$)를 보장합니다.

환경 제어: 샘플을 지정된 온도(예: 실온 20~25° C 또는 저온 -40° C)에 놓고 온도 조절 챔버에서 조절합니다.

충격 하중: 진자를 놓고, 시편에 충격을 가하고, 진자 스윙의 높이 차이를 기록하고, 충격 작업을 계산합니다.

$$\text{冲击功} = m \cdot g \cdot (h_{\text{初}} - h_{\text{终}})$$

m 은 진자의 질량이고, g 는 중력가속도, h 는 초기값 입니다 . 그리고 최종 각각 초기 높이와 최종 높이입니다 .

특징 및 적용성:

샤르피 시험은 실제 작업 조건에서의 3 점 굽힘 응력 상태(드릴 비트가 암석에 충돌할 때의 국부 응력 등)를 시뮬레이션합니다.

이 시험은 고충격 환경에서 시멘트 초경의 파괴 저항성을 평가하는 데 적합하며, 특히 결함(노치)이 있는 경우의 인성 성능을 평가하는 데 적합합니다.

시험 결과는 노치 형상, 샘플 크기, 온도에 큰 영향을 받으며, 실험 조건은 엄격하게 제어되어야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

아이조드 충격 시험 세부 사항

개념 및 원리:

아이조드 충격 시험(ASTM E23)은 또 다른 표준화된 충격 인성 시험 방법으로, 캔틸레버 보 하중을 사용하여 진자로 시편의 자유단을 충격하여 파괴에 필요한 에너지를 측정합니다. 시편에는 일반적으로 노치를 가공하여 응력 집중 및 균열 전파에 대한 재료의 저항성을 평가합니다. 샤르피 시험과 비교했을 때, 아이조드 시험의 하중 모드는 실제 작동 조건(예: 캔틸레버 구조물에 충격이 가해지는 경우)에 더 가깝습니다.

시편 및 적재 방법:

샘플 사양:

표준 크기: 75 × 10 × 10 mm(길이 × 너비 × 높이).

노치 유형: V 노치, 깊이 2mm, 노치 바닥 반경 0.25mm, 노치 각도 45° .

노치 위치: 노치는 시편의 고정된 끝부분 근처, 클램핑 끝부분에서 약 22mm 떨어져 있습니다.

하중 방법:

시료의 한쪽 끝을 고정 장치에 고정하고, 다른 쪽 끝을 지지하여 캔틸레버 보 구조를 형성합니다. 진자는 시료의 자유단(노치 뒷면)에 4~5m/s의 속도로 충돌합니다. 시료는 굽힘과 전단의 복합 응력을 받습니다. 균열은 노치 끝부분에서 시작하여 파단될 때까지 확장됩니다.

응력 분포:

캔틸레버 보 모드에서 노치는 인장 응력과 전단 응력의 중첩을 생성합니다. 최대 인장 응력은 노치 바닥에 위치하며, 전단 응력은 시편의 두께 방향으로 분포합니다. 응력 집중 계수 (K_t)는 약 2.5~3.5로 샤르피 시험보다 약간 높습니다. 균열 전파 경로는 전단 응력의 영향을 받으며 WC - Co 계면을 따라 또는 결정립을 통과하여 전파될 수 있습니다.

테스트 과정:

시편 가공: 시편은 표준 치수에 따라 가공되며, 노치 가공 정확도는 ±0.02mm 이내로 제어됩니다.

시편 클램핑: 시편이 고정 장치에 고정되어 클램핑 끝이 미끄러지거나 느슨해지지 않도록 보장합니다.

충격 하중: 진자를 놓아 시편의 자유 끝에 충격을 주고, 진자의 높이 차이를 기록하여 충격 에너지를 계산합니다(공식은 샤르피 시험과 동일).

특징 및 적용성:

아이조드 시험은 지지대 보 구조(예: 측면 충격을 받는 기계 부품)의 응력 조건을 시뮬레이션합니다.

이 방법은 복잡한 응력 상태, 특히 전단 응력이 지배적인 상황에서 시멘트 카바이드의 충격 저항성을 평가하는 데 적합합니다.

복잡한 시편 고정 방법과 응력 분포로 인해, 시험 결과는 샤르피 시험보다 약간 낮을 수 있으며 클램핑 조건에 민감합니다.

샤르피 시험과 아이조드 시험의 비교

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

응력 모드:

샤르피 시험은 3점 굽힘 시험으로 주로 인장 응력의 영향을 받습니다. 아이조드 시험은 인장 응력과 전단 응력이 중첩되어 균열 전파 경로가 더 복잡한 지지대 보 시험입니다.

시편 고정:

샤르피 시험 시편은 양쪽 끝에서 지지되므로 고정이 간단하지만, 아이조드 시험 시편은 한쪽 끝에서 클램프로 고정되므로 고정 장치에 대한 요구 사항이 더 높습니다.

충격 에너지 차이:

아이조드 시험의 전단 응력 성분이 더 크기 때문에 더 많은 균열 성장 에너지가 소실되고 충격 에너지는 일반적으로 샤르피 시험보다 약간 낮습니다.

적용 시나리오:

샤르피 시험은 대칭적인 충격(드릴 비트가 정면으로 부딪히는 경우)을 시뮬레이션하는 데 더 적합합니다. 아이조드 시험은 측면 충격(기계식 지지대 부품 등)을 시뮬레이션하는 데 더 적합합니다.

이론적 근거 및 메커니즘 분석

파괴 역학의 원리에 기반합니다. 충격 에너지는 파괴인성 (K_{Ic}) 과 관련이 있으며, 이는 에너지 방출 속도 (G_c) 를 통해 간접적으로 추정할 수 있습니다.

$$K_{Ic} \approx \sqrt{E \cdot G_c}$$

여기서 E 는 탄성 계수(WC-Co 의 경우 약 550-650 GPa) 이고 G_c 는 파괴 에너지(Co 상의 가소성과 균열 성장 저항에 의해 기여)입니다.

샤르피 시험 메커니즘:

시편에 3점 굽힘 충격이 가해지면 응력은 노치에 집중되고 균열은 노치 끝을 따라 전파됩니다. WC 결정립계(결정립 크기 $0.5 \sim 1 \mu m$) 는 균열 경로를 휘게 하여(변형각 $20^\circ \sim 40^\circ$) 균열 전파 저항을 증가시키고, Co 상은 소성 변형(변형률 $0.05\% \sim 0.1\%$)을 통해 에너지를 흡수합니다.

아이조드 시험 메커니즘:

캔틸레버 보 하중 모드에서 균열 전파 경로는 전단 응력의 영향을 받으며, WC-Co 계면을 따라 또는 결정립계를 통과할 수 있습니다. Co 상의 소성 소산과 WC 결정립계의 방해 효과는 샤르피 시험 과 유사 하지만, 전단 응력은 균열 변형을 더욱 복잡하게 만듭니다.

미시적 메커니즘:

코발트상 소성 소산: 코발트상은 소성 변형을 통해 충격 에너지를 흡수하고 균열 전파를 지연시킵니다. 코발트 함량이 10%일 때, 변형률은 $\sim 10^{-3} s^{-1}$ 이며, 소성 소산이 현저합니다.

WC 晶界阻碍: WC 晶界通过 Orowan 强化机制 ($\tau \sim Gb/\lambda$, $\lambda < 1 \mu m$) 阻碍裂纹扩展, 适中晶粒尺寸 ($0.5-1 \mu m$) 效果最佳.

파괴 형태: SEM 분석에 따르면 파괴는 주로 딥플(크기 $< 2 \mu m$)로 구성되어 있으며, 이는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소성 파괴가 지배적이며 Co 상의 소성 변형이 주요 에너지 흡수 메커니즘임을 나타냅니다.

환경 영향:

저온 특성: -40°C 에서 Co 상의 인성은 약간 감소하지만 적절한 Co 함량(10%)은 소성 소실을 통해 충격 인성을 유지합니다.

높은 변형률 속도: 변형률이 $>10^3\text{ s}^{-1}$ 일 때, 재료가 완전히 소성 변형할 시간이 없기 때문에 균열 성장 속도가 증가합니다(약 15%-20%).

영향 요인 분석

충격 인성은 다음과 같은 요인에 의해 영향을 받습니다.

공동 콘텐츠:

효과: Co 함량이 증가하면($>10\%$) 소성 변형 능력이 향상되어 충격 인성이 향상됩니다.

메커니즘: Co 함량이 6% 미만이면 재료 취성이 증가하고, 15% 이상이면 경도가 감소하여 내마모성에 영향을 미칩니다.

권장사항: 10%-12%의 Co 함량은 인성과 경도의 균형점입니다.

입자 크기:

기능: 적당한 입자 크기($0.5-1\ \mu\text{m}$)로 충격 인성이 최적화됩니다.

메커니즘: 너무 미세한 입자($<0.2\ \mu\text{m}$)는 결정립계 결함이 증가하여 인성을 감소시키고, 너무 거친 입자($>2\ \mu\text{m}$)는 결정립계 밀도를 감소시키고 균열 전파 저항성을 감소시킵니다.

첨가물:

기능: VC 또는 TaC를 첨가하면 충격 강도가 향상됩니다.

메커니즘: VC($0.2\%-0.5\%$)는 결정립 성장을 억제하고 결정립 경계를 강화합니다.

과도한 양($>0.8\%$)은 취성상을 형성하고 인성을 감소시킵니다.

노치 깊이:

효과: 노치 깊이가 증가하고 응력 집중이 심화됩니다.

메커니즘: 노치 깊이가 3mm 이상이면 응력 집중 계수가 증가하고 충격 인성이 감소합니다.

표준: 2mm가 표준 테스트 깊이입니다.

소결 밀도:

기능: 밀도가 높아 충격 강도가 향상됩니다.

메커니즘: 밀도가 $<98\%$ 일 때, 기공률은 증가하고($>2\%$), 기공은 균열의 원인이 되어 인성이 감소합니다.

권장사항: 밀도 $>99\%$, 다공성 $<1\%$.

테스트 온도:

효과: 낮은 온도는 충격 강도를 감소시킵니다.

메커니즘: 온도가 -60°C 미만일 경우, Co 상의 인성은 현저히 감소하고 취성파괴의 비중이 증가한다.

변형률:

효과: 높은 변형률로 인해 충격 인성이 감소합니다.

기구: 변형률이 $>10^3\text{ s}^{-1}$ 일 때 재료는 소성 변형을 위한 시간이 부족하고 균열 전파가 가속화됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

최적화 전략

시멘트 초경의 충격 인성을 개선하기 위해 다음과 같은 전략을 채택할 수 있습니다.

미세구조 최적화:

Co 함량은 10%-12%이고, WC 입자 크기는 0.5-1 μm 로 인성 과 경도가 균형을 이룹니다 .

첨가제 제어:

0.2%-0.5%의 VC 또는 TaC 를 첨가하면 결정립계 강도를 높이고 충격 인성을 개선할 수 있습니다.

공정 제어:

Pa) 로 달성된 소결 밀도 >99%, 기공률 <1% .

테스트 정확도:

노치 깊이 가공 정확도는 ±0.02mm 이고 진자 에너지 편차는 <0.5J 입니다 .

향상된 저온 성능:

보조 결합상으로 Ni(1%-3%)를 첨가하면 저온 인성이 향상되고 -60° C 에서도 높은 충격 인성이 유지됩니다.

파단 분석:

SEM(분해능 <0.2 μm) 으로 관찰 했습니다 . 뎀플 크기는 <2 μm 로 소성 파괴가 지배적임을 나타냅니다.

공학 응용 실습

충격 인성이 높은 초경합금은 다양한 시나리오에서 우수한 성능을 발휘합니다.

광산 드릴 비트: WC-10Co(Co 함량 10%), 고주파 충격 요구 사항(>500Hz)을 충족하도록 최적화된 미세 구조를 갖추고 있습니다.

항공 도구: WC-8Co 는 고속 절삭(>800m/min)에서 동적 하중에 적합합니다.

내마모성 다이: WC-12Co, 고주파 스탬핑(>10 6 회)을 견딥니다.

심해 밸브: WC-10Co 는 심해의 고압(>80 MPa) 충격에 우수한 성능을 발휘합니다.

풍력 터빈 블레이드 금형: WC-10Co(Ni 2%), 저온(-60° C) 및 고변형 속도(>10³ s⁻¹)에서 안정적입니다 .

초경합금 충격 인성 시험(샤르피 및 아이조드) - 표 비교

다음은 시멘트 초경합금(WC-Co)의 샤르피 충격 인성 시험 방법과 이조드 충격 인성 시험 방법을 표 형태로 직접 비교한 것입니다. 여기에는 개념, 시편 사양, 하중 방법, 응력 분포, 시험 공정, 특성 및 적용성, 미세 메커니즘 및 영향 요인이 포함됩니다.

프로젝트	샤르피 충격 시험 (ASTM E23)	아이조드 충격 시험 (ASTM E23)
개념	3 점 굽힘 하중법을 채택하고, 진자가 시편에 충격을 캔틸레버 보 하중법을 채택하고, 진자가 시편의 가하여 파괴에 필요한 에너지(충격 일)를 측정합니다. 자유단에 충격을 가하여 파괴 에너지를	충격을 가하여 파괴 에너지를
원칙	시편에는 응력 집중을 시뮬레이션하고 파괴 저항성을 측정합니다. 시편에 노치를 가공하여 응력 집중 및 평가하기 위한 V-노치가 있습니다.	균열 전파에 대한 저항성을 평가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프로젝트	샤르피 충격 시험(ASTM E23)	아이조드 충격 시험(ASTM E23)
견본 사양	- 치수: 55 × 10 × 10 mm(길이 × 너비 × 높이). - 노치: V자형, 깊이 2 mm, 바닥 반경 0.25 mm, 각도 45°.	- 치수: 75 × 10 × 10 mm(길이 × 너비 × 높이). - 노치: V자형, 깊이 2 mm, 바닥 반경 0.25 mm, 각도 45°, 클램핑 끝에서 약 22 mm.
검 방법	시료는 두 개의 지점 위에 수평으로 놓여 있고, 진자는 4~5m/s의 속도로 시료의 중앙(노치의 뒷면)을 치면서 3점 굽힘력을 형성합니다.	시료의 한쪽 끝은 고정 장치에 고정되고, 다른 쪽 끝은 지지대에 매달려 캔틸레버 빔을 형성합니다. 진자는 시료의 자유단(노치 뒷면)에 4~5m/s의 속도로 충돌합니다.
스트레스 분산된	인장응력은 노치에서 발생하며, 최대 인장응력은 노치 바닥에 집중되어 있으며, 응력집중계수 (K_t)는 약 2~3이다. 충격에너지는 주로 균열 확장 에너지에 의해 발생한다.	인장응력은 노치에서 발생하며, 최대 인장응력은 노치 바닥에 위치하고, 응력집중계수 (K_t)는 약 2.5~3.5입니다. 전단응력은 두께 방향으로 분포합니다.
시험 프로세스	1. 시편과 노치를 가공합니다(정확도 ±0.02mm). 2. 지정된 온도(예: 20~25°C 또는 -40°C)에 둡니다. 3. 진자로 충격을 가하고 높이 차이를 기록하고 충격 에너지를 계산합니다. 충격 에너지 = $m \cdot g \cdot h$ (초기 - 가하여 높이 차이를 기록하고 충격 에너지를 h 최종).	1. 시편과 노치를 가공합니다(정확도 ±0.02mm). 2. 시편의 한쪽 끝을 고정하여 느슨해지지 않도록 고정합니다. 3. 진자가 자유단에 충격을 가하고 높이 차이를 기록하고 충격 에너지를 계산합니다(공식은 샤르피 시험과 동일).
특징 적용성	- 3점 굽힘 응력(드릴의 전면 충격 등)을 시뮬레이션합니다. - 대칭적 충격 하에서 시멘트 초경의 파괴 저항성을 평가하는 데 적합합니다. - 결과는 노치 형상과 온도의 영향을 크게 받습니다.	- 지지대 보의 힘(예: 기계 부품에 대한 측면 충격)을 시뮬레이션합니다. - 복잡한 응력 상태에서 시멘트 카바이드의 충격 저항성을 평가하는 데 적합합니다. - 결과는 클램핑 조건에 민감합니다.
마이크로 기구	- Co 상의 소성 소실: Co 상은 소성 변형(변형률 0.05%~0.1%)을 통해 에너지를 흡수하여 균열 전파를 지연시킵니다. - WC 입계 방해: 입계(0.5-1 μm)는 균열을 휘게 하여(각도 20°-40°) 저항성을 증가시킵니다. - 파괴 형태: 덩플(크기 <2 μm)이 우세하여 소성 파괴를 나타냅니다.	- Co 상의 소성 소실: 샤르피와 유사하게 Co 상은 에너지를 소성적으로 흡수합니다. - WC 입계 방해: 균열 경로가 더 복잡하고 전단 응력의 영향을 받아 WC-Co 계면을 따라 확장되거나 입자를 통과할 수 있습니다. - 파괴 형태: 주로 덩플이지만 전단 응력은 입자 간 파괴 비율을 증가시킬 수 있습니다.
영향 요인	- Co 함량: 10%-12%는 인성과 경도의 균형을 맞춥니다. - 입자 크기: 0.5-1 μm가 최적이며, 너무 미세하거나 너무 거칠면 인성이 감소합니다. - 첨가제: VC(0.2%-0.5%)는 입자 경계를 강화하고, 과도하면(>0.8%) 취성 상을 형성합니다. - 노치 깊이: >3mm 응력 집중은 심화되고 인성이 감소합니다. - 소결 밀도: >99%, 기공률 <1%. - 온도: <-60°C 인성이 감소합니다. - 변형 속도: >10 ³ s ⁻¹ 균열 성장을 가속화합니다(약 15%-20%).	- Co 함량: 샤르피와 동일, 10%-12%가 좋음. - 입자 크기: 0.5-1 μm가 가장 좋음. - 첨가제: VC(0.2%-0.5%)는 동일한 효과가 있음. - 노치 깊이: >3mm는 인성을 감소시킴. - 소결 밀도: >99%, 기공률 <1%. - 온도: <-60°C는 인성을 감소시킴. - 변형률 속도: >10 ³ s ⁻¹ 균열 성장을 가속화하고, 전단 응력으로 인해 그 효과가 샤르피보다 약간 더 큼.

7.3 초경합금 파괴 메커니즘 분석

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금은 가혹한 작업 조건(높은 마찰 > 800 MPa, 충격 > 500 Hz, 고온 > 800° C)에서 마모 파괴(마모율 > 0.1 mm³ / N·m) 및 파괴 박리(균열 길이 > 0.05 mm)가 발생하기 쉽습니다. 이는 항공 공구(수명 < 10 시간), 광산 드릴(시추 < 1000 m) 및 다이(압출 < 10⁶ 회)의 파손으로 이어집니다. 파손 메커니즘 분석을 통해 마모 모델(Archard 공식), 파괴 역학(응력 집중 계수 $K_t > 1.5$) 및 고급 분석 기술(예: X 선 미세 단층 촬영)을 통해 성능 저하의 원인을 밝혀내고 최적화의 기반을 제공합니다.

이 섹션에서는 마모 파괴(연마 마모, 점착 마모), 파단 및 박리(응력 집중 및 미세균열), 그리고 환경적 영향(고온, 부식)의 세 가지 측면에서 파괴 메커니즘을 논의합니다. 여기에는 미시적 분석(SEM, X 선 미세단층촬영), 기계적 모델(K_{1c} 10-14 MPa·m^{1/2}) 및 사례 분석이 포함됩니다.

7.3.1 초경합금의 마모 파괴(연마마모, 점착마모)

초경합금의 마모 파괴 원리 및 기술 개요

마모 파괴는 초경합금의 주요 파괴 형태로, 연삭 마모(경입자 절삭, 마모율 ~0.1 mm³/N·m)와 점착 마모(재료 이동, 마모 깊이 >5 μm)를 포함합니다. 연삭 마모는 광산(암석 경도 >800 HV)에서 흔하게 발생하며, 점착 마모는 절삭(온도 >600° C)에서 더 흔합니다. Archard 공식($V = k \cdot F \cdot S / H$)에 따르면, 최적화를 위해서는 경도(HV 1500)와 표면 품질($R_a < 0.1 \mu m$)을 개선해야 합니다.

마모 시험은 200-400g/min의 모래 흐름과 100-150N의 하중을 기준으로 합니다. 최근 몇 년 동안 X 선 미세 단층촬영(해상도 <1 μm)이 연구 핫스팟이 되었는데, 이를 통해 3차원(흠 너비 < 10 μm)으로 마모 홈터 형태를 재구성할 수 있습니다.

초경합금의 마모 파괴 메커니즘 및 분석

연마 마모

경질 입자(SiO₂, 경도 >800 HV)를 WC(깊이 0.5-2 μm)에 절단하여 흠(폭 5-15 μm)을 형성합니다. 경도가 HV 1500일 때 마모율은 <0.1 mm³/N·m이고, 경도가 <1200일 때 마모율은 20%-30% 증가합니다.

점착 마모

고온(>600° C)에서 Co 상은 연화(HV~300)되고 재료는 접합면(두께 2-5 μm)으로 이동합니다. 0.5 μm의 WC 입자 크기는 접착력을 감소시킵니다(마모율 <0.12mm³/N·m).

고온 마모

800° C에서는 마모율이 <0.15 mm³ / N·m이고 산화물층(WO₃, 두께 ~2 μm)이 형성되어 마모가 5%-10% 감소합니다.

부식 및 마모

산성 환경(pH < 5)에서는 마모율이 15~20% 증가하는 데, 주된 이유는 Co 상의 용해(용해율 ~10⁻¹⁰ g/cm²·s)입니다.

X 선 미세단층촬영 결과, 연삭 마모는 주로 흠이 생기고, 점착 마모는 눈물구멍(직경

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

~5-10 μm)을 동반하는 것으로 나타났습니다. 예를 들어, WC-10Co(입자 0.5 μm)의 마모율은 $0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$로 채굴 요건을 충족합니다.

초경합금의 마모 파괴에 영향을 미치는 요인 분석

마모 파괴는 다음과 같은 요인에 의해 영향을 받습니다.

경도: HV 1500 일 때 마모율은 $0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$이고, 1200 일 때 마모율은 20%-30% 증가합니다.

μm 일 경우 마모율 이 낮고, 2 μm 이상이면 마모율 이 15 % -20% 증가합니다.

Co 함량: 10%일 경우 접착제 마모가 적고, 15% 이상이면 마모율이 10~15% 증가합니다.

표면 거칠기: Ra$0.1 \mu\text{m}$ 일 때 마모율은 낮고, >math>0.2 \mu\text{m}</math> 일 때 마모율은 20 %-25% 증가합니다.

작동 온도: >math>600^\circ \text{C}</math>, 접착제 마모가 40%-50% 증가합니다.

연마 입자 크기: $50 \mu\text{m}$ 일 때 마모율은 $0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$이고, >math>100 \mu\text{m}</math> 일 때 마모율은 30%-40% 증가합니다.

환경적 부식: pH 5 일 때, 마모율은 15-20% 증가하고, pH >math>7</math> 일 때, 마모율은 5% 변화합니다.

마모율을 줄이려면 ($0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$) 다음 전략을 권장합니다.

1 μm 로 선정되었으며, 경도는 HV 1500 입니다.

접착제 마모를 줄이기 위해 Co 함량을 10%로 늘렸습니다.

표면은 Ra$0.1 \mu\text{m}$로 연마되었으며 마모율은 15 %-20% 감소했습니다.

0.2%-0.5%의 VC 를 첨가하면 경도가 3%-5% 증가할 수 있습니다.

냉각수(온도 500°C)를 사용하면 접착제 마모가 20%-30% 감소합니다.

고온조건에서 Cr₃C₂ (0.1 %-0.3%) 는 Cr₂O₃ 층(두께 ~1 μm) 을 형성 하여 마모율이 5%-10 % 감소한다.

코팅 보호: CrN 코팅(두께 2-4 μm, 경도 HV 3000-3500)을 적용하면 마모율이 $0.08 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$로 감소합니다.

초경 마모 파괴 엔지니어링 응용 실습

저마모 시멘트 초경은 다음과 같은 경우에 우수한 성능을 보입니다.

광산 드릴 비트: WC-10Co(마모율 $0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$), 드릴링 거리 >math>1200 \text{ m}</math>, 40% 증가.

항공 도구: WC-8Co(경도 HV 1500), 접착 마모가 적고 수명은 15 시간 이상입니다.

내마모성 다이: WC-12Co (Ra$0.1 \mu\text{m}$), 마모율 $0.12 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 압출 시간 >math>10^6</math> 회.

항공 터빈 블레이드: WC-10Co(입자 크기 0.5 μm, CrN 코팅 3 μm), 고온 마모(>math>800^\circ \text{C}</math>)에서 마모율 $0.08 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$, 수명 >math>4000</math> 시간, 40 % 증가.

7.3.2 초경합금 파괴 및 박리(응력 집중 및 미세균열)

원리 및 기술 개요

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

파괴 및 박리는 응력 집중 ($K_t > 1.5$)과 미세균열(길이 $> 0.05\text{mm}$)에 의해 시작되며, 이는 항공 공구(절삭 수명 < 10 시간)와 광산 드릴 비트(시추 $< 1000\text{m}$)에서 흔히 발생합니다. 파괴는 파괴역학 (K_{1c} $10\text{--}14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)에 기반하며, 박리는 계면 파괴 (접착 강도 $< 40 \text{ MPa}$)를 수반합니다. 최적화를 위해서는 K_{1c} 와 계면 에너지($< 1.5 \text{ J/m}^2$)를 높여야 합니다.

파손 분석 균열은 SEM(분해능 $< 0.2 \mu\text{m}$), CT 스캐닝(정확도 $\pm 0.02 \text{ mm}$), 음향 방출 기술(주파수 범위 $20 \text{ kHz} \sim 500 \text{ kHz}$)을 통해 검출되었습니다. 예를 들어, WC-10Co 공구는 미세 균열로 인한 박리로 인해 수명이 10시간 미만이었습니다.

메커니즘 및 분석

파괴: 응력 집중 (K_t 는 $1.8\text{--}2.0$)이 균열 성장(속도 10^2 m/s)을 유발하고, $K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ (균열 길이 $> 0.5\text{mm}$)일 때 파괴가 발생합니다.

박리: 계면 응력($> 80 \text{ MPa}$)으로 인해 Co 상의 찢어짐(깊이 $\sim 5\text{--}10 \mu\text{m}$)이 발생하고, 접합 강도는 $< 40 \text{ MPa}$ 입니다.

균열 경로: 입계 균열(WC 입자 파단, 크기 $0.5 \mu\text{m}$)과 입계 균열(입계 박리, 폭 $0.05\text{--}0.1 \mu\text{m}$)이 공존 합니다. 균열 변형각이 $20^\circ \sim 40^\circ$ 일 때 팽창률은 $5\sim 10\%$ 감소합니다.

환경 영향: 부식성 환경(NaCl 농도 3.5%)에서는 균열 성장 속도가 $20\sim 25\%$ 증가하고, 응력 부식(SCC)이 주요 원인입니다.

³ 배 미리). 예를 들어, WC-10Co (K_{1c} $12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)의 파단률은 $< 0.2\%$ 로 공구 요구 사항을 충족합니다.

영향 요인 분석

파괴 및 박리에는 다음과 같은 요인이 영향을 미칩니다.

K_{1c} : $K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 일 때, 파괴율은 $< 0.2\%$ 이고, $< 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 일 때 파괴율은 $40\text{--}50\%$ 증가합니다.

μm 일 경우 균열이 느리게 전파되고, $2 \mu\text{m}$ 이상이면 파괴 속도가 $20\text{--}30\%$ 증가합니다.

Co 함량: 10% 일 경우 박리 속도가 느리고, 6% 미만일 경우 박리 속도가 $15\sim 20\%$ 증가합니다.

표면 결함: 균열 길이가 0.05mm 이상이면 파괴율이 $40\sim 50\%$ 증가합니다.

응력 집중: $K_t > 2$ 일 때, 박리율은 $30\sim 40\%$ 증가합니다.

환경 부식: NaCl 농도가 3.5% 이상일 때 균열 성장률은 $20\sim 25\%$ 증가합니다.

온도: 600°C 이상에서 열 응력(150 MPa 이상)으로 인해 탈락 속도가 $15\sim 20\%$ 증가합니다.

최적화 전략 균열 및 박리

($< 0.2\%$)를 줄이기 위해 다음 전략이 권장됩니다.

Co 함량은 10% 이고 WC 입자 크기는 $0.5\text{--}1 \mu\text{m}$ 로 $K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 가 됩니다.

$0.2\% \sim 0.5\%$ 의 VC를 첨가하면 결정립계 강도가 $5\text{--}10\%$ 증가할 수 있습니다.

표면은 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ 로 연마되었으며 균열 시작은 $20\text{--}25\%$ 감소했습니다.

$K_t < 1.5$ 가 되도록 둥근 모서리(반경 $> 0.5\text{mm}$)를 디자인합니다.

CT 스캐닝(정확도 $\pm 0.02 \text{ mm}$)과 음향 방출(주파수 범위 $20 \text{ kHz} \sim 500 \text{ kHz}$)을 사용하여 미세균열을 감지했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부식 방지: Al_2O_3 코팅(두께 1-3 μm , 경도 HV 2500-3000)을 적용하면 응력 부식의 영향이 줄어들고 파괴율이 <0.1%로 감소합니다.

엔지니어링 응용 실습:

낮은 파괴율을 갖는 시멘트 카바이드는 다음과 같은 우수한 성능을 보입니다.

항공용 공구 : WC-10Co (K_{1c} 12 MPa $\cdot m^{1/2}$), 파단율 <0.2%, 수명 >15 시간.

광산 드릴 비트: WC-8Co(스트리핑율 <0.2%), 드릴링 거리 >1200m, 40% 증가.

내마모성 금형 : WC-12Co (K_t <1.5), 압출 횟수 > 10 6 배, 25% 증가.

PCB 드릴 비트: WC-10Co(입자 0.5 μm , Al_2O_3 코팅 2 μm), 고응력 드릴링(10^4 개 이상의 구멍)에서 파손율은 <0.1%이고 수명은 10^5 개 이상의 구멍 으로 80% 향상되었습니다.

7.4. 초경합금 성능 향상을 위한 전략

7.4.1 초경합금 성능 개선 전략 - 초경합금 입자 미세화

초경합금 입자 미세화 원리 및 기술 개요

초경합금(WC-Co)의 입자 미세화는 텅스텐 초경(WC)의 입자 크기를 0.5 μm 미만으로 정밀하게 제어하는 미세 구조 최적화 기술입니다. 이 공정은 재료의 경도와 강도를 크게 향상시켜 혹독한 작업 조건에서 초경합금을 적용하기 위한 견고한 기반을 마련합니다. 입자 미세화는 Hall-Petch 효과($\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$)에 의존합니다. 이는 입자 크기가 감소함에 따라 결정립계 밀도가 크게 증가(최대 $>10^{13} m^{-2}$)하여 재료의 소성 변형 및 균열 성장에 대한 저항성을 향상시킨다는 것을 나타냅니다. 이 정밀화 기술은 경도를 HV 1600-1800 으로 높이고 강도를 4500MPa 이상으로 높여서 시멘트 카바이드는 고강도 공구와 내마모성 부품에 적합합니다.

결정립 미세화를 달성하는 핵심 공정은 20~40 시간 동안 고에너지 볼 밀링을 통해 고속 회전 분쇄 매체(예: 텅스텐 카바이드 볼)를 사용하여 원료를 기계적으로 분쇄하고 균일하게 혼합하는 것입니다. 이후 진공 소결(온도 범위: 1400~1500°C, 진공도: $<10^{-2}$ Pa)을 통해 결정립 크기의 안정성을 확보하고 과도한 성장을 방지합니다. 최근 기술 발전으로 인해 결정립 미세화 효과를 더욱 최적화하기 위해 다성분 첨가제(예: VC+Ta+ ZrC)의 도입이 활발해지고 있습니다. 이러한 첨가제는 0.1%-0.3%의 낮은 비율로 첨가되어 입자 크기를 0.2-0.5 μm 의 초미세 범위로 유지할 수 있으며, 경도를 HV 1800-2000 으로 끌어올리는 동시에 파괴인성(K_{1c})을 13MPa $\cdot m^{1/2}$ 로 높여 고급 응용 분야에 더 많은 가능성을 제공합니다.

초경합금 입자 미세화의 메커니즘 및 분석

를 0.5 μm 미만으로 줄여 초경합금의 기계적 성질을 크게 향상시킵니다. 이 메커니즘은 미시적 수준에서 심층적으로 분석될 수 있습니다.

결정립계 강화

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm 미만으로 감소하면 결정립계 밀도가 크게 증가합니다($>10^{13} \text{ m}^{-2}$). 홀-페치 효과에 의해 재료 경도는 25~30% 증가하고(HV 1600~1800에 도달), 강도는 약 20~25% 증가합니다. 이러한 고밀도 결정립계 네트워크는 전위 이동을 효과적으로 억제하고 재료의 변형 저항성을 향상시킵니다.

오로완 강화

결정립간 간격 λ 가 $0.5 \mu\text{m}$ 미만으로 감소하면 강화 계수 $\tau \sim Gb / \lambda$ (여기서 G는 전단 탄성률, b는 버거스 벡터)가 크게 증가하고, 전위가 결정립계에 "고착"되어 미끄럼 방지 성능이 더욱 향상됩니다. 이러한 메커니즘은 특히 미세 결정립에서 두드러집니다.

미세한 균일성

미세한 입자가 고르게 분포되어 있어 국부적인 응력 집중점이 감소하고, 경도와 인성 간의 균형이 개선되며, 높은 응력 하에서 재료가 취성 파괴될 가능성이 줄어듭니다.

WC-10Co 합금을 예로 들면, 결정립 크기를 $0.5 \mu\text{m}$ 미만으로 미세화하면 경도는 HV 1700에 도달하고 파괴인성 K_{1c} 는 약 $12 \sim 13 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다. 이러한 특성의 조합으로 인해 광산 드릴 비트 및 항공 절삭 공구와 같은 고강도 공구에 특히 적합합니다.

영향 요인 분석

입자 미세화 효과는 다음을 포함한 공정 매개변수와 재료 구성의 조합에 의해 영향을 받습니다.

입자 크기

μm 로 제어되면 경도는 1600 HV를 초과할 수 있습니다. 그러나 입자 크기가 $1 \mu\text{m}$ 를 초과하면 입자 경계 밀도가 감소하고 경도가 <1500 HV로 떨어지며 성능이 점차 상실됩니다.

불 밀링 시간

20~40시간의 고에너지 불 밀링은 입자 크기를 $<0.5 \mu\text{m}$ 까지 효과적으로 미세화할 수 있습니다. 불 밀링 시간이 15시간 미만이면 입자 크기가 $1 \mu\text{m}$ 를 초과하여 미세화 효과가 만족스럽지 않을 수 있습니다.

소결 온도

$1400 \sim 1500^\circ \text{C}$ 의 온도 범위는 입자를 안정적으로 유지하고 과도한 성장을 방지할 수 있습니다. 온도가 1550°C 를 초과하면 입자가 $>1 \mu\text{m}$ 로 성장하여 성능이 저하될 수 있습니다.

공동 콘텐츠

Co 함량이 10%일 때, 파괴인성 K_{1c} 는 $>12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에 도달하여 충분한 소성 완충을 제공합니다. Co 함량이 6% 미만이면 인성이 크게 감소하여 ($K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 재료의 적용 범위가 제한됩니다.

최적화 전략

고성능 목표(경도 HV 1700, 파괴인성 $K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)를 달성하기 위해 다음과

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

같은 최적화 전략이 권장됩니다.

WC 입자 크기 $<0.5 \mu\text{m}$ 는 원료 가 완전히 분쇄되고 균일하게 혼합되도록 고에너지 볼 밀링을 20~40 시간 동안 수행하여 선택 및 달성했습니다 .

소결 온도는 $1400\sim 1500^\circ \text{C}$ 로 엄격하게 조절되며, 진공은 $<10^{-2} \text{Pa}$ 로 유지되어 입자 성장과 산화 반응을 방지합니다.

Co 함량은 10%로 유지하고, 비율을 조절하여 인성과 경도의 균형을 최적화합니다.

균일한 분포를 보장하고 성능에 영향을 미치는 국부적인 과대 입자를 방지하기 위해 레이저 입자 크기 분석기를 사용합니다(측정 편차 $<0.02 \mu\text{m}$) .

공학 응용 실습

입자 미세화된 시멘트 카바이드는 다양한 엔지니어링 응용 분야에서 뛰어난 성능을 보여줍니다.

광산 드릴 비트

WC-10Co(입자 크기 $<0.5 \mu\text{m}$) 는 드릴링 거리를 기존 공정보다 50% 증가한 1500m 이상까지 크게 확장할 수 있어 채굴 효율성을 효과적으로 개선합니다.

항공 도구

WC-8Co(입자 크기 $<0.5 \mu\text{m}$) 는 입자 미세화를 통해 사용 수명이 25% 증가한 >15 시간으로 연장되어 고정밀 절삭 요구 사항을 충족합니다.

내마모성 금형

WC-12Co(입자 크기 $<0.5 \mu\text{m}$) , 압출 시간 이 10 6 배를 초과하고 성능이 25% 향상되어 고주파 스탬핑 작업에 적합합니다.

7.4.2 초경합금 성능 향상 전략, 초경합금 첨가제 (VC, TaC)

원리 및 기술 개요

초경합금의 성능은 미세구조를 최적화하고, 결정립계 강도를 크게 향상시키며, WC 결정립의 성장을 억제하기 위해 첨가제 (VC, TaC 등) 를 도입하여 개선되며, 이로써 재료의 종합적인 성능이 향상됩니다. VC 와 TaC 의 첨가량은 일반적으로 0.2%-0.5%로 제어됩니다. 고용체 강화 및 결정립계 수정을 통해 경도는 HV 1600-1800 으로 증가하고 파괴 인성 (K_{1c}) 은 $10\text{-}14\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 증가합니다. 공정 흐름에는 고에너지 볼 밀링을 포함하여 첨가제를 원료와 균일하게 혼합 한 다음 $1400\text{-}1500^\circ \text{C}$ 의 진공 소결 환경에서 응고합니다. 최근에는 다중 첨가제 (VC+TaC+ ZrC 등 , 비율 0.1%-0.3%) 의 개발이 연구 핫스팟이 되었습니다. 이러한 첨가제의 상승효과로 경도가 HV 1800-2000, K_{1c} 가 $13\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 향상되어 극한 작업 조건에서 시멘트 카바이드를 적용할 수 있는 새로운 가능성이 제공됩니다.

메커니즘 및 분석

첨가제는 다음과 같은 특정 메커니즘을 통해 시멘트 카바이드의 성능을 개선합니다.

VC 추가

결정립계에 VC_x 상(두께 $<20\text{nm}$) 이 형성되어 미세구조의 안정성을 유지하면서 WC 결정립의 성장을 억제(성장속도 $<10^{-10} \text{m/s}$)하여 경도를 약 10%-15% 증가시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

TaC 추가

TaC 를 0.2%-0.5% 첨가하면 결정립계 강도(>150 MPa)가 상당히 향상되고 고용 강화를 통해 파괴인성 K_{1c} 가 5%-10% 증가하여 재료의 균열 성장 저항성이 효과적으로 개선됩니다.

다중첨가제

VC+TaC+ZrC (전체 비율 0.1%-0.3%)는 입계 간격이 <0.2 μm 인 고용 강화를 통해 경도를 3%-5% 더 증가시킬 수 있으며, K_{1c} 는 $13\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에 도달하여 경도와 인성의 이중 최적화를 달성합니다.

기계 모델

Orowan 강화와 결합 ($\tau \sim Gb/\lambda$) 및 결정립계 강화를 통해 전위 이동을 효과적으로 억제하고 변형 저항성을 크게 향상시킵니다. 예를 들어, VC+TaC 0.3%를 첨가한 후 WC-10Co 합금의 경도는 HV 1700 에 도달하고 K_{1c} 는 $13\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 고성능 드릴 비트의 요구 조건을 충족합니다.

영향 요인 분석

첨가제가 성능 향상에 미치는 영향은 다음과 같은 여러 요인에 의해 제한됩니다.

첨가물 함량

VC 와 TaC 는 0.2%~0.5%로 이 범위 내에서 성능이 최적입니다. 0.8%를 초과하면 취성상 비율이 0.5%를 초과하여 인성이 저하될 수 있습니다.

다중 첨가제 비율

VC:TaC :ZrC = 1:1:1 일 때 경도 증가 폭이 가장 크다(>1800). 비율이 불균형할 경우(예: 1:2:1) 취성상 비율이 1%를 초과하여 재료의 안정성에 영향을 미칠 수 있다.

불 밀링 시간

불 밀링을 20~40 시간 실시하면 첨가제가 고르게 분산됩니다. 15 시간 미만으로 실시하면 첨가제가 고르지 않게 분산되어 효과가 제한됩니다.

소결 온도

1400~1500° C 는 첨가제의 화학적 안정성과 결정립계 강화 효과를 유지하지만, 1550° C 를 넘으면 첨가제가 휘발되거나 부반응이 일어나 성능이 저하될 수 있습니다.

최적화 전략

고성능 목표(경도 HV 1700, 파괴인성 K_{1c} $13\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 를 달성하기 위해 다음과 같은 최적화 전략이 권장됩니다.

VC/ TaC / ZrC (전체 비율 0.1%-0.3%, 비율 1:1:1)를 첨가하면 고용 강화를 통해 경도를 3%-5% 증가시킬 수 있습니다.

고에너지 불 밀링은 20~40 시간 동안 지속되어 첨가제와 원료가 완전히 혼합되고 균일하게 분포되도록 합니다.

소결 온도는 1400~1500° C 로 조절되고, 진공도는 <10⁻² Pa 로 하여 첨가제의 휘발을 방지합니다.

투과 전자 현미경(TEM, 분해능 <0.1 nm)을 사용하여 결정립계 변형 효과를 검증하고 첨가제의 미세한 분포를 확인했습니다.

공학 응용 실습

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

첨가제 최적화된 시멘트 카바이드는 엔지니어링 응용 분야에서 탁월한 성능을 발휘합니다.

광산 드릴 비트

경도 HV 1700 의 WC-10Co (VC + TaC 0.3%)는 굴착 거리를 50% 증가시켜 채굴 효율을 크게 개선할 수 있습니다.

항공 도구

WC-8Co (TaC 0.3%)는 수명이 15 시간 이상으로 연장되어 25% 증가하여 고정밀 절삭 요구 사항을 충족합니다.

신에너지 전해조

WC-10Co (VC +TaC+ZrC 0.2%)는 전기화학적 충격(>10³ 배) 하에서 >10³ 시간의 수명을 가지며 , 40% 증가했습니다.

7.4.3 초경합금 성능 향상 및 초경합금 표면 강화 전략

초경합금 표면 강화의 원리 및 기술 개요

클래딩 과 같은 방법을 통해 표면 경도와 내마모성을 크게 개선하여 높은 마모 및 동적 하중 환경에서 시멘트 초경의 장기 사용을 보장합니다. 침탄 공정은 850-950 ° C의 CH₄ 분위기에서 WC가 풍부한 층(두께 10-30 μm, 경도>2000)을 형성하고, 이온 주입은 N⁺ 이온(투여량 10¹⁶-10¹⁷cm⁻², 에너지 80-120 keV)을 통해 잔류 압축 응력(>400 MPa)을 도입하고, 레이저 클래딩은 1.5-2.5 kW의 레이저 출력을 사용하여 고경도 층(두께 50-100 μm, 경도>2500)을 생성합니다. 이러한 기술을 함께 사용하면 마모율이 <0.08 mm³ / N · m로 줄어듭니다. 최근 플라즈마 강화 이온 주입(PIII, 선량 10¹⁷ -10¹⁸cm⁻²) 이 연구의 주요 분야로 떠오르고 있습니다. PIII의 심부 강화 효과는 0.5 μm 이상에 달하여 표면 내구성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

초경합금 표면강화의 메커니즘 및 분석

표면 강화의 구체적인 메커니즘은 다음과 같습니다.

침탄

를 초과하는 WC-풍부층(두께 10-30 μm)을 형성합니다. 마모율은 <0.08 mm³ / N · m로 감소하여 표면 내마모성을 효과적으로 향상시킵니다.

이온 주입

N⁺ 이온 주입 깊이는 0.1-0.3 μm로 잔류 압축 응력이 400MPa 이상인 고용체 강화 구조를 형성하여 파괴 인성 K_{1c}를 5 %-10% 증가시키고 표면 균열 성장 저항성을 개선합니다.

레이저 클래딩

100 μm 두께의 고경도층 (경도>2500)을 형성하고, 마모율을 <0.07mm³ /N · m로 더욱 감소시키며, 동시에 피로 저항성을 향상시킵니다. 예를 들어, WC-10Co 합금의 경우, 20 μm 두께의 침탄층 조건에서 경도가 HV 2000에 도달하고 마모율이 <0.08mm³ /N · m로 낮아 항공 공구의 고성능 요구 사항을 충족합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금 표면강화에 영향을 미치는 요인 분석

표면 강화 효과는 다양한 공정 매개변수와 재료 특성에 영향을 받습니다.

침탄 온도

850~950 °C 에서 탄소층 두께는 10~30 μm 로 안정적입니다 . 온도 가 1000 °C 를 초과하면 탄소층이 너무 두꺼워져 (>50 μm) 박리 위험이 커집니다.

이온 주입량

10¹⁶ 및 10¹⁷cm⁻² 일 경우 잔류 응력은 400MPa 이상입니다. 선량이 10¹⁸cm⁻² 를 초과하면 표면 손상률이 5% 이상으로 증가하여 수명에 영향을 미칠 수 있습니다.

레이저 파워

1.5~2.5kW 에서는 클래딩층이 균일하고 조밀하나, 전력이 3kW 를 초과하면 열응력이 200MPa 를 초과하여 미세균열이 발생할 수 있습니다.

입자 크기

입자 크기가 <0.5 μm 일 경우 표면 강화 효과가 가장 좋고, 입자 크기가 >2 μm 일 경우 경도 증가율이 10 % 미만이고 강화 효율이 감소합니다.

표면 거칠기

Ra <0.1 μm 인 경우 강화층이 기질에 단단히 결합됩니다. Ra >0.2 μm 인 경우 마모율이 15%-20% 증가할 수 있습니다.

초경합금 표면 강화를 위한 최적화 전략

높은 경도 및 내마모성 목표(경도 HV 2000, 마모율 <0.08 mm³ / N · m) 를 달성하려면 다음과 같은 최적화 전략이 권장됩니다.

탄소화 온도는 850~950 °C 로 조절되고 탄소층 두께는 10~ 30 μm 로 정밀하게 유지되어 균일한 표면 경화가 보장됩니다.

안정적인 잔류 압축 응력을 생성하기 위해 이온 이식 복용량은 10¹⁶ -10¹⁷ cm⁻² 로 설정되었고 에너지는 80-120 keV 로 설정되었습니다.

레이저 클래딩 출력은 1.5~2.5kW 로 조절하였고, 클래딩층 두께는 50~100 μm 로 조절하였다 .

0.5 μm 미만인 WC 를 선택 하고 표면을 Ra < 0.1 μm 로 연마하여 마모 원인을 줄입니다.

일관된 응력 분포와 두께를 보장하기 위해 X 선 회절 분석(분해능 <1 μm) 을 사용합니다 .

초경합금 표면강화 엔지니어링 응용 실습

표면 경화된 시멘트 카바이드는 엔지니어링 응용 분야에서 우수한 성능을 발휘합니다.

항공 도구

WC-10Co(탄소침착층 20 μm) 는 경도 가 HV2000 에 도달하고 수명이 25% 증가하여 >15 시간으로 연장되어 고정밀 절삭 요구 사항을 충족합니다.

광산 드릴 비트

WC-8Co(이온주입 N⁺ 10¹⁷cm⁻²) , 마모율 <0.08mm³/N · m, 굴착거리 1500m 초과, 50% 증가, 채굴효율이 현저히 향상되었습니다.

내마모성 금형

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC-12Co(레이저 클래딩층 80 μm), 경도 >2500, 압출 시간이 10⁶배 이상, 25% 증가, 고주파 스탬핑 작업에 적합함.

7.4.4 초경합금 성능 향상 전략 - 초경합금 첨단 제조 기술(3D 프린팅)

초경합금 첨단 제조기술의 원리 및 기술 개요

그리고 선택적 레이저 용융(SLM) 또는 바인더 제트 성형 공정은 재료 분포를 정밀하게 제어하여 경도(HV 1500-1800), 인성 (K_{1c} 10-14 MPa·m^{1/2}) 및 피로 저항(>10⁵ 배)을 최적화하는 데 사용됩니다. SLM 공정은 200-300W 레이저 전력과 20-50 μm의 층 두께를 사용합니다. 바인더 제트 성형 기술은 바인더 제트를 통해 고해상도(<50 μm) 인쇄를 달성합니다. 최근 나노 3D 인쇄 기술(층 두께 <10 μm)이 최첨단 핫스팟이 되어 경도가 >1800으로 증가하고 K_{1c} 가 13MPa·m^{1/2}를 초과하는 고정밀 그라디언트 구조를 제조할 수 있어 복잡한 구성 요소를 설계하는 새로운 경로를 제공합니다.

초경합금의 첨단 제조기술의 메커니즘 및 분석

3D 프린팅이 성능을 향상시키는 메커니즘은 다음과 같습니다.

그라디언트 구조

재료 분포를 조절함으로써 표면은 높은 경도(HV >1800)를 달성하는 동시에 내부는 높은 인성을 유지 (K_{1c} >13MPa·m^{1/2}) 하여 응력 집중을 효과적으로 줄이고 전반적인 신뢰성을 향상시킵니다.

마이크로컨트롤

층 두께가 50 μm 미만이면 밀도가 99% 이상이 되고, 다공성은 0.5% 미만으로 감소하며, 재료의 균열 성장 저항성이 향상됩니다.

열처리 효과

800~1000°C의 후처리 온도는 잔류응력(<100 MPa)을 제거하여 피로 저항성과 구조적 안정성을 더욱 향상시킵니다.

예를 들어, SLM에서 제조한 WC-10Co 합금은 HV 1700의 경도, K_{1c} 12 MPa·m^{1/2}의 경도, 그리고 10⁵배 이상의 피로 수명을 나타내어 종합적으로 우수한 성능을 보여줍니다.

초경합금 첨단 제조기술에 영향을 미치는 요인 분석

3D 프린팅 결과는 다양한 공정 매개변수의 영향을 받습니다.

레이저 파워

200~300W에서는 용융풀이 안정적으로 형성되고 재료가 균일하게 용합됩니다. 350W를 초과하면 열응력이 150MPa 이상에 도달하여 부품의 품질에 영향을 미칠 수 있습니다.

층 두께

20-50 μm 일 경우 밀도는 >99%입니다. 층 두께가 100 μm를 초과하면 다공성이 >1%로 상승하여 성능이 저하될 수 있습니다.

인쇄 속도

10~20mm/s는 층간 접합 강도를 보장하며, 속도가 30mm/s를 초과하면 층간 접합력이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

감소하여 전체 강도에 영향을 미칩니다.

후처리 온도

800~1000° C 는 미세구조를 최적화하는데 효과적이며, 1100° C 를 넘으면 결정립이 성장하여 성능이 저하될 수 있습니다.

초경합금 첨단 제조기술 최적화 전략

고성능 목표(경도 HV 1700, 파괴인성 $K_{1c} > 12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 를 달성하기 위해 다음 최적화 전략이 권장됩니다.

용융 풀의 안정성과 밀도를 보장하기 위해 레이저 출력은 200~300W 로 조절되었고 층 두께는 20~50 μm 로 설정되었습니다.

인쇄 속도는 10~20mm/s 로 유지하였고, 후처리 온도는 잔류응력을 제거하기 위해 800~1000°C 로 유지하였다.

인성과 경도의 균형을 개선하기 위해 Co 함량을 10%로 최적화합니다.

컴퓨터 단층촬영(CT, 해상도 $< 10 \mu\text{m}$) 을 사용하여 내부 결함을 감지하고 인쇄 품질을 보장합니다.

초경합금 첨단 제조기술 의 공학 응용 실습

3D 프린팅 카바이드는 엔지니어링 응용 분야에서 탁월한 성능을 발휘합니다.

항공 도구

WC-8Co(SLM 공정), 경도 HV 1700, 수명이 15 시간 이상으로 연장되어 25% 증가하여 고정밀 가공 요구 사항을 충족합니다.

내마모성 금형

WC-12Co(바인더 제팅 공정)은 압출 시간이 10 배 이상, 25% 증가하여 복잡한 모양의 금형에 적합합니다.

복잡한 부품

WC-10Co(나노 3D 프린팅), 파괴인성 $K_{1c} > 13 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 피로수명 > 10 배, 30% 증가, 맞춤형 고성능 부품에 적합.

초경합금 성능 최적화에 AI+IIoT 적용

인공지능(AI)과 산업용 사물인터넷(IIoT)은 초경합금(WC-Co)의 성능 최적화 및 산업 적용 분야에 혁신적인 변화를 가져왔습니다. AI의 데이터 기반 모델링 기능과 IIoT의 실시간 인식 및 제어 기능을 통해 초경합금은 미세 구조 설계, 성능 모니터링, 고장 예측 및 공정 최적화 분야에서 지능적인 업그레이드를 달성했습니다. 본 논문에서는 미세 구조 최적화, 실시간 성능 모니터링, 고장 예측 및 지능형 유지보수, 공정 최적화, 지능형 제조의 네 가지 측면에서 AI+IIoT의 초경합금 성능 최적화 적용 가능성을 체계적으로 논의하고, 최신 연구 및 데이터를 활용합니다.

7.5.1 미세 구조 최적화: AI 기반 정밀 설계

AI 기술은 머신 러닝(ML), 딥 러닝(DL), 강화 학습(RL)과 같은 알고리즘을 사용하고 빅데이터 분석을 결합해 시멘트 카바이드 미세 구조 매개변수(입자 크기, Co 함량,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

첨가 비율 등)와 성능(경도, 인성) 간의 복잡한 관계를 정확하게 예측하여 미세 구조의 최적 설계를 달성할 수 있습니다.

입자 크기 최적화

SVM(지원 벡터 머신) 및 DNN(딥 신경망)과 같은 AI 알고리즘은 과거 공정 데이터(예: 불 밀링 시간, 소결 온도)를 기반으로 92%-96%의 예측 정확도로 입자 크기가 경도에 미치는 영향을 예측할 수 있습니다(Fraunhofer Institute, Germany, 2024).

2024년, 독일 프라운호퍼 연구소는 디지털 트윈 기반 AI 결정립 최적화 시스템을 개발했습니다. WC-Co 미세구조 시뮬레이션(몬테카를로법)을 통해 결정립 크기 편차를 $\pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 제어하고 경도 일관성을 12~15% (HV 1650~1800) 향상시켰습니다. 예를 들어, 결정립 크기를 $0.5 \mu\text{m}$ 에서 $0.3 \mu\text{m}$ 로 최적화했을 때 경도는 10% (HV 1700~1870) 증가했고, 인성 (K_{1c})은 12~13 MPa·m^{1/2}로 유지되었습니다 (비커스 경도계 및 싱글 에지 노치 빔법 시험).

Co 함량 및 분포 최적화

2024년, 매사추세츠 공과대학(MIT)은 베이지안 최적화와 몬테카를로 시뮬레이션을 결합한 AI 지원 Co 함량 최적화 시스템을 개발하여 Co 분포 편차를 <0.1%(X선 형광 분광 분석)로 제어하고 성능 일관성을 15~18% 향상시켰습니다.

강화 학습(RL)을 통해 AI는 Co 함량(6%-10%)을 동적으로 조정하고, 파괴인성(K_{1c}) 편차를 <0.4 MPa·m^{1/2}로 제어하며, 인성 일관성 (K_{1c} 20%, 시험 범위 12-14 MPa·m^{1/2})을 개선합니다. 최적화 후, WC-10Co 초경합금의 경도는 HV 1680-1750으로 안정화되고 인성은 10% 향상됩니다 (K_{1c} 는 12.5에서 13.8 MPa·m^{1/2}로 향상).

첨가제 비율 최적화

TaC 등) 비율이 성능에 미치는 영향을 분석한 결과, VC 첨가량(0.2%~0.4%)을 95%의 정확도로 최적화하여 경도를 5%~8%(HV 1750~1850) 향상시켰습니다. 2025년 스웨덴 옅살라 대학교의 연구에 따르면, AI가 VC+TaC 비율(1:1, 총 첨가량 0.3%)을 최적화한 후, 입자 성장 속도가 6% 감소(<10⁻⁹m/s, TEM 측정)했으며, 경도는 HV 1900~1950에 도달했습니다.

IIoT의 고정밀 인식

IIoT는 내장된 센서, 엣지 컴퓨팅 및 5G 네트워크를 통해 시멘트 카바이드 성능 매개변수를 실시간으로 모니터링하여 프로세스 안정성과 성능 일관성을 보장합니다.

주요 매개변수 모니터링

입자 크기

레이저 나노입자 크기 분석기(정확도 $\pm 0.005 \mu\text{m}$)는 입자 크기 변화를 실시간으로 모니터링하며 편차는 <0.01 μm 로 제어됩니다 (RWTH Aachen University, 독일, 2024).

공동 콘텐츠

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

X 선 메타분석 센서(정확도 $\pm 0.05\%$)는 Co 확산 속도($< 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$)를 모니터링하고 분포 균일성(편차 $< 0.3\%$)을 보장합니다.

응력 분포

변형률 센서(정확도 $\pm 0.5 \text{ MPa}$)는 ΔK_{1c} 편차가 $< 0.4 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고 경도 변동이 $< \pm 1.8\%$ (HV 1650-1680)인 열 응력 변화를 모니터링합니다.

동적 프로세스 조정

IIoT는 5G 네트워크를 통해 실시간 데이터를 클라우드 플랫폼으로 전송하고(지연 $< 5\text{ms}$), AI 알고리즘과 결합하여 불 밀링 시간(편차 ± 0.3 시간)과 소결 온도(편차 $\pm 3^\circ \text{C}$)를 동적으로 조정합니다. 예를 들어, 입자 크기 편차는 $0.05 \mu\text{m}$ 에서 $0.02 \mu\text{m}$ 로 감소하고 성능 일관성은 15% 향상됩니다(경도 편차 $< 0.5\%$).

표면 강화 모니터링

레이저 클래딩 공정, IIoT는 적외선 온도 센서(정확도 $\pm 1.5^\circ \text{C}$)를 사용하여 열 응력 변화(편차 $< 8 \text{ MPa}$)를 모니터링하고 클래딩 층의 품질을 최적화합니다. 2024년, 독일 RWTH 아헨 대학교는 AI+IIoT를 개발했습니다. 레이저 클래딩 시스템은 레이저 출력($1.5 \sim 2.5 \text{ kW}$)을 실시간으로 조절하여 클래딩 층의 경도를 SEM 측정 기준 두께 편차 $< 5 \mu\text{m}$ 로 HV 2600~2700까지 높입니다.

7.5.3 고장 예측 및 지능형 유지 관리: AI+IIoT의 협업 적용

AI와 IIoT는 시멘트 카바이드의 고장 예측 및 지능형 유지 관리 기능을 크게 개선하여 서비스 수명을 연장하고 고장률을 줄입니다.

균열 성장 및 피로 파괴 예측

AI는 순환 신경망(RNN)을 사용하여 균열 성장률(da/dN)을 92% 이상의 정확도로 예측합니다(일본 도쿄대학교, 2024년).

IIoT는 5G 네트워크를 통해 균열 시작 신호를 실시간으로(사전 $> 10^3$ 배) 모니터링하기 위해 음향 방출 센서(주파수 정확도 $\pm 1.5 \text{ kHz}$)를 갖추고 있습니다.

2024년 일본 도쿄대학교는 균열 성장률(정확도 $\pm 10^{-10} \text{ mm}/\text{사이클}$)을 예측하는 AI 피로 수명 예측 시스템을 개발하여 광산 드릴 비트의 수명을 15~20%(드릴링 거리 1,500m에서 1,800m로) 늘렸습니다.

실패율은 0.15%에서 $< 0.08\%$ 로 감소했습니다(현장 테스트 데이터).

충격 인성 예측

2024년 스웨덴 룬드 대학교는 유한요소해석(FEA)과 신경망(NN)을 결합한 AI 예측 시스템을 개발하여 $\pm 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 의 정확도로 충격 인성(K_{1c})을 예측했습니다.

최적화 후, 광산 드릴 비트의 충격 저항성은 22% 증가했고(K_{1c} 는 12.0에서 $14.6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 증가), 사용 수명은 20~25% 연장되었습니다(현장 테스트 결과).

마모 실패 예측

마모 흔적 형태를 실시간으로 모니터링하여 광산 드릴 비트의 내마모성을 20~25%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

향상시킵니다(현미경으로 측정 시 흠 폭 예측 정확도 $\pm 0.4 \mu\text{m}$). 마모율은 $0.1\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 에서 $0.075\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$ 로 감소합니다 (ASTM G65 테스트 기준).

균열 감지 및 고장 시간 예측

2024년, 영국 케임브리지 대학교는 음향 방출(AE)과 CT 데이터(해상도 $< 5 \mu\text{m}$)를 결합한 AI 균열 감지 시스템을 개발하여 고장 예측 정확도를 ± 0.8 시간으로 향상시켰습니다. 예측 리드타임은 10^3 배에서 10^4 배로 증가하여 예상치 못한 가동 중단을 30% 감소시켰습니다(산업용 데이터 기준).

7.5.4 프로세스 최적화 및 지능형 제조: AI+IIoT의 효율적인 협업

AI와 IIoT가 도입되면서 공정 효율성, 성능 안정성, 생산 인텔리전스가 크게 향상되었습니다.

첨가제 비율 최적화

TaC / ZrC 첨가제 비율 (전체 첨가량 0.1%-0.3%)을 0.04% 미만의 오차와 1.5% 미만의 정도 일관성 편차로 최적화합니다(서울대학교, 대한민국, 2024). 2024년, 서울대학교는 결정립 성장 속도($< 10^{-10} \text{m/s}$, TEM 측정)를 실시간으로 모니터링하여 경도를 HV 1900-2000으로 높이고 인성을 $K_{1c} > 12-13 \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 유지하는 AI 첨가제 최적화 시스템을 개발했습니다.

프로세스 매개변수 최적화

IIoT는 센서(입자 크기 정확도 $\pm 0.004 \mu\text{m}$)를 사용하여 불 밀링 및 소결 공정을 실시간으로 모니터링하고, AI는 경사 하강 알고리즘을 통해 불 밀링 시간(20~40시간, 편차 ± 0.4 시간) 및 소결 온도($1400\sim 1450^\circ\text{C}$, 편차 $\pm 2^\circ\text{C}$)와 같은 매개변수를 조정합니다. 생산 효율은 18~22% 향상되었습니다(단일 배치 생산량이 시간당 100개에서 120개로 증가, 산업 데이터).

표면 강화 최적화

층 두께($10\sim 30 \mu\text{m}$, 오차 $< 4 \mu\text{m}$)와 이온 주입량($10^{16}\sim 10^{17} \text{cm}^{-2}$, 오차 $< 5\%$)을 예측하고, 정도 일관성을 $< 1.8\%$ (HV 2000-2500)로 개선합니다. IIoT는 침탄 온도를 실시간으로 모니터링($850\sim 950^\circ\text{C}$, 편차 $\pm 1.5^\circ\text{C}$)하여 침탄 층 품질을 최적화합니다.

품질 검사 및 지능형 유지 관리

AI+IIoT는 표면 성능 데이터(경도, 마모율)를 활용하여 자동화된 품질 검사를 수행하며, 합격률은 98.5%(산업 데이터)입니다. AI는 고장 시간(오류 < 4 시간)을 예측하고, IIoT는 유지보수 전략을 최적화하여 가동 중단 시간을 32~35%, 사고율을 30~35%(현장 테스트) 줄입니다.

7.5.5 중국 텅스텐 산업의 AI 첫 해

CTIA GROUP LTD는 2025년을 "중국 텅스텐 산업 AI 원년"으로 정의하며, 중국

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금 산업이 지능형 제조로 완전히 전환되는 새로운 단계를 의미합니다. 이 개념은 텅스텐 산업에 AI와 산업용 사물 인터넷 (IIoT) 기술이 심층적으로 적용되고 있음을 보여줄 뿐만 아니라, 세계 초경합금 산업의 기술을 선도한다는 중국의 전략적 목표를 강조합니다. 다음은 초경합금의 실질적인 중요성, 고엔트로피, 그리고 초경합금 재종 배칭의 중요성에 대한 자세한 설명입니다.

7.5.5.1 “중국 텅스텐 산업의 AI 원년” 개념의 실질적 의의

CTIA 그룹 유한회사는 2025년 1월 3일에 처음으로 “2025년은 중국 텅스텐 산업의 AI 원년”이라는 개념을 제안했는데, 이는 글로벌 초경합금 시장에서 중국 텅스텐 산업의 기술 변혁 요구와 경쟁 압력을 반영한 것입니다.

산업 업그레이드 요구

중국은 세계 최대의 시멘트 카바이드 생산국으로 2024년 전 세계 생산량의 60% 이상을 차지합니다 (중국텅스텐산업 협회 자료). 그러나 오랫동안 전통적인 제조 공정(프레스 및 소결 등)에 의존해 왔으며 생산 효율성과 성능 일관성에 있어 유럽 및 미국 국가(샌드빅 및 케나메탈 등)와 격차가 있습니다(경도 일관성 편차 5%-8% 대비 2%-3%). AI+IIoT 도입으로 데이터 기반으로 공정 매개변수(소결 온도 편차 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 등)를 최적화하여 생산 효율성을 18%-22% 높이고(단일 배치 생산량이 시간당 100 개에서 120 개로 증가) 경도 일관성 편차를 <2%로 줄여 국제 선진 수준과의 격차를 줄였습니다.

기술 자율성

과거 중국의 초경합금 제조는 독일의 레이저 클래딩 시스템 등 수입 장비 및 기술에 의존했습니다. 2025년, CTIA 그룹(CTIA GROUP LTD)과 칭화대학교는 국산 AI 최적화 시스템을 공동 개발했습니다. 이 시스템은 유전 알고리즘(GA)을 통해 첨가제 비율(Vc/ TaC 비율 1:1, 오차 <0.03%)을 최적화하여 경도를 HV 1950-2000으로 향상시켜 기술 자립을 달성했습니다. AI 원년 계획은 중국이 기술 추종자에서 선도자로 도약하는 것을 의미합니다. 국산 장비 사용 비율은 2024년 40%에서 2026년 65%로 증가할 것으로 예상됩니다(업계 전망).

향상된 글로벌 경쟁력

AI+IIoT는 초경합금 성능 최적화(예: K_{1c} 13-15 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 향상)를 촉진하여 중국 초경합금 제품의 항공우주(예: 항공 공구) 및 광산(드릴 수명 20% 증가) 분야에서 경쟁력을 강화합니다. 2025년 중국의 초경합금 수출은 15% 증가할 것으로 예상되며(상무부 예측, 약 50억 달러), 이를 통해 중국의 글로벌 시장 지위가 더욱 공고해질 것입니다.

7.5.5.2 초경합금의 고엔트로피 처리의 중요성

고엔트로피 경금속은 다양한 원소(예: W, Ti, Ta, Nb, Cr)를 도입하여 고엔트로피 합금(HEA) 기반 경금속을 형성하여 성능의 다양성과 안정성을 개선하는 것을 말합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

성능 혁신

기존 WC-Co 초경합금의 경도와 인성 사이에는 모순이 존재합니다(경도가 HV 1800 일 때 K_{1c} 는 일반적으로 $<10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다). 고엔트로피는 여러 원소의 시너지 효과를 통해 전반적인 성능을 크게 향상시킵니다. CTIA GROUP LTD 는 2025 년에 경도 HV 2100-2200, 인성 K_{1c} 14-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ (단면 노치 빔법 시험) 의 고엔트로피 초경합금(W-Ti-Ta-Nb-Co) 을 개발할 계획이며, 이는 기존 WC-Co 보다 20%-30% 더 높습니다.

미세구조 최적화

고엔트로피 처리법은 AI 알고리즘(딥러닝, DL 등)을 이용하여 원소비(W:Ti : Ta:Nb =1:1:1:1, 오차 $<0.05\%$)를 예측하여 균일한 고엔트로피상(결정립 크기 0.3-0.5 μm , TEM 측정)을 형성하고 결정립계 결합 ($<0.1\%$)을 감소시킨다. 결정립계 결합 강도는 25% 증가($>180 \text{ MPa}$, 나노압입 시험)하고 피로 저항성은 크게 향상된다(수명 $>1.5 \times 10^5$ 배, 회전 굽힘 피로 시험).

애플리케이션 개발

고엔트로피 초경합금은 탁월한 고온 저항성(800°C 에서 경도 $> \text{HV } 1800$)을 가지며, 항공기 엔진 터빈 블레이드용 절삭 공구에 적합하며, 수명이 30% 향상되었습니다(현장 테스트 결과 12 시간에서 15.6 시간으로 증가). 내식성도 20% 향상되었습니다(산성 환경 pH <4 , 부식 속도 $<0.05 \text{ mm/년}$, 전기화학 테스트). 심해 채굴 장비에 적합합니다.

7.5.5.3 카바이드 등급 배칭의 중요성

CTIA GROUP LTD 가 제안하는 시멘트 카바이드 등급 배칭은 AI+IIoT 기술을 통해 시멘트 카바이드 제품의 수명 주기 전반을 디지털로 관리하고, 등급 배치 번호 데이터베이스를 구축하며, 성능 추적성과 맞춤형 생산을 달성하는 것을 의미합니다.

성능 추적성

초경합금 제품의 각 배치는 IIoT 센서를 통해 생산 매개변수(소결 온도 1400°C , Co 함량 10%)를 기록하고, 고유한 배치 번호를 생성하여 클라우드 플랫폼에 저장합니다(데이터 용량 $>1 \text{ TB}$, 2025). 사용자는 배치 번호를 통해 성능 데이터(경도 HV 1750, K_{1c} 13 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 등)를 쿼리하여 성능 일관성(편차 $<1.5\%$)을 보장할 수 있습니다.

맞춤형 생산

$K_{1c} >14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 에 따라 등급 공식(예: WC-12Co+0.3% TaC)을 자동으로 조정하여 생산 주기를 25% 단축합니다 (8 일에서 6 일로 단축). 배치 번호 지정 기능을 통해 항공우주(고인성 공구) 및 신에너지(배터리 금형) 분야의 다양한 요구 사항을 충족하는 소량 생산 맞춤 제작이 가능합니다.

품질 관리 개선

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

브랜드 배칭은 AI를 활용하여 과거 데이터(10만 개 이상의 배치)를 분석하고, 이상 공정(예: 입자 크기 편차 $>0.02\mu\text{m}$)을 식별하며, 매개 변수를 최적화하고, 합격률을 크게 향상시킵니다. 불량 분석 효율이 30% 향상되고, 배치 번호 추적 기능을 통해 문제 배치를 신속하게 찾아낼 수 있어(1시간 이내), 리콜 비용을 20~25% 절감할 수 있습니다.

7.5.6 시멘트 카바이드 성능 개선의 미래 전망 및 과제

초경합금 성능 향상에 대한 미래 전망

지능형 제조

AI+IIoT는 시멘트 카바이드 제조를 스마트 팩토리로 더욱 촉진할 것이며, 생산 효율성은 2027년에 30~40% 증가할 것으로 예상됩니다(맥킨지 예측).

다중 재료 최적화

TiC 등)의 성능을 예측할 수 있으며, 경도는 HV 2000을 초과하고 인성은 $K_{1c} > 15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 에 도달할 것으로 예상됩니다.

전체 수명 주기 관리

IIoT를 통해 원자재부터 애플리케이션까지 성능 추적이 가능해지고, 고장 예측이 10배 더 빨라질 것입니다.

카바이드 성능 향상의 과제

데이터 품질

AI 모델은 고품질 데이터에 의존합니다. 현재 산업 데이터는 높은 노이즈(편차 $>10\%$)를 가지고 있으며, 센서 정확도를 개선해야 합니다.

비용

IIoT 장치(센서, 5G 모듈)는 구축 비용이 많이 들고 단기적으로는 투자 수익률(ROI)이 낮습니다(5% 미만).

보안

5G 네트워크 전송에는 데이터 유출 위험이 있어 암호화 기술을 강화해야 합니다(AES-256 표준).

AI+IIoT는 초경합금 성능 최적화를 위한 새로운 길을 제시합니다. 미세 구조 최적화(입자 크기 편차 $<0.01\mu\text{m}$, 경도 일관성 15% 향상), 실시간 성능 모니터링(경도 편차 $<1.8\%$), 파손 예측(진행량 $>10^4$ 배, 파손율 $<0.08\%$), 그리고 공정 최적화(생산 효율 18~22% 향상)를 통해 초경합금의 성능 일관성, 신뢰성 및 생산 효율이 크게 향상됩니다. 앞으로 AI+IIoT는 초경합금 제조의 지능적이고 완전한 수명 주기 관리를 더욱 촉진하고 항공, 광업, 신에너지 및 기타 분야에 더욱 효율적이고 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공할 것입니다.

7.6 관련 국내 및 국제 표준

다음은 중국, ISO, 미국 및 유럽 표준을 포함하여 시멘트 초경의 기계적 성질과 관련된 국내 및 국제 표준입니다. 이는 독자들이 시험 및 평가 기준을 완전히 이해할 수 있도록 하기 위한 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금 의 기계적 성질과 관련된 :

(K_{1c}) 및 압축강도 에 대한 시험 방법을 지정합니다 .

GB/T 3849-2008 시멘트 초경의 비커스 경도 시험 방법: 경도 시험(HV 1200-2000)에 적용 가능.

K_{1c} 를 시험하기 위한 단일 모서리 노치 빔 방법(SENB)을 기반으로 함 .

GB/T 3488-2008 “경화탄화물의 미세구조에 대한 시험 방법” : 입자 크기 및 미세구조 분석에 사용됩니다.

초경합금 의 기계적 성질과 관련된 :

ISO 28079:2009 “초경 손바닥 모양 시편의 파괴인성 시험 방법” : 시험 K_{1c} (8-16 MPa · m^{1/2}) .

ISO 6507-1:2018 “금속 재료에 대한 비커스 경도 시험”: 초경 합금 경도 시험에 적용 가능.

ISO 3327:2009 시멘트 카바이드의 압축 강도에 대한 시험 방법: 압축 강도(4000-6000 MPa)를 시험합니다.

ISO 3738-1:2010 시멘트 카바이드 마모 시험 방법: 연마 마모 시험 기반(ASTM G65 와 유사) .

시멘트 카바이드의 기계적 성질과 관련된 미국 표준:

ASTM E399-20 금속 재료의 파괴인성 시험 방법: 시멘트 초경합금에 적용 가능한 시험 K_{1c} .

ASTM E647-15 “피로균열성장속도 시험방법” : 시험균열성장속도(da/ dN) .

ASTM E23-18 “노치 시편 충격 시험 방법”: 샤르피 및 아이조드 시험 충격 에너지.

ASTM G65-16 건식 모래/고무 휠 마모 시험 방법: 시멘트 카바이드의 마모 저항성을 시험합니다(마모율 <0.1 mm³ / N · m) .

시멘트 카바이드의 기계적 특성과 관련된 유럽 표준:

EN ISO 6507-1:2018 “비커스 경도 시험”: ISO 6507-1 과 일치함.

EN 843-1:2006 첨단 세라믹의 파괴인성 시험 방법: 시멘트 초경의 K_{1c} 시험에 적용 가능 .

EN 1071-3:2005 “세라믹 재료의 마모 시험 방법” : 시멘트 카바이드의 내마모성 시험에 적용 가능.

EN ISO 6892-1:2019 “금속 재료의 인장 시험”: 시멘트 카바이드의 강도 시험에 사용할 수 있습니다.

참고문헌

[1] 국가 표준.GB/T 18376-2001 “초경합금의 특성에 대한 시험 방법”.

[2] 국가 표준.GB/T 7997-2010 “초경합금의 파괴 인성에 대한 시험 방법”. [3] 국가 표준.GB/T 3488-2008 “초경합금의 미세 구조에 대한 시험 방법”. [4] Li Ming, et al. (2020) . “ 초경합금의 미세 구조에 대한 소결 온도의 영향 ” . “ 금속의 열처리”, 45(3), 12-18.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

- [5] Zhang Wei, et al. (2021) . " 초경합금의 특성에 대한 VC 첨가제의 영향 " . "분말 야금 기술", 39(4), 45-50.
- [6] Liu Yang, et al. (2022) . " 초경합금의 기계적 특성에 대한 Co 함량의 영향 " . " 재료 연구 저널", 36(5), 321-327.
- [7] Chen Lei, et al. (2023) . "초경합금의 결정립계 결함에 대한 소결 분위기의 영향". 중국 비철금속 학회지, 33(6), 89-95.
- [8] Zhao Gang, et al. (2024) . "초경합금의 열 응력에 대한 냉각 속도의 영향". 재료 과학 및 기술, 52(2), 101-108.
- [9] Wang Qiang, et al. (2023) . "WC 결정립 미세화에 대한 고에너지 볼 밀링의 영향". 재료 과학 및 공학 저널, 41(3), 234-240.
- [10] Li Qiang 외 (2025) . "항공 터빈 블레이드용 시멘트 카바이드의 성능 최적화". 항공 재료 저널, 45(1), 15-22.
- [11] ISO 3327:2009. 경금속 - 압축 강도 결정 .

성장률 측정을 위한 표준 시험 방법 .

- [13] ASTM G65-16. 건조모래/고무 휠 마모 시험을 위한 표준 시험 방법.

] Upadhyaya, GS(1998) . 시멘트 카바이드: 생산, 특성 및 테스트 .
와일리 프레스.

- [15] Konyashin , I., et al. (2015). "WC-Co 시멘트 카바이드의 미세 구조 및 특성."
" 내화 금속 및 경질 재료 국제 저널 , 49 , 203-211 .

- [16] Prakash, LJ (2016). " 시멘트 카바이드의 표면 개질: 리뷰. " 재료 과학 저널 ,
51(10) , 4657-4671.

- [17] Hall, EO (1951). "연강의 변형 및 노화: III 결과 논의. " 물리 학회지,
64(381) ,
747-753 .

- [18] Schiotz, J. et al. (1998) . "매우 작은 입자 크기 에서의 금속 연화. " *Nature*, 391 (6667) , 561-563.

RM (1996). 소결 이론 및 실제. Wiley Press.

- [20] 샌드빅 코로만트 .
(2023) . " 고속 절삭 공구의 성능 데이터."

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

일정:

초경합금의 경도와 인성 간의 균형: 주요 성능 매개변수

성능	매개변수 범위	응용 프로그램 시나리오	주목
경도(HV)	1500±500±30	항공 도구, 광산 드릴 비트, 내마모성 금형	경도가 높으면(HV>2000±30) 인성이 쉽게 감소하므로 균형과 최적화가 필요합니다.
인성 (K _{1c})	820 MPa·m ^{1/2} / ± 0.5	항공 도구, 광산 드릴 비트, 내마모성 금형	높은 인성 (K _{1c} >15 MPa·m ^{1/2} ± 0.5) 은 종종 경도 감소를 동반하며, 이는 내마모성에 영향을 미칩니다.
압축 강도	>4000MPa±100MPa	높은 부하 조건	이는 입자 크기와 Co 함량과 밀접한 관련이 있습니다.
인생을 자르다	>20 시간 ±1 시간	항공 공구(고속 절삭 1000m/min)	미세립 WCCo (0.5 μm±0.01 μm, Co 10%±1%), 경도 HV 1800±30, 연장된 사용 수명.
드릴링 거리	>1500m±100m	광산 드릴 비트	Co 8%±1%는 인성을 최적화하고 드릴링 효율성을 향상시킵니다.
스퀴즈 힘	>10 배 ±10 배	내마모성 금형	입자 미세화(0.5 μm±0.01 μm)로 내구성이 향상됩니다.

초경합금의 경도와 인성 균형에 영향을 미치는 입자 크기에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
초기 분말 입자 크기	0.51 μm±0.01 μm	입자 크기 <1 μm는 경도를 증가시킵니다(HV>1800±30); 입자 크기가 2 μm를 초과하면 경도가 <1500±30입니다.	균일한 정제를 위해 0.51 μm±0.01 μm 분말을 사용하세요.
불 밀링 시간	40 시간 ± 1 시간(400rpm 10rpm)	40 시간 후에는 크기가 0.5 μm±0.01 μm 로 줄어들고 경도는 30%±5% 증가합니다. 20 시간 미만 후에는 크기가 >1 μm로 늘어나 성능이 감소합니다.	불 밀링은 40h±1h 동안 수행되었으며, 회전 속도는 400rpm±10rpm으로 제어되었습니다.
소결 온도	1450° C±10° C	1450° C에서 입자 크기는 <0.7 μm±0.01 μm이고, 1500° C 이상에서 입자 크기는 >2 μm 이며 경도는 10%±2% 감소합니다.	입자성장을 방지하기 위해 1450° C±10° C를 조절합니다.
첨가제(VC)	0.3%±0.01%	0.3%는 입자 성장을 억제하고 경도를 5%±1% 증가시킵니다. 0.5% 이상은 취성상을 형성합니다. K _{1c} <8 MPa·m ^{1/2} ± 0.5.	VC 0.3%±0.01%를 첨가하고 입자 크기를 <0.5 μm±0.01 μm 로 제어합니다.
공통 콘텐츠	10%±1%	10%는 경도(HV 1800±30)와 인성 (K _{1c} > 12 MPa·m ^{1/2} / ± 0.5) 이 균형을 이루고 있으며, <6%는 인성이 부족합니다.	균형 잡힌 성능을 보장하려면 Co를 10%±1%로 설정하세요.
소결 분위기	진공도 <10 ⁻³ Pa ± 10 ⁻⁴ Pa	진공은 산화(O ₂ < 0.1 ppm±0.01 ppm)를 방지하고 결정립계 결합(<0.1%±0.02%)을 감소시킵니다.	진공 또는 고순도 Ar 분위기(순도>99.99%±0.01%)를 사용하세요.

초경합금의 경도 및 인성 균형을 위한 바인더상 함량 최적화에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
공통 비율	8%10%±1%	± 30) 및 인성 (K _{1c} 12 MPa·m ^{1/2} / ± 0.5); <6% K _{1c} <10 MPa·m ^{1/2} ± 0.5.	보장하려면 Co 8%10%±1%를 선택하세요.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
소결 온도	1450° C ± 10° C	1450° C 에서는 Co 의 균일한 분포가 보장되고(편차 <1%±0.2%), 1500° C 이상에서는 Co 풀(>10 μm±1 μm)이 형성됩니다.	제어 1450° C ± 10° C, Co 분포 편차 <1%±0.2%.
WC 입자 크기	0.51 μm ± 0.01 μm	0.51 μm 는 계면 결합을 향상시키고, 2 μm 이상에서는 K _{1c} 가 5%±1% 감소합니다.	WC 0.51 μm ± 0.01 μm 을 선택하세요.
첨가제 (VC)	0.3% ± 0.01%	0.3%는 Co 확산을 제어합니다(속도 <10 ⁻¹⁰ cm ² /s ± 10 ⁻¹¹ cm ² /s). 0.5% 이상은 취성 상을 형성합니다(1%±0.2%).	VC 0.3%±0.01%를 첨가하면 Co 확산을 억제할 수 있습니다.
성형 압력	250MPa ± 5MPa	250MPa 는 밀도를 증가시킵니다(>99.5%±0.1%); <200MPa 다공성 >2%±0.5%.	250MPa ± 5MPa 의 냉간 등방압 성형을 사용합니다.
소결 시간	2 시간 ± 0.1 시간	2 시간 동안 Co 습윤이 조절됨(접촉각 <5° ± 1°), Co 분리율 >0.5%±0.1% (3 시간 이상)	Co 의 균일성을 보장하기 위해 소결은 2 시간 ± 0.1 시간 동안 수행되었습니다.

시멘트 초경 피로 저항성 및 충격 저항성의 주요 성능 매개변수

성능	매개변수 범위	응용 프로그램 시나리오	주목
균열 성장 속도 (다/ 디엔)	<10 ⁻⁶ mm/사이클 ± 10 ⁻⁷ mm/사이클	광산 드릴 비트, 항공 절삭 공구, 내마모성 금형	낮은 균열 성장률(예: 10 ⁻⁷ mm/사이클 ± 10 ⁻⁸ mm/사이클)은 피로 수명을 연장합니다(> 10 5 배 ± 10 5 배).
충격 에너지	1050J ± 1J	광산 드릴 비트, 항공 절삭 공구, 내마모성 금형	샤르피 충격 에너지는 20 J ± 1 J 로 높은 충격 요구 사항(예: > 10 ³ Hz ± 100 Hz)을 충족합니다.
피로한 삶	>10 5 배 ± 10 5 배	광산 드릴 비트, 내마모성 금형	입자 미세화(0.5 μm ± 0.01 μm)와 Co 최적화(10%±1%)로 피로 저항성이 크게 향상되었습니다.
충격 수명	드릴링 > 1500m ± 100m, 압출 > 10 6 회 ± 10 5 회	광산 드릴 비트, 내마모성 금형	높은 K _{1c} (12 MPa · m ^{1/2} / ± 0.5)로 충격에 대한 신뢰성을 보장합니다.

초경합금의 피로저항성에 미치는 균열성장에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
입자 크기	0.51 μm ± 0.01 μm	0.51 μm da/ dN < 10 ⁻⁷ mm/사이클 ± 10 ⁻⁸ mm/사이클; > 2 μm da/ dN > 10 ⁻⁶ mm/사이클 ± 10 ⁻⁷ mm/사이클.	WC 0.51 μm ± 0.01 μm 을 선택하세요.
공동 콘텐츠	10% ± 1%	10% K _{1c} > 12 MPa · m ^{1/2} / ± 0.5, 낮은 da/ dN ; < 6% da/ dN 30% ± 5% 증가.	Co 를 10% ± 1%로 설정합니다.
응력 비율(R)	0.1 ± 0.01	R=0.1 da/ dN < 10 ⁻⁷ mm/cycle ± 10 ⁻⁸ mm/cycle; R>0.5 da/ dN 50% ± 5% 증가.	통제 R=0.1 ± 0.01.
첨가제 (VC)	0.3% ± 0.01%	0.3% 증가 결정립계 강도(>200 MPa ± 20 MPa) 증가, 0.5% 이상 취성상 >1% ± 0.2% 증가.	VC 0.3% ± 0.01%를 첨가합니다.
표면 거칠기	Ra < 0.05 μm ± 0.01 μm	Ra < 0.05 μm, 균열 시작 시간 > 10 4 배 ± 10 3 배 ; > 0.1 μm, 수명이 20% ± 5% 감소합니다.	Ra < 0.05 μm ± 0.01 μm 로 연마합니다.
미세한 결합	다공성 < 0.5% ± 0.1%	다공성 < 0.5% da/ dN < 10 ⁻⁷ mm/cycle ± 10 ⁻⁸ mm/cycle; > 1% da/ dN	다공성은 < 0.5% ± 0.1%로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
		증가 40%±5%	제어되며 CT 스캐닝을 통해 검출됩니다.

초경합금 충격 저항의 충격 인성에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
공동 콘텐츠	10%±1%	충격 에너지 10% >20 J±1 J; 충격 에너지 6% 미만 <10 J±1 J.	Co 10%±1%를 선택하세요.
입자 크기	0.51 μm±0.01 μm	0.51 μm K _{1c} >12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5; >2 μm일 때 충격 에너지는 20%±5% 감소합니다.	WC 0.51 μm±0.01 μm 을 선택하세요.
첨가제 (VC)	0.3%±0.01%	0.3% 충격 에너지는 10%±2% 증가합니다. 0.5% 이상 취성상은 1%±0.2% 이상 증가합니다.	VC 0.3%±0.01%를 첨가합니다.
노치 깊이	2mm±0.01mm	2mm 표준 시험; >3mm 충격 에너지 감소 30%±5%.	노치 깊이를 2mm ± 0.01mm 로 제어합니다.
소결 밀도	>99.5%±0.1%	>99.5% 충격 에너지 >20 J±1 J; <99% 다공성 >2%±0.5%.	소결 밀도가 99.5%±0.1% 이상인지 확인하세요.
테스트 온도	40° C±1° C	40° C에서 충격 에너지는 >15 J±1 J이고, <60° C에서는 충격 에너지가 20%±5% 감소합니다.	저온 테스트(40° C ± 1° C)로 성능을 검증합니다.

시멘트 카바이드 파괴 메커니즘의 주요 성능 매개변수

성능	매개변수 범위	실패 시나리오	주목
마모율	<0.06mm ³ / N·m ± 0.01mm ³ / N·m	광산 드릴 비트, 항공 절삭 공구, 내마모성 금형	높은 마모율(>0.06 mm ³ / N·m ± 0.01 mm ³ / N·m) 로 인해 공구 수명이 단축됩니다(예: 공구 <10 시간 ±1 시간).
균열 길이	<0.1mm±0.01mm	항공 도구, 광산 드릴 비트	미세균열(>0.1mm ± 0.01mm)은 박리를 유발하고 신뢰성을 저하시킵니다.
파괴율	<0.1%±0.02%	항공 도구, 내마모성 금형	높은 K _{1c} (12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5)는 파손 위험을 줄여줍니다.
박리율	<0.1%±0.02%	광산 드릴 비트, 내마모성 금형	계면 에너지 >1 J/m ² ± 0.1 J/m ² 는 박리를 감소시킵니다.

초경합금의 마모 파괴에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
경도	HV 1800±30	HV 1800±30: 마모율 <0.06 mm ³ / N·m ± 0.01 mm ³ / N·m ; <1500±30: 30%±5% 증가.	경도 HV 1800±30 을 확보하세요.
입자 크기	0.51 μm±0.01 μm	0.51 μm: 마모율 낮음; >2 μm: 20%±5% 증가.	WC 0.51 μm±0.01 μm 을 선택하세요.
공동 콘텐츠	10%±1%	접착제 마모가 10% 감소합니다. 마모율이 12% 이상 증가하면 15%±3% 증가합니다.	Co 를 10%±1%로 설정합니다.
표면 거칠기	Ra<0.05 μm±0.01 μm	Ra<0.05 μm 일 경우 마모율이 낮고, >0.1 μm 일 경우	Ra<0.05 μm±0.01 μm 로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
		마모율이 25%±5% 증가합니다.	연마합니다.
작동 온도	<800° C±10° C	>800° C 접촉제 마모가 50%±5% 증가합니다.	냉각수를 사용하여 온도를 <600° C±10° C 로 조절하세요.
연마 입자 크기	<50 μm±5 μm	<50 μm: 마모율<0.06 mm ³ / N·m ± 0.01 mm ³ / N·m ; 연마 입자 크기를 >100 μm: 마모율이 40%±5% 증가합니다.	<50 μm±5 μm 로 제어합니다.

초경합금의 파괴 및 박리에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
인성 (K _{1c})	>12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5	K _{1c} >12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5 일 때, 파단율은 <0.1%±0.02%이고, <10 MPa·m ^{1/2} ± 0.5 일 때, 파단율은 50%±5% 증가합니다.	K _{1c} >12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5 를 보장합니다.
입자 크기	0.51 μm±0.01 μm	0.51 μm의 균열 성장 속도는 느리고, 2 μm 이상의 파괴 속도는 30%±5% 증가합니다.	WC 0.51 μm±0.01 μm 을 선택하세요.
공통 콘텐츠	10%±1%	각질 발생이 10% 감소, 각질 발생률이 6% 미만일 경우 20%±5% 증가합니다.	Co 를 10%±1%로 설정합니다.
표면 결함	균열<0.1mm±0.01mm	균열이 0.1mm 이상인 경우, 파괴율은 50% ± 5% 증가합니다.	CT 스캐닝을 사용하여 균열을 감지하고 표면을 닦았습니다.
응력 집중 계수 (K _t)	<2±0.1	K _t > 3 일 때 박리속도는 40%±5% 증가합니다.	둥근 모서리(반경 > 0.5 mm ± 0.01 mm), K _t < 2 ± 0.1.
인터페이스 에너지	>1 J/m ² ± 0.1 J/m ²	>1 J/m ² 일 경우 탈락률은 20%±5% 감소하고, <0.5 J/m ² 일 경우 탈락률은 30%±5% 증가합니다.	최적화된 계면 에너지 >1 J/m ² ± 0.1 J/m ² .

초경합금 성능 향상의 주요 성능 매개변수

성능	매개변수 범위	응용 프로그램 시나리오	주목
경도(HV)	1800±2500±30	항공 도구, 광산 드릴 비트, 내마모성 금형	초미립자(<0.2 μm±0.01 μm) 및 표면 강화(레이저 클래딩 등)는 >3000±50 에 도달할 수 있습니다.
인성 (K _{1c})	1015 MPa·m ^{1/2} ± 0.5	광산 드릴 비트, 내마모성 금형	첨가제(VC, TaC) 및 Co 최적화(10%±1%)는 K _{1c} 를 12 MPa·m ^{1/2} ± 0.5 이상으로 증가시킵니다.
피로한 삶	>10 5 배 ± 10 5 배	내마모성 금형, 광산 드릴 비트	PIII(10 ¹ 8cm ⁻² ± 10 ¹ 6cm ⁻²) 는 수명을 10 6 배 ± 10 5 배 이상 연장합니다.
마모율	<0.06 ± 0.01 mm ³ / N·m	항공 도구, 광산 드릴 비트	이온 이식 및 레이저 클래딩은 <0.04 mm ³ / N·m ± 0.01 mm ³ / N·m 로 줄일 수 있습니다.

시멘트 카바이드 성능 향상에 영향을 미치는 요인에 대한 입자 미세화 및 첨가제

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
입자 크기	<0.5 μm±0.01 μm	<0.5 μm 경도>2000±30; >1 μm 경도<1800±30.	WC<0.5 μm±0.01 μm 을 선택하고 불필을 40 시간±1 시간 동안 진행합니다.
첨가제(VC/ TaC)	0.3%±0.01%	경도가 0.3% 증가하면 5%±1% 증가하고, K _{1c} 는 10%±2% 증가합니다. 취성상이 0.5% 이상일 경우 1%±0.2% 증가합니다.	VC/ TaC 0.3%±0.01%를 첨가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
		증가합니다.	
불 밀링 시간	40 시간 ± 1 시간	40 시간 후, 입자 크기는 $0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이고, 20 시간 후, 입자 크기는 $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 입니다.	불밀을 40 시간 ± 1 시간 (500rpm ± 10rpm) 동안 작동시킵니다.
소결 온도	1450° C ± 10° C	1450° C 에서는 입자가 안정적이며, 1500° C 이상에서는 입자가 $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 입니다.	1450° C ± 10° C 에서 제어, 압력 <math><10^{-3} \text{ Pa} \pm 10^{-4} \text{ Pa}</math>.
공동 콘텐츠	10% ± 1%	10% K _{1c} > 12 MPa · m ^{1/2} ± 0.5; <math><6\%</math> K _{1c} < 10 MPa · m ^{1/2} ± 0.5.	Co 를 10% ± 1%로 설정합니다.
ZrC 첨가	0.2% ± 0.01%	경도 0.2% > 2500 ± 50; > 0.5% K _{1c} 는 10% ± 2% 감소합니다.	초미립 WC의 경우 ZrC 0.2% ± 0.01% 를 첨가합니다 .

초경합금 성능 향상을 위한 표면강화에 영향을 미치는 요인

요인	매개변수 범위	성능에 미치는 영향	최적화 제안
침탄 온도	900° C ± 10° C	WC 층 (1050 μm ± 1 μm, HV > 2500 ± 50) 은 900° C 에서 형성되고, 균열률은 > 1000° C 에서 > 1% ± 0.2% 입니다.	조절된 온도: 900° C ± 10° C, CH ₄ 유량: 10 L/min ± 0.1 L/min.
이온 투여량	10 ¹⁷ cm ⁻² ± 10 ¹⁶ cm ⁻²	10 ¹⁷ cm ⁻² 정도 > 2200 ± 30; > 10 ¹⁸ cm ⁻² 손상 > 1% ± 0.2%.	N ⁺ , 선량 10 ¹⁷ cm ⁻² ± 10 ¹⁶ cm ⁻² , 에너지 100 keV ± 1 keV 를 사용합니다.
입자 크기	0.51 μm ± 0.01 μm	0.51 μm 는 강화 효과가 가장 좋고, 2 μm 이상에서는 경도 증가율이 <math><10\% \pm 2\%</math> 입니다.	WC 0.51 μm ± 0.01 μm 을 선택하세요.
공동 콘텐츠	10% ± 1%	10% 보강층은 안정적이며, <math><6\%</math> 균열율은 20% ± 5% 증가합니다.	Co 를 10% ± 1%로 설정합니다.
표면 거칠기	Ra <math><0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}</math>	Ra <math><0.05 \mu\text{m}</math> 에서는 마모율이 낮고, $>0.1 \mu\text{m}$ 에서는 15% ± 3% 증가합니다.	Ra <math><0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}</math> 로 연마합니다.
레이저 파워	2kW ± 0.1kW	2kW 클래딩 층은 균일합니다 (두께 50~100 μm ± 1 μm). 3kW 이상에서는 균열율이 10% ± 2% 증가합니다.	레이저 출력은 2kW ± 0.1kW 로 제어되었고, 스캐닝 속도는 10mm/s ± 0.1mm/s 로 제어되었습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

홀-페치 관계란 무엇인가?

홀-페치 관계식은 재료의 기계적 성질(주로 강도와 경도)과 결정립 크기 사이의 관계를 설명하는 고전적인 이론 모델입니다. 이 관계는 금속, 합금, 세라믹 재료(예: 초경합금 WC-Co)에 널리 사용됩니다. 이 관계는 결정립 크기가 감소함에 따라 재료의 강도와 경도가 크게 증가함을 보여줍니다. 핵심 메커니즘은 결정립계가 전위 이동을 방해하는 효과입니다. 홀-페치 관계식은 1951 년과 1953 년에 각각 E.O. 홀과 N.J. 페치가 처음 제안했으며, 주로 다결정 재료의 기계적 거동을 연구하는 데 사용됩니다.

기본 개념 및 공식

Hall-Petch 관계는 다음의 수학 공식으로 표현될 수 있습니다.

或对于硬度:

$$\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2}$$

$$HV = HV_0 + k'd^{-1/2}$$

其中:

- σ_y : 材料的屈服强度 (单位: MPa) 。
- HV : 材料的硬度 (例如维氏硬度, 单位: HV) 。
- σ_0 或 HV_0 : 单晶材料的屈服强度或硬度 (晶粒尺寸趋于无穷大时的极限值), 反映晶粒内部的固有阻力。
- k 或 k' : Hall-Petch常数, 与材料类型和晶界特性相关 (单位: $MPa \cdot m^{1/2}$ 或 $HV \cdot m^{1/2}$) 。
- d : 平均晶粒尺寸 (单位: m, 通常为 μm 量级) 。
- $d^{-1/2}$: 晶粒尺寸的倒数平方根, 表示晶界密度的增加。

直观解释: 晶粒尺寸越小 (d 越小), $d^{-1/2}$ 越大, 晶界密度越高, 位错运动受阻越明显, 因此材料的强度和硬度 (σ_y 或 HV) 越高。

미시적 메커니즘

홀-페치 관계의 물리적 기반은 결정립계가 전위 운동에 미치는 방해 효과입니다. 다결정 재료의 기계적 특성은 주로 다음과 같은 메커니즘에 의해 영향을 받습니다.

결정립계는 전위 운동을 방해한다 :

다결정 재료에서 결정립 사이의 결정립계는 전위 이동에 대한 자연적인 장애물입니다. 전위는 재료의 소성 변형을 유발합니다. 전위가 결정립계로 이동하면 결정립계의 방향 차이(결정립계 편향각은 일반적으로 $20^\circ \sim 40^\circ$)와 결정립계 에너지 ($>1.5 \text{ J/m}^2$) 로 인해 결정립계를 쉽게 넘을 수 없습니다.

전위는 결정립계에 축적되어 전위 축적을 형성하고, 이는 국부적인 응력 집중을 초래합니다. 결정립계를 통과하려면 더 높은 응력이 필요하며, 이는 항복 강도의 증가로 나타납니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결정립계 밀도 증가 :

결정립 크기가 감소함에 따라(예: $2\mu\text{m}$ 에서 $0.5\mu\text{m}$ 로) 결정립 경계의 밀도는 상당히 증가합니다(약 10^{12}m^{-2} 에서 $>10^{13}\text{m}^{-2}$ 로). 결정립 경계의 밀도 가 높을수록 단위 부피당 전위 이동을 방해하는 장애물이 많아지고 재료의 강도와 경도가 그에 따라 증가합니다.

$2\mu\text{m}$ 에서 $0.5\mu\text{m}$ 로 감소하면 결정립계 밀도 가 약 4 배 증가하고 경도는 25%-30%까지 증가할 수 있습니다(예: HV 1200 에서 HV 1600 으로).

오로완 강화 메커니즘 :

결정립 경계는 전위를 고정함으로써 재료의 특성을 향상시킵니다(오로완 강화 메커니즘 과 유사).

晶界通过钉扎位错 (类似Orowan强化机制) 增强材料性能。位错绕过晶界的剪应力 (τ) 与晶界间距 (λ) 相关: $\tau \sim Gb/\lambda$, 其中G为剪切模量, b为伯氏矢量, λ 与晶粒尺寸d成正比 ($\lambda \sim d$)。晶粒尺寸越小, λ 越小, 剪应力越高, 材料越强硬。

결정립계 이동 및 안정성 :

결정립계의 열역학적 안정성은 홀-페치 관계에 중요한 영향을 미칩니다. 결정립계 이동 속도(일반적으로 $<10^{-10}\text{m/s}$)는 소결 온도($1400\sim 1500^\circ\text{C}$)와 첨가제(예: VC 0.2%~0.5%)에 의해 제어되며, 이동 장벽은 $80\sim 120\text{kJ/mol}$ 입니다. 안정적인 결정립계(낮은 이동 속도)는 미세한 결정립 구조를 유지하여 높은 강도를 유지하는데 도움이 됩니다.

Hall-Petch 관계의 적용 범위

Hall-Petch 관계는 특정 입자 크기 범위 내에서는 매우 잘 작동하지만 극단적인 경우에는 실패합니다.

자 크기, $>0.2\mu\text{m}$) :

대부분의 초경합금(예: WC-Co)의 경우, 홀-페치 관계는 입자 크기가 $0.2\mu\text{m}$ 에서 $10\mu\text{m}$ 사이일 때 성립합니다. 예를 들어, WC-10Co의 입자 크기가 $2\mu\text{m}$ 에서 $0.5\mu\text{m}$ 로 감소하면 경도는 HV 1200 에서 HV 1600 으로 약 25~30% 증가하고, 항복 강도는 약 20~25%(3500MPa 에서 4500MPa) 증가합니다.

이때 주요 강화 메커니즘은 전위의 움직임을 방해하는 결정립계이다.

가 너무 작음, $<0.2\mu\text{m}$) :

μm , 예: $<100\text{nm}$ 로 미세화되면 홀-페치 관계가 깨지고 "역 홀-페치 효과"가 발생할 수 있습니다. 이때 결정립계 미끄러짐 이 주요 변형 메커니즘이 되어 강도와 경도가 저하됩니다.

이유: 결정립계 비율이 너무 높고($>50\%$), 계면 에너지가 성능을 좌우하고($>1.5\text{J/m}^2$), 결정립계 미끄러짐 및 확산(예: 코블 크립) 이 심화되고, 인성이 감소합니다 (K_{1c} 가 $12\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 에서 $<8\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 로 감소) .

$0.5\mu\text{m}$ 에서 $0.1\mu\text{m}$ 로 감소하면 경도는 HV 1600 에서 HV 1400 으로 떨어지고 인성은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

크게 감소합니다 ($K_{1c} < 8\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$).

고온 조건 :

고온(>800° C)에서는 결정립계 이동 속도가 증가하고(>10⁻⁹m/s), 결정립이 비정상적으로 성장(>2 μm) 하여 홀-페치 효과가 약화됩니다. 예를 들어, 1000° C에서 WC-10Co의 결정립 크기는 0.5 μm에서 2 μm로 성장하고 경도는 10% - 15% (HV 1600에서 HV 1400으로) 감소합니다.

Hall-Petch 관계에 영향을 미치는 요인

Hall-Petch 관계의 성능은 다음 요인의 영향을 받습니다.

입자 크기(d) :

결정립 크기는 홀-페치 관계의 핵심 변수입니다. 결정립이 작을수록 결정립계 밀도가 높아지고 강화 효과가 더욱 뚜렷해집니다. 예를 들어, WC 결정립 크기가 1 μm에서 0.5 μm로 감소하면 경도가 약 15 ~ 20% 증가합니다.

그러나 입자가 너무 작으면(<0.2 μm) 역 Hall-Petch 효과가 나타나며, 입자 경계 미끄러짐을 억제하기 위해 첨가제(예: VC 0.2%-0.5%)가 필요합니다.

재료 유형 및 결정립계 특성 :

Hall-Petch 상수 k 는 재료 유형과 결정립계 특성과 밀접하게 관련되어 있습니다. WC-Co 합금의 경우, k 값은 일반적으로 0.5-1.0 MPa·m^{1/2} 범위에 있으며, Co 함량과 결정립계 강도에 영향을 받습니다.

Co 함량이 높을 때(예: 15%), 결정립계 젖음성이 증가(접촉각 < 15°), 결정립계 강도가 낮아(< 100 MPa) k 값이 감소하며, 강화 효과가 약화됩니다; Co 함량이 낮을 때(예: 6%), 결정립계 강도가 높고(> 150 MPa), k 값이 증가합니다.

3. 첨가물 :

입자 억제제(예: VC 0.2%-0.5%, Cr₃ C₂ 0.1%-0.3%)를 첨가하면 입자 크기를 줄이고 홀-페치 효과를 향상시킬 수 있습니다. 예를 들어, VC 0.4%를 첨가하면 WC 입자 크기를 1 μm에서 0.5 μm로 줄이고 경도를 5%-10% (HV 1500에서 HV 1600으로) 증가시킬 수 있습니다.

그러나 과도한 첨가제(>0.8%)는 취성상(예: VC_x 상, 비율 >0.5%)을 형성하고 인성($K_{1c} < 8\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 감소시킬 수 있습니다.

소결 공정 :

소결 온도(1400~1500° C)와 진공(<10⁻² Pa)은 결정립 크기와 결정립계 안정성에 영향을 미칩니다. 너무 높은 온도(>1550° C)는 결정립 성장(>2 μm)을 유발하고 경도가 10~15% 감소합니다.

예를 들어, WC-10Co를 1450° C에서 소결하면 입자 크기는 0.5 μm로 유지되고 경도는 HV 1600에 도달합니다. 1600° C에서 소결하면 입자 크기가 2 μm로 커지고 경도는 HV 1400으로 떨어집니다.

공동 콘텐츠 :

Co 함량은 결정립계 젖음성과 소성 변형 능력에 영향을 미칩니다. Co 함량이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮으면(예: 6%) 결정립계 강화 효과가 크고 경도가 높습니다(HV>1600). 반면, Co 함량이 높으면(예: 15%) 결정립계가 연화되고 경도가 감소합니다(HV<1200).

예를 들어, WC-6Co(입자 크기 0.5 μm)의 경도는 HV 1700 인 반면, WC-15Co(동일한 입자 크기)의 경도는 HV 1200 에 불과합니다.

미세한 결합 :

기공률(>1%)과 미세균열(길이 >0.05mm)은 입계 강화 효과를 약화시키고 경도와 강도를 감소시킵니다. 예를 들어, 기공률이 0.5%에서 2%로 증가하면 경도가 약 5%(HV 1600 에서 HV 1520 으로) 감소합니다.

초경합금의 적용

시멘트 카바이드(WC-Co 등)에서 홀-페치 관계는 입자 크기를 제어하여 특성을 최적화하는 데 널리 사용됩니다.

입자 미세화로 경도가 높아집니다 .

고에너지 볼 밀링(300-500 rpm, 20-40 시간), 입자 억제제(VC 0.2%-0.5%) 첨가, 최적화된 소결 공정(1400-1500° C, 진공 10^{-2} Pa)을 통해 입자 크기를 2 μm 에서 0.5 μm 로 줄였습니다 .

결과: 경도는 HV 1200 에서 HV 1600 으로 증가하였고, 항복 강도는 3500 MPa 에서 4500 MPa 로 증가하여 고속 절삭(>800 m/min) 요구 사항을 충족했습니다.

경도와 인성의 균형 :

입자 크기가 너무 작으면($0.2 \mu\text{m}$) 인성이 감소하여 ($K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}</math>) 광산 드릴 비트 와 같은 충격 이 큰 환경에 적합하지 않습니다 . 따라서 경도(HV 1600)와 인성 ($K_{1c} 12-14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}</math>)의 균형을 맞추기 위해 입자 크기를 0.5-1 μm 범위로 제어해야 합니다 .$$

예를 들어, WC-10Co(입자 크기 0.5 μm)는 경도가 HV 1600 이고 K_{1c} 가 $12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}</math> 이므로 항공 도구에 적합합니다.$

엔지니어링 애플리케이션 최적화 :

홀-페치 관계식을 통해 μm , 경도는 HV 1700 에 도달하고 절삭 수명은 15 시간 이상입니다.

드릴 비트: 입자 크기 0.8 μm , 경도 HV 1500, $K_{1c} 13 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}</math>, 드릴링 거리 >1200 m.$

내마모성 금형: 입자 크기 0.5 μm , 경도 HV 1600, 압출 시간 >10 6 배.

한계와 과제

홀-페치 관계는 시멘트 초경합금에 널리 사용되지만 다음과 같은 한계와 과제도 있습니다.

역 홀-페치 효과 :

결정립 크기가 너무 작으면($0.2 \mu\text{m}$), 변형은 결정립계 슬라이딩과 확산에 의해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

지배되며 강도와 경도가 감소합니다. 예를 들어, WC 결정립 크기가 $0.5 \mu\text{m}$ 에서 $0.1 \mu\text{m}$ 로 감소 하면 경도가 HV 1600 에서 HV 1400 으로 떨어질 수 있습니다 .

결정립계 안정성 의 과제 :

소결 시간(>4 시간)은 결정립 성장(> $2 \mu\text{m}$) 을 유발하여 Hall-Petch 효과를 감소시킵니다. 결정립 성장을 억제하기 위해 VC 또는 Cr_3C_2 를 첨가해야 합니다.

회복력 감소의 위험 :

($K_{1c} < 10 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 을 감소시킬 수 있으며 , Co 함량(8%-12%)과 입자 크기($0.5-1 \mu\text{m}$) 를 최적화하여 성능을 균형 있게 조정해야 합니다 .

결합 의 영향 :

기공률(>1%)과 미세균열(길이 > 0.05mm)은 결정립계 강화 효과를 약화시킬 수 있습니다. 예를 들어, 고기공성 WC-10Co(기공률 2%)의 경도는 HV 1520 에 불과하여 예상 경도(HV 1600)보다 훨씬 낮습니다.

개발 추세

재료 과학과 지능형 제조의 발전으로 시멘트 카바이드에서 홀-페치 관계의 응용이 더욱 심화되고 있습니다.

나노결정 및 초미립 결정 기술 :

초미립자(< $0.5 \mu\text{m}$) 및 나노결정(< 100nm) 초경합금을 개발했지만, 결정립계 미끄러짐 문제를 해결해야 합니다(예: 결정립계 강도를 향상시키기 위해 TaC 0.2%-0.5% 첨가) .

그라데이션 구조 디자인 :

Hall-Petch 관계식을 이용하여 미세한 표면 입자($0.2-0.5 \mu\text{m}$, 경도 HV 1700)와 약간 더 큰 내부 입자($1-2 \mu\text{m}$, $K_{1c} > 14 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)를 갖는 경사 구조의 초경합금을 설계하여 경도와 인성의 시너지 최적화를 달성합니다.

AI 지원 최적화 :

AI 는 입자 크기가 성능에 미치는 영향을 예측하고(예측 정확도 > 90%) 볼 밀링 및 소결 매개변수를 최적화하는 데 사용됩니다. 예를 들어, 머신 러닝을 사용하여 경도 편차가 2% 미만인 최적 입자 크기($0.5 \mu\text{m}$) 를 예측할 수 있습니다.

향상된 고온 성능 :

$1 \mu\text{m}$) 를 유지 하고 Hall-Petch 효과를 유지하기 위해 고온 안정적 입자 경계 억제제(예: ZrC 0.1%-0.3%) 를 개발합니다.

요약하자면, 홀-페치 관계는 초경합금의 기계적 성질에 대한 결정립 크기의 영향을 보여주며, 결정립 미세화 및 성능 최적화의 이론적 근거가 됩니다. 결정립 크기와 결정립계 특성을 합리적으로 조절함으로써 경도와 강도를 크게 향상시킬 수 있지만,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

인성과 고온 안정성의 균형에 주의를 기울여야 합니다. 새로운 기술과 지능형 제조 기술의 도입으로 홀-페치 관계는 초경합금 분야에서 더 큰 역할을 할 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

카바이드 란 무엇입니까 ?

경사 구조 초경합금은 미세 구조 또는 조성(예: 입자 크기, 결합상 함량 또는 첨가제 분포)이 재료 내부에서 특정 방향(예: 표면에서 내부)으로 경사 변화를 나타내도록 설계 및 조절된 초경합금(WC-Co)의 한 종류입니다. 이 구조는 높은 표면 경도와 높은 내부 인성 등 다양한 영역의 성능 이점을 결합하여 가혹한 작업 조건(예: 항공 공구 및 광산 드릴)의 포괄적인 성능 요건을 충족하도록 설계되었습니다. 기존 초경합금과 비교했을 때 경사 구조 초경합금은 성능 최적화 측면에서 상당한 이점을 제공하지만, 기존 재증 및 생산 방식에 새로운 과제를 제기하며, 동시에 지능형 생산 설계 제어(AI 에이전트)에 대한 요구 사항이 더욱 높아집니다.

경사구조 초경합금의 기본 개념 및 원리

초경합금은 일반적으로 단단한 상(예: 경도는 높지만 취성이 높은 WC)과 결합상(인성은 좋지만 경도는 낮음)으로 구성됩니다. 전통적인 초경합금(예: YG6, YG8 및 기타 등급)은 균일한 미세 구조를 가지고 있으며 Co 함량과 입자 크기가 기본적으로 재료 전체에 걸쳐 일관되어 높은 경도와 높은 인성의 요구 사항을 동시에 충족하기 어렵습니다. 예를 들어, YG6(Co 6%)는 높은 경도(HV 1600-1700)를 갖지만 인성은 낮습니다 (K_{1c} c 8-10 MPa·m^{1/2}). YG15(Co 15%)는 좋은 인성 (K_{1c} c 14-16 MPa·m^{1/2}) 을 갖지만 경도는 낮습니다(HV 1200-1300).

경사 구조의 시멘트 카바이드는 재료의 다양한 영역에서 성능 경사를 도입하여 기능의 시너지적 최적화를 달성합니다.

표면

Co 함량이 낮고(예: 4%-6%), 입자 크기가 미세하고(예: 0.2-0.5 μm), 경도가 높고(HV 1600-1800), 내마모성이 강하며, 높은 마찰과 마모에 견디는 데 적합합니다.

중간층

Co 함량 및 입자 크기는 점진적으로 전이(예: Co 8%-10%, 입자 0.5-1 μm), 두께 0.5-2 mm, 계면 응력 집중(<80 MPa)을 완화합니다.

내부

Co 함량이 비교적 높고(예: 12%-15%), 입자 크기가 약간 더 크고(예: 1-2 μm), 인성 이 우수하고 (K_{1c} c 14-16MPa·m^{1/2}), 충격 저항성이 강하며, 균열 에너지를 흡수하고 파괴를 방지할 수 있습니다.

이러한 기울기 분포는 Co 확산, 입자 성장 및 소결 공정을 조절함으로써 달성됩니다. 기계적 특성은 복합재 이론(예: Voigt 모델, $E^V_{WC} \cdot E_{WC+V_{Co}} \cdot E_{Co}$) 과 Hall-Petch 관계식 ($\sigma \sim d^{-1/2}$) 을 기반으로 합니다. 즉 재료는 깊이에 따라 다른 경도, 강도 및 인성을 갖습니다. 계면 에너지(<1.5 J/m²) 와 결정립계 동역학(이동 속도 <10⁻¹⁰ m/s)을 제어하여 구배 구조를 더욱 최적화할 수도 있습니다.

그래디언트 구조 설계 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

경사 구조 초경합금의 설계는 주로 다음 측면에 초점을 맞춥니다.

Co 함량 구배:

표면의 Co 함량은 낮고(4%-6%), 중간층은 8%-10%이며, 내부는 점차 증가하여 12%-15%가 됩니다.

원리: Co 함량이 낮으면 WC 부피 분율이 높고(>90%) 경도가 향상되고, Co 함량이 높으면 소성 변형 능력이 향상되고(변형 속도 $\sim 10^{-3} \text{ s}^{-1}$) 인성이 향상됩니다.

구현 방법: 층상 분말 비율(Co 분말 비율은 바깥쪽에서 안쪽으로 증가)을 조절하거나, 소결 중 Co 확산 속도를 제어합니다($< 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$). 예를 들어, 분말을 세 겹으로 쌓습니다. 표면층 Co 4%, 중간층 Co 8%, 내부층 Co 12%로 구성하고, 액상 소결을 통해 구배를 형성합니다.

입자 크기 구배:

표면 입자는 미세($0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$)하고, 중간층은 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 이며, 내부 입자는 약간 더 큼($1 \sim 2 \mu\text{m}$).

원리: 작은 입자는 Hall-Petch 효과($HV \sim d^{-1/2}$)를 통해 경도와 강도를 증가시킵니다. 더 큰 입자는 결정립계 미끄러짐(결정립계 면적 $< 10^{13} \text{ m}^{-2}$)을 줄이고 인성을 향상시킵니다.

구현 방법: 표면에 입자 억제제를 첨가(예: VC 0.2%-0.5%, Cr_3C_2 0.1%-0.3%)하거나 중간층과 내부의 억제제를 줄이거나 층상 소결을 통해 입자 성장 속도를 제어(표면 $< 10^{-10} \text{ m/s}$, 내부는 약간 높음).

첨가 분포 구배:

입자 성장을 억제하고 경도를 높이기 위해 표면에 VC 또는 Cr_3C_2 (0.2%-0.5%)를 더 첨가합니다. 입자 경계 강도(>150 MPa)를 높이기 위해 중간층에 소량의 TaC (0.1%-0.3%)를 첨가합니다. 인성을 더욱 높이기 위해 내부에 TaC (0.2%-0.5%)를 첨가합니다. 구현 방법: 층상형 첨가제 비율과 소결 공정 제어를 병행합니다. 예를 들어, 표층에 0.4% VC, 중간층에 0.2% TaC, 내층에 0.3% TaC를 첨가합니다.

합수적 기율기:

표면에 내마모성 코팅(CrN 또는 TiN 등, 두께 $2-4 \mu\text{m}$, 경도 HV 3000-3500)을 도입하고, 중간층은 피로 저항성(균열 성장 속도 $da/dN < 10^{-7} \text{ mm/cycle}$)을 최적화하고, 내부 부분은 충격 저항성(충격 에너지 >18J)을 최적화합니다.

구현 방법: 표면 개질(탄소침착, 이온 주입 등)과 내부 미세 구조 최적화의 조합.

다상 구배:

소량의 TiC (경도 > 2000 HV, 5%-10%)를 첨가하여 내마모성을 강화하는 등 다상 구조를 도입하고, 중간층을 WC-Co 전이층으로 하고, 내부는 WC-Co 구조를 유지하여 인성을 확보했습니다.

구현 방법: TiC 분말을 층층이 첨가하고 소결을 통해 다상 구배를 형성합니다.

기율기 방향의 다양화:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면에서 내부로 향하는 방사형 경사 외에도 측면 경사(공구 절삭 날의 높은 경도, 클램핑 부품의 높은 인성 등)나 다방향 경사(복잡한 기하학적 부품에 적합)도 설계할 수 있습니다.

구현 방법: 3D 프린팅 기술(선택적 레이저 용융 SLM 등)을 사용하여 각 영역의 구성과 구조를 정확하게 제어합니다.

경사구조 초경합금의 제조기술

경사 구조의 초경합금은 다음과 같은 공정을 거쳐 제조되어야 합니다.

분말 분배 및 성형

성형체는 층상 분말법으로 제조되었으며, 표면, 중간층, 내부에 다양한 Co 함량, 입자 크기 또는 첨가제 비율을 갖는 WC-Co 혼합 분말을 사용하였다. 예를 들어, 표면층은 Co 4%, WC 0.5 μm , 중간층은 Co 8%, WC 1 μm , 내층은 Co 12%, WC 1.5 μm 로 구성 하였다 .

냉간 등방압 성형(CIP, 압력 200-300 MPa)을 사용하여 그린 바디의 밀도(>99%)와 균일성(기공률 <0.5%)을 보장합니다 .

정밀도 요구 사항: 분말 비율 편차 <0.1%, 층 두께 편차 <0.02mm, 층간 접합 강도 >50MPa.

소결 공정:

액상소결(1400-1500° C, 1-3 시간, 진공도 <10⁻² Pa), Co 확산 속도(<10⁻⁹ cm² /s)는 온도 구배와 시간에 의해 제어되어 구배 분포를 형성합니다.

소결 온도 구배

표면 온도는 약간 낮아 (1400 ° C) 결정립 성장을 억제합니다. 중간층은 1420° C, 내부는 1450~1500° C로 Co 확산과 적당한 결정립 성장을 촉진합니다.

소결 분위기: 진공 또는 Ar 분위기(순도>99.99%), 산화 방지(O₂ 함량 <0.5 ppm), 결정립계 결합 감소(<0.2%).

냉각 속도: 열 응력(<100 MPa)을 피하기 위해 3-5° C/분으로 제어합니다. 10° C/분을 초과하는 경우 미세 균열률은 >0.5%입니다.

열처리 및 표면 개질

소둔(550-650° C, 1-2 시간)은 Co 상의 내부 응력(<50 MPa)을 감소시키고 K_{1c}를 약 5% 증가시킵니다.

표면탄소침착(850-950° C, CH₄ 분위기, 탄소층 두께 10-30 μm) 또는 이온 주입(N⁺, 투여량 10¹⁶-10¹⁷cm⁻², 에너지 80-120keV)을 실시하여 고경도층(HV 1800-2000)을 형성한다.

레이저 클래딩(전력 1.5-2.5kW, 두께 50-100 μm)은 초고 경도층(HV>2500)을 형성합니다.

플라즈마 강화 이온 이식(PIII, 복용량 10¹⁷-10¹⁸cm⁻²)은 깊은 마모 저항성(깊이 > 0.5 μm)을 향상 시킵니다 .

온라인 모니터링 및 제어

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

레이저 입자 크기 분석기(편차 $<0.02 \mu\text{m}$) 를 사용하여 결정립계 응력($<100 \text{MPa}$)을 X선 회절(XRD, 피크 폭 편차 $<0.2^\circ$)을 사용하여 평가했습니다.

소결 과정은 온도 센서(정확도 $\pm 2^\circ \text{C}$), 압력 센서(정확도 $\pm 10^{-3} \text{Pa}$) 및 온라인 현미경(분해능 $<0.1 \mu\text{m}$) 을 사용하여 실시간으로 모니터링하여 그래디언트 구조의 일관성(편차 $<0.5\%$)을 보았습니다.

음향 방출 기술(주파수 범위 $20 \text{kHz}-500 \text{kHz}$)을 사용하여 소결 과정에서 미세균열(길이 $>0.05 \text{mm}$)을 감지했습니다.

그래디언트 구조 초경합금의 성능 특성 및 장점

경사 구조의 초경합금은 성능의 조정된 최적화를 통해 다음과 같은 특성을 나타냅니다.

경도와 인성의 균형

높은 표면 경도(HV 1600-1800)와 탁월한 내부 인성 ($K_{1c} 14-16 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 을 갖추어 기존 초경합금의 경도와 인성 간의 모순을 극복했습니다.

예를 들어, 표면에 4% Co, 입자 두께 $0.5 \mu\text{m}$ 의 그래디언트 WC-10Co는 경도 HV 1700, 내부에 12% Co, $K_{1c} 14 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 를 가지며, 그 종합적 성능은 기존 YG8(Co 8%, HV 1500, $K_{1c} 12 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 보다 우수합니다.

내마모성과 내충격성의 시너지 효과 향상

높은 표면 경도와 낮은 Co 함량은 마모율을 감소시킵니다($<0.08 \text{mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$). 내부의 높은 Co 함량은 충격 에너지를 증가시킵니다(18-20 J).

기존 YG6보다 50% 더 높은, 단단한 바위 드릴링에서 수명이 1500m 이상인 채굴 드릴 비트와 같이 높은 마찰 및 충격 시나리오에 적합합니다.

우수한 피로 방지 성능

표면 균열 시작(균열 길이 $<0.05 \text{mm}$)과 내부 균열 성장률($\text{da}/\text{dN} < 10^{-7} \text{mm}/\text{사이클}$)을 줄여 피로 수명을 10-5배 이상 향상시킵니다.

예를 들어, 반복 하중(응력 비율 $R=0.1$, 주파수 $5\sim 15 \text{Hz}$) 하에서 그래디언트 WC-10Co의 수명은 기존 YG10(Co 10%)보다 20~30% 더 높습니다.

열충격 저항성

그래디언트 구조는 열응력 집중($<80 \text{MPa}$)을 감소시키고 고온($>800^\circ \text{C}$) 조건에서 열충격 저항성을 15%-20% 향상시켜 항공 공구(절삭 온도 $>800^\circ \text{C}$)에 적합합니다.

내식성

표면의 Co 함량이 낮아 부식 민감성이 낮아지고(용해 속도 $<10^{-10} \text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) 산성 환경($\text{pH} < 5$)에서 내식성이 10%-15% 향상되므로 해양 엔지니어링 분야에 적합합니다.

혹독한 작업 환경에 적응하다

고온($>800^\circ \text{C}$), 고충격($>500 \text{Hz}$), 고응력($>80 \text{MPa}$) 및 부식성 환경(NaCl 농도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5%)에서 경사 구조는 사용 수명을 효과적으로 연장할 수 있습니다. 예를 들어, 심해 드릴 비트의 수명을 50%, 고속철도 브레이크 패드 몰드의 수명을 60% 증가시킵니다.

구매 구조 초경합금의 과제와 기존 초경합금 등급

경사 구조 초경합금의 도입은 기존 초경합금 등급(YG 시리즈 및 YT 시리즈 등)에 많은 과제를 안겨주었습니다.

성능 제한이 드러났습니다

기존 등급은 구조가 균일하여 복잡한 작업 조건의 요구를 충족하기 어렵습니다. 예를 들어, YG6(Co 6%)는 경도가 높지만(HV 1600) 광산과 같은 고충격 환경에서는 파손되기 쉽습니다($K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$). YG15(Co 15%)는 인성이 우수하지만($K_{1c} 14\text{-}16 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 경도가 부족하고(HV <1300) 내마모성이 떨어집니다.

경사 구조 초경합금은 높은 표면 경도(HV 1700)와 높은 내부 인성($K_{1c} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)을 결합하여 기존 재종의 성능 한계를 뛰어넘습니다. 예를 들어, 항공 공구에서 경사 구조 WC-10Co의 절삭 수명(>15 시간)은 YG8보다 25% 더 높습니다.

응용 분야의 경쟁

기존 재종은 저충격 및 저마찰 등 특정 영역에서 여전히 이점을 가지고 있습니다. 예를 들어, 저부하 절삭에는 YG3(Co 3%)가 사용됩니다. 그러나 경사 구조 초경합금은 고부하 및 다기능 절삭(항공 및 심해 등) 분야에서 경쟁력이 더 높습니다. 예를 들어, 심해 드릴 비트(1,500m 이상)에서 경사 구조 WC-10Co의 천공 거리는 YG8(1,000m 미만)보다 훨씬 뛰어납니다.

기존 브랜드는 시장 경쟁력을 유지하기 위해 제품 포물러를 업그레이드하거나 점진적 구조를 도입해야 합니다. 그렇지 않으면 고급 시장에서 점차 도태될 수 있습니다.

생산 과정의 복잡성

기존 등급의 생산 공정은 간단하고(균일한 분말 비율 + 단일 소결) 비용이 저렴합니다(약 50~60 위안/kg). 반면, 경사 구조 초경합금은 층상 분말 혼합, 경사 소결, 그리고 온라인 모니터링이 필요하여 복잡하고 비용이 15~20% 증가합니다(약 60~70 위안/kg).

기존 생산 장비(예: 일반 소결로)는 기울기 구조의 정밀도 요구 사항(예: Co 분포 편차 <0.5%)을 충족하기 어려우며 고정밀 장비(예: 온도 기울기 제어 정확도가 $\pm 2^\circ \text{C/cm}$ 인 기울기 소결로)로 업그레이드해야 합니다.

표준화의 과제

기존 재종은 ISO K10, K20, P10 과 같은 성숙한 기준과 명확한 성능 매개변수를 가지고 있으며, 대량 생산 및 적용이 용이합니다. 경사 구조 초경합금은 깊이에 따라 성능이 달라지며 단일 기준으로 정의하기 어렵기 때문에 새로운 성능 평가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시스템(경도 및 인성의 층상 시험 등)이 필요합니다.

$K_1 \leq 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 는 기존 ISO 표준과 직접 일치할 수 없어 사용자가 재료를 선택할 때 혼란을 일으킬 수 있습니다.

시장 수용 및 홍보

기존 재종은 오랜 역사와 높은 시장 인지도를 가지고 있으며, 사용자들은 그 성능과 적용 범위에 익숙합니다. 하지만 신기술인 경사 구조 초경합금은 장기적인 적용 검증(예: 항공 공구 수명 시험)을 통해 신뢰를 얻어야 합니다.

홍보 초기 단계에서는 사용자의 비용 및 성능 안정성에 대한 우려를 해소해야 합니다. 예를 들어, 시범 프로젝트를 통해 장점을 입증하는 방법(예: 광산 드릴 비트의 수명을 50% 늘리는 방법)을 통해 이를 해소해야 합니다.

공급망 및 자재 선택의 적응성

기존 등급의 공급망은 성숙되어 있고, 원료(예: WC 분말, Co 분말)의 규격이 균일하며, 조달 비용도 저렴합니다. 경사 구조 초경합금은 다양한 규격(예: 입자 크기와 Co 함량이 다른 WC 분말)의 분말을 필요로 하므로 공급망의 복잡성과 비용이 증가합니다.

사용자는 재료 선택 전략을 재평가해야 합니다. 경도나 Co 함량을 기반으로 하는 기존의 단순한 등급 선정 방식은 더 이상 적용되지 않으며, 계층적 성능 시험 및 시뮬레이션 분석을 도입해야 합니다.

지능형 생산 설계 제어 AI 에이전트에 대한 요구 사항

경사 구조 초경합금 생산은 지능형 제조에 대한 더 높은 요구 사항을 제시합니다. 지능형 생산 설계 제어 AI 에이전트는 효율적이고 정확하며 안정적인 생산을 달성하기 위해 다음과 같은 기능을 갖춰야 합니다.

미세구조 예측 및 최적화

능력 요구 사항: AI 에이전트는 머신 러닝(ML) 및 딥 러닝(DL) 알고리즘(예: 지원 벡터 머신 SVM, 딥 신경망 DNN)을 통해 Co 함량, 입자 크기 및 첨가 비율이 성능에 미치는 영향을 예측해야 합니다(예측 정확도 > 90%).

특정 기능

과거 데이터와 물리적 모델(예: Hall-Petch 관계, Voigt 모델)을 기반으로 최적의 Co 함량 기울기를 예측합니다(예: 표면 4%, 중간층 8%, 내부 12%, 편차 <0.2%).

최적화된 입자 크기 분포(표면 $0.5 \mu\text{m}$, 중간층 $1 \mu\text{m}$, 내부 $1.5 \mu\text{m}$, 편차 < $0.02 \mu\text{m}$)는 경도(HV 1700)와 인성($K_{1c} 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)의 상승효과를 보장합니다.

권장되는 첨가제 비율(예: VC 0.4%, TaC 0.2%, Cr_3C_2 0.1%, 비율 편차 <0.05%) (편차 <0.5%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

그래디언트 구조의 계층적 성능(표면 마모 저항성 및 내부 충격 저항성 등)을 시뮬레이션하여 설계 솔루션을 최적화합니다.

실시간 프로세스 매개변수 모니터링 및 제어

내장된 센서와 엣지 컴퓨팅을 통해 생산 매개변수를 실시간으로(편차 <1%) 모니터링하고 제어하기 위해 산업용 사물 인터넷 (IIoT) 기술을 결합해야 합니다.

특정 기능

분말 비율(Co 함량 정확도 $\pm 0.05\%$), 입자 크기(정확도 $\pm 0.005 \mu\text{m}$) 및 첨가제 분포(편차 <0.1%)를 모니터링 합니다.

소결 매개변수의 실시간 조정: 온도($1400\text{--}1500^\circ\text{C}$, 정확도 $\pm 2^\circ\text{C}$), 진공도($<10^{-2}$ Pa, 정확도 $\pm 10^{-3}$ Pa), Co 확산 속도($<10^{-9}\text{cm}^2/\text{s}$, 편차 <5%).

%) 을 방지하기 위해 냉각속도($3\text{--}5^\circ\text{C}/\text{분}$, 편차 $<0.2^\circ\text{C}/\text{분}$)를 조절합니다.

충간 접합 강도($>50 \text{MPa}$)를 모니터링하고 박리 결함(균열 길이 $>0.05 \text{mm}$)을 방지합니다.

고장 예측 및 품질 관리

능력 요구 사항: AI 에이전트는 신경망(RNN, LSTM 등)을 통해 생산 공정에서 발생할 수 있는 실패 위험(공분리, 비정상적인 입자 성장 등)을 예측하고 사전에 개입해야 합니다(예측 진행 시간 $> 10^3$ 배).

특정 기능

Co 분포 편차($>1\%$)에 의한 μm) 을 예측하고, 소결시간을 미리 조절하였다($1\sim 3$ 시간, 편차 <0.1 시간).

비정상적인 입자성장($>2 \mu\text{m}$) 이 확인되었으며, VC 첨가량(0.2%~0.5%)을 조절하여 성장을 억제하였다.

음향 방출 센서(주파수 정확도 $\pm 2\text{kHz}$)와 CT 스캐닝(정확도 $\pm 0.02\text{mm}$)을 결합하면 미세균열(길이 $> 0.05\text{mm}$)을 실시간으로 감지하여 실패율($<0.1\%$)을 줄일 수 있습니다.

충간 응력 집중 ($K_t > 1.5$) 을 감지 하고 계면 벗겨짐(깊이 $> 5 \mu\text{m}$) 을 방지 합니다.

프로세스 최적화 및 지능적 의사 결정

능력 요구 사항: AI 에이전트는 유전 알고리즘(GA)이나 강화 학습(RL)을 통해 생산 공정 매개변수를 최적화하여 생산 효율성(15~20% 증가)과 성능 일관성(편차 <2%)을 개선해야 합니다.

특정 기능

그래디언트 구조의 균일성을 보장하기 위해 층상 분말 비율을 최적화했습니다(표면 Co 4%, 중간층 8%, 내부층 12%, 편차 <0.1%).

소결 온도 구배는 Co 확산과 입자 성장을 제어하기 위해 조정되었습니다(표면은 1400°C , 중간층은 1420°C , 내부층은 1450°C , 편차는 $<\pm 2^\circ\text{C}/\text{cm}$).

첨가제 비율 ($\text{VC} : \text{TaC} : \text{Cr}_3\text{C}_2 = 2 : 1 : 0.5$, 편차 $<0.05\%$) 을 최적화합니다. (HV 1700, $K_{1c} 14 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)

공정 데이터 분석을 통해 불 밀링 시간($20\sim 40$ 시간, 정확도 ± 0.5 시간)과 회전

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

속도(300~500rpm, 정확도 $\pm 5\text{rpm}$)가 자동으로 조절되어 생산 효율성이 향상됩니다.

데이터 통합 및 다중 소스 협업

능력 요구 사항: AI 에이전트는 다중 소스 데이터(분말 특성, 소결 매개변수, 성능 테스트 결과)를 통합하고 5G 네트워크 및 클라우드 플랫폼을 통해 다중 장치 협업을 달성해야 합니다(지연 $< 10\text{ms}$).

특정 기능

분말 입자 크기 데이터(레이저 입자 크기 분석, 편차 $< 0.02 \mu\text{m}$), 소결 온도 데이터(센서 정확도 $\pm 2^\circ\text{C}$) 및 성능 테스트 데이터(경도 편차 $< 2\%$)를 통합합니다.

생산 매개변수를 최적화하기 위한 데이터 분석(예: Co 확산 속도는 $< 10^{-9}\text{cm}^2/\text{s}$ 로 제어됨).

불밀(속도 정확도 $\pm 5 \text{rpm}$), 소결로(온도 편차 $< \pm 2^\circ\text{C}$) 및 검출 장비(XRD 피크 폭 편차 $< 0.2^\circ$)의 조정된 제어.

여러 소결로의 온도 구배를 동시에 조정하는 등 교차 라인 협업을 달성합니다(편차 $< \pm 1^\circ\text{C}/\text{cm}$).

지능형 유지 관리 및 적응형 조정

능력 요구 사항: AI 에이전트는 균열 성장 데이터(오류 < 5 시간)를 통해 장비 및 제품의 고장 시간을 예측하고 유지 관리 전략을 최적화해야 합니다(가동 중지 시간을 30-35% 단축).

특정 기능

소결로 온도 편차($> \pm 10^\circ\text{C}$)로 인해 발생하는 공분리(편차 $> 1\%$)를 예측하고 사전에 매개변수를 조정합니다.

음향 방출과 CT 데이터를 결합하여 사용 중인 경사 구조 시멘트 카바이드의 피로 파괴를 예측(10^4 배 이상 사전)하고 유지 관리 주기를 최적화합니다.

실시간 경도 데이터(HV 편차 $> 2\%$)를 기반으로 VC 첨가량(증가 0.1%-0.2%)을 조절하는 등 생산 매개변수를 적응적으로 조정합니다.

장비 마모를 예측하고(예: 불밀 베어링 수명, 오류 < 10 시간), 사전에 부품을 교체하고 가동 중지 시간을 줄입니다.

사용자 요구 맞춤화 및 피드백 학습

능력 요구 사항: AI 에이전트는 사용자 요구 사항(항공 절삭 공구의 높은 경도, 광산 드릴 비트의 높은 인성 등)에 따라 그래디언트 구조 설계를 맞춤화하고 피드백 학습을 통해 지속적으로 최적화해야 합니다(성능 향상 $5\sim 10\%$).

특정 기능

항공 공구의 요구 사항(경도 $\text{HV} > 1700$)에 따라 표면 Co 4%, 입자 크기 $0.5 \mu\text{m}$ 의 경사 구조가 설계되었습니다.

($K_{1c} > 14 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)의 요구 사항에 따라 내부 Co 12% 및 입자 크기 $1.5 \mu\text{m}$ 구조가 설계되었습니다.

강화 학습을 통해 애플리케이션 피드백 데이터(공구 수명, 드릴 마모율 등)를 수집하고 Co 함량과 입자 분포를 최적화합니다(오류 $< 0.1\%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용자의 작업 조건(고온 > 800° C 등)에 따라 표면 코팅 용액(CrN 등 , 두께 3 μ m)을 권장 합니다.

환경 적응 및 에너지 소비 최적화

능력 요구 사항: AI 에이전트는 생산 환경(온도, 습도 등)과 에너지 소비 요구 사항에 따라 프로세스 매개변수를 최적화하고 에너지 소비를 10~15% 줄여야 합니다.

특정 기능

부식 효과(마모율 <5% 증가)를 방지하기 위해 주변 습도(<50%)를 모니터링합니다.
소결로의 에너지 소비를 최적화(온도 제어 정확도 $\pm 2^{\circ}$ C)하고 비효율적인 가열 시간을 줄입니다(5%-10% 절약).
생산 배치 크기에 따라 장비 작동 전력을 적응적으로 조절합니다(예: 소량 생산의 경우 볼밀 속도를 300rpm 으로 줄입니다).

구배구조 초경합금의 영향인자

그라디언트 구조의 성능과 생산은 다음 요인의 영향을 받습니다.

공동 콘텐츠 분포

Co 함량 구배는 합리적인 범위(표면 4~6%, 중간층 8~10%, 내부 12~15%) 내에서 조절해야 합니다. 표면 Co 가 4% 미만이면 $K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고, 내부 Co 가 15% 초과이면 경도는 <1200 입니다.

입자 크기 분포

표면 입자 크기는 <0.5 μ m , 중간층은 0.5-1 μ m , 내부층은 1-2 μ m 입니다 . 표면 입자 크기 가 >1 μ m 이면 경도 는 < 1500 입니다. 내부 입자 크기가 <0.5 μ m 이면 경도는 < 1500 입니다 . $K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

소결 공정

온도 편차(> $\pm 10^{\circ}$ C) 또는 진공 부족(> 10^{-2} Pa) 으로 인해 Co 분포가 고르지 않게 되고(편차 >1%), Co 풀(크기 >5 μ m) 이 형성되고 , 인성이 10~15% 감소할 수 있습니다 .

첨가물

과도한 VC(>0.8%)는 취성상 비율을 >0.5%로 유도하여 K_{1c} 를 감소시키고 , 불충분한 TaC (<0.1%)는 결정립계 강도 (< 100 MPa)를 낮춥니다.

장비 정확도

볼밀 속도 정확도(< ± 5 rpm)가 부족하고 소결로 온도 정확도(< $\pm 2^{\circ}$ C)가 낮으면 입자 크기 편차(>0.02 μ m) 와 불균일한 Co 분포(편차 >0.5%)가 발생할 수 있습니다.

환경적 요인

생산 환경의 습도(>80%)는 분말 산화(O_2 함량 >0.5ppm)를 일으킬 수 있으며, 기울기 구조의 안정성(경도 편차 >2%)에 영향을 미칠 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경사 구조 초경합금의 엔지니어링 응용

경사 구조의 시멘트 카바이드는 다양한 까다로운 상황에서 우수한 성능을 발휘합니다.
항공 도구

표면 Co 4%, 경도 HV 1700, 내부 Co 12%, K_{1c} 14 MPa·m^{1/2}, 고속 절삭(>800 m/min),
수명>15 시간, 25% 증가, 기존 YG8 보다 우수함.

광산 드릴 비트

표면 입자 크기는 0.5 μm 이고 , 내부 Co 함량은 12%이며, 단단한 암석 드릴링에서의
사용 수명은 >1500m로 50% 증가하여 기존 YG6 를 능가합니다 .

심해 드릴

경사구조(표면 Co 4%, 중간층 8%, 내층 12%), 심해충돌(>500 Hz, 압력>80 MPa)시
 K_{1c} 는 14 MPa·m^{1/2}, 굴착거리>1500 m.

고속철도 브레이크 패드 몰드

표면 경도 HV 1700, 내부 K_{1c} 14 MPa·m^{1/2}, 고온 마찰(>600° C) 에서 수명 >4×
10⁵ 배 , 60% 증가.

신에너지 전해조

TiC 5% 첨가 , 경도 HV 1800, 내부 Co 12%, K_{1c} 13 MPa·m^{1/2}, 전기화학적
충격(>10³ 배), 수명>10³ 시간, 40% 증가.

풍력 터빈 블레이드 몰드

표면 Co 4%, CrN 코팅 3 μm , 내부 Co 12%, 저온 충격(-60° C, 변형률
속도>10³ s⁻¹) , 충격 에너지>12 J, 수명>10 6 배, 40% 증가.

그래디언트 구조 초경합금의 장단점

장점:

경도와 인성이 시너지 효과를 발휘하여 최적화되었으며, 전반적인 성능이 뛰어나
기존 등급을 능가합니다.

다양한 혹독한 작업 조건에 적응하고 서비스 수명을 연장하세요.

스마트 생산은 일관성과 효율성을 향상시킵니다.

단점:

준비 과정은 복잡하고 고정밀 장비(예: 온도 구배 제어 정확도가 ±2° C/cm 인 구배
소결로)가 필요합니다.

비용이 더 많이 듭니다(기존 등급보다 15~20% 더 비쌉니다).

AI 에이전트는 지능에 대한 높은 요구 사항을 가지고 있으며, 많은 양의 데이터
지원이 필요합니다.

경사구조 초경합금의 발전 추세

지능형 제조의 심층적 발전으로 경사 구조 시멘트 카바이드의 생산 및 응용이 더욱
지능화될 것입니다.

AI+IIoT 의 긴밀한 통합

AI Agent 는 강화 학습과 빅데이터 분석을 통해 그래디언트 구조 설계를 최적화(Co

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분포 오차 < 0.1%)하고 성능 일관성을 향상(편차 < 0.5%)시킵니다.

IIoT는 5G 네트워크와 클라우드 플랫폼을 사용하여 다중 기기 협업(지연 <10ms)을 달성 하고 생산 효율성을 향상(>20%)시킵니다.

3D 프린팅 기술 응용

0.01 μm , Co 분포 편차가 <0.1% 인 더욱 복잡한 경사 구조(다층, 다상 경사 등)를 얻을 수 있습니다.

새로운 그래디언트 구조

항공, 심해, 신에너지 등 다양한 분야의 요구에 부응하기 위해 다상 구배(WC- TiC - Co 복합 구배 등) 및 다기능 구배(표면 내식성, 내부 고인성 등)를 개발합니다.

표준화 및 홍보

글로벌 시장에서의 광범위한 적용을 촉진하기 위해 경사 구조 초경합금의 성능 평가 기준(예: 층상 경도 및 인성 시험)을 수립합니다.

녹색 제조

AI를 활용하여 에너지 소비를 최적화(10~15% 절감)하고 재활용 가능한 경사 구조 시멘트 카바이드(예: Co 함량 계층 재활용)를 개발하여 지속 가능한 개발을 달성합니다.

요약하자면, 경사 구조 초경합금은 미세 구조의 경사 설계를 통해 경도, 인성, 내마모성을 시너지 효과로 향상시켜 기존 초경합금 재종의 성능 한계에 도전합니다. 지능형 생산 설계 제어 AI 에이전트의 도입은 생산 정확도와 효율성을 더욱 향상시키고, 초경합금의 고성능 및 지능화 개발을 촉진하며, 항공, 광업, 신에너지 및 기타 분야에 더욱 효율적이고 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경합금 침탄의 다양한 개념과 기능

초경합금(WC-Co) 침탄 기술은 고온 열화학 처리를 통해 소재 표면에 탄소 원소를 도입하여 표면 특성을 개선하는 공정입니다. 초경합금에 대한 침탄 기술은 주로 내부 인성을 유지하면서 경도, 내마모성, 내부식성, 내피로성을 향상시키는 데 중점을 둡니다. 본 논문에서는 침탄의 특성, 공정 형태, 작용 기전, 주요 영향 요인 및 실제 적용 효과에 대해 논의하여 초경합금 성능 최적화에 있어 침탄 기술의 고유한 가치를 밝히고자 합니다.

탄소침탄의 본질 : 표면 확산과 탄소의 반응

침탄의 핵심은 고온에서 탄소 원자의 확산과 반응에 있습니다. 초경합금은 텅스텐 카바이드(WC)의 경질상과 코발트(Co)의 결합상으로 구성됩니다. Co 상은 높은 탄소 용해도(900°C에서 약 0.2-0.3 중량%)를 가지고 있어 탄소 확산의 주요 통로가 됩니다. 침탄 공정 동안 탄소 원자는 외부 탄소원(예: CH₄, CO 또는 고체 탄소 분말)에서 분해되어 Co 상 격자를 통해 표면으로 확산된 다음 WC와 반응하여 더 조밀한 카바이드 구조를 형성하거나 기존 WC 입자를 두껍게 만듭니다. 이 확산 반응 메커니즘은 표면에 탄소가 풍부한 영역을 형성하며, 일반적으로 두께가 10-50 μm 인 WC가 풍부한 층으로 나타 납니다.

침탄 온도는 일반적으로 850~950°C 범위로, 초경합금의 소결 온도(1400~1500°C)보다 낮아 입자 조대화 또는 기지 성능 저하를 방지합니다. 탄소 확산 속도(~10⁻¹¹ cm²/s)는 침탄층의 두께와 품질을 결정하며, 온도, 탄소 포텐셜, 그리고 시간에 의해 정밀하게 제어되어야 합니다.

탄소침투 공정: 전통적 공정에서 현대적 공정까지

침탄 공정은 탄소원과 에너지 공급 방식에 따라 다양한 형태로 진행됩니다. 각 형태는 초경합금에서 각기 다른 적용 시나리오와 효과를 나타냅니다.

가스 침탄:

탄화수소(예: CH₄) 또는 일산화탄소(CO)를 탄소원으로 사용하여 850~950°C의 제어된 분위기에서 수행됩니다. CH₄는 활성 탄소 원자(C)와 H₂로 분해되고 탄소 원자는 표면으로 확산됩니다. CH₄ → C + 2H₂CH₄ \rightarrow C + 2H₂ 가스 침탄은 균일한 침탄층 두께(10~30 μm)와 최대 HV 2000~2200의 경도를 가지고 있어 대량 생산에 적합하지만, 과도한 침탄이나 탈탄을 피하기 위해 탄소 포텐셜(0.8~1.2 중량%)을 정밀하게 제어해야 합니다.

고체 침탄:

탄화물 시료를 탄소 분말(예: 흑연)에 매립하고 900~950°C로 가열하면 탄소가 직접 접촉하여 확산됩니다. 고체 침탄 장비는 간단하고 소규모 실험에 적합하지만, 침탄층의 균일성이 낮고(두께 편차 ±5 μm) 효율이 낮습니다.

플라즈마 침탄:

700~900°C의 플라즈마 환경에서 전기장을 이용하여 탄소원(예: CH₄)을 활성화시켜

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고활성 탄소 이온을 생성합니다. 플라즈마는 탄소 확산을 가속화하여(확산 속도를 $\sim 10^{-10} \text{cm}^2/\text{s}$ 로 증가시켜) 저온에서 $20 \sim 40 \mu\text{m}$ 두께의 침탄층을 형성하고 경도는 HV 2200~2500 입니다. 동시에 에너지 소비는 약 20~30% 감소합니다.

레이저 보조 침탄:

레이저(1~2kW 출력)를 사용하여 표면을 국부적으로 가열하고, 탄소원(예: 탄소 분말 코팅)을 사용하여 침탄을 형성합니다. 레이저 침탄은 속도가 빠르고(1 시간 미만) 침탄층의 두께 조절이 가능하며($5 \sim 20 \mu\text{m}$), 복잡한 형상의 부품에 적합하지만, 열영향부에 미세균열이 발생할 수 있습니다.

이러한 공정 유형은 각각 고유한 특징을 가지고 있습니다. 가스 침탄은 산업 생산에 적합하고, 플라즈마 침탄은 고효율 및 저소비 전력을 강조하며, 레이저 침탄은 고정밀 국부 강화에 적합합니다.

탄소침투의 역할: 다차원적 성능 향상

탄화처리가 초경합금의 성능에 미치는 영향은 다면적이며, 주로 다음과 같은 주요 효과에 반영됩니다.

향상된 경도 및 내마모성: 침탄으로 형성된

WC-rich 층(두께 $10 \sim 30 \mu\text{m}$)은 표면 경도(HV 2000-2500)를 크게 증가시켜 기지 경도(HV 1500-1800)보다 훨씬 높습니다. 고경도 초경층은 연삭 마모 및 슬라이딩 마모에 대한 저항성을 향상시켜 마모율을 $< 0.08 \text{mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ 로 낮출 수 있습니다. 예를 들어, 절삭 공구 분야에서 침탄 처리된 초경 공구는 더 높은 절삭 속도($> 1000 \text{m/min}$)를 견딜 수 있고 수명을 20-30% 증가시킬 수 있습니다.

내식성 향상:

WC가 풍부한 층은 Co 상의 노출을 줄이고 산성(pH < 5) 또는 산화성 환경(600°C 이상)에서 표면 안정성을 향상시킵니다. 침탄 후, Co_3C 또는 Co_2C 의 얇은 층이 Co 상의 표면에 형성되어 부식 반응을 더욱 억제하고 부식성 환경(예: 심해 밸브)에서 재료의 수명을 연장할 수 있습니다.

향상된 피로 저항성:

침탄으로 인해 발생하는 잔류 압축 응력($> 400 \text{MPa}$)은 체적 팽창을 통해 생성되며, 이는 표면 균열의 발생 및 확산을 효과적으로 억제하여 피로 수명을 10 배 이상 증가시킬 수 있습니다. 특히 고사이클 하중 조건(예: 항공 공구)에서 침탄층은 신뢰성을 크게 향상시킵니다.

미세조직 최적화:

침탄 과정에서 탄소 원자가 WC 격자 또는 두꺼워진 탄화물 입자에 박혀 입계 결합 강도가 향상되고($> 150 \text{MPa}$), 입계 파괴 경향이 감소합니다. SEM 분석 결과, 침탄 후 파단면은 주로 작은 덩플($< 1 \mu\text{m}$)로 구성되어 있으며, 이는 소성 파괴 비율이 증가했음을 나타냅니다.

향상된 열 안정성:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

탄화층은 고온 연화에 대한 표면의 저항성을 개선하고 600-800° C 에서 높은 경도(>1800 HV)를 유지할 수 있어 고온 절단 또는 스탬핑 다이 응용 분야에 적합합니다.

침탄이 모든 특성에 긍정적인 영향을 미치는 것은 아니라는 점에 유의해야 합니다. 침탄층이 너무 두꺼우면(50 μm 이상) 표면 취성이 증가하고 파괴인성(K_{1c})이 5~10% 감소할 수 있습니다. 경도와 인성의 균형을 맞추기 위해서는 공정 최적화가 필요합니다.

주요 영향 요인: 성능 최적화를 위한 핵심 제어 지점

침탄 효과는 공정 변수, 재료 특성 및 외부 조건의 복합적인 영향에 의해 영향을 받습니다. 주요 요인은 다음과 같습니다.

온도 및 시간:

최적의 온도 범위는 850~950° C 이며, 탄화층의 두께는 시간(2~10 시간)에 따라 선형적으로 증가합니다(두께 10~50 μm). 온도가 너무 높으면(1000° C 이상) Co 상이 연화되거나 결정립이 조대화(2 μm 이상) 되어 경도가 15~20% 감소합니다. 시간이 너무 길면(12 시간 이상) 내부 탈탄이 발생하여 기지 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

탄소 퍼텐셜 제어: 탄소 퍼텐셜(탄소 함량)은 0.8~1.2

중량 % 로 유지되어야 합니다. 탄소 퍼텐셜이 너무 낮으면(0.6 중량 % 미만) 탄화층이 불완전하여 경도가 부족합니다. 탄소 퍼텐셜이 너무 높으면(1.5 중량 % 초과) 과탄소층(예: 자유탄소층)이 형성되어 취성이 증가합니다.

재료 미세 구조:

Co 함량: Co 함량이 8~12%일 때 탄소 확산 경로가 가장 좋습니다. Co 함량이 너무 낮으면(6% 미만) 탄소 확산이 제한되고, 너무 높으면(15% 초과) 표면이 연화됩니다.

WC 입자 크기: 입자 크기가 <0.5 μm 일 때, 탄화층의 결합 강도가 강하고 경도가 크게 증가합니다. 입자 크기가 >2 μm 일 때, 탄소 확산이 불균일하고 경도가 <10% 증가합니다.

표면 상태:

초기 거칠기 Ra <0.1 μm 는 탄화층의 밀착을 보장합니다. >0.2 μm 인 경우 탄화층에 결함이 발생할 수 있으며 마모율이 15%-20% 증가합니다.

후처리 조건:

탄소침탄 후 저온 템퍼링(200~400° C, 1~2 시간)을 실시하면 잔류응력(<100 MPa)을 해소할 수 있지만, 온도가 너무 높으면(>500° C) 탄소침탄층의 경도가 감소합니다.

실제 적용 효과: 실험실에서 엔지니어링 실무까지

초경합금 분야에서의 탄소침투 기술 적용은 비교적 성숙되었으며, 실제 효과는 다음과 같은 다양한 엔지니어링 시나리오에서 검증되었습니다.

절삭 공구:

WC-10Co 공구는 침탄 처리(침탄층 20 μm, 경도 HV 2000)되어 있습니다. 고속 절삭(1000m/min 이상) 시 수명이 25%, 절삭 효율이 20% 향상됩니다. 항공 알루미늄 합금 가공에 적합합니다.

광산 드릴 비트:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC-8Co 드릴 비트(15 μm 의 탄화 층) 를 탄화 처리한 후 , 마모율은 <0.08mm³/N·m 로 감소하고, 드릴링 거리는 >1500m 로 확장되며, 효율성은 50% 증가하고, 채굴 비용이 크게 절감됩니다.

스탬핑 다이:

WC-12Co 다이 탄소화(탄소화층 30 μm , 경도 > 2200), 압출 시간>10.6 배, 25% 증가로 고주파 스탬핑 요구 사항을 충족합니다.

심해 장비:

WC-10Co 심해 밸브(투과 층 25 μm) 의 사용 수명은 고압(>80MPa) 및 부식성 환경(pH <5)에서 4년 이상으로 연장되어 40% 증가하여 우수한 내식성을 보여줍니다.

침탄기술의 한계와 개선방향

탄소침투 기술은 초경합금의 성능을 크게 향상시켰지만 여전히 다음과 같은 한계가 있습니다.

취성 위험: 탄화층이 너무 두꺼우면(>50 μm) 표면 취성 이 발생하여 K_{1c} 가 5~10% 감소하고 동적 하중 적용이 제한됩니다.

공정의 복잡성: 탄소 포텐셜 제어가 어렵고, 고정밀 장비(온도 편차 <±5° C)가 필요하여 생산 비용이 증가합니다(약 15%-20%).

깊이 제한: 침탄 깊이는 일반적으로 <50 μm 로 , 깊은 강화 요구 사항을 충족할 수 없습니다.

개선 사항은 다음과 같습니다.

TiN 코팅 등) 을 결합하여 경사 조직을 형성하고 심층 성능을 개선합니다.

지능형 제어: 센서를 통해 탄소 잠재력과 침탄층 두께를 실시간으로 모니터링하여 공정 안정성을 개선하는 지능형 침탄 시스템을 개발합니다.

저비용 탄소원: 비용을 절감하고 지속 가능성을 개선하기 위해 바이오차 또는 폐가스 회수 탄소원을 탐색합니다.

초경합금 침탄 기술은 탄소 원소의 표면 확산 및 반응을 통해 고경도 WC-부화층을 형성하여 경도, 내마모성, 내부식성 및 내피로성을 크게 향상시킵니다. 가스 침탄 및 플라즈마 침탄과 같은 다양한 공정 방식은 다양한 적용 방식을 제공하며, 온도, 탄소 포텐셜 및 미세 구조를 조절하여 그 효과를 최적화합니다. 취성과 비용이라는 어려움에도 불구하고, 침탄 기술은 절삭 공구, 광산 및 심해 장비 분야에서 큰 잠재력을 보여주었으며, 향후 복합소재 강화 및 지능형 개발을 통해 한계를 더욱 극복할 것으로 예상됩니다.

초경합금 침탄의 다양한 개념과 기능 비교표

프로젝트	의도치 않은 탄화 (생산 중 탄소 제어 불량)	공정탄소침탄(경합금 성능향상 공정)
정의와 본질	생산 공정(소결 등) 중에 탄소 잠재력이 통제되지 않거나 원자재의 탄소 함량이 변동하면 탄소 원자가 우발적으로 표면으로 확산되어 예상치 못한 탄화층을 형성합니다.	고온 열화학 처리 공정은 탄소 원소를 시멘트 카바이드 표면에 도입하여 탄소원, 온도, 시간을 정밀하게 제어함으로써 성능을 최적화합니다.
프로세스	- 특정 공정 제어 없이 소결 등의 생산	- 가스탄소침탄: CH ₄ 또는 CO, 850-950° C. -

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프로젝트	의도치 않은 탄화 (생산 중 탄소 제어 불량)	공정탄소침탄(경합금 성능향상 공정)
양식	단계에서 발생합니다. - 탄소원 : 대기 중의 과잉 탄소(예: CH ₄ 분해) - 온도: 소결 온도(1300~1500° C).	고체탄소침탄: 탄소분말 접촉, 900-950° C. - 플라즈마탄소침탄: CH ₄ 플라즈마 활성화, 700-900° C. - 레이저보조탄소침탄: 레이저 가열, 전력 1-2kW.
투과층의 특성	- 두께: 5-60 μm, 불균일. - 경도: HV 1800-2200, 큰 변동(편차 ±200 HV). - 유리탄소 또는 탈탄이 수반될 수 있음.	- 두께: 10-30 μm, 균일 합니다. - 경도: HV 2000-2500, 안정적입니다(편차 < ±50 HV). - WC 가 풍부한 층은 조밀합니다.
경도 및 내마모성	- 경도는 HV 1800~2200 으로 증가하였으나 분포가 불균일하다. - 내마모성이 향상되고, 마모율은 <0.1 mm ³ /N·m 이나, 국부적인 과탄화로 효과가 감소한다.	- 경도가 HV 2000-2500으로 증가하여 균일해졌습니다. - 내마모성이 크게 개선되었으며, 마모율은 <0.08 mm ³ /N·m 로 고하중 마찰 시나리오에 적합합니다.
내식성	- 탄화층이 불균일하고, 국부적인 과탄화로 인해 유리탄소가 형성되어 쉽게 용해되고, Co 상이 더 많이 노출되며, 내식성이 감소합니다(예: pH <5 환경).	- WC 가 풍부한 층은 Co 상의 노출을 줄이고, 내식성을 향상시키며, 산성(pH <5) 또는 고온 산화성(>600° C) 환경에 적합합니다.
피로 방지 성능	- 불균일한 잔류응력(국부적으로 <200 MPa)은 미세균열을 유발하고 피로수명을 단축시킬 수 있습니다(<10 ⁴ 배).	- 잔류 압축 응력 >400 MPa, 피로 수명이 >10 5 배 증가하여 고주기 하중 시나리오에 적합합니다.
미세구조	- 결정립계 결합강도가 불균일(국부적으로 <100 MPa), 결정립계 파괴 비중이 높고(>50%), 구조적 안정성이 좋지 않다.	- 결정립계 결합 강도가 향상(>150 MPa), 과탄은 주로 딥플(<1 μm)이며, 가소성과 취성이 균형을 이루고 있으며, 조직이 안정적입니다.
열 안정성	- 국부적인 과탄화는 열적 안정성의 불균형을 초래하고 고온(>600° C)에서 경도(<1500 HV)가 크게 떨어집니다.	- 탄화층은 600~800° C 에서 1800HV 이상의 경도를 유지하므로 고온 절단이나 스템핑 다이 응용 분야에 적합합니다.
파괴 인성 (K _{1c})	- 탄화층이 너무 두껍거나(>50 μm) 탄화 층이 너무 많으면 취성이 증가하고 K _{1c} 가 10%-20%(<10 MPa·m ^{1/2}) 감소합니다.	- 적당히 탄화되는 층(<30 μm) 은 Co 상에 의해 탄소 포화되어 K _{1c} 가 5%-10%(10-14 MPa·m ^{1/2}) 증가합니다.
온도 와 시간	- 온도: 1300~1500° C(소결 온도), 시간은 제어 불가능하고 너무 길어질 수 있음(>10 시간)으로 인해 과도한 탄화 또는 탈탄이 발생함.	- 온도 : 850-950° C, 시간 2-10 시간, 확산층 두께 10-50 μm, 정밀 제어.
탄소 잠재력	- 통제되지 않은 탄소 잠재력(>1.5 중량 % 또는 <0.6 중량 %)으로 인해 불완전하거나 과도하게 탄화된 경우가 발생합니다.	- 탄소 잠재성은 0.8-1.2 중량 %이며, 균일한 탄화층을 보장하기 위해 질량 유량 컨트롤러로 정밀하게 조절됩니다.
공동 콘텐츠	- Co 함량의 변동은 탄소 확산에 영향을 미치며, <6%이면 확산이 제한되고, >15%이면 연화가 발생합니다.	- 8%-12%는 인성과 경도의 균형을 이루며 가장 좋은 확산 채널을 제공합니다.
WC 입자 크기	가 2 μm 이상일 경우 탄소 확산이 불균일해지고 성능 변동이 심해집니다.	- 입자 크기가 <0.5 μm 일 때, 탄화 층의 결합 강도가 강하고 경도가 크게 증가합니다(>10%).
표면	- 표면 상태가 제어되지 않으면 Ra 가 크게	- Ra <0.1 μm 로 연마하면 탄화층의 밀착성이 확보되고

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

프로젝트	의도치 않은 탄화 (생산 중 탄소 제어 불량)	공정탄소침탄(경합금 성능향상 공정)
상태	변동하여 탄화층의 접착력에 영향을 미칠 수 있습니다.	마모율이 15%-20% 감소합니다.
제어 가능성 및 반복 가능성	- 제어 불가능, 배치 간 성능 차이가 큼 (편차 > 20%).	- 제어 가능, 배치 편차 <5%, 안정적인 성능.
긍정적 케이스	- 해당 없음, 일반적으로 제조상의 결함으로 간주됩니다.	- μm 침투 층, HV 2000), 수명이 25% 증가했습니다. - 광산 드릴 비트: WC-8Co(15 μm 침투층), 드릴링 거리 > 1500 m, 50% 증가했습니다. - 스탬핑 다이: WC-12Co(30 μm 침투 층), 압출 시간 > 10 배, 25% 증가했습니다. - 심해 장비: WC-10Co(25 μm 침투 층), 수명 > 4 년, 40% 증가했습니다.
부정 사례	- WC-10Co 드릴 비트 배치는 높은 탄소 포텐셜(>1.5 wt %), 60 μm 의 탄화층, $K_{1c} < 10\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 및 조기 파괴(수명 <10 ⁴ 배)를 나타냈습니다.	- 해당 없음, 공정탄소침착을 통해 이 문제를 피할 수 있습니다.
개선 방향	- 원료의 탄소 함량을 최적화(편차 < 0.1 중량 %)하고, 분위기 제어를 개선하며, 의도치 않은 탄화를 줄입니다.	- 지능형 탄소침탄 시스템은 실시간으로 탄소 잠재성을 모니터링하고 코팅 기술을 결합하여 경사 구조를 형성하여 심층 성능을 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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:

초경합금의 침탄 및 탈탄

초경합금(주로 텅스텐 카바이드 WC와 Co 및 Ni와 같은 결합 상으로 구성되고, WC 함량은 8594 중량 %이고 결합 상은 615 중량 %)은 높은 경도(1400~2200 HV), 높은 강도(1.82.8 GPa) 및 우수한 내마모성으로 인해 광산 곡괭이, 도구, 싼 및 금형에 널리 사용됩니다. 침탄과 탈탄은 초경합금의 제조 및 사용에서 탄소 함량을 조절하는 두 가지 주요 공정으로, 재료의 미세 구조, 성능 및 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 침탄은 초경합금 표면에 탄소를 도입하여 표면 경도, 내마모성 및 내부식성을 향상시킵니다. 탈탄은 탄소 손실로 인해 성능이 저하되므로 종종 회피됩니다.

본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 51692013 등)과 업계 관행을 결합하고, 시멘트 초경의 탄화 및 탈탄 메커니즘, 공정, 영향 및 제어 대책에 대해 자세히 설명하고, CTIA GROUP LTD의 탄화 공정 최적화 및 탈탄 제어 역량을 적당히 추천합니다.

1. 초경합금의 침탄

1.1 침탄의 정의 및 메커니즘

침탄은 고온 분위기(예: C₂H₂, CH₄) 또는 고체 탄소원(예: 흑연)을 통해 시멘트 카바이드의 표면 또는 표면 근처 영역에 탄소 원자를 확산시켜 고탄소상(예: WC 또는 η 상)을 형성하는 공정으로, 표면 경도(1020% 증가), 내마모성(마모 손실 2030% 감소), 내식성(부식 속도 <0.01 mm/y)을 향상시킵니다.

침탄 메커니즘:

탄소 확산: 탄소 원자는 고온(1000~1200°C)에서 WC 결정립계와 Co 상을 통해 확산되며 확산 계수는 $D \approx 10^{-12} \sim 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ 입니다.

탄화상 형성:

저탄소 영역: 탄소가 W와 반응하여 WC(경도 2000~2200 HV)를 형성하여 내마모성을 향상시킵니다.

고탄소 영역: 과도한 탄소는 η 상(예: Co₃W₃C, 경도 >2500 HV, 높은 취성)을 형성할 수 있습니다.

표면 개질: 탄화층(0.11mm)은 표면(2000~2200HV)에서 중심부(1400~1600HV)까지 경도가 다양하게 변화하는 경사 구조를 형성합니다.

침탄 목적:

표면 경도(최대 1015%)와 내마모성(마모율 <0.05 mm³ / h, ASTM G65)이 향상됩니다.

향상된 내식성(H₂SO₄/H₂S <0.01 mm/y, NACE MR0175).

경사형 성능을 형성하고 표면 마모 저항성과 핵심 인성의 균형을 이룹니다(KIC 1215

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

MPa · m¹ / ²) .

1.2 침탄공정

증기침탄:

진공로 또는 분위기 로에 탄소원 가스(예: C₂H₂, CH₄)를 주입합니다.

장비 : 진공소결로(10⁻² 10⁻³ Pa, 몰리브덴 가열소자).

매개변수:

온도: 1000~1200° C (WC 입자는 안정적이며 Co 상은 액화되지 않음).

가스: C₂H₂(순도>99.9%), 유량 510 L/min, 압력 10² 10³ Pa.

시간: 13 시간(탄화층 0.10.5mm).

분위기: H₂(산화 방지를 위해 510 L/분), O₂ <5 ppm.

결과:

탄화층 두께: 0.2-0.5 mm, 경도 2000-2200 HV.

탄소 함량: 표면 증가 0.51 중량 %, 입자 크기 0.52 μm .

다공성: <0.01% (GB/T 51692013).

적용 분야: 광산 곡괭이(표면 마모 저항성이 20% 증가), 절삭 공구(절삭 수명이 30% 증가)

고체상 침탄:

방법: 시멘트 카바이드를 흑연 분말이나 카본블랙에 넣고 고온에서 가열합니다.

장비: 고온로 (Ar 보호, 10⁻² Pa).

매개변수:

온도: 1100~1300° C.

탄소원 : 흑연분말(D50 15 μm , 순도 >99.9%), 충전율 8090%.

시간: 24 시간(탄화층 0.51mm).

분위기: Ar (유량 5 L/min, O₂ <10 ppm).

결과:

탄화층 두께: 0.51 mm, 경도 19002100 HV.

탄소 함량: 표면 증가 0.81.5 중량 %, η 상이 나타날 수 있습니다.

접착력: >80N(스크래치 테스트).

적용 분야: 금형 (마모 저항성이 20% 증가), 쇄(부식 저항성이 15% 증가).

플라즈마 탄소화:

방법: 플라즈마 방전은 탄소 원자의 활동을 증가시키고 확산을 가속화합니다.

장비 : 플라즈마 탄소화로(글로우 방전, 10⁻¹ 10⁰ Pa).

매개변수:

온도: 800~1000° C(저온, 기관 보호).

가스: CH₄(50%) + H₂(50%), 유량 1020sccm .

전압: 500800V, 전류 밀도 12mA/cm² .

시간: 12 시간(탄화층 0.10.3mm).

결과:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

탄화층 두께: 0.10.3 mm, 경도 21002300 HV.

탄소 함량: 표면 증가 0.30.8 중량 %, 입자 안정성.

다공성: <0.001% (고밀도).

적용 분야: 정밀 공구(절삭 정확도 10% 증가), 심해 밀봉(H2S 저항성 <0.005mm/y).

1.3 탄화의 효과

탄소침투의 장점:

경도 향상: 표면 경도가 1015%(2000~2200 HV) 증가하였고, 내마모성이 2030%(마모 손실 <0.05 mm³/h) 증가하였습니다.

향상된 내식성: 탄화층이 치밀하고 H2SO4/H2S의 부식 속도는 <0.01 mm/y입니다.

연장된 수명: 피크 수명이 3050%(1000~1500 시간) 증가하고, 공구의 절삭 수명이 2030% 증가합니다.

탄소침투의 단점:

η 상 위험: 과도한 탄소는 Co3W3C(경도 > 2500 HV, KIC <8 MPa·m^{1/2})를 형성하여 취성을 증가시키고 파괴 확률이 1020% 증가합니다.

공정 제어의 어려움: 탄소 함량 편차 > ±0.2 wt %로 인해 성능이 고르지 않을 수 있습니다.

비용 증가: 탄소화 장비(5.01억 위안/대) 및 가스 비용(C2H2 1020 위안/ m³)

1.4 침탄 케이스

광산용 피크: WC+8%Co (Ø 20 mm), 증기탄소침착(1100° C, C2H2 5 L/min, 2 시간), 표면경도 2100 HV, 마모 <0.05 mm³/h, 수명 1200 시간(일반 피크의 경우 600 시간).

절삭공구: WC+6%Co (Ø 12 mm), 플라즈마탄소침착(900° C, CH4+H2, 1.5 시간), 탄화층 0.2 mm, 경도 2200 HV, Ti 합금의 절삭수명이 30% 증가함.

셀: YN10(WC+10%Ni, Ø 50 mm), 고체상탄소침착(1200° C, 흑연분말, 3 시간), H2S 내식성을 <0.005 mm/y, 수명 >1000 회 연결.

2. 초경합금의 탈탄

2.1 탈탄소화의 정의와 메커니즘

탈탄은 고온에서 소결, 열처리 또는 사용되는 시멘트 카바이드의 공정으로, 탄소 손실(O2, H2와의 반응 또는 휘발)로 인해 표면 또는 전체의 탄소 함량이 감소하고 저탄소 상(예: W2C, Co 상 농축)이 형성되어 경도(10-20% 감소), 내마모성 및 강도가 감소합니다.

탈탄소화 메커니즘:

탄소 산화: 고온(>800° C)에서 탄소는 O2와 반응하여 CO/CO2를 형성하고, WC는 W2C(경도 1600-1800 HV, 내마모성 저하)로 분해됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

반응: $2WC + O_2 \rightarrow W_2C + CO_2$.

탄소 휘발: 진공 소결 (10^{-4} Pa, $>1400^\circ C$) 동안 탄소는 기체 형태(C, CO)로 손실됩니다.

Co 상 풍부화: 탄소 손실 후, Co 상의 비율이 증가하고 (>20 wt %) 연화층(경도 <1000 HV)이 형성됩니다.

저탄소상: W₂C(높은 취성, KIC <8 MPa·m^{1/2}) 또는 자유 W(경도 <1200 HV), 내마모성을 감소시킵니다.

무슨 일이 일어나는가:

소결: 탈랍이 불충분함($O_2 >10$ ppm), 고온 산화.

열처리: 부적절한 분위기 제어(과도한 H₂, O₂ 누출).

용도: 고온 절단($>1000^\circ C$, 대기 노출) 또는 부식성 환경(H₂S로 인한 탄소 손실).

2.2 탈탄소화(비의도적)

상태:

온도: $>800^\circ C$ (소결 $1350\sim 1450^\circ C$, 열처리 $1000\sim 1200^\circ C$).

분위기: $O_2 (>10$ ppm), H₂(유량 >20 L/분, C 휘발을 유도).

진공도: $>10^{-2}$ Pa (탄소가스 손실).

시간: >1 시간(탈탄층 0.10.5mm).

결과:

탈탄층 두께: 0.11mm, 경도는 10001600HV로 떨어집니다.

탄소 함량: 표면적이 0.52 중량 % 감소하였고, W₂C 비율이 1030% 증가하였습니다.

다공성: 0.010.05% 증가(미세균열).

성능: 내마모성이 2050% 감소(마모율 > 0.1 mm³/h), 파손 확률이 2030% 증가했습니다.

2.3 탈탄소화의 영향

탈탄소화의 단점:

경도 감소: 표면 경도는 1020%(10001600 HV) 감소하고, 내마모성은 2050% 감소합니다.
강도 감소: W₂C는 매우 취성이 강하여 굽힘 강도가 1015% 감소(<2 GPa) 하고 파괴 확률이 2030% 증가합니다.

부식 저항성 저하: 탈탄층이 느슨해지고 부식 속도가 50~100% 증가합니다(H₂SO₄ >0.05 mm/y).

수명 단축: 펌프의 수명이 3050%(<500 시간) 감소하고, 공구의 절단 효율이 20% 감소합니다.

탈탄소화 사례:

피크의 실패: WC+10%Co ($\emptyset 20$ mm), 소결($1450^\circ C$, $O_2 20$ ppm), 표면 탈탄층 0.3 mm, 경도 1400 HV, 마모 0.15 mm³/h, 수명 400 시간(일반 800 시간).

공구 마모: WC+6%Co ($\emptyset 12$ mm), 고온 절삭($1000^\circ C$, 공기), 탈탄층 0.2 mm, W₂C 비율 20%, 절삭 수명 30% 감소.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.4 탈탄소화 제어

대기 최적화:

H2 제어: 유량 515 L/min(탈랍/소결), O2 <5 ppm, C 휘발 방지.

Ar 보호: 소결/열처리 중 Ar 유량은 510 L/min, O2 <10 ppm입니다.

진공도: 10^{-4} 10^{-5} Pa, 탄소가스 손실을 줄입니다.

탈락스 최적화:

온도: 200600° C, 가열 속도 3° C/분, H2 10 L/분.

결과: 잔류 탄소 <0.05%, O2 <5 ppm, 탈탄층 <0.01 mm.

소결 최적화:

온도: 1350~1450° C, 온도 조절 $\pm 3^{\circ}$ C, 과도한 연소를 피하세요 .

HIP: 1350° C, 120 MPa (Ar), 기공률 <0.001%, 억제된 W2C.

감지 및 복구:

검사: SEM(W2C 비율 <5%), XPS(탄소 함량 편차 ± 0.1 wt %).

수리: 탄소침투(1100° C, C2H2 5 L/min, 1시간), 경도 2000 HV 로 회복됨.

예: WC+8%Co 픽 (\varnothing 20 mm), 최적화된 소결(1350° C, 10^{-5} Pa, H2 10 L/min), 탈탄층 없음, 경도 2000 HV, 수명 1000 시간.

3. 침탄과 탈탄의 비교

특성	침탄	탈탄소화
정의	탄소 원자는 표면으로 확산되어 고탄소 상을 형성합니다.	탄소 손실, 저탄소 단계 형성
기구	탄소 확산은 WC/ η 상을 생성합니다.	탄소 산화/휘발은 W2C/Co 농축을 생성합니다.
온도	1000~1200° C	>800° C
대기	C2H2/CH4, H2, Ar	O2 (>10ppm), H2 과잉
층 두께	0.11mm	0.11mm
경도	1015% 증가(2000~2200 HV)	1020% 감소(1000~1600 HV)
내마모성	2030% 증가 (<0.05 mm ³ / h)	감소 2050% (>0.1 mm ³ / h)
내식성	2050% 증가 (<0.01 mm/y)	드롭 50100% (>0.05 mm/y)
강인함	η 상이 너무 낮음(KIC <8 MPa · m ^{1/2})	W2C 는 증가 및 감소합니다(KIC <8 MPa · m ^{1/2})
애플리케이션	픽, 커터, 썰	수리 후 사용은 피하세요
제어	탄소원 농도, 시간	대기(O2 <5 ppm), 진공

4. 최적화 제안

침탄 최적화:

탄소원: C2H2(510L/분), CH4(1020sccm) , 순도 >99.9%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

온도: 1000~1100° C(기체상/플라즈마), η 상(<5 vol%)은 피하세요.
시간: 12 시간, 탄화층 0.20.5mm, 경도 편차 <±50 HV.
검사: SEM(WC 입자 0.52 μ m), XPS(탄소 함량 ±0.1 wt %).
후처리: 연마(Ra <0.2 μ m), PVD CrN (2 μ m), 내마모성이 30% 증가했습니다.

탈탄소화 제어:

분위기: H2 10 L/분, O2 <5 ppm, Ar 5 L/분.
진공: 10⁻⁵ Pa, 소결/열처리 중 탄소 손실이 90% 감소합니다.
탈랍: 200600° C, 잔류 탄소 <0.05%, O2 <5 ppm.
HIP: 1350° C, 120 MPa, 기공률 <0.001%, W2C <5%.
모니터링: 온라인 분광법(O2/CO 농도), 탄소 함량 편차 <±0.1 wt %.

장비 최적화:

소결로: 온도 조절 ±3° C, 진공 10⁻⁵Pa, 균일도 ±5° C.
가스 시스템: C2H2/CH4 유량 정확도 ±0.1 L/min, O2 검출 <5 ppm.
검사: SEM/XPS(입자/구성), 초음파(균열>0.1mm).

응용 프로그램 적용:

탄소침투: 광산 곡괭이(경도가 높은 암석), 도구(고속 절단).
수리: 침탄처리(1100° C, C2H2, 1 시간) + 코팅 (CrN, 2 μ m).

5. 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 MR0175: H2S/CO2 저항성, 부식 속도 <0.005 mm/y.
ASTM G65: 마모율 <0.05 mm³ / h.
ISO 6508: 경도 편차 < ±50 HV.

6. 결론

초경합금의 탄화는 기체상(C2H2, 1000~1200° C), 고체상(흑연, 1100~1300° C) 또는 플라즈마 탄화(CH4, 800~1000° C)를 통해 수행되며, 표면에 0.11mm의 탄화층이 형성되어 경도가 2000~2200HV로 증가하고, 내마모성이 2030%(마모 손실 <0.05mm³/h) 증가하고, 내부식성이 2050%(H2S/H2SO4 <0.01mm/y) 증가하여 펌프(1000~1500 시간), 공구 및 썰(3050% 증가)의 수명이 크게 연장됩니다. 탈탄은 고온(>800° C) 산화 또는 탄소 휘발로 인해 W2C/Co-rich 층을 형성하여 경도를 1020%(1000~1600 HV) 감소시키고 내마모성을 2050% 감소시킵니다. 이는 분위기(O2 <5 ppm), 진공(10⁻⁵ Pa), 그리고 HIP(1350° C, 120 MPa)를 최적화하여 제어해야 합니다. 정밀한 침탄

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

공정 (C2H2 510 L/min, 12 시간) 과 엄격한 탈탄 방지 및 관리 (H2 10 L/min, 잔류 탄소 <0.05%) 를 통해 초경합금의 안정적인 성능을 보장할 수 있습니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

시멘트 카바이드의 바인더 제팅이란 무엇입니까?

초경합금 바인더 제팅(WC-Co)은 액상 바인더를 사용하여 초경합금 분말을 선택적으로 접합하여 고성능 3 차원 구조물을 층층이 적층하는 첨단 적층 제조 기술입니다. 복잡한 초경합금 절삭 공구, 광산 드릴, 내마모성 금형 제조에 적합합니다. 이 기술은 1994 년 매사추세츠 공과대학교(MIT)에서 개발되었으며(참고: MIT 특허 US5340656A), 이후 ExOne, Desktop Metal 및 기타 회사에서 상용화했습니다. 최근 초경합금 분야에서 널리 사용되고 있습니다. WC-Co의 정의, 역사, 원리, 공정 흐름, 기술 매개변수, 특성, 적용 분야, 성능 데이터 및 최적화 전략에 대한 자세한 내용은 다음과 같습니다.

1. 초경합금 바인더 사출성형의 정의 및 기본 개념

초경합금 바인더 제팅은 분말 베드를 기반으로 하는 적층 제조 방식입니다. 고정밀 바인더를 분사하여 초경합금 분말(예: WC-Co)을 결합하고 점진적으로 쌓아 3 차원 부품을 형성합니다. 기존의 초경합금 제조 방식(프레스 및 소결)이나 용융 방식 3D 프린팅(선택적 레이저 용융, SLM)과 달리, 바인더 제팅은 분말을 직접 용융하지 않고 바인더의 물리적 또는 화학적 작용을 통해 입자 간의 초기 응고를 유도합니다. 최종 "그린 바디"(그린 파트)는 강도와 밀도를 향상시키기 위해 탈지 및 소결과 같은 후처리가 필요합니다.

시멘트 카바이드의 바인더 사출 성형 적합성:

초경합금(WC-Co, Co 함량 6%-12%), 경도는 HV 1500-1800 에 도달할 수 있으며, 파괴인성 (K_{1c})은 $10-15\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다.

내부 냉각 채널이 있는 도구나 다공성 구조의 금형 등 복잡한 형상의 부품에 적합합니다.

초경합금용 바인더 사출성형 기술의 역사와 발전

바인더 제팅 기술은 1994 년 MIT 에서 처음 개발되었으며, 처음에는 모래 주조(특히 US5340656A)에 사용되었습니다. 1999 년 ExOne 에서 이 기술을 상용화하여 최초의 상용 장비인 ZPrinter 310 을 출시했습니다. 2016 년 Desktop Metal 에서 제팅 정확도와 생산 효율을 더욱 최적화한 Shop System 을 출시했습니다.

시멘트 카바이드 응용 분야를 위한 제팅 기술:

ExOne 은 2018 년에 WC-Co 분말 성형을 지원하고 최대 2000 cc/h 의 인쇄 속도를 갖춘 Innovent + 시스템을 출시했습니다 .

Sandvik Additive Manufacturing 은 2023 년에 바인더 제팅에 최적화되어 밀도가 99.1%까지 증가한 Osprey WC-Co 파우더(입자 크기 5-15 μm) 를 출시했습니다 .

최근 진행 상황: GE Research 는 2025 년을 기준으로 새로운 나노입자 바인더(입자 크기 <1 μm)를 개발했습니다. 이는 그린 바디 강도를 30%(8MPa 에서 10.4MPa 로)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

증가시키고 인쇄 결함을 크게 줄입니다.

3. 바인더 제팅 기술의 작동 원리

시멘트 카바이드의 바인더 사출 성형은 다음 단계를 거쳐 부품 구조를 달성합니다.

파우더 도포

롤러나 스크레이퍼를 사용하여 시멘트 카바이드 분말(예: WC-10Co, 입자 크기 5-20 μm) 을 빌드 플랫폼에 고르게 퍼 바르고, 층 두께는 일반적으로 50-100 μm 입니다.

고품질 층을 보장하기 위해서는 분말의 유동성이 높아야 하며(안식각 $<30^\circ$) 입자 크기 분포가 균일해야 합니다(D50 편차 $<5\%$).

바인더 제팅

고정밀 노즐(해상도 40-50 μm , 노즐 수 >1000)은 CAD 모델 데이터에 따라 액상 바인더를 선택적으로 분사합니다.

일반적인 바인더로는 수성 바인더(점도가 5~10 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 인 폴리비닐알코올(PVA) 등) 와 유기 바인더(고형분 함량이 30~40%인 페놀 수지 등)가 있습니다.

바인더는 분말 입자 사이의 틈새(침투 깊이 100~150 μm)로 침투하여 물리적 결합이나 화학 반응(경화 시간 0.5~1 초)을 통해 응고됩니다.

계단식 건설

빌드 플랫폼은 한 층(층의 두께에 맞춰) 내려가고, 분말을 뿌리고 배출하는 과정은 부품이 완성될 때까지 반복됩니다.

결합되지 않은 분말은 자연스러운 지지 구조 역할을 하여 추가 지지대가 필요 없이 부품의 안정성을 유지합니다.

후처리

녹색 본체는 분말층에서 제거되고 바인더를 제거하기 위해 탈지 (200~400° C, 2~4 시간) 과정을 거칩니다.

소결(1350~1450°C, 진공 $<10^{-2}$ Pa, 4~8 시간)을 통해 WC-Co 입자가 결합되어 밀도가 98%~99.2%로 증가합니다.

열간 등방성 압축(HIP, 1500° C, 100 MPa, 2 시간)은 기공률을 더욱 줄이기 위해 선택 사항입니다($<0.5\%$).

4. 바인더 제팅 기술 공정 및 기술 매개변수

시멘트 카바이드에 대한 바인더 분사 공정에는 다음과 같은 세부적인 매개변수가 포함됩니다.

분말 특성:

재료: WC-Co 분말(예: WC-8Co, WC-12Co).

입자 크기: 5-20 μm , D50 편차 $<5\%$, 구형도 >0.9 (SEM 측정).

화학 성분: WC 함량 88%-94%, Co 함량 6%-12%, 산소 함량 <0.3 wt % (LECO 분석).

분말 및 분무:

층 두께: 50-100 μm , 편차 $<\pm 5$ μm (레이저 거리 측정기로 검증).

주입 압력: 0.2-0.5 MPa, 단일 방울 용량 10-20 pL (고속 비디오로 측정).

분사 속도: 20-50 mm/s, 인쇄 해상도 1200 dpi.

경화 및 환경 제어:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

접착제 경화 시간: <1 초, 주변 온도 20-30° C, 습도 40%-60%.

빌드 챔버에는 불활성 가스 보호 장치(질소, 산소 함량 <500ppm)가 장착되어 있어야 합니다.

후처리:

탈지: 250-350° C, 가열 속도 1-2° C/분, 3 시간 동안 보온, 잔류 탄소율 <0.5 중량 %.

소결: 1350-1450° C, 가열 속도 5° C/min, 진공도 <5×10⁻³ Pa, 6 시간 동안 보온합니다.

수축률: 선형 수축률은 12%-15%로 사전 보상 설계가 필요합니다(±0.1mm 정확도).

밀도: 98.5%-99.2%(아르키메데스 방법으로 측정), 다공성 <1%(CT 스캔, 분해능 < 5 μm) .

장비 요구 사항:

고정밀 3D 프린터(예: ExOne) Innovent +, 빌드 볼륨 160 × 65 × 65mm).

프린트 헤드: Xaar 1003 프린트 헤드, 노즐 수 1000, 해상도 40 μm .

분말 공급 시스템: 진동 스크리닝, 균일성 편차 <3%.

온도 조절: 적외선 가열, 편차 <±2° C.

바인더 사출 성형 기술의 특징

시멘트 카바이드의 바인더 사출 성형은 다음과 같은 특징을 가지고 있습니다:

높은 디자인 자유도:

내부 냉각 채널(직경 0.5-2mm), 다공성 구조(기공 크기 0.1-1mm), 얇은 벽 부품(벽 두께 < 0.5mm)과 같은 복잡한 기하학적 형상을 인쇄할 수 있습니다.

(K_{1c} 12MPa · m^{1/2}) 과 같은 기능적 그래디언트 설계를 지원합니다 .

낮은 열 입력:

) 으로 인한 입자 조대화(>2 μm) 또는 Co 상의 휘발을 방지하기 위해 실온(20-30° C)에서 인쇄합니다 .

열 응력은 <50 MPa(X 선 응력 측정기로 측정)로 SLM(>200 MPa)보다 훨씬 낮습니다.

높은 생산 효율성:

인쇄 속도: 2000 cc/h (ExOne 데이터), 시간당 50~100 개의 소형 부품(부피 10 cm³) 을 생산할 수 있습니다 .

지지구조가 필요 없고, 부품을 촘촘하게 배치할 수 있으며, 시공 효율성이 30~50% 향상됩니다.

재료 호환성:

WC-6Co(고경도), WC-12Co(고인성) 등 다양한 WC-Co 비율을 지원합니다.

분말 회수율은 99% 이상이며 5~10 회 재사용이 가능합니다(산소 함량 증가 <0.1 중량 %).

비용 효율성:

SLM 분말 보다 20-30% 저렴합니다 .

소비량 <5 kWh, 단위 비용 \$5-10(부피 10 cm³)

한정:

그린바디는 강도가 약하고(8~10MPa, 인스트론 인장시험) 쉽게 파손됩니다.

소결수축률은 12%-15%이고, 치수편차는 ±0.1mm 로 정밀한 사전보정이 필요합니다.

표면 거칠기 : Ra 4-6 μm (소결 후), Ra <0.1 μm 로 낮추기 위해 샷 블라스팅이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

필요 합니다 .

6. 바인더 제팅 기술의 적용 분야 및 성능 데이터

시멘트 카바이드의 바인더 사출 성형은 다음 분야에서 독특한 가치를 보여줍니다.

절삭 도구:

WC-10Co 공구(층 두께 50 μm), 내부 냉각 채널(직경 1mm)은 방열 효율을 25% 향상시키고, 절삭 수명은 15-18 시간(20% 증가), 절삭 속도는 1000m/min(항공 알루미늄 합금)입니다.

채굴 드릴:

WC-8Co 드릴 비트(체적 50cm³), 격자 구조(구경 0.5mm), 15% 중량 감소, 드릴링 거리 1500-1800m(50% 증가), 경도 HV 1650, K_{1c} 12MPa·m^{1/2}.

내마모성 고풍이:

WC-12Co 다이(벽 두께 0.4mm), 압출 시간 >1.2×10⁶ 배(25% 증가), 경도 HV 1700, 마모율 <0.09 mm³ / N·m (ASTM G65 테스트).

신속한 프로토타입 제작:

생산주기는 6~8 시간(전통적인 프레스 및 소결은 3~5 일 소요)이며, 연구 개발 비용이 50% 절감되어 초경 공구 설계 검증에 적합합니다.

성능 데이터(측정):

경도: HV 1650-1750(비커스 경도계, 하중 30kg).

파괴인성: K_{1c} 11-13 MPa·m^{1/2} (단일 모서리 노치 빔 방법, ASTM E399).

밀도: 98.8%-99.2% (아르키메데스 방법).

피로수명: >1.2×10⁵ 배 (회전 굽힘 피로 시험, 500 MPa).

7. 바인더 제팅 기술과 다른 기술의 비교

선택적 레이저 용융(SLM)과 비교:

바인더 제팅은 열 응력이 낮고(<50 MPa 대 >200 MPa) 입자 크기가 더 작습니다(0.5-1 μm 대 1-3 μm).

밀도는 약간 낮지만(99% 대 99.5%), 가격은 50% 저렴합니다(개당 \$5 대 \$10).

기존의 압착 및 소결과 비교:

바인더 제팅은 짧은 생산 주기(8 시간 대 5 일)로 복잡한 디자인을 지원하지만 수축 제어에 더 높은 정밀도가 필요합니다(편차 ±0.1mm 대 ±0.05mm).

바인더 제팅 기술과 다른 성형 기술을 비교한 포괄적인 목록

다음 표는 바인더 제팅(BJ) 기술을 선택적 레이저 용융(SLM), 전자빔 용융(EBM), 용융 증착 모델링(FDM), 프레스 및 소결(P&S) 및 저항성 에너지 증착(DED)과 비교합니다.

색인	바인더 제팅 (비제이)	선택적 레이저 용융 (SLM)	전자빔 용융 (EBM)	융합 모델링 (FDM)	증착	기존의 프레스 및 소결 (추진)	저항성 에너지 증착 (사망)
원칙	분말은 바인더를 분사하여 결합되고, 층층이	레이저는 분말을 녹여 층층이 쌓아 놓은 모양으로	전자빔은 분말을 녹여 고온 진공 환경에서 층층이	핫멜트 와이어를 압출하여 층층이 쌓은	분말을 고온에서 압축하고 후 소결하여 형태를	레이저나 아크는 분말/와이어를 녹여 층층이	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

색인	바인더 제팅 (비제이)	선택적 레이저 용융 (SLM)	전자빔 용융 (EBM)	융합 증착 모델링 (FDM)	기존의 프레스 및 소결 (추신)	지향성 에너지 증착 (사망)
	쌓인 후 소결 및 응고됩니다.	만듭니다.	쌓습니다.	냉각하고 응고시킵니다.	만들고 응고시킵니다.	쌓습니다.
재료 적합성	금속(WC-Co 등), 세라믹, 모래; 분말 입자 크기 5-20 μm .	합금, 강철 등); 소량의 세라믹; 입자 크기 10-45 μm .	금속(티타늄, 니켈 기반 합금 등) 입자 크기 20-75 μm .	열가소성 플라스틱, 소량의 복합재료; 와이어 직경 1.75-3 mm.	금속 분말(WC-Co 등), 세라믹; 입자 크기 1-10 μm .	금속(강철, 니켈 합금 등), 복합재료; 분말/와이어 50-150 μm .
정확성	±0.1 mm, 층 두께 50-100 μm, 분해능 40-50 μm (노즐).	±0.05 mm, 층 두께 20-50 μm, 분해능 20-30 μm (레이저 빔).	±0.2 mm, 층 두께 50-100 μm, 분해능 50-100 μm (전자빔).	±0.2 mm, 층 두께 100-200 μm, 분해능 100-200 μm (노즐).	±0.05mm, 금형 정확도에 따라 달라지며, 입자 크기는 균일성에 영향을 미칩니다.	±0.5mm, 층 두께 0.5-2mm, 분해능 0.5-1mm(용융 풀).
인쇄 속도	2000 cc/h, 50-100 개/시간(10 cm³)	10-20 cm³ / h, 5-10 개/시간(10 cm³)	20-50 cm³ / h, 5-15 개/h (10 cm³)	50-100 cm³ / h, 10-20 개/h (10 cm³)	대량 생산, 제품당 1~5 시간 소요(금형 준비에 몇 주가 소요됨).	500-1000 cm³ / h, 20-50 개/h (10 cm³)
비용	중간(적당한 장비 및 자재 비용, 낮은 운영 비용).	높음(비싼 장비, 높은 자재 및 운영 비용).	높음(장비에 진공 환경이 필요하고, 재료비와 운영비가 높음).	낮음(장비 및 자재 비용이 낮고, 운영 비용이 낮음).	중간(장비 및 자재비용은 적당하나, 금형개발비용은 높음).	중간(장비 비용이 높고, 자재 및 운영 비용이 중간).
표면 품질	Ra 4-6 μm (소결 후), 샷 블라스팅 후 Ra <0.1 μm .	Ra 10-15 μm, Ra < 0.2 μm 로 가공해야 합니다.	Ra 20-30 μm, Ra < 0.5 μm 로 가공해야 합니다.	Ra 5-10 μm, Ra <0.2 μm 로 후처리가 필요합니다.	Ra 0.1-0.5 μm (금형 정확도), 추가 가공이 필요하지 않습니다.	Ra 20-50 μm 의 경우 Ra <0.5 μm 로 가공해야 합니다.
후 처리 요구 사항	탈지 (200-400 ° C, 3 시간), 소결(1350-1450 ° C, 6 시간), HIP(선택 사항).	열처리(900-1200 ° C, 2 시간), 기계가공.	열처리(1000-1300 ° C, 2 시간), 기계가공.	열처리가 필요 없고, 지지체 제거 및 연삭이 필요 없습니다.	추가 처리 없이 소결(1300-1500 ° C, 4-8 시간)합니다.	열처리(800-1100 ° C, 2 시간), 기계가공.
디자인의 자유	높고 내부 채널(0.5-2mm), 얇은 벽(<0.5mm), 경사 구조.	중간 크기, 내부 채널(0.3-1mm), 지지 구조가 필요합니다.	중간 크기, 내부 채널(0.5-2mm), 지지 구조가 필요합니다.	낮음, 전선 경로로 제한됨, 내부 구조 없음.	낮음, 금형 설계에 따라 달라지며, 복잡한 구조에 의해 제한됨.	높은, 복원 또는 대형 조각 제작, 내부 채널(1-5mm).
카바이드	경도 HV 1650-	경도 HV 1700-	경도 HV 1600-	적용 불가, WC-	경도 HV 1800-	경도 HV 1600-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

색인	바인더 제팅 (비제이)	선택적 레이저 용융 (SLM)	전자빔 용융 (EBM)	융합 증착 모델링 (FDM)	기존의 프레스 및 소결 (추신)	지향성 증착 (사망)	에너지
성능	1750, K _{1c} 11-13 MPa·m ^{1/2} , 밀도 98.8-99.2%.	1900, K _{1c} 10-12 MPa·m ^{1/2} , 밀도 99.5%.	1800, K _{1c} 9-11 MPa·m ^{1/2} , 밀도 99.3%.	Co 를 처리하기 어려움	2000, K _{1c} 12-15 MPa·m ^{1/2} , 밀도 99.8%.	1700, K _{1c} 10-12 MPa·m ^{1/2} , 밀도 98-99%.	
열 스트레스	<50 MPa(X선 응력 게이지), 낮은 열 입력.	>200 MPa 일 경우, 이를 완화하기 위해 열처리가 필요합니다.	>300 MPa 일 경우, 이를 완화하기 위해 열처리가 필요합니다.	<20 MPa, 열 입력 없음.	<100 MPa, 소결 중 균일함.	>150 MPa 일 경우, 완화를 위해 열처리가 필요합니다.	
입자 크기	0.5-1 μm (소결 후 SEM 으로 측정).	1-3 μm (용융 후 SEM 측정).	2-5 μm (용융 후 SEM 측정).	해당 없음.	0.5-2 μm (프레스 후 SEM 으로 측정).	5-10 μm (용융 후 풀 응고, SEM 측정).	
응용 프로그램 시나리오	절삭 공구(WC-10Co), 광산 드릴 비트, 금형 프로토타입.	고정밀 항공 부품(Ti6Al4V), 의료용 임플란트.	항공기 터빈 블레이드(니켈 기반 합금), 수리 부품.	프로토타입 제작, 소비자 제품(ABS 부품).	대량의 초경 공구(WC-Co 드릴).	대규모 금속 수리, 적층 제조(강철 구조물).	
한정	그린 바디는 강도가 낮고(8-10 MPa) 수축률은 12%-15%입니다.	비용이 많이 들고, 지지 구조가 필요하며, 열 응력이 높습니다.	비용이 많이 들고, 진공 환경이 필요하며, 표면이 거칠다.	재료 선택이 제한적이고 금속 성형 능력이 없습니다.	금형 비용이 높고 설계 자유도가 낮습니다.	정밀도가 낮고, 표면 품질이 나쁘고, 열영향부위가 넓습니다.	
환경 영향	분말 회수율은 >99%, 에너지 소비량은 5kWh/h.	분말 회수율은 90%이고 에너지 소비량은 10kWh/h 입니다.	분말 회수율은 85%이고 에너지 소비량은 15kWh/h 입니다.	재료 낭비가 적고 에너지 소비량이 2kWh/h 입니다.	재료 낭비는 5-10%이고 에너지 소비량은 8kWh/h 입니다.	재료 낭비는 10-15%이고 에너지 소비량은 12kWh/h 입니다.	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

전해조 에서의 시멘트 카바이드 적용

초경합금(주로 텅스텐 카바이드 WC와 Co, Ni와 같은 바인더 상으로 구성됨, WC 함량 8594 중량%, 바인더 상 615 중량%)은 높은 경도($C1400 \sim 2200HV$), 뛰어난 내마모성(마모 손실 $<0.05mm^3/h$, ASTM G65), 내부식성($H_2SO_4/H_2S <0.01mm/y$, NACE MR0175) 및 고온 안정성($>800^\circ C$)으로 인해 신에너지 전해조(알칼리 전해조 AWE, 양성자 교환막 전해조 PEM, 고체 산화물 전해조 SOEC 등)에서 중요한 응용 잠재력을 가지고 있습니다. 신에너지 전해조는 물을 전기분해하여 수소와 산소를 생산하는 녹색 수소(H_2)의 핵심 장비로, 재생 에너지(풍력, 태양광 등)의 에너지 저장과 경질 탈탄소 산업(철강, 화학 산업 등)의 녹색 전환을 지원합니다.

본 논문은 초경합금의 재료 특성, 국제 표준(GB/T 183762014, IEC 62976 등) 및 산업 동향을 바탕으로 전해조에서의 초경합금 적용, 과제 및 최적화 방향을 분석하고, 고성능 초경합금 부품 연구 개발에 있어 CTIA GROUP LTD의 역량을 중점적으로 평가합니다. 본 논문의 내용은 초경합금의 침탄 및 탈탄 공정과는 무관함을 명시합니다.

1. 신에너지 전해조 개요

신에너지 전해조는 물을 전기분해($H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2} O_2$)하여 녹색 수소를 생산하며, 다음과 같은 주요 유형으로 분류됩니다.

알칼리 전해조 (AWE):

원리: KOH/NaOH 용액(2530 중량%)을 전해질로 사용하고, Ni 또는 Ni 코팅 강철을 전극으로 사용하고, 양극판으로 음극과 양극을 분리합니다.

특징:

성숙한 기술, 낮은 CAPEX(500~1000 유로/kW, 2030년 예상 300 유로/kW).

효율: 6080%(4050kWh/kg H_2).

수명: >80,000 시간.

과제: 부식성 전해질(pH >14), 복잡한 기체-액체 분리.

응용 분야: 대규모 수소 생산(>1MW), 풍력 발전소 에너지 저장.

양성자 교환막 전기 분해조 (PEM):

원리: 전해질로 고체 폴리머 막(예: 나피온)을 사용하고, Pt/Ir 촉매, Ti 또는 스테인리스 스틸 양극판을 사용합니다.

특징:

고효율성: 7090%(3545kWh/kg H_2).

동적 반응이 빠르며(초) 간헐적 재생 에너지에 적합합니다.

CAPEX가 높습니다(1000년 2000 유로/kW, 2030년 예측 500 유로/kW).

수명: 20,000-60,000 시간.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

과제: 귀금속 촉매는 비용이 많이 들고 산성 환경(pH < 2)에서는 부식성이 있습니다.
응용 분야: 분산형 수소 생산, 운송용 연료 전지.

고체산화물 전해조 (SOEC):

원리: 고온(500~850° C)에서 세라믹 전해질(YSZ 등), Ni 또는 페로브스카이트 전극을 사용합니다.

특징:

초고효율: >90% (<40 kWh/kg H₂).

높은 CAPEX(>2000 €/kW, 실험실 단계).

수명: 10,000-20,000 시간.

과제: 고온 밀봉, 열 사이클 안정성.

응용분야: 미래의 산업폐열 결합 및 대규모 수소 생산.

초경합금의 적용 시나리오: 초경합금은 주로 전해조의 핵심 구성 요소인 양극판, 셀, 노즐 및 내마모성 전극 코팅에 사용되어 부식, 마모 및 고온 문제를 해결합니다.

2. 전해조에서의 시멘트 카바이드 적용

높은 경도, 내식성 및 기계적 안정성을 갖춘 초경합금은 전해조에서 기존 소재(예: Ni, Ti, 스테인리스강)를 대체하여 부품 수명(20~50% 증가)과 시스템 효율(유지보수 10~20% 감소)을 향상시킬 수 있습니다. 구체적인 적용 분야는 다음과 같습니다.

2.1 경합금 양극판

기능: 전해조 셀을 분리하고, 전기를 전도하고, 전해질/가스를 분배합니다.

필요하다:

부식 저항성: AWE(KOH, pH >14), PEM(H₂SO₄, pH <2).

전도도: 저항률 <10 μΩ · cm .

기계적 강도 : 압축 강도 > 2 GPa , 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

내마모성: 마모율 <0.05 mm³ / h (ASTM G65).

시멘트 카바이드의 장점:

WCCo : 경도 14002000 HV, KOH/H₂SO₄ 내식성률 <0.01 mm/y.

WCNi : 비자성, 내산성이 Co 기반(H₂SO₄ <0.005 mm/y)보다 우수합니다.

전도도: 저항률은 510 μΩ · cm 로 Ti(40 μΩ · cm) 보다 우수합니다 .

안정성: 800° C 에서 입자 안정성, 상변화 없음.

예:

AWE 양극판: WC10%Ni (Ø 200mm, 두께 2mm), 부식속도 <0.005mm/y, 수명 >100,000 시간(Ni 강은 50,000 시간).

PEM 바이폴라 플레이트: WC6%Co + CrN 코팅(2 μm) , 내산성이 30% 증가, 전도도는 99%로 유지됨 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2 카바이드 셀

기능: 전해액 누출을 방지하고 기밀성(H₂/O₂ 분리)을 확보합니다.

필요하다:

부식 저항성: KOH/H₂SO₄/H₂S 에 대한 저항성.

내마모성: 마찰 방지 마모(마모율 <0.01 mm³ / h).

고온 안정성: SOEC 에는 >800° C 가 필요합니다.

시멘트 카바이드의 장점:

WCCo /Ni: 경도 16002200 HV, PTFE 보다 마모 방지 성능이 우수합니다(마모 감소율 50%).

부식 저항성: H₂S <0.005 mm/y (NACE MR0175).

고온: WC 녹는점 2870° C, SOEC 환경적으로 안정적입니다.

예:

SOEC 셀링 링: WC8%Ni (Ø 50 mm), 800° C 에서 기밀성 >99.9%, 수명 >15,000 시간(세라믹 셀 <10,000 시간).

AWE 셀링 개스킷: WC10%Co(두께 1mm), KOH 환경 부식 속도 <0.01mm/y, 유지 보수 주기가 20% 증가했습니다.

2.3 카바이드 노즐 및 파이프

기능: 전해질, H₂/O₂ 를 운반하고 침식과 부식을 견뎌야 합니다.

필요하다:

침식 저항성: 고속 가스 및 액체 흐름(>10m/s).

부식 저항성: KOH/H₂SO₄ 에 대한 저항성.

낮은 마찰: Ra <0.2 μ m .

시멘트 카바이드의 장점:

WCCo : 경도 2000 HV, 내식성 수명이 3050% 증가했습니다(스테인리스강 대비).

표면 연마: Ra 0.10.2 μ m , 기포 부착 감소.

부식 저항성: H₂SO₄ <0.01 mm/y.

예:

PEM 노즐: WC6%Co (Ø 10 mm), 침식수명 50,000 시간(Ti 20,000 시간).

AWE 파이프 라이닝: WC10%Ni(두께 2mm), KOH 부식 속도 <0.005mm/y, 유지 보수 비용 15% 절감.

2.4 카바이드 전극 코팅

기능: 전극 촉매 효율을 높이고 과전압을 감소시킵니다.

필요하다:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

촉매 활성: 과전압 <300 mV (OER/HER).

내식성: 산/알칼리/고온 저항성.

접착력: >80N(스크래치 테스트).

시멘트 카바이드의 장점:

WC 기반 코팅: Ni 및 Pt 와 합성, 과전압 200~250 mV, 순수 Ni(300 mV)보다 우수함.

부식 저항성: H₂SO₄/KOH <0.01 mm/y.

접착력: >100 N (PVD 공정).

예:

AWE 전극: WCNi 코팅(5 μ m), OER 과전압 220 mV, 효율 증가 5%(Ni 전극 280 mV).

PEM 전극: WCPt 코팅(2 μ m), HER 과전압 200 mV, 수명 20% 증가.

3. 초경합금의 장점과 과제

3.1 초경합금의 장점

부식 저항성:

WCCo /Ni 는 <0.01 mm/y 로 Ni 강(0.05 mm/y)이나 Ti(0.02 mm/y)보다 우수합니다.

H₂S/H₂ 부식에 강하며 심해 또는 고온 전해조에 적합합니다.

내마모성:

경도 1400~2200 HV, 마모율 <0.05 mm³ / h(ASTM G65), 스테인리스강(마모율 0.1 mm³ / h)보다 침식/마모 저항성이 우수합니다.

고온 안정성:

WC 의 녹는점은 2870° C 이며, SOEC 환경(500~850° C)에서 상변화가 없어 Ni(1455° C)보다 우수합니다.

전기 전도도:

저항률은 510 μ Ω · cm 로 양극판의 요구 사항을 충족하며 Ti(40 μ Ω · cm) 보다 우수합니다.

수명 및 비용 효율성:

구성 요소의 수명은 2050%(100,000 시간 이상) 증가했고, 유지 관리 비용은 1020% 감소했습니다.

초기 비용은 높지만(WC 50100 달러/kg 대비 Ni 20 달러/kg) 수명주기비용은 낮습니다.

3.2 과제

처리 어려움:

시멘트 카바이드는 경도가 높아(1400~2200HV) 다이아몬드 공구나 EDM 가공이 필요해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

비용이 2030% 증가합니다.
복잡한 모양(예: 양극판 흐름 채널)은 처리 주기가 길어집니다(개당 10 시간 이상).

비용:
WC 분말(>99.9% 순도) 및 소결(1350~1450° C, 10⁻⁵Pa)은 가격이 비싸며, 개당 가격이 Ti 의 23 배에 이릅니다.
귀금속 코팅(Pt, Ir 등)은 CAPEX 를 더욱 증가시킵니다.

무게:
밀도 14.515.0 g/cm³ (Ti 4.5 g/cm³ 대비), 이동식 전해조 에 적합하지 않음 .

촉매 활동:
순수 WC 는 촉매 활성이 제한적(과전압 > 300 mV)이며, 복합 Pt/Ni 코팅이 필요하므로 공정이 더욱 복잡해집니다.

취성:
인성이 낮고(KIC 1215 MPa·m^{1/2} 대 Ni 50 MPa·m^{1/2}) 충격 저항성을 최적화해야 합니다.

4. 최적화 방향

재료:
WCNi 기반: Ni 함량(1015 중량 %)을 증가시키면 산성 저항성(H₂SO₄ <0.005mm/y)이 향상되고 Co 용해가 감소합니다.
나노 WC: 입자 크기 0.20.5 μm, 경도 10% 증가(2200 HV), 인성 15% 증가(KIC >15 MPa·m^{1/2}) .
복합코팅: WC+Pt /Ni(PVD, 25 μm), 과전압 은 200 mV 로 낮아지고 촉매 효율은 10% 증가합니다.

제조 공정:
적층 제조: 3D 프린팅 WCCo 양극판, 흐름 채널 정확도 ±0.01mm, 처리 비용이 20% 절감되었습니다.
HIP 소결: 1350° C, 120 MPa, 기공률 <0.001%, 내식성이 15% 증가했습니다.
표면처리 : 연마(Ra <0.1 μm) + CrN 코팅 (2 μm), 내마모성 30% 증가.

비용 최적화:
WC 분말을 재활용(회수율>90%)하고 원자재 비용을 20% 절감합니다.
Ir 촉매를 NiFe 합금 으로 대체하면 CAPEX 를 1015%까지 줄일 수 있습니다.

모듈성:
표준화된 양극판(200×200mm, 두께 2mm)은 AWE/PEM 과 호환되어 생산 효율을 20%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

높습니다.

셀의 빠른 분해 및 조립으로 유지관리 시간이 30% 단축됩니다.

테스트 및 검증됨:

부식 시험: NACE MR0175, H₂SO₄/KOH, 부식 속도 <0.005 mm/y.

내구성: ASTM G65, 마모 <0.05 mm³ / h, 사이클 >100,000 회.

전기화학: OER/HER 과전압 <250 mV, 효율 >80%.

5. 표준 및 사양

GB/T 183762014: 시멘트 카바이드 기공률 <0.01%, 균일성 >95%.

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, 편차 <±50 HV.

양극판의 전기 전도도(저항률 <10 μΩ·cm) 및 내식성(부식률 <0.01 mm/y).

NACE MR0175: H₂S/H₂SO₄에 대한 내성, 부식 속도 <0.005 mm/y.

ASTM G65: 마모율 <0.05 mm³ / h.

ISO 6508: 경도 시험, 편차 < ±50 HV.

6. 업계 동향 및 사례

경향:

녹색 수소 생산: EU RePowerEU는 2030년까지 녹색 수소 20Mt을 목표로 하고 있으며, 전해조 수요는 100GW 이상입니다.

재료 대체: 시멘트 카바이드는 점차적으로 Ti(PEM) 및 Ni 강(AWE)을 대체하여 CAPEX/OPEX를 줄입니다.

고온 전기분해: SOEC 수요가 증가하고 시멘트 카바이드 고온 부품(셀 등) 시장이 확대됩니다.

인텔리전스: 부식/마모에 대한 온라인 모니터링, 카바이드 부품에 통합된 센서, 그리고 유지 관리 효율성이 20% 증가했습니다.

예:

AWE 프로젝트: 1MW 전해조 (중국), WC10%Ni 양극판 (200×200mm), 부식률 <0.005mm/y, 효율 75%, 수명 >80,000 시간, 유지보수 비용 15% 감소.

PEM 프로젝트: 500kW 전해조 (독일), WC6%Co 노즐 (Ø 10mm), 침식 수명 50,000 시간, 시스템 효율 5% 증가.

SOEC 파일럿: 100kW 전해조 (미국), WC8%Ni 밀봉 링 (Ø 50mm), 800° C에서 기밀성 >99.9%, 수명 >15,000 시간.

7. 결론

높은 경도(1400~2200 HV), 내식성(H₂SO₄/KOH <0.01 mm/y), 내마모성(마모 손실 <0.05

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm³/h) 및 고온 안정성(>800° C)을 갖춘 초경합금(WCCo / Ni)은 신에너지 전해조(AWE, PEM, SOEC)의 분리판, 셀, 노즐 및 전극 코팅의 핵심 소재로서 상당한 이점을 제공합니다. 기존 Ni 강(수명 50,000 시간)이나 Ti 강(부식률 0.02 mm/y)과 비교했을 때, 초경합금 부품의 수명은 2050%(>100,000 시간) 증가하고 유지보수 비용은 1020% 감소하여 친환경 수소 생산의 효율성과 경제성을 향상시킵니다.

과제는 가공 난이도(비용 2030% 증가), 초기 비용, 그리고 촉매 활성화(복합 코팅 필요)입니다. 나노 WC, 적층 제조, HIP 소결, 그리고 NiFe 촉매 최적화를 통해 CAPEX/OPEX를 더욱 절감하고 경쟁력을 향상시킬 수 있습니다.

CTIA GROUP LTD는 초경합금 분야에서 선진 기술을 보유하고 있습니다. 나노 WC 분말(D50 0.20.5 μm), HIP 소결(1350° C, 120 MPa), PVD 코팅(WCpT/Ni, 25 μm)을 활용하여 고성능 바이폴라 플레이트(저항률 < 10 μΩ · cm), 셀(기밀성 >99.9%), 노즐(침식 수명 >50,000 시간)을 개발하여 AWE / PEM / SOEC의 가혹한 작동 조건을 충족하고 친환경 수소 생산을 위한 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공합니다.

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:

초경 고속 절삭 공구

초경 고속 절삭 공구 개요

초경 고속 절삭 공구의 정의 및 특성

정의 : 초경 고속 절삭 공구는 텅스텐 카바이드(WC)와 결합상(Co/Ni) (WC 85-94 중량 %, 결합상 615 중량 %)을 기반으로 합니다. 정밀 연삭 및 물리 기상 증착(PVD) 코팅(예: TiN)을 통해 AlTiN 소재는 높은 경도(1800~2200 HV), 내마모성 및 고온 안정성을 갖추고 있으며, 500~2000m/min의 절삭 속도에 적합합니다.

시멘트 초경 고속 절삭 공구의 특징 :

높은 경도 : 1400~2200 HV, 내마모성은 고속도강(HSS, 800 HV)보다 510 배 더 우수합니다.

고온 적색 경도 : 경도는 800~1000°C에서 >1200 HV로 유지되며 건식 절단에 적합합니다.

내마모성 : 마모 <0.05 mm³ / h (ASTM G65), 공구 수명 500~2000 분.

충격 저항성 : 굽힘강도 1.82.8 GPa, 파괴인성 KIC 1015 MPa·m^{1/2}.

적용분야 : 강철(HRC 2060), 티타늄 합금(Ti6Al4V), 니켈 기반 합금(Inconel 718), 탄소섬유 복합재료(CFRP) 등의 가공에 사용

초경 고속 절삭 공구의 종류

선삭 공구 : 외부 선삭, 내부 구멍 가공, 절삭 속도 500~1500m/min.

밀링 커터 : 평면 밀링, 슬로팅, 절삭 속도 600-2000m/min.

드릴 비트 : 깊은 구멍 드릴링, 절삭 속도 300~800m/min.

보링 공구 : 정밀 구멍 가공, 절삭 속도 400~1000m/min.

초경 고속 절삭 공구의 장점

효율성: 절삭 속도는 HSS 보다 510 배 빠르고, 가공 효율은 50~100% 증가합니다.

수명 : 코팅된 카바이드 공구 수명은 500-2000 분(HSS의 경우 50-200 분)입니다.

정밀도 : 표면 거칠기 Ra 0.10.4 μm, 가공 정확도 ±0.01 mm.

적용성 : 건식 절단, 습식 절단 및 다양한 소재의 가공에 적합합니다.

2. 초경 고속 절삭 공구 소재

2.1 재료

행렬 :

WC : 8594 중량 %, 입자 크기 0.22 μm.

초미립자(0.20.5 μm) : 경도 2000~2200HV, 내마모성이 우수하여 마무리 가공에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적합합니다 .

중간-조립($12 \mu\text{m}$) : 인성 KIC $1215 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 거친 가공에 적합.

Co : 615 wt % , 인성과 충격 저항성을 향상시킵니다.

저코발트(68 중량 %) : 경도 $1800 \sim 2200\text{HV}$, 강한 내마모성.

높은 Co(1015 중량 %) : 굽힘강도 $2.22.8 \text{ GPa}$, 내충격성이 우수함.

Ni : 0.5 wt % , Co 를 부분적으로 대체하고 내식성을 향상시킵니다($\text{H}_2\text{SO}_4 < 0.01 \text{ mm/y}$).

첨가제 : $\text{Cr}_3\text{C}_2/\text{VC}$ (0.21 중량 %) , 입자생장을 억제하고 경도를 510% 증가시킵니다.

코팅 :

주석 : 경도 $2000 \sim 2300 \text{ HV}$, 마찰계수 0.4 , 내마모성 20% 증가.

TiAlN / AlTiN : 경도 $3000 \sim 3300 \text{ HV}$, 내열성 $900 \sim 1100^\circ \text{C}$, 수명 3050% 증가.

크르노 : 경도 $1800 \sim 2200 \text{ HV}$, 내식성이 우수하여 스테인리스강 가공에 적합합니다.

DLC(Diamond-like Carbon) : 경도 $3000 \sim 4000 \text{ HV}$, 마찰계수 < 0.1 , CFRP 및 알루미늄 합금에 적합함.

2.2 초경 고속 절삭 공구의 경사 구조

표면 : 낮은 Co(68 wt %) , 초미립자 WC($0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$) , 경도 $2000 \sim 2200 \text{ HV}$.

코어 : 고 Co(1012 wt %) , 중간-조립 WC($12 \mu\text{m}$) , 인성 KIC $1215 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

장점 :

표면 마모 저항성은 2030% 증가하고, 코어 충격 저항성은 1520% 증가합니다.

경사층(0.52mm)은 응력 집중을 줄이고 균열 성장 가능성을 20% 감소시킵니다.

준비 : 증상분말프레스 + 열간등방프레스(HIP) 소결(1350°C , 120 MPa).

초경 고속 절삭 공구의 성능 요구 사항

경도: $1800 \sim 2200 \text{ HV}$ (GB/T 7997-2017).

굽힘강도: $1.82.8 \text{ GPa}$ (GB/T 38512015).

파괴인성: $1015 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

내마모성: 마모율 $< 0.05 \text{ mm}^3 / \text{h}$ (ASTM G65).

부식 저항성: 냉각수(pH 710) 부식 속도 $< 0.01 \text{ mm/y}$.

열전도도 : $80100 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, HSS($20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 보다 방열성이 우수합니다 .

초경 고속 절삭 공구의 제조 공정

3.1 분말 준비

원자재 :

WC: D50 $0.22 \mu\text{m}$, 순도 $> 99.9\%$.

Co/Ni: D50 $12 \mu\text{m}$, 순도 $> 99.9\%$.

$\text{Cr}_3\text{C}_2/\text{VC}$: D50 $0.51 \mu\text{m}$, 순도 $> 99.9\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

볼 밀링 :

장비: 행성형 볼 밀 (ZrO₂ 볼, 볼 대 재료 비율 10:1).
매개변수: 속도 300 rpm, 시간 1624 시간, 알코올 매체.
결과: 입자 크기 편차 <±0.1 μm, 구성 균일성 >95%.

3.2 형성

방법 : 냉간 등방압 성형(CIP) 또는 압축 성형 .

장비 : CIP 프레스(250300 MPa).

매개변수 :

압력: 250300 MPa, 60 초간 압력을 유지합니다.

금형 : 고정밀 강철 금형 (편차 <±0.05 mm), BN 윤활.

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

결과 : 밀링 크기 편차는 <±0.1mm 이고 균열률은 <1% 였습니다 .

3.3 소결

방법 : 진공소결 + HIP.

장비 :

진공소결로(10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa, 몰리브덴 가열소자).

HIP 로 (Ar , 120150 MPa).

매개변수 :

탈랍 :

온도: 200600° C, 가열 속도 3° C/분.

분위기: H₂(O₂ <5 ppm), 유량 10 L/min.

진공: 10⁻² Pa, 잔류 탄소 <0.05%.

소결 :

온도: 1350~1450° C, 가열 속도 58° C/분.

진공: 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa, 23 시간 동안 보온 유지.

영덩이 :

온도 : 1350° C, 압력 120 MPa (Ar).

보온: 12 시간, 15° C/분으로 식힙니다.

결과 :

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

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

경도: 18002200 HV, 수축률 1518%.

3.4 정밀 가공

연삭 :

장비: CNC 연삭기, 다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 510 μm) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매개변수: 속도 3000rpm, 이송 0.010.05mm/패스, 냉각수(오일 기반).
결과: 절삭날 반경 <5 μm, Ra 0.10.2 μm.

연마:

: 다이아몬드 연마 페이스트(13 μm).
매개변수: 속도 800rpm, 압력 0.3MPa.
결과: Ra <0.1 μm, 마찰계수가 20% 감소하였습니다.

3.5 코팅

방법: PVD(물리적 기상 증착).
장비: 마그네트론 스퍼터링(Ti/Al/Cr 타겟, 순도 >99.99%).
매개변수:
코팅: TiAlN (35 μm, 경도 30003300 HV).
진공: 10⁻⁴Pa, 온도 300400° C.
바이어스: 100V, 가스: Ar+N2(50sccm).
증착 속도: 1 μm/h.
결과:
접착력: >80N(스크래치 테스트).
내열성: 900~1100° C, 수명은 3050% 증가했습니다.
마찰계수: <0.3, 내마모성이 2030% 증가했습니다.

3.6 감지

미세구조: SEM(입자 0.22 μm), XPS(조성 편차 <±0.1 wt %).
성능:
경도계: 편차 < ±50 HV(ISO 6508).
마모 시험: ASTM G65, 마모 속도 <0.05 mm³/h.
굽힘강도: GB/T 38512015, 1.82.8 GPa.
기하구조: CMM(좌표측정기), 절삭날 편차 <±0.005mm.

4. 성과 분석

매개변수	초경 공구	고속도강(HSS)
경도(HV)	18002200	800900
굽힘 강도 (GPa)	1.82.8	34
인성(KIC, MPa·m ^{1/2})	1015	2050
내마모성(mm ³ /h)	<0.05	0.20.5
내열성(°C)	8001000	500600
절삭 속도(m/min)	5002000	50200
수명(분)	5002000	50200

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 거칠기(Ra, μm) 0.10.4 0.81.2

주요 성과 :

내마모성 : 초미립자 WC+TiAlN 코팅, 마모 손실 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{h}$, 수명이 510 배 증가했습니다.

고온 안정성 : 경도가 $800\sim 1000^\circ \text{C}$ 에서 1200 HV 이상이며 건식 절단에 적합합니다(냉각수 50% 감소).

절단 효율 : 속도 500-2000m/min, 효율 50-100% 증가(HSS 대비).

정밀도 : Ra 0.10.4 μm , 가공 정확도 $\pm 0.01 \text{ mm}$.

5. 적용 시나리오

초경 고속 절삭 공구는 항공우주, 자동차 제조, 금형 가공 및 에너지 장비에 적합합니다. 다음은 일반적인 작업 조건 및 최신 작업 조건에 대한 구체적인 공구, 시험 데이터 및 선택 제안입니다.

항공우주

소재 : 티타늄 합금(Ti6Al4V, HRC 36), 니켈 기반 합금(Inconel 718, HRC 45), CFRP.

칼 :

티타늄 선삭 :

(인덱서블 인서트, ISO CNMG120408), WC6%Co(초미립자, D50 0.20.5 μm , Cr3C2 0.5 중량 %), 경도 2000~2200HV, PVD AlTiN 코팅(4 μm , 경도 3300HV, 내열성 1100°C). 주 편향각 75° , 절삭날 각도 6° , 절삭날 반경 0.02mm, 3D 칩 브레이커.

공정 : 볼 밀링 20 시간, CIP 280 MPa, 소결 1400°C (10^{-5} Pa , 2.5 시간), HIP 1350°C (120 MPa, 1.5 시간), 연삭(모서리 반경 $<5 \mu\text{m}$, Ra 0.1 μm), PVD AlTiN (350°C , 접착력 $>100 \text{ N}$).

절삭 매개변수 : 속도 800m/min, 이송 0.15mm/r, 절삭 깊이 1.0mm, 건식 절삭.

테스트 데이터 : 수명 1200 분(HSS 150 분), Ra 0.2 μm , 정확도 $\pm 0.01 \text{ mm}$, 절삭력 450N(25% 감소), 마모 $<0.05 \text{ mm}^3 / \text{h}$, 공구 끝 온도 850°C .

선택 권장 사항 : 초미립자 WC + 저 Co(6 wt %) + AlTiN, CNMG120408MF, 주 편향 각도 75° , 건식 절단 또는 MQL(0.1 L/h).

고온 합금 드릴링 :

솔리드 드릴 ($\emptyset 10 \text{ mm}$, 깊이 대 직경 비율 5:1), WC12%Co(중조립, D50 12 μm , VC 0.5 wt %), 경도 1600~1800 HV, PVD TiAlN 코팅(4 μm , 내열성 1100°C). 정점각 135° , 나선각 30° , 절삭날 반경 0.05 mm, 내부 냉각수 구멍 $\emptyset 1 \text{ mm}$.

공정 : 볼 밀링 22 시간, CIP 300 MPa, 소결 1450°C (10^{-5} Pa , 3 시간), HIP 1350°C (120 MPa, 2 시간), 연삭(모서리 반경 $<5 \mu\text{m}$), PVD TiAlN (400°C , 접착력 $>100 \text{ N}$).

절삭 매개변수 : 속도 500m/min, 이송 0.05mm/r, 구멍 깊이 50mm, 고압 내부 냉각수(20bar, 5L/min).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 데이터 : 수명 800 분(HSS 100 분), Ra 0.3 μm , 구멍 직경 $\pm 0.01\text{ mm}$, 절삭력 550 N(21% 감소), 마모 $<0.05\text{ mm}^3 / \text{h}$, 칩핑 없음.

선택 권장 사항 : 중간-조립 WC + 높은 Co(12 중량 %) + TiAlN, $\varnothing 10\text{ mm}$ 내부 냉각 드릴, 상단 각도 135° , 고압 내부 냉각.

CFRP 밀링 :

다날 밀링 커터 ($\varnothing 10\text{mm}$, 6 날, 엇갈린 날), WC8%Co(초미립자, D50 0.20.5 μm , Cr3C2 0.5 중량 %), 경도 2000~2200HV, PVD DLC 코팅(3 μm , 경도 3500HV, 마찰계수 0.08). 나선각 45° , 절삭날 경사각 $+5^\circ$, 절삭날 반경 0.01mm.

공정 : 불 밀링 20 시간, CIP 280 MPa, 소결 1400°C (10^{-5} Pa , 2.5 시간), HIP 1350°C (120 MPa, 1.5 시간), 분쇄(Ra 0.08 μm), PVD DLC(300°C , 접착력 $>80\text{ N}$).

절삭 매개변수 : 속도 2000m/분, 이송 0.05mm/치아, 절삭 깊이 2.0mm, 건식 절삭.

테스트 데이터 : 수명 1500 분(HSS 200 분), Ra 0.15 μm , 박리 없음, 절삭력 200N(33% 감소), 마모 $<0.03\text{mm}^3 / \text{h}$, 박리율 $<1\%$.

선택 권장 사항 : 초미립자 WC+DLC, $\varnothing 10\text{ mm}$ 6 날 밀링 커터, 나선 각도 45° , 건식 절단 + 먼지 제거.

성능 : 수명 800-2000 분, 효율 50% 증가, Ra 0.15-0.4 μm .

사례 : 터빈 블레이드(Ti6Al4V) 가공, 속도 1200m/min, 수명 1500 분, 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

자동차 제조 :

재료 : 고강도 강철(HRC 4050), 주철(HB 200300).

고강도 강철 선삭 :

WC10%Co 선삭 공구 (CrN 5 μm), 속도 600~1000 m/min.

성능 : 수명 800-1500 분, Ra 0.1-0.3 μm .

성능 : 수명 800-1500 분, 유지 보수 비용 20% 절감.

사례 : 크랭크샤프트 가공, 속도 800m/min, 수명 1200 분, 효율 30% 증가.

곰팡이 처리 중 :

재료 : 다이스틸(P20, HRC 3040), 스테인리스 스틸(316L), 3D 프린팅 316L.

스테인리스 스틸 밀링 :

엔드밀 ($\varnothing 12\text{ mm}$, 4 개 플루트), WC10%Ni(미립자, D50 0.51 μm , Cr3C2 0.5 wt %), 경도 1800 ~ 2000 HV, PVD CrN 코팅(5 μm , 경도 2200 HV, 마찰 0.2). 나선각 40° , 절삭날 반경 0.03 mm, 연마된 칩 플루트(Ra $<0.1\text{ }\mu\text{m}$).

기술

18 시간 불 밀링, 200MPa 에서 프레싱, 1420°C 에서 소결(10^{-4} Pa , 2 시간), 1350°C 에서 HIP(120 MPa, 1.5 시간), 분쇄(Ra 0.1 μm), PVD CrN (300°C , 접착력 $>80\text{ N}$).

절단 데이터

속도 1000m/분, 이송 0.08mm/치아, 절삭 깊이 0.5mm, 수성 냉각수(pH 8, 10L/분).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 데이터

수명 1000 분(HSS 200 분), Ra 0.25 μm , 정확도 $\pm 0.008\text{mm}$, 절삭력 300N(25% 감소),
마모 $<0.04\text{mm}^3/\text{h}$, 빌드업 인선 없음.

선택 권장 사항

WCNi (10 중량 %) + CrN, $\emptyset 12\text{mm}$ 4 날 밀링 커터, 나선 각도 40° , 습식 절단 + 정기
세척.

3D 프린팅 316L 마감 :

볼 엔드밀 ($\emptyset 6\text{mm}$, 2 날), WC8%Co(초미립자, D50 0.20.5 μm , VC 0.5 wt %), 경도
2000~2200 HV, PVD TiAlN +CrN 코팅(5 μm , 경도 3200 HV, 마찰 0.2). 볼 엔드 반경
3 mm, 나선각 35° , 절삭날 반경 0.02 mm, 연마 홈(Ra $< 0.1\ \mu\text{m}$).

기술

볼 밀링 20 시간, CIP 280 MPa, 소결 1400°C (10^{-5}Pa , 2.5 시간), HIP 1350°C (120
MPa, 1.5 시간), 분쇄(Ra 0.1 μm), PVD TiAlN+CrN (350°C , 접착력 $>100\text{N}$).

절단 데이터

속도 1200m/분, 이송 0.03mm/치아, 절삭 깊이 0.2mm, MQL(0.1L/h).

테스트 데이터

수명 1200 분(HSS 250 분), Ra 0.15 μm (초기 Ra 15 μm), 정확도 $\pm 0.005\text{mm}$, 절삭력
250N(29% 감소), 마모 $<0.04\text{mm}^3/\text{h}$, 막힘 없음.

선택 권장 사항

초미립자 WC+TiAlN+ CrN, $\emptyset 6\text{mm}$ 2- 플루트 볼 엔드밀, 나선각 35° , MQL+레이어
밀링.

성능

수명: 1000-2000 분, 정확도: $\pm 0.005-0.008\text{mm}$.

사례

사출금형(316L) 가공, 속도 1000m/min, 수명 1800 분, Ra 0.2 μm .

에너지 장비 :

재료 : 고온 합금(GH4169), CFRP.

칼 :

CFRP 밀링 : WC8%Co 밀링 커터 ($\emptyset 10\text{mm}$, DLC 3 μm), 속도 2000 m/min, 수명
1500 분, 박리 없음.

성능 : 수명은 1000-2000 분이며, 박리/ 깨짐이 없습니다.

사례 : 풍력 터빈 날개(CFRP) 가공, 속도 1500m/min, 수명 2000 분.

6. 최적화 제안

재료 최적화 :

티타늄 합금 : 초 미립 WC(D50 0.20.5 μm), Co 6 중량 %, AlTiN 4 μm , 내열성
 1100°C .

스테인리스 스틸 : WCNi (10 중량 %), Cr3C2 0.5 중량 %, CrN 5 μm , 내식성 $< 0.01\text{mm}$
/y.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고온 합금 : 중간 조립 WC(12 μm) , Co 12 wt % , TiAlN 4 μm , KIC >14 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$.

CFRP : 초 미립 WC(0.20.5 μm) , Co 8 중량 % , DLC 3 μm , 마찰 <0.08.

3D 프린팅 금속 : 초 미립 WC(0.20.5 μm) , Co 8 중량 % , TiAlN+CrN 5 μm , 정확도 $\pm 0.005\text{mm}$.

일반용 도 : Cr3C2/VC 0.5 중량 % , 경도가 510% 증가함.

프로세스 최적화 :

소결 : HIP 1350 $^{\circ}\text{C}$, 120 MPa , 기공률 <0.001% , 일관성 10% 증가.

연삭 : CNC 연삭기 , 다이아몬드 연삭 휠(58 μm) , 절삭 날 반경 <5 μm , Ra <0.1 μm .

코팅 :

AlTiN (4 μm , 350 $^{\circ}\text{C}$, 바이어스 100 V) 은 내열성이 20% 증가했습니다.

CrN (5 μm , 300 $^{\circ}\text{C}$, 바이어스 80 V) 은 내식성이 30% 증가했습니다.

DLC(3 μm , 300 $^{\circ}\text{C}$, 바이어스 120 V) , 마찰 감소 50%.

3D 프린팅 : 복잡한 도구(내부 냉각 채널 등)의 SLM 성형 , 사이클 시간 20% 단축 , 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

장비 최적화 :

소결로: 온도 조절 $\pm 3^{\circ}\text{C}$, 진공 10 $^{-5}$ Pa.

CNC 연삭기: 다이아몬드 연삭 휠 , 편차 $\pm 0.005\text{mm}$.

코팅 장비: 증착 속도 12 $\mu\text{m}/\text{h}$, 두께 편차 $\pm 0.1\mu\text{m}$.

작업 조건 적용 :

티타늄 합금 : 건식 절단 , AlTiN 코팅 , 속도 800-1200m/min , 주 편향 각도 75 $^{\circ}$.

스테인리스 강 : 습식 절단 , CrN 코팅 , 속도 600-1000m/min , 나선 각도 40 $^{\circ}$.

고온 합금 : 내부 냉각(20bar) , TiAlN 코팅 , 속도 500-800m/min , 상단 각도 135 $^{\circ}$.

CFRP : 건식 절단 , DLC 코팅 , 속도 1500-2000m/min , 엇갈린 이빨.

3D 프린팅 금속 : MQL(0.1 L/h) , TiAlN+CrN 코팅 , 속도 1000~1200 m/min , 불 엔드 툴.

테스트 및 검증 :

미세구조 : SEM(결정립 0.22 μm) , EBSD(결정립계 응력 <5%) .

성능 : ASTM G65(마모율 <0.030.05 mm 3 / h) , 고온 경도(>1200 HV , 900 $^{\circ}\text{C}$) .

절단 테스트 :

절삭력: 200550 N (2033% 감소).

수명: 8002000 분(4.88 배 증가) .

표면: Ra 0.150.3 μm , 정확도 $\pm 0.0050.01\text{mm}$.

실패: VB <0.10.2 mm , 깨짐/박리 없음.

7. 표준 및 사양

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

GB/T 38502015 : 밀도 14.515.0 g/ cm 3 , 편차 $\pm 0.1\text{g}/\text{cm}^3$.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GB/T 79972017 : 경도 14002200 HV, 편차 $\lt \pm 50$ HV.

ASTM G 65 : 마모율 $\lt 0.05$ mm³ / h.

ISO 6508 : 경도 시험, 편차 $\lt \pm 50$ HV.

ISO 1832 : 공구 형상, 절삭날 편차 $\lt \pm 0.01$ mm.

ISO 8688 : 공구 수명 시험, 절삭 시간 $\gt 500$ 분.

8. 결론

초경합금 고속 절삭 공구는 소재 최적화(초미립자 WC 0.20.5 μ m, 낮은 Co 68 중량%, TiAlN/CrN/DLC 코팅 35 μ m)와 첨단 제조 공정(HIP 소결 1350 $^{\circ}$ C, 120MPa, PVD 코팅 300400 $^{\circ}$ C)을 통해 높은 경도(1800~2200HV), 내마모성(마모 감소 $\lt 0.030.05$ mm³/h), 고온 적색 경도 (800 ~ 1000 $^{\circ}$ C), 절삭 안정성 (수명 800 ~2000 분)을 달성합니다. 이 공구는 항공우주(티타늄 합금, 니켈 기반 합금, CFRP), 자동차(고강도강), 금형(스테인리스강, 3D 프린팅 금속), 에너지(CFRP) 및 기타 분야에 적합하며, 절삭 속도는 500~2000m/min, 가공 효율은 50~100% 향상, 정확도는 $\pm 0.0050.01$ mm, Ra 는 0.150.4 μ m입니다 . 초미립자 , 복합 코팅, 3D 프린팅 및 정밀 연삭을 최적화하면 비용을 더욱 절감하고(개당 100,500 위안) 성능을 향상시킬 수 있습니다. 하지만 가공 난이도(다이아몬드 연삭 비용 20% 증가)와 코팅 접착력(80N 이상 필요)이 과제입니다.

CTIA GROUP LTD 는 나노 WC 분말(D50 0.20.5 μ m) , HIP 소결(기공률 $\lt 0.001\%$) , 그리고 다층 PVD 코팅 (TiAlN + CrN , 57 μ m) 을 사용하여 항공우주(수명 1500 분 이상), 자동차(효율 30% 향상), 그리고 금형 가공(정밀도 ± 0.005 mm) 분야의 요구를 충족하는 고성능 선삭 공구, 밀링 커터, 드릴을 개발합니다. 이 제품은 SEM, ASTM G65, ISO 1832 인증을 획득하여 안정적인 성능을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 볼 엔드밀

1. 개요

초경 볼 엔드밀은 텅스텐 기반 초경(예: WC-Co, WC-Ni)을 커터 본체 또는 블레이드 소재로 사용하는 밀링 공구입니다. 커터 헤드는 구형이며 복잡한 3 차원 표면, 캐비티, 금형 및 정밀 부품 가공에 적합합니다. 높은 경도(HV1600-2000), 뛰어난 내마모성, 고온 안정성(600-800° C 유지 강도)을 갖추고 있어 강철, 주철, 스테인리스강, 알루미늄 합금 및 고온 합금 가공에 적합하며, 항공우주, 자동차, 금형 제조 및 의료 산업의 고정밀(IT6-IT7) 및 고품질 표면 가공 요구를 충족합니다.

1. 재료 및 제조

재료 구성:

텅스텐 카바이드(WC, 80~90%)와 결합재(예: Co, Ni, 5~15%)로 구성되며, 내마모성을 향상시키기 위해 TiC 와 TaC 가 첨가됩니다. 높은 Co 함량(예: WC-10Co)은 인성을 향상시키고 단속 절삭에 적합합니다. Ni 계 합금은 내식성이 우수하여 습식 가공에 적합합니다.

제조 공정:

분말 야금

WC 와 Co 분말(입자 크기 0.4~ 1.5 μm)을 혼합하고, 금형(압력 300~500MPa)을 프레스하고, 1350~1450° C 에서 진공 소결하여 경도 HV1700~1900 을 달성합니다.

정밀 연삭

구형 커터 헤드와 나선형 홈은 다이아몬드 연삭 휠로 가공되었으며, 날카로움은 <5 μm, 표면 거칠기 Ra <0.2 μm 로 절단 정확도와 원활한 칩 제거를 보장합니다.

코팅 기술

PVD 코팅(예: TiAlN) 적용 두께가 2~ 4 μm 인 AlCrN , DLC 를 사용하면 마찰계수를 0.15~0.3 으로 낮추고 공구 수명을 50~100% 연장할 수 있습니다.

장점

고속 강철 볼 엔드밀과 비교했을 때, 카바이드 볼 엔드밀은 절삭 속도가 2~3 배(50~200m/min) 더 빠르고 수명도 3~5 배 더 깁니다.

3. 유형 및 응용 분야

표준 볼 엔드밀

직경 2-20mm, 2-4 개 블레이드, 자동차 램프 금형(정밀 IT7)과 같은 금형 캐비티 및 곡면 가공에 적합합니다.

롱넥 볼 엔드 밀링 커터

높은 종횡비(L/D>5)로 항공기 날개 금형(깊이 50-100mm)과 같은 깊은 캐비티 가공에 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

마이크로 볼 엔드밀

직경 0.1~2 mm, 의료용 임플란트 등 정밀 가공에 적합(표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu m$).

고경도 볼 엔드 밀링 커터

가공 경도 HRC50-65 소재로 금형강 및 고온 합금에 적합합니다.

응용 프로그램 예:

항공우주: 티타늄 합금 터빈 블레이드 가공, 절삭 속도 80m/min, 허용 오차 $< 5 \mu m$.

자동차 산업: 플라스틱 금형 표면 밀링, 연간 생산량 500 만 개 이상, 공구 수명 20,000 개/ 블레이드.

의료 산업: 정형외과 임플란트 가공, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$, 정밀도 IT6.

4. 기술적 특징

높은 효율성: 절삭 속도 50~200m/분, 이송 속도 0.02~0.2mm/치아, 가공 효율이 30~50% 증가했습니다.

고정밀도: 치수 허용 오차 $< 5 \mu m$, 표면 거칠기 $Ra 0.2 - 0.4 \mu m$, ISO 1832 표준 충족.

내구성: 코팅 볼 엔드밀의 수명은 5,000~10,000 개이며, 공구 교체 빈도는 50% 감소합니다.

재활용 가능성: 폐도구는 아연 용해 또는 화학적 방법을 통해 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30-40% 절감됩니다.

5. 개발 동향

지능형 최적화

AI 와 결합하여 툴 헤드 반경 ($R0.5 \sim R10$) 과 절삭 경로를 최적화함으로써 가공 오류가 25% 감소합니다.

녹색 제조

환경 영향을 줄이기 위해 저코발트($< 5\%$) 시멘트 카바이드를 연구 개발하고, 폐액 배출을 60%까지 줄이기 위해 전기화학적 재활용 기술을 홍보합니다.

고급 코팅

TiAlN /DLC 등)을 개발하여 내마모성을 60% 높이고 서비스 수명을 2 배 연장합니다.

고성능 디자인

최적화된 나선 각도 ($30 \sim 40^\circ$) 와 칩 흡은 절삭력을 20% 줄여 고속 및 건식 가공에 적합합니다.

초경 볼 엔드밀은 높은 경도, 내마모성, 그리고 높은 정밀도로 복잡한 표면 가공 및 정밀 가공의 핵심 공구로 자리 잡았으며, 항공우주, 자동차, 금형 및 의료 산업에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초경 볼 엔드 밀은 지능형 최적화, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 가공 효율을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 고급 제조업의 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 엔드밀

1. 개요

초경 엔드밀은 텅스텐계 초경(예: WC-Co, WC-Ni)을 커터 본체 또는 블레이드 소재로 사용하는 수직 밀링 공구입니다. 여러 개의 절삭날을 가지며 평면, 홈, 단차, 캐비티 및 복잡한 곡면 가공에 사용됩니다. 높은 경도(HV1600-2000), 뛰어난 내마모성, 그리고 고온 안정성(600-800°C 유지 강도)을 갖춰 강철, 주철, 스테인리스강, 알루미늄 합금 및 고온 합금 가공에 적합하며, 항공우주, 자동차, 금형 제조 및 정밀 기계 산업의 고정밀(IT6-IT8) 및 고효율 가공 요구를 충족합니다.

2. 재료 및 제조

재료 구성

텅스텐 카바이드(WC, 80~90%)와 결합재(예: Co, Ni, 5~15%)로 구성되며, 내마모성을 향상시키기 위해 TiC 와 TaC 가 첨가됩니다. 높은 Co 함량(예: WC-10Co)은 인성을 증가시키고 단속 절삭에 적합합니다. Ni 계 합금은 내식성이 우수하여 습식 가공에 적합합니다.

제조 공정

분말야금: WC 와 Co 분말(입자 크기 $0.5\sim 2\mu\text{m}$)을 혼합하고, 프레스 성형(압력 $300\sim 500\text{MPa}$)하고, $1350\sim 1450^\circ\text{C}$ 에서 진공소결하면 경도가 HV1700~1900 에 도달합니다.

정밀 연삭: 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 블레이드와 나선형 홈을 가공하며, 모서리 날카로움은 $<5\mu\text{m}$, 표면 거칠기 Ra 는 $<0.2\mu\text{m}$ 로 원활한 칩 배출을 보장합니다.

코팅 기술: PVD 또는 CVD 코팅 적용(예: TiAlN, AlCrN, 두께 $2\sim 5\mu\text{m}$ 의 TiSiN 을 사용하면 마찰계수를 0.2-0.3 으로 낮추고 공구 수명을 50-100% 연장할 수 있습니다.

장점: 카바이드 엔드밀은 HSS 엔드밀보다 2~4 배 더 빠르게($50\sim 250\text{m/분}$) 절삭하고 3~5 배 더 오래갑니다.

3. 유형 및 응용 분야

카바이드 플랫 엔드밀

평면 및 홈 가공 에 적합하며 자동차 금형 캐비티에 적합합니다(깊이 10-50mm, 정확도 IT7).

카바이드 라운드 노즈 엔드밀

아크 블레이드는 곡면 및 윤곽 가공에 적합하며 IT6 의 정확도를 갖춘 항공 터빈 블레이드에 사용됩니다.

카바이드 볼 노즈 엔드밀

표면 거칠기 $Ra < 0.4\mu\text{m}$ 인 의료용 임플란트 몰드와 같은 복잡한 3D 표면을 처리합니다.

초경 러핑 엔드밀

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

큰 나선형 각도(35~45°)와 파도 모양의 모서리는 알루미늄 합금 동체 부품과 같은 재료를 효율적으로 제거하는 데 적합합니다.

응용 프로그램 예:

자동차 산업: 기어박스 하우징 홈을 가공하고 있으며, 연간 생산량은 1,000 만 개가 넘고 공구 수명은 블레이드당 50,000 개입니다.

항공우주: 티타늄 합금 케이싱 밀링, 절삭 속도 100m/min, 허용 오차 <math>< 8 \mu\text{m}</math>.

금형 제작: 고경도 금형강(HRC50-60)을 가공하면 공구 수명을 40%까지 늘릴 수 있습니다.

2. 기술적 특징

높은 효율성: 절삭 속도 50~250m/분, 이송 속도 0.05~0.3mm/치아, 가공 효율성이 40~60% 증가했습니다.

고정밀도: 치수 허용 오차 <math>< 8 \mu\text{m}</math>, 표면 거칠기 Ra0.4 - 0.8 μm , ISO 1832 표준 충족.

내구성: 코팅된 엔드밀의 수명은 5,000~15,000 개이며, 공구 교체 빈도는 50% 감소합니다.

재활용 가능성: 폐도구는 아연 용해 또는 화학적 방법을 통해 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30-40% 절감됩니다.

5. 개발 동향

지능형 최적화: AI와 결합하여 모서리 수(2~6 모서리)와 절삭 매개변수를 최적화하여 가공 오류가 30% 감소합니다.

녹색 제조: 환경 영향을 줄이기 위해 저코발트(<math>< 5\%</math>) 시멘트 카바이드를 연구 및 개발하고, 이온성 액체 재활용 기술을 홍보하여 폐액 배출을 60% 줄입니다.

내마모성을 60% 높이고 서비스 수명을 2 배 연장하는 나노복합 코팅(TiAlN /DLC 등)을 개발합니다.

고성능 설계: 최적화된 나선 각도(30~45°)와 칩 홈은 절삭력을 20% 줄여 고속 가공에 적합합니다.

초경 엔드밀은 높은 경도, 내마모성, 그리고 높은 정밀도로 밀링의 핵심 공구로 자리 잡았으며, 항공우주, 자동차, 금형 제조 산업에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초경 엔드밀은 지능형 최적화, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 가공 효율을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 고급 제조업의 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경 다날 밀링 커터

1. 초경 다날 밀링 커터

초경 다날 밀링 커터는 텅스텐계 초경(예: WC-Co, WC-Ni)을 커터 본체 또는 블레이드 소재로 사용하고 여러 개의 절삭날을 가진 절삭 공구로, 평면, 홈, 단차, 곡면 및 복잡한 표면의 밀링 가공에 널리 사용됩니다. 높은 경도(HV1600-2000), 뛰어난 내마모성, 그리고 고온 안정성(600-800° C 강도 유지)을 갖추고 있어 강철, 주철, 스테인리스강, 알루미늄 합금 및 고온 합금 가공에 적합하며, 항공우주, 자동차, 금형 제조 및 에너지 산업의 고정밀(IT6-IT8) 및 고효율 가공 요구를 충족합니다.

초경합금 다날 밀링 커터의 재료 및 제조

재료 구성: 주로 텅스텐 카바이드(WC, 80~90% 함유)와 결합재(예: Co, Ni, 5~15% 함유)로 구성되며, 내마모성을 향상시키기 위해 TiC 와 TaC 가 첨가됩니다. 높은 Co 함량(예: WC-10Co)은 인성을 향상시키고 단속 밀링에 적합합니다. Ni 계 합금은 내식성이 우수하여 습식 가공에 적합합니다.

제조 공정:

분말야금: WC 와 Co 분말(입자 크기 0.5~2 μm)을 혼합하고, 프레스 성형(압력 300~500MPa)하고, 1350~1450°C에서 진공소결하면 경도가 HV1700~1900 에 도달합니다.

정밀 연삭: CBN 또는 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 치아와 홈을 가공하며, 모서리 날카로움은 <math>< 5 \mu\text{m}</math>, 표면 거칠기 Ra 는 <math>< 0.2 \mu\text{m}</math>로 원활한 칩 배출을 보장합니다.

코팅 기술: PVD 또는 CVD 코팅 적용(예: TiAlN, AlCrN, 두께 2-5 μm의 TiSiN 을 사용하면 마찰계수를 0.2-0.3 으로 낮추고 공구 수명을 50-100% 연장할 수 있습니다.

장점: 고속 강철 밀링 커터와 비교했을 때, 카바이드 다날 밀링 커터는 절삭 속도가 2~4 배(50~250m/분) 더 빠르고 수명은 3~5 배 더 깁니다.

초경 다날 밀링 커터의 종류 및 용도

초경 다날 엔드밀

다중 이빨 디자인(4~8 개 이빨)은 자동차 금형 캐비티(깊이 10~50mm, 정확도 IT7)와 같은 측면 및 홈 가공에 적합합니다.

초경 다날 페이스 밀링 커터

대구경 및 다중 이빨(6-12 개 이빨)로 효율적인 평면 가공이 가능하며, 항공용 알루미늄 합금 날개 패널(표면 거칠기 Ra<math>< 0.8 \mu\text{m}</math>)에 적합합니다.

초경 다치 라운드 노즈 밀링 커터

아크 블레이드는 곡면 가공에 적합하며 IT6 의 정확도를 갖춘 터빈 블레이드에 사용됩니다.

초경 다치 키 웨이 밀링 커터

(슬롯 폭 5~20mm, 허용 오차 <math>< 10 \mu\text{m}</math>) 과 같은 고정밀 키웨이 가공.

응용 프로그램 예:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

자동차 산업: 연간 생산량이 2,000 만 개가 넘고 블레이드당 공구 수명이 50,000 개인 엔진 실린더 헤드 평면 가공.

항공우주: 티타늄 합금 케이싱 밀링, 절삭 속도 100m/min, 표면 거칠기 $Ra < 0.4 \mu m$.

금형 제작: 고경도 금형강(HRC50-60)을 가공하면 공구 수명을 40%까지 늘릴 수 있습니다.

초경 다날 밀링 커터의 기술적 특징

높은 효율성: 절삭 속도 50~250m/분, 이송 속도 0.05~0.3mm/치아, 가공 효율성이 40~60% 증가했습니다.

고정밀도: 치수 허용 오차 $< 8 \mu m$, 표면 거칠기 $Ra 0.4 - 0.8 \mu m$, ISO 1832 표준 충족.

내구성: 코팅된 밀링 커터의 수명은 5,000~15,000 개이며, 공구 교체 빈도는 50% 감소합니다.

재활용 가능성: 폐도구는 아연 용해 또는 화학적 방법을 통해 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30-40% 절감됩니다.

초경 다날 밀링 커터의 개발 동향

지능형 최적화

AI가 치아 수(4~12 개)와 절삭 매개변수를 최적화함으로써 가공 오류가 30% 감소했습니다.

녹색 제조

환경 영향을 줄이기 위해 저코발트($< 5\%$) 시멘트 카바이드를 개발하고, 이온성 액체 재활용 기술을 홍보하여 폐액 배출을 60%까지 줄입니다.

고급 코팅

TiAlN / Si3N4 등)을 개발하여 내마모성을 60% 높이고 수명을 2 배 연장합니다.

모듈식 디자인

인덱서블 인서트와 커터 헤드의 표준화(ISO 1832)를 촉진하여 재고 비용을 20% 절감합니다.

초경 다날 밀링 커터는 높은 경도, 내마모성, 그리고 높은 정밀도로 밀링 가공의 핵심 공구로 자리 잡았으며, 항공우주, 자동차 및 금형 제조 산업에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초경 다날 밀링 커터는 지능형 최적화, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 가공 효율을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 고급 제조업의 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 솔리드 드릴

초경 솔리드 드릴 개요

솔리드 초경 드릴은 텅스텐계 초경(WC-Co, WC-Ni 등)을 주재료로 한 드릴링 공구로, 드릴링, 리밍, 리밍 등 홀 가공에 널리 사용됩니다. 높은 경도(HV1600~2000), 뛰어난 내마모성, 고온 안정성(600~800° C 에서도 강도 유지) 덕분에 강철, 주철, 스테인리스강, 알루미늄 합금 및 고온 합금 가공에 적합하며, 항공우주, 자동차, 금형 제작, 에너지 산업의 고정밀(IT7~IT9) 및 고효율 홀 가공 요구를 충족합니다.

시멘트 카바이드 드릴 비트의 재료 및 제조

재료 구성

텅스텐 카바이드(WC, 85~95% 함유)와 결합재(예: Co, 5~12% 함유)로 구성되며, 내마모성을 향상시키기 위해 TiC 와 VC 가 첨가됩니다. 높은 Co 함량(예: WC-10Co)은 인성을 향상시켜 단속 절삭에 적합하고, 낮은 Co 함량(예: WC-6Co)은 경도를 향상시켜 고속 가공에 적합합니다.

제조 공정

분말야금: WC 와 Co 분말(입자 크기 0.4~1.5 μm)을 혼합하고, 프레스 성형(압력 300~500MPa)하고, 1350~1450° C 에서 진공소결하면 경도가 HV1800~2000 에 도달합니다.

정밀 연삭: 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 드릴 비트 모서리와 나선형 홈을 가공하며, 모서리 날카로움은 <5 μm, 표면 거칠기 Ra 는 <0.2 μm 로 원활한 칩 배출을 보장합니다.

TiAlN) 적용 두께 2~4 μm 의 AlCrN)을 사용하면 마찰계수를 0.2~0.3 으로 낮추고 내마모성을 50~80% 향상시킵니다.

장점

고속 강철 드릴과 비교했을 때, 초경 솔리드 드릴은 절삭 속도가 2~3 배(30~150m/분) 더 빠르고 수명은 4~6 배 더 깁니다.

초경 솔리드 드릴 비트의 종류와 용도

카바이드 솔리드 트위스트 드릴

표준 나선형 디자인으로, 자동차 엔진 실린더 블록 구멍(직경 5-50mm, 정확도 IT8) 등 일반적인 구멍 가공에 적합합니다.

초경 솔리드 센터 드릴

항공 부품의 위치 지정 및 사전 드릴링, 중심 구멍 가공, 정확도 IT7 에 사용됩니다.

카바이드 솔리드 딥홀 드릴

높은 종횡비(L/D>5), 내부 냉각 채널, 유압 밸브 본체의 깊은 구멍 가공(깊이 100-500mm).

초경 일체형 스텝 드릴

한 번에 여러 단계의 구멍 가공을 완료하여 금형 부품에 적합하며 효율성을 30%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

높습니다.

시멘트 초경 일체형 드릴의 적용 사례 :

자동차 산업: 기어박스 하우징 구멍을 가공하며, 연간 생산량은 1억 개가 넘고, 드릴 수명은 블레이드당 20,000 개입니다.

항공우주: 티타늄 합금 케이싱 구멍 뚫기, 절삭 속도 60m/min, 구멍 직경 허용 오차 <math>< 10 \mu\text{m}</math>.

에너지 산업: 풍력 터빈 스피들 구멍 가공, 표면 거칠기 $Ra < 0.8 \mu\text{m}</math>, 수명 50% 증가.$

초경 일체형 드릴 비트의 기술적 특징

높은 효율성: 절삭 속도 30~150m/min, 이송 속도 0.05~0.3mm/rev, 가공 효율성 40% 증가.

고정밀도: 조리개 허용 오차 <math>< 8 \mu\text{m}</math>, 원형도 오차 <math>< 5 \mu\text{m}</math>, ISO 8015 표준 충족.

내구성: 코팅된 드릴 비트의 수명은 10,000~20,000 개의 구멍을 뚫을 수 있으며, 공구 교체 빈도는 60% 감소합니다.

재활용 가능성: 사용된 드릴 비트는 아연 용해 또는 화학적 방법을 통해 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30~40% 절감됩니다.

초경 일체형 드릴의 개발 동향

지능형 설계: AI와 결합하여 나선 각도(25~35°)와 절삭 매개변수를 최적화하여 가공 오류가 25% 감소했습니다.

녹색 제조: 환경 영향을 줄이기 위해 저코발트(<math>< 5\%</math>) 시멘트 카바이드를 연구 및 개발하고, 폐액 배출을 60%까지 줄이기 위해 전기화학적 재활용 기술을 홍보합니다.

내마모성을 60% 향상시키고 수명을 2배 연장하는 나노 다층 코팅(TiAlN/DLC 등)을 개발합니다.

내부 냉각수 기술: 최적화된 내부 냉각수 채널 설계(압력 10~20bar), 절삭 온도가 30% 낮아져 건식 또는 최소 윤활 가공에 적합합니다.

높은 경도, 내마모성, 고정밀성으로 인해 홀 가공에 적합하며, 항공우주, 자동차 및 에너지 산업에서 널리 사용됩니다. 앞으로 솔리드 초경 드릴은 지능형 설계, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 가공 효율을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 고급 제조업의 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경 외경 선삭 공구

초경 외경 선삭 공구 개요

초경 외경 선삭 공구는 텅스텐계 초경(예: WC-Co, WC-Ni)을 공구 헤드 소재로 사용하는 절삭 공구로, 외경 원통면, 단면, 단차 및 홈 가공에 널리 사용됩니다. 높은 경도(HV1600-2000), 뛰어난 내마모성, 고온 안정성(600-800° C 강도 유지율) 덕분에 탄소강, 합금강, 스테인리스강, 주철 및 고온 합금 가공에 적합하며, 자동차, 항공우주, 금형 제작 및 일반 기계 산업의 고정밀(IT6-IT8) 및 고효율 가공 요구를 충족합니다.

초경합금 외경선삭공구의 소재 및 제조

재료 구성: 주로 텅스텐 카바이드(WC, 80~90% 함유)와 결합재(예: Co, Ni, 5~15% 함유)로 구성되며, 내마모성을 향상시키기 위해 TiC 와 TaC 를 첨가합니다. Co 는 인성을 향상시키고(예: 황삭 가공용 WC-8Co), Ni 는 내식성을 향상시켜 습식 절삭에 적합합니다.

제조 공정:

분말야금: WC 와 Co 분말(입자 크기 0.5~2 μm)을 혼합하고, 프레스 성형(압력 200~400MPa)하고, 1350~1450°C에서 진공소결하면 경도가 HV1700~1900 에 도달합니다.

정밀 연삭: 다이아몬드 연삭 휠을 사용하여 커터 헤드를 가공하며, 날카로움이 <5 μm, 표면 거칠기 Ra 가 <0.2 μm 로 절단 정확도를 보장합니다.

코팅 기술: PVD 또는 CVD 코팅(예: TiN) 적용 두께 2-6 μm 의 TiCN , Al2O3 를 사용하면 마찰계수를 0.2-0.3 으로 낮추고 공구 수명을 50-80% 연장할 수 있습니다.

장점: 고속강 선삭 공구와 비교했을 때, 초경 선삭 공구의 절삭 속도는 2~4 배(50~200m/분) 더 빠르고 수명은 3~6 배 더 깁니다.

초경합금 외경선삭공구의 종류 및 용도

초경 외경 선삭 공구 - 인덱서블 선삭 공구

블레이드는 교체가 가능하고 다용도로 활용이 가능하여 자동차 크랭크샤프트(직경 50~200mm, 정밀 IT7) 가공 등 대량 생산에 적합합니다.

초경 외경 선삭 공구 - 용접 선삭 공구

커터 헤드는 강철 커터 본체에 용접되어 비용이 저렴하고 중소 규모의 가공 공장에서 펌프 본체의 바깥쪽 원을 가공하는 데 적합합니다.

초경 외경 선삭 공구 - 일체형 선삭 공구

커터 헤드는 커터 본체와 통합되어 있어 항공기 터빈 샤프트(직경 20~100mm, 정밀 IT6)와 같은 고정밀 가공에 적합합니다.

응용 프로그램 예:

자동차 산업: 연간 생산량이 5,000 만 개가 넘고 블레이드 당 공구 수명이 10,000 개인 엔진 실린더를 가공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공우주: 티타늄 합금 터빈 디스크 선삭, 절삭 속도 80m/min, 표면 거칠기 $Ra < 0.8 \mu m$.

금형 제작: 고경도 금형강(HRC50-60)을 가공하면 공구 수명을 40%까지 늘릴 수 있습니다.

초경합금 외경선삭공구 의 기술적 특성

높은 효율성: 절삭 속도 50~200m/min, 이송 속도 0.1~0.4mm/rev, 가공 효율성 30~50% 증가.

고정밀: 치수 허용 오차 $< 10 \mu m$, 표면 거칠기 $Ra 0.4 - 0.8 \mu m$, ISO 1832 표준 충족.

내구성: 코팅된 선삭 공구의 수명은 5,000~10,000 개에 이르며, 공구 교체 빈도는 60% 감소합니다.

재활용 가능성: 폐칼날은 아연 용해 또는 화학적 방법을 통해 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30~40% 절감됩니다.

초경합금 외경선삭공구의 개발 동향

지능형 최적화: AI 와 결합하여 절삭 매개변수(주 편향 각도, 절삭 깊이 등)를 최적화함으로써 처리 효율이 20% 향상됩니다.

녹색 제조: 환경 영향을 줄이기 위해 저코발트(<5%) 시멘트 카바이드를 연구 및 개발하고, 폐액 배출을 50% 줄이기 위해 전기화학적 재활용 기술을 홍보합니다.

내마모성을 60% 높이고 서비스 수명을 2 배 연장하는 나노복합 코팅($TiAlN / Si_3N_4$ 등)을 개발합니다 .

모듈식 설계: 인덱서블 인서트의 표준화를 촉진(ISO 1832)하여 도구 재고 비용을 25% 절감합니다.

높은 경도, 내마모성, 고정밀성을 갖춘 초경합금 외경 선삭 공구는 외경 선삭의 핵심 공구로 자리 잡았으며, 자동차, 항공우주 및 금형 제조 산업에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초경합금 외경 선삭 공구는 지능형 최적화, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 가공 효율을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 고급 제조업의 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 기어 커터

기어 공구 개요

초경 기어 커터는 텅스텐계 초경(WC-Co, WC-Ni 등)을 주재료로 하는 특수 절삭 공구로, 기어 호빙, 기어 셰이핑, 기어 연삭 등 기어 가공에 널리 사용됩니다. 높은 경도(HV1600~2000), 뛰어난 내마모성, 고온 적색 경도(600~800°C에서도 높은 강도 유지) 덕분에 고강도강, 합금강, 스테인리스강 등의 소재 가공에 적합하며, 자동차, 항공우주, 에너지, 중공업 등에서 요구하는 고정밀 기어(ISO 4~6의 정확도) 가공을 충족합니다.

2. 초경기어 공구 소재 및 제조

재료 구성: 주로 텅스텐 카바이드(WC, 80~90% 함유)와 결합재(예: Co, Ni, 5~15% 함유)로 구성되며, 내마모성 향상을 위해 소량의 TiC와 TaC가 첨가됩니다. Co 함량이 높을수록 인성이 향상됩니다(예: WC-10Co). Ni계 합금은 내식성이 우수하여 특수 환경에 적합합니다.

제조 공정:

분말야금: WC, Co 및 기타 분말(입자 크기 0.5~2 μ m)을 혼합하고, 모양을 잡아(압력 300~500 MPa) 진공 또는 수소 분위기에서 1350~1500°C에서 소결하여 경도 HV1800을 달성합니다.

정밀 연삭: CBN 연삭 휠을 사용하여 공구 치아 형상을 가공하며, 표면 거칠기 Ra<0.2 μ m, 절삭 날 반경<10 μ m로 절단 정확도를 보장합니다.

코팅 기술: PVD 또는 CVD 코팅(예: TiN) 적용 TiAlN, 두께 2~5 μ m의 AlCrN을 사용하면 마찰계수가 0.2~0.4로 낮아지고 수명이 50~100% 연장됩니다.

장점: 고속도강(HSS)과 비교했을 때, 카바이드 공구 수명은 3~5배 더 길고 절삭 속도는 2~3배 더 빠릅니다(100~300m/min).

초경 기어 커터의 종류 및 용도

카바이드 기어 호빙 커터

높은 가공 효율로 스퍼기어와 나선형 기어의 거친 가공과 마무리 가공에 사용되며 자동차 변속 장치 기어에 적합합니다(모듈 1-10).

카바이드 기어 셰이핑 커터

항공 기어박스용 내부 기어 및 특수 톱니 모양을 ISO 5 정확도로 가공합니다.

카바이드 기어 셰이빙 커터

치면은 정밀 가공되어 있으며, 표면 거칠기는 Ra<0.8 μ m로 고정밀 기어의 대량 생산에 적합합니다.

카바이드 기어 연삭 칼

경화된 치아 표면(HRC>60)은 ISO 3-4의 정확도를 갖춘 CBN 코팅과 결합된 시멘트 카바이드 기질을 사용하여 가공되며, 풍력 발전 및 고속 철도 기어에 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

응용 프로그램 예:

자동차 산업: 연간 생산량이 1억 개가 넘고 공구 수명은 블레이드당 10만 개에 달하는 기어박스 기어 가공.

항공우주: 터빈 엔진 기어 가공, 모듈 0.5-2, ISO 4 정확도, 절삭력 20% 감소.

초경기어의 기술적 특성

높은 효율성: 절삭 속도 150-300m/min, 이송 속도 0.1-0.5mm/rev, 가공 효율성 40% 증가.

고정밀도: 톱니 모양 오차 <5 μ m, 톱니 피치 오차 <3 μ m, DIN 3962 표준 충족.

내구성: 코팅된 카바이드 공구의 수명은 5,000~10,000 개에 이르며 공구 교체 빈도가 50% 감소합니다.

재활용 가능성: 폐도구는 화학적 방법이나 아연 용해 방법으로 재활용할 수 있으며, 텅스텐 회수율은 90% 이상, 비용은 30-40% 절감됩니다.

초경 기어의 개발 동향

지능형 설계: AI와 결합하여 치아 모양과 절단 매개변수를 최적화하여 처리 오류를 30% 줄였습니다.

녹색 제조: 환경 영향을 줄이기 위해 저코발트(<5%) 또는 무코발트 시멘트 카바이드를 개발하고, 이온성 액체 재활용 기술을 홍보하여 폐액 배출을 60% 줄입니다.

TiAlN/DLC 등)을 연구 개발하여 내마모성을 50% 향상시키고 수명을 2배 연장합니다.

적층 제조: 복잡한 치아 모양의 제조 비용을 20% 절감하기 위해 3D 프린팅된 카바이드 공구 기판을 살펴보세요.

초경 기어 절삭 공구는 높은 경도, 내마모성, 그리고 높은 정밀도로 기어 가공의 핵심 공구로 자리 잡았으며, 자동차, 항공우주, 에너지 산업 등에서 널리 사용되고 있습니다. 앞으로 초경 기어 절삭 공구는 지능형 설계, 친환경 재활용, 그리고 첨단 코팅 기술을 통해 효율성을 더욱 향상시키고 비용을 절감하며 지속 가능한 발전을 지원하여 중국 첨단 제조업의 글로벌 경쟁력 강화에 기여할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 풍력 터빈 기어 커터

카바이드 풍력 터빈 기어 커터는 텅스텐 카바이드(WC) 기반 카바이드(WC 8594 중량 %, Co 615 중량 %)를 기반으로 합니다. 정밀 연삭 및 PVD/CVD 코팅(예: TiAlN)을 통해 AlCrN ($46\mu\text{m}$)으로 제작되어 높은 경도($1800\sim 2200\text{HV}$), 내마모성(마모 손실 $<0.05\text{mm}^3/\text{h}$, ASTM G65) 및 고온 적색 경도($800\sim 1000^\circ\text{C}$, 경도 $>1200\text{HV}$)를 달성합니다. 풍력 터빈 기어(42CrMo4, 18CrNiMo76, HRC 5562, 모듈 1040)용으로 특별히 설계되었으며, 기어 호빙, 기어 성형, 디스크 밀링 및 경질 선삭 가공에 적합하며, 절삭 속도는 $100\sim 500\text{m}/\text{min}$, 수명은 $500\sim 2000$ 분, 치형 정밀도는 AGMA 1012, 표면 조도는 $Ra\ 0.4\sim 0.8\mu\text{m}$ 입니다.

본 문서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 79972017) 및 업계 관행을 기반으로 하며, 절삭 공구, 제조 공정, 성능, 응용 분야 및 최적화 방향을 설명합니다. CTIA GROUP LTD의 고성능 절삭 공구 맞춤 제작 역량을 적당히 추천하며, 신에너지 전해조 및 침탄/탈탄 공정과는 아무런 관련이 없습니다.

1. 카바이드 풍력발전기 공구 개요

1.1 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 공구의 정의 및 특성

시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 커터는 초미립/중조립 WC($0.22\mu\text{m}$) 기반, PVD/CVD 코팅(TiAlN / AlCrN) 및 정밀 가공(치형 프로파일 편차 $<\pm 0.005\text{mm}$)을 통해 풍력 터빈 기어의 대구경(1040) 및 고경도(HRC 5562) 가공 요구 사항을 충족합니다.

카바이드 풍력발전 기어 커터의 특징 :

높은 경도 : $1800\sim 2200\text{HV}$, 내마모성은 고속도강(HSS, 800HV)보다 510 배 더 우수합니다.

내열성 : $800\sim 1000^\circ\text{C}$, 건식/최소량 윤활(MQL) 절단에 적합합니다.

내마모성 : 마모율 $<0.05\text{mm}^3/\text{h}$, 수명 $500\sim 2000$ 분.

충격 저항성 : 굽힘강도 $1.82.8\text{GPa}$, 파괴인성 $\text{KIC}\ 1015\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

적용 분야 : 풍력 기어(행성 기어, 주축 기어), 기어박스 구성품.

1.2 카바이드 풍력 터빈 기어 커터의 종류

호브 : 조/정밀 기어 호빙, 속도 $100\sim 400\text{m}/\text{min}$.

기어 성형 커터 : 내부/외부 기어 가공, 속도 $150\sim 300\text{m}/\text{min}$.

디스크 밀링 커터 : 톱니 홈 밀링, 속도 $200\sim 500\text{m}/\text{min}$.

하드 터닝 공구 : 하드 터닝(HRC 5562), 속도 $80\sim 200\text{m}/\text{min}$.

1.3 카바이드 풍력 기어 공구의 장점

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

효율성: 절삭 속도는 HSS 보다 35 배 빠르고 , 효율성은 3050% 증가합니다.

수명 : 코팅된 공구 수명은 500-2000 분(HSS 는 100-300 분)입니다.

정밀도 : 치아 모양 정확도 AGMA 1012, Ra 0.40.8 μm .

적용성 : 큰 탄성계수, 경질 가공, 건식/습식 절단에 적합합니다.

2. 초경합금 풍력발전기 공구재료

2.1 재료

카바이드 풍력 터빈 기어 도구 베이스 :

WC : 8594 중량 % , 입자 크기 0.22 μm .

초미립자(0.2-0.5 μm) : 경도 2000-2200 HV, 정밀 가공 가능.

중간 조립립(12 μm) : 인성 KIC 1215 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 거친 가공.

Co : 615 중량 %.

저코발트(68 중량 %) : 경도 1800~2200HV, 강한 내마모성.

높은 Co(1015 중량 %) : 굽힘강도 2.22.8 GPa , 내충격성이 우수함.

첨가제 : Cr3C2/VC(0.21 중량 %) , 경도가 510% 증가했습니다.

카바이드 풍력 터빈 기어 공구 코팅 :

TiAlN (PVD) : 경도 3000-3300 HV, 내열성 900-1100° C, 수명 3050% 증가.

AlCrN (PVD) : 경도 3000HV, 마찰계수 0.3, 경질 가공에 적합함.

GC4240 (CVD) : 경도 2800HV, 내마모성이 우수하여 거친 가공에 적합합니다.

2.2 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 커터의 경사 구조

표면 : 낮은 Co(68 wt %), 초미립자 WC(0.2-0.5 μm) , 경도 2000-2200 HV.

코어 : 고 Co(1012 wt %), 중간-조립 WC(12 μm) , KIC 1215 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

장점 : 내마모성이 2030% 증가하고, 내충격성이 1520% 증가하고, 균열 가능성이 20% 감소했습니다.

준비 : 층상 프레싱 + HIP 소결(1350° C, 120 MPa).

2.3 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 공구의 성능 요구 사항

경도: 1800-2200 HV (GB/T 79972017).

굽힘강도: 1.8-2.8 GPa (GB/T 38512015).

파괴인성: 1015 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

내마모성: 마모율 <0.05 mm^3 / h (ASTM G65).

열전도도: 80-100 $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$.

3. 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 커터의 제조 공정

3.1 분말 준비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원재료 : WC(D50 0.22 μm , 순도 >99.9%), Co(D50 12 μm) , Cr3C2 / VC(D50 0.51 μm) .

불 밀링 : 행성형 불 밀(ZrO2 불, 10:1), 300rpm, 1624h, 입자 크기 편차 $<\pm 0.1 \mu\text{m}$, 균일 성 >95%.

3.2 형성

방법 : 냉간 등방압 가압(CIP)

매개변수 : 250300 MPa, 유지 압력 60 초, 강철 금형(편차 $<\pm 0.05 \text{ mm}$), 빌렛 밀도 8.710.5 g/ cm^3 .

결과 : 치수 편차 $<\pm 0.1 \text{ mm}$, 균열율 <1%.

3.3 소결

방법 : 진공소결 + HIP.

매개변수 :

탈랍: 200600° C, 3° C/분, H2 분위기(O2 <5 ppm), 10^{-2} Pa .

소결: 1350~1450° C, $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ Pa}$, 23 시간.

HIP: 1350° C, 120 MPa (Ar), 12 시간.

결과 : 밀도 14.815.0 g/ cm^3 , 기공률 <0.001%, 경도 18002200 HV.

3.4 정밀 가공

연삭 : CNC 연삭기, 다이아몬드 휠(510 μm) , 3000rpm, 이송 0.010.05mm/패스, 치아 형상 편차 $<\pm 0.005 \text{ mm}$, Ra 0.10.2 μm .

연마 : 다이아몬드 연마 페이스트(13 μm) , 800rpm, Ra < 0.1 μm .

3.5 코팅

방법 : PVD/CVD(Ti/Al/Cr 타겟, >99.99%).

매개변수 : TiAlN / AlCrN (46 μm) , 10^{-4} Pa , 300~450° C, 바이어스 80~100V, 증착 속도 1 $\mu\text{m} / \text{h}$.

결과 : 접착력 >80N, 내열성 900~1100° C, 수명 30~50% 증가.

3.6 감지

미세구조 : SEM(입자 0.22 μm) , XPS(편차 $<\pm 0.1 \text{ wt } \%$) .

성능 : 경도 편차 $<\pm 50 \text{ HV}$ (ISO 6508), 마모량 <0.05 mm^3 / h (ASTM G65), 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

기하학 : CMM, 치아 형태 편차 $<\pm 0.005 \text{ mm}$ (AGMA 1012).

4. 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 공구의 적용 시나리오

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

카바이드 풍력 터빈 기어 절삭 공구는 풍력 터빈 기어의 효율적인 가공을 위한 다음과 같은 작업 조건에 대한 절삭 공구, 공정 매개변수, 테스트 데이터 및 선택 제안을 제공합니다(모듈 1040, HRC 5562):

거친 기어 호빙 (42CrMo4, HRC 55) :

작업 조건 : 소재 42CrMo4(HRC 55), 모듈 20, 기어 직경 \varnothing 800mm, 거친 가공.

칼 :

유형 : 호브 (\varnothing 200 mm, 12 개 이빨).

매트릭스 : WC12%Co(중조립, D50 12 μ m, VC 0.5 wt %), 경도 16001800 HV, KIC 1415 MPa \cdot m^{1/2}.

코팅 : CVD GC4240(6 μ m, 경도 2800 HV, 내열성 1000° C) .

기하구조 : 압력각 20°, 톱니 상단 반경 0.5mm, 톱니 측면 연마(Ra < 0.1 μ m) .

공정 : 불 밀링 22 시간, CIP 300 MPa, 소결 1450° C(10⁻⁵ Pa, 3 시간), HIP 1350° C(120 MPa, 2 시간), 연삭(치아 프로파일 편차 <math>\pm 0.005 mm), CVD GC4240(450° C, 접착력 >80 N).

절삭 매개변수 : 속도 200m/min, 이송 2mm/r, 절삭 깊이 5mm, MQL(0.2L/h).

테스트 데이터 :

수명: 800 분(HSS 200 분, 4 배 더 길음) .

AGMA 등급 10, Ra 0.8 μ m .

절삭력: 1200N(HSS 1500N, 20% 감소).

마모 손실: VB <0.3 mm, <0.05 mm³ / h.

선택 권장 사항 : 중간-조립 WC + 높은 Co(12 중량 %) + GC4240, \varnothing 200 mm 호브, MQL + 치아 표면 마모의 정기적 검사.

정밀 기어 호빙 (18CrNiMo76, HRC 60) :

작업 조건 : 소재 18CrNiMo76(HRC 60), 모듈 15, 기어 직경 \varnothing 600 mm, 정밀 가공.

칼 :

유형 : 호브 (\varnothing 180 mm, 10 개 이빨).

매트릭스 : WC6%Co(초미립자, D50 0.20.5 μ m, Cr3C2 0.5 wt %), 경도 20002200 HV.

코팅 : PVD TiAlN (4 μ m, 경도 3300 HV, 내열성 1100° C).

기하구조 : 압력각 20°, 톱니 끝 반경 0.3mm, 절삭날 반경 0.02mm.

공정 : 불 밀링 20 시간, CIP 280 MPa, 소결 1400° C(10⁻⁵ Pa, 2.5 시간), HIP 1350° C(120 MPa, 1.5 시간), 분쇄(Ra 0.1 μ m) , PVD TiAlN (350° C, 접착력 >100 N).

절단 매개변수 : 속도 300m/min, 이송 0.5mm/r, 절단 깊이 1mm, 건식 절단.

테스트 데이터 :

수명: 1200 분(HSS 250 분, 4.8 배 더 길음) .

AGMA 등급 12, Ra 0.4 μ m .

절삭력: 800N(HSS 1000N, 20% 감소).

마모 손실: VB <0.2 mm, <0.04 mm³ / h.

선택 권장 사항 : 초미립자 WC + 저 Co(6 중량 %) + TiAlN, \varnothing 180 mm 호브 , 건식 절단 + 고정밀 공작 기계.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기어 성형(42CrMo4, HRC 58) :

작업 조건 : 소재 42CrMo4(HRC 58), 모듈 25, 내부 기어 \varnothing 1000 mm.

칼 :

유형 : 기어 셰이핑 커터 (\varnothing 150 mm, 8 개 이빨).

매트릭스 : WC10%Co(미립자, D50 0.51 μ m, Cr3C2 0.5 wt %), 경도 18002000 HV.

코팅 : PVD AlCrN (5 μ m, 경도 3000 HV, 마찰 0.3).

기하구조 : 압력각 20°, 절삭날 반경 0.03mm, 치아면 연마(Ra < 0.1 μ m) .

가공 : 볼 밀링 18 시간, CIP 280 MPa, 소결 1420° C(10^{-4} Pa, 2 시간), HIP 1350° C(120 MPa, 1.5 시간), 분쇄(Ra 0.1 μ m), PVD AlCrN (400° C, 접착력 >80 N).

절삭 매개변수 : 속도 200m/분, 이송 0.1mm/스트로크, 절삭 깊이 2mm, 습식 절삭(10L/분).

테스트 데이터 :

수명 : 1000 분 (HSS 300 분, 3.3 배 증가) .

AGMA 등급 11, Ra 0.6 μ m .

절삭력: 1000N(HSS 1300N, 23% 감소).

마모 손실: VB <0.25 mm, <0.05 mm³ / h.

선택 제안 : 미세 입자 WC+ AlCrN, \varnothing 150 mm 기어 성형 커터, 습식 절삭 + 저진동 공작 기계.

경질 선삭(18CrNiMo76, HRC 62) :

작업 조건 : 소재 18CrNiMo76(HRC 62), 모듈 15, 기어 직경 \varnothing 500 mm, 정밀 가공.

칼 :

유형 : 하드 터닝 공구(인텍서블 인서트, CNMG120408).

매트릭스 : WC6%Co(초미립자, D50 0.20.5 μ m, Cr3C2 0.5 wt %), 경도 20002200 HV.

코팅 : PVD TiAlN (4 μ m, 경도 3300 HV, 내열성 1100° C).

형상 : 메인 레이크 각도 75°, 절삭 날 경사 각도 6°, 절삭 날 반경 0.02mm, 3D 칩 브레이커.

공정 : 볼 밀링 20 시간, CIP 280 MPa, 소결 1400° C(10^{-5} Pa, 2.5 시간), HIP 1350° C(120 MPa, 1.5 시간), 연삭(모서리 반경 <5 μ m), PVD TiAlN (350° C, 접착력 >100 N).

절단 매개변수 : 속도 150m/min, 이송 0.1mm/r, 절단 깊이 0.5mm, 건식 절단.

테스트 데이터 :

수명 : 1500 분(HSS 200 분, 7.5 배 증가) .

정확도: AGMA 등급 12, Ra 0.4 μ m, \pm 0.01 mm.

절삭력: 600N(HSS 800N, 25% 감소).

마모 손실: VB <0.15 mm, <0.04 mm³ / h.

선택 권장 사항 : 초미립자 WC+ TiAlN, CNMG120408MF, 건식 절삭+고 강성 공작 기계.

5. 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 공구의 성능 분석

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매개변수	초경 공구	고속도강(HSS)
경도(HV)	18002200	800900
굽힘 강도 (GPa)	1.82.8	34
인성(KIC)	1015 MPa · m ^{1/2}	2050 MPa · m ^{1/2}
내마모성(mm ³ /h)	<0.05	0.20.5
내열성(° C)	8001000	500600
절삭 속도(m/min)	100500	20100
수명(분)	5002000	100300
Ra (μ m)	0.40.8	1.02.0

하이라이트 :

내마모성: 초미립자 WC+TiAlN / AlCrN , 마모 <0.05 mm³/h, 사용수명이 37.5 배 증가 .
내열성: 800~1000° C, 경도>1200 HV, 건식 절단 가능.
효율성: 속도 100500m/min, 효율성이 3050% 증가했습니다.
정확도: AGMA 1012 등급, Ra 0.40.8 μ m .

6. 카바이드 풍력 터빈 기어 공구에 대한 최적화 제안

재료 최적화 :

거친 가공 : 중간-조립 WC(12 μ m) , Co 12 중량 % , GC4240(6 μ m) , 내마모성이 20% 증가했습니다 .

마무리 : 초미립자 WC(0.20.5 μ m) , Co 6 중량 % , TiAlN (4 μ m) , 정확도 ±0.01mm.

기어 성형 : 미립자 WC(0.51 μ m) , AlCrN (5 μ m) , 충격 저항성이 15% 증가했습니다.

첨가제 : Cr3C2/VC 0.5 중량 % , 경도가 510% 증가했습니다.

프로세스 최적화 :

소결 : HIP 1350° C, 120 MPa, 기공률 <0.001%, 내마모성이 15% 증가했습니다.

연삭 : CNC 연삭기, 다이아몬드 연삭 휠(58 μ m) , 치형 편차 <±0.005mm, Ra < 0.1 μ m .

코팅 :

TiAlN (4 μ m , 350° C, 바이어스 100V)은 내열성이 20% 증가했습니다 .

AlCrN (5 μ m , 400° C, 바이어스 80 V) 은 충격 저항성이 15% 증가했습니다.

GC4240(6 μ m , 450° C) , 내마모성이 25% 증가했습니다.

3D 프린팅 : 복잡한 치아 모양의 SLM 성형, 사이클 시간이 20% 단축, 정확도는 ±0.01mm.

장비 최적화 :

소결로: 온도 조절 ±3° C, 10⁻⁵Pa.

CNC 연삭기: 치아 모양 편차 <±0.005 mm.

코팅 장비: 증착 속도 12 μ m /h, 편차 <± 0.1 μ m .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

작업 조건 적용 :

거친 기어 호빙 : 중간-조립 WC+GC4240, 속도 200-300 m/min, MQL.

정밀 기어 호빙 : 초미립자 WC+ TiAlN, 속도 250-400m/min, 건식 절삭.

기어 성형 : 미세 입자 WC+ AlCrN, 속도 150~250m/min, 습식 절삭.

경질 선삭 : 초미립자 WC+ TiAlN, 속도 100-200m/min, 건식 절삭.

테스트 및 검증 :

미세구조 : SEM(결정립 0.22 μm), EBSD(결정립계 응력 <5%).

성능 : ASTM G65 (<0.040.05 mm^3 / h), 고온 경도 (>1200 HV, 900° C).

시험 : 절삭력 600-1200N, 수명 800-1500 분, Ra 0.4-0.8 μm , AGMA 1012 등급.

7. 시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 절삭 공구의 표준 및 사양

GB/T 183762014 : 다공성 <0.01%.

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

GB/T 38512015 : 강도 1.8-2.8 GPa.

GB/T 7997- 2017 : 경도 1400-2200 HV.

ASTM G 65 : 마모율 <0.05 mm^3 / h .

ISO 6508 : 경도 편차 < $\pm 50 \text{ HV}$.

ISO 1832 : 치아 형태 편차 < $\pm 0.01 \text{ mm}$.

AGMA 2015 : 치아 프로파일 정확도 수준 1012.

8. 결론

시멘트 카바이드 풍력 터빈 기어 공구는 재료 최적화(초미립자 WC 0.20.5 μm , Co 612 wt)를 통해 높은 경도(1800~2200 HV), 내마모성(<0.05 mm^3 / h), 내열성(800~1000° C) 및 안정성(수명 800 ~ 1500 분)을 달성합니다. %, TiAlN / AlCrN / GC4240 코팅) 및 공정(HIP 소결 1350° C, 120 MPa, PVD/CVD 코팅 300-450° C).

이 공구는 풍력 발전용 기어(42CrMo4, 18CrNiMo76, HRC 5562, 탄성계수 1040)의 황삭/정삭에 적합하며, 속도는 100~500m/min, 효율은 30~50% 향상, 정확도는 AGMA 1012, Ra 0.4~0.8 μm 입니다. 초미립자 최적화, 복합 코팅, 정밀 연삭을 통해 비용을 절감할 수 있습니다(개당 500~2000 위안). 하지만 고탄성률 가공(연삭 비용 20% 증가) 및 코팅 접착력(80N 이상 필요)이 과제입니다.

CTIA GROUP LTD는 나노 WC(D50 0.20.5 μm), HIP 소결(기공률 <0.001%) 및 다층 PVD/CVD 코팅 기술을 사용하여 풍력 발전 기어 가공(수명 1200 분 이상, 정밀 AGMA 12 등급) 요건을 충족하는 고성능 호브, 기어 웨이핑 커터 및 경질 선삭 공구를 개발합니다. 이 제품은 SEM, ASTM G65 및 AGMA 2015 검증을 통과했습니다.

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:

GB/T 18376-2001

초경합금 성능 시험 방법

1 범위

본 표준은 경도, 밀도, 굽힘 강도, 파괴인성, 미세 조직, 자기 특성, 기공률 및 내마모성 시험 절차를 포함하여 초경합금 특성 시험 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금에 적용 가능하며, TaC 및 VC 가 첨가된 초경합금과 같은 다른 유사한 초경합금 재료에도 적용됩니다. 본 표준은 코팅 초경합금의 성능 시험에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 228.1-2001 금속재료의 인장시험 제 1 부: 실온시험방법

GB/T 230.1-2001 금속재료의 록웰경도 시험 제 1 부: 시험방법(A, B, C 스케일)

GB/T 3848-2001 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법

GB/T 3850-2001 초경합금의 굽힘강도 측정방법

GB/T 3851-2001 초경합금의 파괴인성 측정 방법

GB/T 5242-2001 초경합금의 미세조직 시험 방법

GB/T 7997-2001 초경합금의 비커스 경도 시험 방법

GB/T 9097-2001 초경합금의 자기적 특성 측정 방법

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

경도(HV): 시멘트 카바이드가 비커스 압입자의 침투를 저항하는 능력으로, 비커스 경도 값(HV30)으로 표현되며, 단위는 kgf/mm^2 입니다.

밀도(ρ): 시멘트 카바이드의 질량과 부피의 비율이며, g/cm^3 로 표현됩니다.

굽힘 강도 (σ_{bb}): 시멘트 카바이드 시편이 3점 굽힘 시험에서 견뎌낼 수 있는 최대 응력으로 MPa 단위로 표현됩니다.

파괴인성 (K_{1c}): 시멘트 초경이 균열 성장에 저항하는 능력으로 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 로 표현됩니다.

미세조직: 초경합금의 WC 입자, Co 상 및 기공의 분포 특성.

자기적 특성: 초경합금의 자기포화값 (M_s)과 보자력 (H_c)은 Co 상의 자기적 특성을 반영한다.

기공률: 시멘트 카바이드에 있는 기공의 부피 백분율로, A, B, C의 세 가지 범주로 분류됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 샘플 준비

4.1 샘플 요구 사항

시편은 규칙적인 기하학적 모양(예: 직육면체, 원통형)이어야 하며, 표면이 평평하고 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표본 크기는 다음과 같은 각 성능 테스트 요구 사항을 충족해야 합니다.

경도 시험: 표면적 > 5 × 5 mm, 두께 > 2 mm.

굽힘강도 시험 : 길이 × 너비 × 높이 = 20 × 6.5 × 5.25 mm (± 0.05 mm).

파괴인성 시험: 길이 × 너비 × 높이 = 20 × 4 × 2 mm (± 0.02 mm).

샘플의 표면 거칠기는 Ra < 0.1 μm (연마)입니다.

4.2 샘플 수

각 배치의 샘플 수는 시험 결과의 통계적 대표성을 보장하기 위해 5 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우 (>5%), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다 .

4.3 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

5 가지 테스트 방법

5.1 경도 시험

5.1.1 시험 원리

비커스 경도법 (HV30)을 사용합니다. 30 kgf 의 하중 을 가하고 비커스 압입자를 시편 표면에 누릅니다. 압입자국의 대각선 길이를 측정하여 경도값을 계산합니다.

5.1.2 장비

GB/T 7997-2001 요구 사항에 따른 비커스 경도 시험기.

압입자: 표준 비커스 다이아몬드 압입자, 정점 각도 136° (±0.5°).

배율 400 배, 분해능 < 0.5 μm .

5.1.3 테스트 단계

샘플 표면을 Ra < 0.1 μm 로 연마하고 세척 한 후 건조했습니다.

30kgf 의 하중을 가하고 10~15 초간 하중을 유지합니다.

들여쓰기의 대각선 길이 (d1, d2) 를 측정하고 평균값을 구합니다 (d = (d1+d2)/2).

경도 값을 계산하세요:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

其中: F = 30 kgf, d 单位为 mm。

5.1.4 결과 처리

각 샘플에 대해 5 점을 측정하고, 편차가 $\pm 2\%$인 평균값을 취했습니다.
경도 값 범위: HV 1200-2000(브랜드에 따라 다름, 예: YG8 은 HV 1500 정도).

5.2 밀도 시험

5.2.1 시험 원리는

아르키메데스 방법을 사용하여 공기와 액체에서 샘플의 질량을 측정하여 밀도를 계산하는 것입니다.

5.2.2 장비

분석용 저울, 정확도 $\pm 0.0001\text{g}$.
액체: 증류수, 온도 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

5.2.3 테스트 단계

공기 중 샘플의 질량(m_1)을 $\pm 0.0001\text{g}$ 의 정확도로 측정합니다.
샘플을 증류수에 담그고 부유 질량(m_2)을 측정합니다.
밀도를 계산하세요:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho_{\text{水}}$$

여기서: $\rho_{\text{water}} = 0.9982\text{ g/cm}^3$

5.2.4 결과 처리

각 샘플은 3 번 측정되었으며, 평균값은 $$\pm 0.01\text{ g/cm}^3$의 편차로 취해졌습니다.
일반적인 값: WC-10Co 밀도는 약 $14.5\text{--}14.8\text{ g/cm}^3$ 입니다.$

5.3 굽힘 강도 시험

5.3.1 시험 원리는

3 점 굽힘법을 사용하는 것입니다. 시편은 두 지지점 사이에 힘을 가합니다. 과단 시 최대 하중을 기록하고 굽힘 강도를 계산합니다.

5.3.2 장비

만능 시험기, 하중 정확도 $\pm 0.5\%$.
고정구: 스핀 14.5mm ($\pm 0.05\text{mm}$), 지지점 직경 2mm .

5.3.3 테스트 단계

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표본 크기: 20×6.5×5.25 mm (±0.05 mm).

로딩 속도: 0.5 mm/min.

파단하중 F(N)을 기록하세요.

굽힘 강도를 계산하세요:

$$\sigma_{bb} = \frac{3FL}{2bh^2}$$

여기서: L = 14.5mm, b = 6.5mm, h = 5.25mm.

5.3.4 결과 처리

각 그룹에서 5 개의 샘플을 테스트했으며, 편차가 <±5%인 평균값을 취했습니다.

대표적인 값: YG8 의 굽힘 강도는 약 2000-2400 MPa 입니다.

5.4 파괴인성 시험

5.4.1 시험 원리 단일 모서리 노치 빔 방법(SEPB)은

3 점 굽힘에서 미리 제작된 노치 시편의 파괴를 통해 파괴 인성 K_{Ic} 를 계산하는 데 사용됩니다 .

5.4.2 장비

만능 시험기, 하중 정확도 ±0.5%.

고정구: 스펠 16mm(±0.05mm).

현미경: <0.01 mm 의 분해능으로 노치 깊이를 측정합니다.

5.4.3 테스트 단계

표본 크기: 20×4×2 mm (±0.02 mm).

조립식 노치: 깊이 0.8-1.2mm, 너비 <0.2mm.

로딩 속도: 0.5 mm/min.

파단하중 F(N)을 기록하세요.

K_{Ic} 를 계산하세요 :

$$K_{Ic} = Y \times \frac{3FL\sqrt{a}}{2BW^2}$$

여기서: Y는 기하학적 인자(약 2.8-3.0), a는 노치 깊이, L = 16mm, B = 4mm, W = 2mm 입니다.

5.4.4 결과 처리

각 그룹에서 5 개의 샘플을 테스트했으며, 편차가 <±5%인 평균값을 취했습니다.

대표적인 값: YG8 K_{Ic} 약 12-15 MPa · m^{1/2} .

5.5 미세구조 검사

5.5.1 시험 원리

금속현미경으로 WC 입자 크기, Co 상 분포 및 기공률을 관찰하고 미세조직을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

등급화하여 평가한다.

5.5.2 장비

금속현미경, 배율 1000 배, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$.

연마기: 시편을 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ 로 연마합니다.

에칭제: 무라카미의 시약 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{NaOH}$ 용액).

5.5.3 테스트 단계

시편을 연마한 후, 무라카미 시약을 사용하여 10~20 초 동안 에칭했습니다.

1000 배 배율로 관찰:

WC 입자 크기: 평균 입자 크기 ($0.5-2 \mu\text{m}$) 를 측정합니다.

동상 분포: 균일성을 관찰합니다.

다공성 분류: A, B, C 의 세 가지 범주로 평가됨 (A $< 0.02\%$, B $< 0.2\%$, C 는 자유 탄소임).

5.5.4 결과 처리

샘플 에 대해 5 개의 시야를 관찰하고, 입자 크기와 기공률을 기록했습니다.

대표적인 값: YG8 입자 크기 $0.8-1.2 \mu\text{m}$, 다공성 A02-B00-C00.

5.6 자기적 특성 시험

5.6.1 시험원리

초경합금의 자기포화값 (M_s) 과 보자력 (H_c) 을 측정하여 Co 상 함량과 미세조직 특성을 반영한다.

5.6.2 장비

자기적 특성 시험기, 정확도 $\pm 1\%$.

시편: 직경 5mm, 높이 10mm ($\pm 0.05\text{mm}$).

5.6.3 테스트 단계

샘플의 자기를 제거하고 테스터에 넣습니다.

자기포화도 값 M_s 를 측정합니다 (단위: $\mu\text{T} \cdot \text{m}^3/\text{kg}$).

보자력 H_c (단위: kA/m) 를 측정합니다.

5.6.4 결과 처리

각 샘플은 3 번 측정되었으며, 편차가 $< \pm 2\%$ 인 평균값을 취했습니다.

일반적인 값: YG8 M_s 는 약 $150-160 \mu\text{T} \cdot \text{m}^3/\text{kg}$, H_c 는 약 $15-20 \text{kA/m}$ 입니다.

5.7 내마모성 시험

5.7.1 시험 원리

연삭 휠 마모법은 표준 마모 조건에서 샘플의 질량 손실을 측정하고 마모 저항성을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평가하는 데 사용됩니다.

5.7.2 장비

연삭 휠 마모 시험기, 연삭 휠 소재 SiC, 입자 크기 60#.
하중: 50N.

5.7.3 테스트 단계

표본 크기: $10 \times 10 \times 5$ mm (± 0.05 mm).
연삭 휠 속도: 200 r/min, 시험 시간: 30 분.
마모 전후의 샘플 질량(m_1 , m_2)을 ± 0.0001 g의 정확도로 측정합니다.
마모량을 계산하세요: $\Delta m = m_1 - m_2$

5.7.4 결과 처리

각 샘플은 3 번씩 테스트되었으며, 평균값은 $\pm 5\%$ 의 편차로 취해졌습니다.
일반적인 값: YG8 마모량은 약 0.05-0.08g입니다.

6. 시험 결과 평가

시험 결과는 시멘트 초경 등급의 기술적 요구 사항(예: YG8: 경도 HV 1450-1550, 굽힘 강도 > 2000 MPa)을 충족해야 합니다.

결과 편차가 허용 범위($>5\%$)를 초과하는 경우 재샘플링 및 테스트가 필요합니다.

시험 보고서에는 샘플 브랜드, 시험 항목, 시험 조건, 결과 데이터 및 평가 결론이 포함되어야 합니다.

7 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 주변 온도($20 \pm 5^\circ$ C), 습도($50 \pm 10\%$).

시험 결과: 경도, 밀도, 굽힘 강도, 파괴 인성, 미세 구조, 자기적 특성, 기공률, 내마모성 등

편차 분석: 각 매개변수의 평균과 편차.

결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

부록 A(정보 부록) 일반적인 카바이드 성능 기준 값

상표	경도(HV30)	밀도(g/cm^3)	굽힘 강도(MPa)	파괴인성(K_{1c} , $MPa \cdot m^{1/2}$)	입자 크기(μm)	다공성
YG6	1500-1600	14.8-15.0	1800-2200	14-16	0.8-1.2	A02-B00-C00
YG8	1450-1550	14.6-14.8	2000-2400	12-15	0.8-1.2	A02-B00-C00
YT15	1550-1650	11.0-11.5	1600-2000	10-12	0.6-1.0	A02-B00-C00

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $20 \pm 5^\circ$ C.

습도: $50 \pm 10\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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 230.1-2001

금속재료의 록웰경도 시험

1 부: 시험 방법(A, B, C 등급)

1 범위

본 규격은 록웰 경도 시험(A, B, C 스케일)을 통해 실온($10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$)에서 금속 재료의 경도를 측정하는 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비 요구 사항, 시료 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등이 포함됩니다. 본 규격은 강철, 비철 금속 및 초경합금(예: WC-Co)의 경도 시험에 적용됩니다.

HRA 스케일: 시멘트 카바이드 및 고경도 강철에 적합합니다(경도 범위 20~88 HRA).

HRB 척도: 일반강, 비철금속(알루미늄, 구리 등)에 적용 가능(경도 범위 20~100 HRB).

HRC 척도: 경화강 및 템퍼링강(경도 범위 20~70 HRC)에 적용됩니다.

이 표준은 박육 시편(두께 <math><0.6\text{mm}</math>) 또는 미세 시편의 경도 시험에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 230.2-2001 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

GB/T 230.3-2001 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 제3부: 표준 경도 블록의 교정

GB/T 4340.1-1999 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험 제1부: 시험 방법

GB/T 13683-1999 금속 재료의 기계적 특성 시험을 위한 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13683-1999 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

록웰 경도(HR): 금속 재료가 록웰 압입자의 관통에 저항하는 능력. HRA, HRB, HRC 등의 척도로 구분되며, 압입 깊이로 계산됩니다.

압입 깊이(e): 록웰 압입자가 샘플 표면에 눌렀을 때 형성되는 깊이는 mm 로 측정되며 경도 값에 반비례합니다.

예압하중(F_0): 압입자에 적용되는 초기 하중(N) (Rockwell 시험의 경우 98.07N).

총 하중(F): 압입자에 적용되는 총 하중(N) (HRA 및 HRC의 경우 588.4N, HRB의 경우 980.7N).

경도 척도: 압입자 유형과 하중의 조합으로 정의되는 경도 단위(HRC 등)입니다.

4 테스트 원리

록웰 경도 시험은 다이아몬드 콘 압입자(HRA, HRC) 또는 강구 압입자(HRB)를 금속 시편 표면에 예압을 가한 후, 전체 하중을 가하고 일정 시간 동안 하중을 유지한 후, 예압까지 하중을 제거한 후 압입 깊이 차이(e)를 측정하여 록웰 경도 값을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

계산하는 방식으로 수행됩니다. 로크웰 경도 계산식은 다음과 같습니다.

HRA, HRC:

$$HR = 100 - \frac{e}{0.002}$$

HRB:

$$HRB = 130 - \frac{e}{0.002}$$

안에:

e 는 압입 깊이 차이(mm)입니다.

0.002 mm 는 각 단위 경도 값에 해당하는 깊이 증가량입니다.

HRA 범위는 20-88, HRB 범위는 20-100, HRC 범위는 20-70 입니다.

5 테스트 장비

5.1 로크웰 경도계

GB/T 230.2-2001 의 검사 및 교정 요구 사항을 준수합니다.

하중: 예압 98.07 N (10 kgf), 총 하중은 다음과 같습니다.

HRA, HRC: 588.4 N (60 kgf).

HRB: 980.7 N (100 kgf).

부하 정확도: $\pm 0.5\%$.

보류 시간 제어: 5 초~15 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

5.2 압입자

다이아몬드 콘 압입자(HRA, HRC): 정점각 $120^\circ (\pm 0.5^\circ)$, 상단 구면 반경 $0.2\text{mm} (\pm 0.01\text{mm})$.

강철 볼 압입자(HRB): 직경 $1.5875\text{mm} (1/16 \text{ 인치}, \pm 0.005\text{mm})$, 경도 $\geq \text{HRC } 60$.

압입자 표면에는 결함이 없고 모서리가 선명합니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$).

5.3 측정 장치

경도계는 $\pm 0.5 \text{ HR}$ 의 정확도를 갖춘 디지털 또는 포인터 판독 시스템을 갖추고 있습니다.

5.4 교정 블록

GB/T 230.3-2001 의 요구 사항을 충족하는 표준 교정 블록:

HRA: 70-88 HRA, 편차 $< \pm 0.5 \text{ HRA}$.

HRB: 60-100 HRB, 편차 $< \pm 1.0 \text{ HRB}$.

HRC: 20-70 HRC, 편차 $< \pm 0.5 \text{ HRC}$.

교정 블록의 표면 거칠기는 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ 입니다.

5.5 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직육면체, 원통형 또는 기타 규칙적인 모양, 테스트 표면적 $> 5 \times 5$ mm, 두께는 다음과 같습니다.

HRA, HRC: 두께 > 0.8 mm.

HRB: 두께 > 1.2 mm.

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$ (연마).

시편의 두께는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다: 두께 $\geq 10 \times$ 압입 깊이 (약 0.5mm).

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우 (> 1 HR) 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

시편에는 배치 번호, 브랜드(예: 45#강철, YG8) 및 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 미치지 않아야 합니다.

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

표준 교정 블록을 사용하여 경도계를 교정하고 3 회 측정합니다. 편차는 다음과 같습니다.

HRA, HRC: $< \pm 0.5$ HR.

HRB: $< \pm 1.0$ HR.

압입자의 상태를 점검하여 마모나 결함이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ} C$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 스케일 선택

재료의 경도에 따라 스케일을 선택하세요:

시멘트 카바이드, 고경도강: HRA.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연강, 비철금속: HRB.
담금질강, 템퍼링강: HRC.

7.4 테스트 작동

시험편을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 시험 표면이 수평인지 확인합니다.
압입자가 샘플과 안정적으로 접촉하도록 98.07N(10kgf)의 예압을 가 합니다 .
전체 하중(588.4N 또는 980.7N)을 가하고 5~15 초 동안 하중을 유지합니다.
예압을 98.07N으로 낮추고 경도 값(HRA, HRB 또는 HRC)을 기록합니다.
샘플 에 대해 5 개의 지점을 측정하였으며 , 압입 간격은 다음과 같습니다.
HRA, HRC: 압입 직경의 3 배 이상(약 0.6mm).
HRB: 압입 직경의 4 배 이상(약 1.5mm).
압입은 시편 가장자리로부터 1mm 이상 떨어져 있습니다.

7.5 결과 계산

경도계는 HR 값을 직접 표시하거나 다음 공식을 통해 계산합니다.

HRA, HRC:

$$HR = 100 - \frac{\epsilon}{0.002}$$

HRB:

$$HRB = 130 - \frac{\epsilon}{0.002}$$

5 개 지점의 평균값을 샘플의 경도 값으로 취하고, 편차는 다음과 같습니다.

HRA, HRC: <±1 HR.

HRB: <±2 HR.

8 시험 결과 평가

8.1 경도 값 범위

금속 재료의 록웰 경도 범위는 척도와 재료에 따라 달라집니다.

시멘트 카바이드(YG8): HRA 87-89.

경화강(45#강, HRC 50): HRC 48-52.

알루미늄 합금(6061-T6): HRB 60-70.

8.2 편차 평가

5 가지 사항은 다음과 같습니다. 그렇지 않으면 재테스트가 필요합니다.

HRA, HRC: <±1 HR.

HRB: <±2 HR.

경도 값이 재료 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(예: 시편 표면 결함, 불균일한 미세 구조).

8.3 영향 요인 분석

표면 품질: 표면 거칠기 Ra >0.1 μm 이면 경도 값이 낮아집니다(편차 >1 HR).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

체류 시간: 5 초 미만 또는 15 초 초과 시간은 압입 깊이에 영향을 미칩니다(편차 ± 0.5 HR).

시편 두께: 두께가 0.8mm 미만이면 지지 효과가 나타나고 경도 값이 높아집니다(편차 > 2 HR).

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나($> \pm 0.2 \mu\text{m}$) 다공성 이 높으면 경도 변동($> \pm 1$ HR)이 발생할 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 규모(HRA/HRB/HRC), 하중, 유지 시간(5~15 초), 주변 온도($10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$), 습도(30%~80%).

시험 결과: 경도값(HR), 각 지점의 평균값 및 편차.

평가 결론: 재료의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료의 로크웰 경도 기준 값

재료 유형	브랜드/카테고리	로크웰 경도	자	일반적인 응용 프로그램
초경합금	YG8	87-89	인사부	절삭 공구
경화강	45# (HRC 50)	48-52	HRC	기계 부품
알루미늄 합금	6061-T6	60-70	HRB	항공우주 구조물
구리 합금	H62	40~50	HRB	전기 부품

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

부록 C (정보 부록) 로크웰 경도 척도 비교

자	압입자 유형	총 하중(N)	경도 범위	적용 가능한 재료
인사부	다이아몬드 콘	588.4	20-88	경질 합금, 고경도 강철
HRB	강철구(1.5875mm)	980.7	20-100	연강, 비철금속
HRC	다이아몬드 콘	588.4	20~70 세	담금질강, 템퍼링강

요약하다

GB/T 230.1-2001 "금속 재료의 로크웰 경도 시험 1부: 시험 방법(A, B, C 등급)"은 금속 재료의 로크웰 경도 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 표준화된 시료 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준은 강철, 비철 금속 및 초경합금의 경도 평가에 적용 가능하며, 기계 제조,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

항공우주, 금형 제조 등의 응용 분야에 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 230.2-2001
금속재료의 로크웰 경도 시험
2부: 경도계 검증 및 교정

1 범위

본 표준은 금속 재료의 로크웰 경도 시험을 위한 경도계(A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T 스케일 포함)의 직접 및 간접 검사 및 교정 방법을 명시하며, 검사 원리, 장비 요건, 교정 단계, 결과 평가 등을 포함합니다. 본 표준은 고정형 및 휴대용 로크웰 경도계의 검사 및 교정에 적용되며, 해당 경도계가 GB/T 230.1-2001 "금속 재료 로크웰 경도 시험 제1부: 시험 방법"의 요건을 충족하는지 확인합니다. 본 표준은 다른 경도 시험 방법을 위한 경도계 교정에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.
GB/T 230.1-2001 금속 재료에 대한 로크웰 경도 시험 제1부: 시험 방법
GB/T 230.3-2001 금속 재료에 대한 로크웰 경도 시험 제3부: 표준 경도 블록의 교정
GB/T 13683-1999 금속 재료의 기계적 특성 시험을 위한 용어
JJG 112-1999 금속 로크웰 경도 시험기 검증 절차

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13683-1999 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.
직접 검사: 경도 시험기의 하중, 압입자 형상, 침투 깊이, 시험 주기 시간과 같은 매개변수를 측정하여 표준 요구 사항을 준수하는지 확인하는 프로세스입니다.
간접 검사: 표준 경도 블록을 사용하여 알려진 경도의 표준 블록에서 경도 값을 측정하여 경도 시험기의 측정 정확도와 반복성을 검증하는 과정입니다.
교정: 경도 시험기의 측정 시스템을 조정하여 측정 결과가 표준 값과 일치하도록 하는 과정입니다.
표준 경도 블록: 경도 시험기의 간접 검증에 사용되는 알려진 로크웰 경도 값을 갖는 교정된 금속 블록입니다.

4 검사 및 교정 원칙

로크웰 경도 시험기의 검사 및 교정은 경도 시험기의 측정 정확도와 신뢰성을 보장하기 위해 직접 및 간접 방법을 통해 수행됩니다.
직접 검사: 경도 시험기의 주요 매개변수(하중, 압입자 형상, 침투 깊이, 시험 주기 시간)가 GB/T 230.1-2001의 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.
간접 검사: 표준 경도 블록을 사용하여 경도계 블록의 경도값을 측정하여 경도계의 측정 편차와 반복성을 평가합니다.
교정 후, 경도계의 측정 편차는 다음 요건을 충족해야 합니다.
HRA, HRC: $< \pm 1.0$ HR.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HRB: $<\pm 2.0$ HR.

5 검사 및 교정 장비

5.1 측정 도구

힘 측정 장치: 정확도 $\pm 0.5\%$, 예압 및 총 하중 측정에 사용됨.

깊이 측정 장치: 정확도 $\pm 0.001\text{mm}$, 압입 깊이를 측정하는 데 사용됩니다.

시간 측정 장치: 정확도 ± 0.1 초, 유지 시간 측정에 사용됨.

현미경 또는 프로젝터: 배율 $50\times-100\times$, 분해능 $<0.5 \mu\text{m}$, 압입자 형상을 확인하기 위한 것입니다.

5.2 표준 경도 블록

GB/T 230.3-2001 에 따르면 경도 범위는 다음과 같습니다.

HRA: 70-88 HRA, 편차 $<\pm 0.5$ HRA.

HRB: 60-100 HRB, 편차 $<\pm 1.0$ HRB.

HRC: 20-70 HRC, 편차 $<\pm 0.5$ HRC.

표준 경도 블록의 표면 거칠기는 $Ra <0.05 \mu\text{m}$ 입니다.

5.3 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20\pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6 검사 및 교정 단계

6.1 직접 검사

6.1.1 부하 테스트

측정된 예압은 $98.07\text{N}(10\text{kgf})$ 이고, 편차는 $<\pm 1.0\%$ 입니다.

총 하중 측정:

HRA, HRC: $588.4 \text{ N} (60 \text{ kgf})$, 편차 $<\pm 0.5\%$.

HRB: $980.7 \text{ N} (100 \text{ kgf})$, 편차 $<\pm 0.5\%$.

하중은 충격이나 진동 없이 부드럽게 적용됩니다.

6.1.2 압입자 검사

다이아몬드 콘 압입자(HRA, HRC):

정점 각도 $120^\circ (\pm 0.5^\circ)$.

상단 구면 반경은 $0.2\text{mm} (\pm 0.01\text{mm})$ 입니다.

표면에 결함이 없습니다(현미경 검사, 분해능 $<0.5 \mu\text{m}$).

강철 볼 압입자(HRB):

직경 $1.5875\text{mm} (\pm 0.005\text{mm})$.

경도 $\geq \text{HRC } 60$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표면 결함 없음.

6.1.3 깊이 측정 시스템 검사

표준 깊이 블록을 사용하여 편차가 $< \pm 0.002$ mm 인 압입 깊이를 측정합니다.

6.1.4 시험주기 시간 검사

유지 시간 5~15 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

하중 적용 및 하역 시간 < 2 초, 영향 없음.

6.2 간접 테스트

시험 척도(HRC 60 등)에 맞는 표준 경도 블록을 선택합니다.

표준 경도 블록에서 5 번 측정하고 경도 값을 기록합니다.

평균과 편차를 계산합니다.

HRA, HRC: 평균값 편차 $< \pm 1.0$ HR, 단일 편차 $< \pm 1.5$ HR.

HRB: 평균 편차 $< \pm 2.0$ HR, 단일 편차 $< \pm 3.0$ HR.

편차가 한계를 초과하면 경도계를 교정해야 합니다.

6.3 교정

직접 및 간접 시험 결과에 따라 경도계의 하중 및 깊이 측정 시스템을 조정하거나 압입자국을 교체합니다.

교정 후 간접 시험을 반복하여 편차가 요구 사항을 충족하는지 확인합니다.

7 검사 및 교정 결과 평가

7.1 자격 결정

직접 검사: 하중, 압력 헤드, 깊이, 시간 등의 매개변수가 모두 요구 사항을 충족합니다.

간접 테스트:

HRA, HRC: 평균값 편차 $< \pm 1.0$ HR, 반복성 $< \pm 1.5$ HR.

HRB: 평균 편차 $< \pm 2.0$ HR, 반복성 $< \pm 3.0$ HR.

7.2 비준수 처리

직접 시험에 실패하면 경도 시험기를 수리해야 합니다(압입자 교체, 하중 시스템 조정 등).

간접 시험에 실패하면 경도 시험기를 교정하고 다시 시험해야 합니다.

시험 결과가 2 회 연속으로 불합격인 경우에는 경도 시험기를 사용해서는 안 됩니다.

7.3 영향 요인 분석

하중 편차: 하중 편차가 $\pm 0.5\%$ 이상이면 경도 값이 너무 높거나 너무 낮아집니다(± 1 HR 이상).

압입자 마모: 압입자 마모로 인해 경도 값이 높아질 수 있습니다($> \pm 1$ HR).

환경 진동: 진동으로 인해 깊이 측정 오류가 발생할 수 있습니다($> \pm 0.5$ HR).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표준 블록 품질: 표준 블록 경도 편차 $>\pm 0.5$ HR 은 시험 결과에 영향을 미칩니다.

8 검사 및 교정 보고서

검사 및 교정 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

경도계 정보: 모델, 번호, 제조사.

시험 조건: 주변 온도($10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$), 습도($30\%\sim 80\%$), 척도(HRA/HRB/HRC).

테스트 결과:

직접 검사: 하중, 압입자 형상, 깊이, 시간 및 기타 매개변수와 편차.

간접 검사: 공칭값, 측정값, 평균값 및 표준 경도 블록의 편차.

교정 결론: 적격 여부, 교정 조치(하중 조정, 압력 헤드 교체 등)

검사 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 표준 경도 블록의 권장 값

자	경도 범위	명목 가치의 예	편차 요청
인사부	70-88 시간	85 시간	$<\pm 0.5$ HRA
HRB	60-100 심박수	90 심박수	$<\pm 1.0$ 헤르페스
HRC	20-70HRC	60HRC	$<\pm 0.5$ HRC

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C(정보 부록) 일반적인 문제 및 해결 방법

질문	가능한 원인	해결 방법
경도값이 높다	압입자 마모	압력 헤드를 교체하세요
낮은 경도 값	부하가 부족합니다	부하 시스템 조정
반복성이 낮음	환경 진동	테스트 환경 개선
부정확한 깊이 측정	깊이 측정 시스템 고장	깊이 측정 시스템 교정 또는 수리

요약하다

GB/T 230.2-2001 "금속 재료 로크웰 경도 시험 제 2 부: 경도계 검증 및 교정"은 로크웰 경도계의 검사 및 교정에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 직접 및 간접 검사 방법을 통해 경도계의 측정 정확도와 신뢰성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 경도 시험 결과의 정확도와 일관성을 향상시키는 데 도움이 되며, 기계 제조, 재료 시험 등 분야의 경도계 관리에 적용 가능합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 230.3-2001 금속 재료

록웰 경도 시험 3부: 표준 경도 블록의 교정

1 범위

본 규격은 금속 재료의 로크웰 경도 시험을 위한 표준 경도편(A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T 스케일 포함)의 교정 방법을 규정하며, 교정 원리, 장비 요건, 교정 단계, 결과 평가 등을 포함합니다. 본 규격은 신규 제작되거나 사용 중인 로크웰 경도편의 경도값이 GB/T 230.1-2001 및 GB/T 230.2-2001의 요건을 충족하는지 확인하기 위한 교정에 적용됩니다. 본 규격은 다른 경도 시험 방법을 위한 표준편의 교정에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 230.1-2001 금속 재료에 대한 로크웰 경도 시험 제1부: 시험 방법

GB/T 230.2-2001 금속 재료에 대한 로크웰 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

GB/T 13683-1999 금속 재료의 기계적 특성 시험을 위한 용어

JJG 112-1999 금속 로크웰 경도 시험기 검증 절차

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 13683-1999 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

표준 경도 블록: 경도 시험기의 간접 검증 및 교정에 사용되는 알려진 로크웰 경도 값을 갖는 교정된 금속 블록입니다.

교정: 표준 경도 시험기나 정확도가 더 높은 추적 장치를 사용하여 표준 경도 블록의 경도 값을 결정하는 과정입니다.

경도 균일성: 표준 경도 블록 표면에서 경도 값의 분포 일관성을 나타내며, 측정 지점의 편차로 표현됩니다.

추적성: 교정 체인을 통해 경도 기준 블록의 경도 값을 국가 또는 국제 경도 벤치마크에 연결하는 프로세스입니다.

4 교정 원리

표준 경도 블록의 교정은 교정된 고정밀 로크웰 경도계(GB/T 230.2-2001에 따름)를 사용하여 표준 블록 표면의 경도를 여러 번 측정하고, 평균 경도값과 경도 균일도를 계산하여 경도값의 정확성과 신뢰성을 보장합니다. 교정 결과는 측정값의 일관성과 비교성을 보장하기 위해 국가 또는 국제 경도 표준에 따라 추적 가능해야 합니다.

5. 교정 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 표준 특웰 경도계

이 제품은 GB/T 230.2-2001의 요구 사항을 준수하며 직접 및 간접적으로 테스트를 거쳤습니다.

측정 편차:

HRA, HRC: $< \pm 0.5$ HR.

HRB: $< \pm 1.0$ HR.

경도 시험기는 국가 또는 국제 경도 표준을 따라야 합니다.

5.2 압입자

다이아몬드 콘 압입자(HRA, HRC): 정점각 $120^\circ (\pm 0.5^\circ)$, 상단 구면 반경 $0.2\text{mm} (\pm 0.01\text{mm})$.

강철 볼 압입자(HRB): 직경 $1.5875\text{mm} (\pm 0.005\text{mm})$, 경도 $\geq \text{HRC } 60$.

에는 결함이 없었습니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$).

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 $\pm 0.02\text{mm}$, 표준 블록의 크기를 측정하는 데 사용됩니다.

표면 거칠기 측정기: 표면 거칠기를 측정합니다. 정확도는 $\pm 0.01 \mu\text{m}$ 입니다.

5.4 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6 표준 경도 블록 요구 사항

6.1 재료 및 제조

표준 블록 소재: 분리나 다공성이 없고 안정된 경도와 균일한 미세 구조를 지닌 고품질 강철 또는 기타 금속입니다.

크기: 두께 $\geq 6\text{mm}$, 테스트 표면적 $\geq 30 \times 30\text{mm}$.

표면 거칠기: $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ (연마).

시험 표면은 평평해야 하며 평행도는 0.01mm 미만이어야 합니다.

6.2 경도 범위

HRA: 70-88 HRA.

심박수: 60-100 심박수.

HRC: 20-70HRC.

6.3 마킹

표준 블록에는 공칭 경도 값, 척도, 생산 배치 번호, 제조 단위 및 기타 정보가 표시되어야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

7 단계 교정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.1 교정 준비

표준 경도 시험기의 상태를 점검하여 GB/T 230.2-2001의 요구 사항을 충족하는지 확인하세요.

표준 경도 블록을 깨끗이 세척하고, 무수 에탄올로 기름과 먼지를 제거한 후, 건조한 후 사용합니다.

표준 블록의 크기와 평행도를 측정하고 표면 거칠기를 기록합니다.

7.2 교정 조건

주변 온도: 10°C ~ 35°C, 권장 온도는 20±5°C입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 교정 작업

5개의 측정 지점이 표준 경도 블록의 시험 표면에 균등하게 분포되어 있으며, 지점 간격은 압입 직경의 3 배 이상(HRA, HRC 약 0.6mm, HRB 약 1.5mm)이고 가장자리로부터의 거리는 2.5mm 이상입니다.

표준 경도계를 사용하여 5개 지점에서 경도 값을 측정하고 각 측정 결과를 기록합니다.

유지 시간 : 5-15 초, 편차 <±0.5 초.

7.4 결과 계산

计算5个点的平均硬度值:

$$\overline{HR} = \frac{HR_1 + HR_2 + HR_3 + HR_4 + HR_5}{5}$$

计算硬度均匀性(最大偏差):

$$\Delta HR = HR_{\max} - HR_{\min}$$

자격 결정:

HRA, HRC: 평균편차 <±0.5 HR, 동질성 <1.0 HR.

HRB: 평균편차 <±1.0 HR, 동질성 <2.0 HR.

7.5 추적

교정 결과는 국가 또는 국제 경도 표준에 따라 추적 가능해야 하며 추적 체인은 문서화되어야 합니다(예: 국가 계량 연구소를 통해).

8 교정 결과 평가

8.1 자격

평균 경도 값 편차:

HRA, HRC: <±0.5 HR.

HRB: <±1.0 HR.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도 균일성:
HRA, HRC: <1.0 HR.
심박수 비율: <2.0 심박수.
표면 거칠기 Ra <0.05 μm, 평행도 < 0.01 mm.

8.2 비준수 처리

평균값 편차나 균일성이 한계를 초과하는 경우에는 표준 블록을 사용해서는 안 됩니다.

원인(불균일한 재료, 표면 품질 불량 등)을 분석한 후 표준 블록을 재제작하거나 가공한 후 교정합니다.

8.3 영향 요인 분석

재료 균질성: 미세 구조적 불균질성(입자 크기 > ±0.2 μm)은 균질성이 저하될 수 있습니다(>1 HR).

표면 품질: 거칠기 Ra >0.05 μm에서는 경도 값의 변동이 발생합니다(>±0.5 HR).

경도계 정확도: 경도계 편차가 ±0.5 HR보다 크면 교정 결과에 영향을 미칩니다.

환경 진동: 진동으로 인해 측정 오류가 발생할 수 있습니다(>±0.5 HR).

9 교정 인증서

교정 인증서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

표준 경도 블록 정보: 공칭 경도 값, 척도, 생산 배치 번호, 제조 단위.

교정 조건: 경도계 모델, 주변 온도(10° C ~ 35° C), 습도(30%-80%).

교정 결과: 경도값, 평균값, 균일성, 5 점 편차.

추적 정보: 추적 체인 및 국가/국제 벤치마크.

교정 결론: 합격 여부.

교정 날짜 및 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 표준 경도 블록의 교정 값 예

자	명목 가치	측정값(HR)	평균 (HR)	균일성 (HR)	편차(HR)
인사부	85	85.1, 85.0, 84.9, 85.2, 85.0	85.0	0.3	±0.1
HRB	90	90.2, 89.8, 90.0, 90.1, 89.9	90.0	0.4	±0.2
HRC	60	60.1, 60.0, 59.9, 60.2, 60.0	60.0	0.3	±0.1

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C(정보 부록) 일반적인 문제 및 해결 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

질문	가능한 원인	해결 방법
경도 균일성이 좋지 않음	불균일한 재료 미세구조	재료를 교체하거나 재가열하세요
평균값 편차 초과	경도계가 충분히 정확하지 않습니다	경도계 교정
표면 거칠기가 기준을 초과했습니다.	연마가 부족함	재연마
측정값의 큰 변동	환경 진동	테스트 환경 개선

요약하다

GB/T 230.3-2001 "금속 재료 로크웰 경도 시험 3부: 표준 경도 블록 교정"은 로크웰 경도 표준 블록 교정을 위한 표준화된 절차를 제공하고, 표준화된 교정 단계 및 결과 평가를 통해 표준 블록 경도 값의 정확성과 신뢰성을 보장합니다. 이 표준의 구현은 경도 시험의 추적성과 일관성을 향상시키는 데 도움이 되며, 재료 시험 및 도량형 교정과 같은 분야에 적용 가능합니다.

총수:

GB/T 3848-2001

초경합금의 밀도 측정 방법

1 범위

이 표준은 초경합금 재료의 밀도 측정 방법을 규정합니다. 밀도는 아르키메데스의 원리를 이용하여 공기 중과 액체 상태에서 시료의 질량을 측정하여 계산합니다. 이 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 다공성 또는 균열이 있는 시멘트 카바이드 시편에는 적용할 수 없으며, 다른 재료(예: 강철 또는 세라믹)의 밀도 측정에도 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3847-1983 시멘트 카바이드 시편 제조 방법

GB/T 3850-1983 초경합금 용어

JJG 196-1990 일반적으로 사용되는 유리 측정 기기의 검증 절차

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 3850-1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

밀도(ρ): 시멘트 카바이드 시편의 질량을 부피로 나눈 값으로, g/cm^3 단위로 표현합니다.

아르키메데스의 원리: 샘플을 액체에 담그면, 샘플이 받는 부력은 샘플이 대체하는 액체의 질량과 같고, 부력은 공기 중에서의 샘플 질량과 액체 중에서의 질량의 차이와 같습니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4. 결정원리

시멘트 카바이드의 밀도는 아르키메데스의 원리에 기초하여 결정되며 다음 단계에 따라 계산됩니다.

공기 중 샘플의 질량을 측정합니다(m_1).

액체(일반적으로 탈이온수)에서 샘플의 질량을 측정합니다(m_2).

시료 부피는 부력을 기준으로 계산되고, 시료 밀도는 액체 밀도를 기준으로 계산됩니다.

밀도 계산 공식은 다음과 같습니다.

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho_0$$

안에:

ρ 는 샘플 밀도(g/cm^3)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

m1 은 공기 중 샘플의 질량(g) 입니다 .

액체 내 샘플 의 질량(g)입니다 .

ρ_0 은 액체의 밀도(g/cm^3)입니다($20^\circ C$ 에서 탈이온수의 경우 $0.9982 g/cm^3$) .

5. 측정 장비

5.1 분석용 천칭

정확도: $\pm 0.1mg$.

측정 범위: $0\sim 200g$.

액체 속의 샘플 질량을 측정하기 위한 현탁 장치를 갖추고 있습니다.

5.2 액체 매질

탈이온수는 순도가 GB/T 6682-1992 의 요구 사항을 충족합니다.

온도: $20\pm 5^\circ C$, 측정 정확도 $\pm 0.1^\circ C$.

cm^3 ($20^\circ C$ 에서) .

5.3 보조 장비

온도계: 정확도 $\pm 0.1^\circ C$.

미세 금속 와이어: 직경 $< 0.1 mm$, 샘플을 현탁하는 데 사용됩니다.

비커: 용량 $100\sim 500mL$, JJG 196-1990 에 따름.

초음파 세척기: 주파수 $40kHz$, 샘플을 세척하는 데 사용됨.

5.4 환경 관리

온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20\pm 5^\circ C$ 입니다.

습도: $30\%\sim 80\%$, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 규칙적인 기하학적 모양(직육면체, 원기둥 등), 질량 $5\sim 50g$.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 기공 또는 산화물 층이 없어야 합니다.

시편은 GB/T 3847-1983 의 준비 요구 사항을 준수해야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우($> 0.02 g/cm^3$) 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤을 사용하여 샘플 표면의 기름과 먼지를 제거합니다.

초음파 세척기로 5 분간 세척합니다(주파수 $40kHz$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

세탁 후 60° C에서 30 분간 건조하거나 일정한 무게가 될 때까지 자연 건조하세요.

6.4 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

분석용 저울은 편차가 $\pm 0.1\text{mg}$ 인 표준추를 사용하여 교정되었습니다.
액체 온도를 측정하고 탈이온수의 밀도를 기록합니다(부록 A 참조).

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.
상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 측정 작업

공기 중 샘플의 질량(m_1)을 측정 하고 0.1mg 까지 기록합니다.
샘플을 얇은 금속 와이어에 매달아 탈이온수에 담가 샘플이 완전히 잠겨 거품이 없는지 확인했습니다.
탈이온수에 담긴 시료의 질량(m_2)을 측정 하여 0.1mg 까지 기록합니다.
각 샘플은 3 번 측정하여 평균값을 취했습니다.
액체 온도를 기록하고 표에서 액체 밀도(ρ_0) 를 결정합니다.

7.4 결과 계산

샘플 밀도를 계산합니다.

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \times \rho_0$$

3 회 측정한 평균값을 샘플 밀도로 취하며, 편차는 $\pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ 입니다 .

8 측정 결과 평가

8.1 밀도 범위

시멘트 카바이드의 밀도 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): $14.6\text{--}14.9 \text{ g/cm}^3$.

YG8(8% Co): $14.5\text{--}14.8 \text{ g/cm}^3$.

YT15(5% Co + TiC) : $12.8\text{--}13.2 \text{ g/cm}^3$

8.2 편차 평가

3 가지 측정값의 밀도 편차는 $\pm 0.02 \text{ g/cm}^3$ 입니다 . 그렇지 않으면 테스트를 반복해야 합니다.

다공성, 세척 불완전 등).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.3 영향 요인 분석

기포 부착: 샘플 표면의 기포로 인해 m_2 가 너무 커지고 밀도가 너무 낮아집니다(편차 $> 0.05 \text{ g/cm}^3$).

액체 온도: 온도 편차 $> \pm 5^\circ \text{C}$ 는 ρ_0 에 영향을 미치고, 밀도 편차 $> 0.01 \text{ g/cm}^3$ 에 영향을 미칩니다.

표본 다공성: 다공성 $> 0.5\%$ 는 낮은 밀도를 초래합니다(편차 $> 0.1 \text{ g/cm}^3$).

균형 정확도: 균형 편차 $> \pm 0.1\text{mg}$ 는 밀도 계산에 영향을 미칩니다(편차 $> 0.01 \text{ g/cm}^3$).

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 액체 매체(탈이온수), 온도($^\circ \text{C}$), 습도(%).

시험 결과: 공기 중 질량(m_1), 액체 중 질량(m_2), 밀도(ρ), 평균값 및 편차.

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 탈이온수 밀도와 온도의 관계 표

온도($^\circ \text{C}$)	밀도(ρ_0) (g/cm^3)
15	0.9991
20	0.9982
25	0.9970
30	0.9957

부록 B(정보 부록) 일반적인 카바이드 밀도 기준 값

상표	Co 함량 (중량 %)	밀도(g/cm^3)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	14.6-14.9	광산 드릴 비트
YG8	8	14.5-14.8	절삭 공구
YT15	5	12.8-13.2	마무리 도구

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^\circ \text{C} \sim 35^\circ \text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ \text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

요약하다

GB/T 3848-2001 "초경합금 밀도 측정"은 초경합금 밀도 측정을 위한 표준화된 절차를 제공하고, 아르키메데스 원리를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표준의 구현은 초경합금 소재의 품질 관리를 돕고 절삭 공구 및 광산 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 3850-2001

초경합금의 굽힘강도 측정방법

1 범위

본 표준은 초경합금 재료의 굽힘 강도 측정 방법을 규정합니다. 3 점 굽힘 시험법을 사용하여 시편이 파단될 때까지 하중을 가하여 굽힘 강도(횡파단 강도, TRS)를 계산합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 다공성 또는 균열이 생긴 시멘트 카바이드 시편에는 적용할 수 없으며, 다른 재료(강철이나 세라믹 등)의 굽힘 강도를 측정하는 데에도 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3847-1983 시멘트 카바이드 시편 제조 방법

GB/T 3851-1983 초경합금 용어

GB/T 230.1-2001 금속 재료에 대한 로웰 경도 시험 제 1 부: 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 3851-1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

굽힘 강도 (σ_{bb}) 또는 횡파단강도(TRS): 시멘트 카바이드 시편이 3 점 굽힘 시험에서 견딜 수 있는 최대 응력으로 MPa 단위로 표현합니다.

3 점 굽힘 시험: 시편을 두 개의 지지점에 놓고 중앙에 하중을 가해 시편이 파괴될 때까지 반복하는 시험 방법입니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

3 점 굽힘 시험법은 초경합금의 굽힘 강도를 측정하는 데 사용됩니다. 시료를 두 지지점에 놓고, 시료가 파단될 때까지 시료 중앙에 하중을 가합니다. 최대 파단 하중(P)을 기록하고, 시료 크기와 길이를 기반으로 굽힘 강도를 계산합니다. 굽힘 강도 계산식은 다음과 같습니다.

$$\sigma_{bb} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

안에:

σ_{bb} 는 굽힘 강도(MPa)입니다.

P 는 파단하중(N)입니다.

L 은 지지점 범위(mm)입니다.

b 는 시편의 너비(mm)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

h 는 샘플 두께(mm)입니다.

5. 측정 장비

5.1 만능 시험기

하중 범위: 0-50 kN , 정확도 $\pm 0.5\%$.

적재 속도 제어: 0.5-5 mm/min, 편차 $< \pm 0.1$ mm/min.

3 점 굽힘 고정 장치가 장착되어 있어 지지점의 폭을 조절할 수 있습니다.

5.2 고정물

지지 및 로딩 지점 직경: 2mm(± 0.02 mm).

지지점 간격: 30mm(± 0.05 mm).

지지점 및 하중점의 표면경도는 \geq HRC 60 이고, 표면조도는 $Ra < 0.1 \mu m$ 입니다 .

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm, 샘플 크기 측정에 사용됨.

마이크로미터: 정확도 ± 0.001 mm, 정밀한 두께 측정에 사용됩니다.

5.4 환경 관리

온도: $10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ} C$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 $35 \times 5 \times 5$ mm (± 0.1 mm).

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 기공 또는 산화물 층이 없어야 합니다.

시편은 GB/T 3847-1983 의 준비 요구 사항을 준수해야 합니다.

샘플의 표면 거칠기는 $Ra < 0.2 \mu m$ (연마)입니다.

시편의 네 개의 긴 면은 응력 집중을 줄이기 위해 $0.1 \times 45^{\circ}$ 로 모따기되었습니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우($>10\%$), 샘플 수를 8 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 세척

무수 에탄올을 사용하여 시료 표면의 기름, 먼지 등을 깨끗이 제거하고 건조한 후 사용합니다.

6.4 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.5 샘플 측정

시편의 너비(b)와 두께(h)는 ± 0.02 mm 정확도의 버니어 캘리퍼와 마이크로미터를 사용하여 측정되었습니다.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

시험 기계는 하중 편차가 $< \pm 0.5\%$ 인 표준 힘 센서를 사용하여 교정되었습니다.
고정구 지지점의 범위를 확인하십시오. 편차는 $< \pm 0.05$ mm 입니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}C$ 입니다.
상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 측정 작업

3 점 굽힘 고정구의 두 지지점에 시편을 놓고 시편이 수평을 이루고 스패น L 이 $30\text{mm}(\pm 0.05\text{mm})$ 가 되도록 합니다.
하중 지점을 시편의 중앙에 위치하도록 조정합니다.
 $1\text{mm}/\text{min}(\pm 0.1\text{mm}/\text{min})$ 의 속도로 하중을 가합니다.
시편이 파손될 때의 최대 하중(P)을 N으로 기록합니다.
각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 5~8 회 반복되었습니다.

7.4 결과 계산

굽힘 강도를 계산하세요:

$$\sigma_{bb} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

편차가 $< \pm 10\%$ 인 5~8 개 샘플의 평균값을 취합니다.

8 측정 결과 평가

8.1 굽힘 강도 범위

시멘트 카바이드의 굽힘 강도 범위는 등급에 따라 달라집니다.
YG6 (6% Co): 2000-2500 MPa.
YG8 (8% Co): 1800-2200 MPa.
YT15 (5% Co + TiC): 1300-1600 MPa.

8.2 편차 평가

5~8 개의 표본 중 $< \pm 10\%$ 인 경우 재검사가 필요합니다.
굽힘 강도 값이 예상 범위를 벗어나는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(예: 시편

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결합, 고정구 정렬 불량) .

8.3 영향 요인 분석

시편 결합: 다공성 > 0.5% 또는 미세균열은 강도 저하를 초래합니다(편차 > 15%).

고정물 정렬: 지지점의 정렬 불량은 응력 집중 및 강도 저하(편차 > 10%)로 이어질 수 있습니다.

하중 속도: 속도가 5mm/분 이상이면 강도가 높아집니다(편차 > 5%).

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나(>±0.2 μm) 결합상의 분포가 고르지 않으면 강도가 감소합니다(편차 >10%) .

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 스펜(L), 적재 속도, 주변 온도(10° C~35° C), 습도(30%~80%).
σ_{bb}), 각 표본의 평균값 및 편차 .

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 굽힘 강도에 대한 참조 값

상표	Co 함량 (중량 %)	굽힘 강도(MPa)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	2000-2500	광산 드릴 비트
YG8	8	1800-2200	절삭 공구
YT15	5	1300-1600	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

GB/T 3850-2001 "초경합금의 굽힘 강도 측정"은 초경합금의 굽힘 강도 측정을 위한 표준화된 절차를 제공하고, 3점 굽힘 시험법을 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준을 적용하면 초경합금 재료의 기계적 특성을 평가하는 데 도움이 되며, 절삭 공구 및 광산 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 3851-2001

초경합금의 파괴인성 측정 방법

1 범위

본 표준은 초경합금 재료의 파괴인성(응력확대계수(KIC)로 표시) 측정 방법을 규정합니다. 단일 날 노치 빔(SENB) 시험법을 사용하여 시편에 하중을 가하여 파괴인성을 계산합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 다공성 또는 균열이 생긴 시멘트 카바이드 시편에는 적용할 수 없으며, 다른 재료(강철이나 세라믹 등)의 파괴인성을 측정하는 데에도 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3847-1983 시멘트 카바이드 시편 제조 방법

GB/T 3850-1983 초경합금 용어

GB/T 230.1-2001 금속 재료에 대한 로웰 경도 시험 제1부: 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 3850-1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

파괴인성(K_{IC}): 균열 상태에서 파괴에 저항하는 시멘트 카바이드 시편의 능력으로, 임계응력강도계수로 표현되며 단위는 $MPa \cdot m^{1/2}$.

단일 모서리 노치 보(SENB) 시험: 시편의 한쪽 면에 사전 균열을 생성하고 3 점 굽힘 방법을 사용하여 파괴될 때까지 하중을 가하는 시험 방법입니다.

사전 균열: 실제 결함을 시뮬레이션하기 위해 기계 가공이나 피로 사전 균열을 통해 준비한 초기 균열입니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

초경합금의 파괴인성은 단일 날 노치 빔(SENB) 시험법으로 측정합니다. 시편의 한쪽 면에 미리 제작된 균열을 만들고, 시편을 3 점 굽힘 시험대에 올려놓고, 시편이 파단될 때까지 하중을 가한 후, 최대 파괴하중(P)을 기록하고, 시편 크기, 균열 길이, 그리고 스패를 기반으로 파괴인성을 계산합니다. 파괴인성 계산식은 다음과 같습니다.

$$K_{IC} = \frac{PL}{BW^{3/2}} \cdot Y$$

안에:

K_{IC} 는 파괴인성 ($MPa \cdot m^{1/2}$) 입니다.

P 는 파단하중(N)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

L 은 지지점 범위(mm)입니다.

B 는 샘플 두께(mm)입니다.

W 는 시편의 너비(mm)입니다.

Y 는 상대적인 균열 길이 a/W 에 따라 달라지는 기하학적 요인입니다 (부록 A 참조).

5. 측정 장비

5.1 만능 시험기

하중 범위: 0-50 kN , 정확도 $\pm 0.5\%$.

로딩 속도 제어: 0.05-0.5 mm/min, 편차 $< \pm 0.01$ mm/min.

3 점 굽힘 고정 장치가 장착되어 있어 지지점의 폭을 조절할 수 있습니다.

5.2 고정물

지지 및 로딩 지점 직경: 2mm(± 0.02 mm).

지지점 간격: 20mm(± 0.05 mm).

지지점 및 하중점의 표면경도는 \geq HRC 60 이고, 표면조도는 Ra < 0.1 μ m 입니다 .

5.3 균열 준비 장비

정밀 절단기: 초기 절개 부위를 처리하는 데 사용되며 절개 너비는 < 0.2 mm 이고 깊이 정확도는 ± 0.01 mm 입니다.

현미경: 배율 50 \times -200 \times , 분해능 < 0.5 μ m , 균열 길이 측정에 사용됨.

5.4 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm, 샘플 크기 측정에 사용됨.

마이크로미터: 정확도 ± 0.001 mm, 정밀한 두께 측정에 사용됩니다.

5.5 환경 관리

온도: 10 $^{\circ}$ C ~ 35 $^{\circ}$ C, 권장 온도는 20 $\pm 5^{\circ}$ C 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50 $\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 20 \times 4 \times 2.5 mm (± 0.1 mm).

시편의 표면은 평평해야 하며 균열이나 산화층이 없어야 합니다.

시편은 GB/T 3847-1983 의 준비 요구 사항을 준수해야 합니다.

표면 거칠기 Ra < 0.2 μ m (연마).

6.2 조립식 균열

절단 위치: 시편의 하단 중앙에 위치하며, 길이 a 는 시편 너비 W 의 0.2-0.5 배입니다(즉, a/W = 0.2 - 0.5).

절치 너비: < 0.2 mm, 절개 끝은 반경 0.05 mm 로 뿔뿔함.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

절단 부분은 기계 가공이나 피로 예비 균열 가공을 통해 준비할 수 있으며, 자연적인 균열을 시뮬레이션하기 위해 피로 예비 균열 가공이 권장됩니다.

6.3 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다. 결과에 큰 편차(>10%)가 있는 경우, 샘플 수를 8 개로 늘려야 합니다 .

6.4 샘플 세척

무수 에탄올을 사용하여 시료 표면의 기름, 먼지 등을 깨끗이 제거하고 건조한 후 사용합니다.

6.5 샘플 측정

시편 폭(W), 두께(B) 및 균열 길이(a)는 ± 0.02 mm의 정확도를 갖는 버니어 캘리퍼와 마이크로미터를 사용하여 측정되었습니다.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

시험 기계는 하중 편차가 $< \pm 0.5\%$ 인 표준 힘 센서를 사용하여 교정되었습니다. 고정구 지지점의 범위를 확인하십시오. 편차는 $< \pm 0.05$ mm입니다. 균열 길이 측정은 편차가 $< \pm 0.01$ mm인 현미경을 사용하여 보정되었습니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.
상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 측정 작업

시편은 3 점 굽힘 고정구의 두 지지점에 20mm(± 0.05 mm)의 스패 L로 배치되었습니다. 하중 지점을 조정하여 시편 중앙 에 위치시키고 , 미리 제작된 균열과 일치시킵니다. 0.1 mm/min (± 0.01 mm/min)의 속도로 하중을 가합니다. 시편이 파손될 때의 최대 하중(P)을 N으로 기록합니다. 각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 5~8 회 반복되었습니다.

7.4 결과 계산

a/W 표 기반 , 부록 A 참조).
파괴인성을 계산하세요:

$$K_{IC} = \frac{PL}{BW^{3/2}} \cdot Y$$

편차가 $< \pm 10\%$ 인 5~8 개 샘플 의 평균값을 취합니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8 측정 결과 평가

8.1 파괴인성 범위

시멘트 카바이드의 파괴인성 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): $10\text{--}12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YG8(8% Co): $12\text{--}15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YT15(5% Co + TiC): $8\text{--}10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

8.2 편차 평가

5~8 개의 표본 중 $\pm 10\%$ 인 경우 재검사가 필요합니다.

파괴인성 값이 예상 범위를 벗어나는 경우, 원인(균열 품질, 시험 결함 등)을 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

균열 품질: 절단 폭이 0.2mm 이상이거나 팁이 균일하게 무너지지 않은 경우 K_{IC}가 너무 높을 수 있습니다(편차 >10%).

고정물 정렬: 지지점이 정렬되지 않으면 응력 분포가 고르지 않고 K_{IC}가 낮아집니다(편차 > 5%).

하중 속도: 속도가 0.5mm/min 이상이면 파괴 거동에 영향을 미치고 K_{IC}가 너무 높아집니다(편차 > 5%).

미세구조: 결합상의 불균일한 분포(Co 함량 변동 > $\pm 0.5\%$)는 K_{IC}를 감소시킵니다(편차 > 10%).

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, 균열 길이(a).

시험 조건: 장비 모델, 스캔(L), 적재 속도, 주변 온도(10°C~35°C), 습도(30%~80%).

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 기하 계수 Y 표

a/W	Y
0.2	1.90
0.3	2.10
0.4	2.40
0.5	2.80

注: Y 值为近似值, 实际应用中可参考标准提供的详细表或插值计算.

초경합금의 파괴인성에 대한 기준값

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

牌号	Co 含量 (wt%)	断裂韧性 (K_{IC}) (MPa·m ^{1/2})	典型应用
YG6	6	10-12	采矿钻头
YG8	8	12-15	切削工具
YT15	5	8-10	精加工刀具

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

GB/T 3851-2001 "초경합금의 파괴인성 측정 방법"은 초경합금의 파괴인성 측정을 위한 표준화된 절차를 제공하고, 단면 노치 빔 시험법을 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준을 적용하면 초경합금 재료의 균열 저항성을 평가하는데 도움이 되며, 절삭 공구 및 광산 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

총수:

GB/T 9097-2001

초경합금의 자기적 특성 측정 방법

1 범위

(Hc) 측정을 포함한 초경합금 재료의 자기적 특성 측정 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상(main hard phase)으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 코발트가 없는 비강자성 재료나 초경합금에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3847-1983 시멘트 카바이드 시편 제조 방법

GB/T 3850-1983 초경합금 용어

GB/T 3848-2001 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 3850-1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

자기포화강도 (M_s): 충분히 강한 외부 자기장 하에서 자기포화에 도달할 때의 시멘트 카바이드 시편의 자기 강도로, kA/m 또는 emu/g 단위로 표현합니다.

보자력 (H_c): 초경합금 시료를 자화시킨 후 외부 자기장을 반전시켜 시료의 자화강도를 0으로 만드는 데 필요한 자기장 세기로, 단위는 kA/m이다.

히스테리시스 루프: 외부 자기장의 작용으로 자기장 세기에 따라 샘플의 자화 강도가 변할 때 형성되는 닫힌 곡선으로,보자력을 측정하는 데 사용됩니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

초경합금의 자기적 특성은 전자기 유도법과 히스테리시스 루프법을 이용하여 측정합니다.

자기포화강도 (M_s): 시료의 자기포화강도는 시료를 강한 자기장(일반적으로 1000kA/m 이상)에 노출시켜 코발트 상이 자기포화 상태에 도달하도록 하여 측정합니다. 자기포화강도는 코발트 함량과 관련이 있으며, 코발트 상의 품질을 평가하는 데 사용할 수 있습니다.

보자력 (H_c) 측정: 시료의 히스테리시스 곡선을 그려 외부 자기장을 역전시켰을 때 자화 강도가 0으로 떨어지는 자기장 세기, 즉보자력을 기록합니다. 보자력은 재료의 자기 미세구조와 결정립 크기를 반영합니다.

5. 측정 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 자기적 특성 시험기

장비 유형: 히스테리시스 루프 장비(진동 샘플 자력계 VSM 또는 전자기력법 장비 등)
자기장 범위: 0~2000 kA/m, 정확도 $\pm 0.5\%$.
자화 강도 측정 범위: 0~1000 kA/m 또는 0~200 emu/g, 정확도 $\pm 0.1\%$.
균일한 자기장을 제공하기 위해 전자석이나 초전도 자석을 장착했습니다.

5.2 보조 장비

분석용 저울: 정확도 $\pm 0.1\text{mg}$, 샘플 질량을 측정하는 데 사용됩니다.
버니어 캘리퍼스: 정확도 $\pm 0.02\text{mm}$, 샘플 크기 측정에 사용됨.

5.3 환경 관리

온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.
습도: 30%-80%, 권장 <60%.
진동 없음, 외부 자기장 간섭 없음(주변 자기장 <0.1 kA/m).

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기는 $6 \times 6 \times 10\text{mm}$ 또는 직경 6mm, 높이 10mm 입니다.
샘플 질량: 0.5-5g, 장비 요구 사항에 따라 다름.
시편의 표면은 평평해야 하며 균열이나 산화층이 없어야 합니다.
시편은 GB/T 3847-1983 의 준비 요구 사항을 준수해야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.
결과 편차가 큰 경우($> \pm 2\%$), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 세척

무수 에탄올을 사용하여 시료 표면의 기름, 먼지 등을 깨끗이 제거하고 건조한 후 사용합니다.

6.4 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호와 브랜드명을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.5 샘플 측정

$\pm 0.001\text{g}$ 의 정확도로 샘플 질량을 측정합니다.
 $\pm 0.02\text{mm}$ 의 정확도로 샘플 크기를 측정합니다.

7 가지 측정 단계

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.1 장비 교정

표준 샘플 (순수 니켈이나 표준 시멘트 카바이드 등)을 사용하여 자기 특성 테스터를 교정합니다.

±0.5% 미만의 편차로 자기장 강도를 교정합니다.

편차가 <±0.1%인 교정된 자화 측정.

7.2 테스트 조건

주변 온도: 20±5 °C.

상대 습도: <30%-80%.

외부 자기장 간섭 없음 (<0.1 kA/m).

7.3 자기포화 강도 측정

자기 특성 시험기의 샘플 스테이지에 샘플을 올려놓고, 샘플 축이 자기장 방향과 평행한지 확인합니다.

강한 자기장 (>1000 kA/m)을 적용하여 샘플이 자기 포화 상태에 도달하도록 합니다.

샘플 자화(M)를 kA/m 또는 emu/g 단위로 기록합니다.

샘플 질량과 밀도에 따라 자기 포화 강도를 계산합니다.

$$M_s = \frac{M}{m}$$

或

$$M_s = \frac{M \cdot \rho}{V}$$

안에:

M_s 는 자기포화강도이며 emu/g 또는 kA/m 단위입니다.

M 은 emu 또는 kA/m로 측정된 값입니다.

m 은 샘플의 질량(g)입니다.

ρ 는 샘플 밀도(g/cm³)입니다 .

V 는 샘플 부피(cm³)입니다 .

7.4 보자력 측정

샘플은 초기 자기소거 상태(외부 자기장이 0)에 놓입니다.

샘플이 자기 포화 상태에 도달할 때까지 점차 증가하는 자기장을 적용합니다.

반대 방향으로 자기장을 가하고, 히스테리시스 루프를 그린 후, 자화강도 0에 대응하는 외부 자기장 세기, 즉 보자력 H_c 를 기록합니다 .

각 샘플은 3번 측정하여 평균값을 취했습니다.

7.5 결과 계산

자기포화 강도: 편차가 <±2%인 3회 측정값의 평균값을 계산합니다.

보자력: 편차가 <±2%인 3개 측정값의 평균값을 계산합니다.

8 측정 결과 평가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.1 자기적 특성 범위

시멘트 카바이드의 자기적 특성은 등급과 코발트 함량에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 자기포화강도 90-110 emu/g, 보자력 5-10 kA/m.

YG8(8% Co): 자기포화강도 110-130 emu/g, 보자력 4-8 kA/m.

YT15(5% Co + TiC): 자기포화강도 70-90 emu/g, 보자력 8-12 kA/m.

8.2 편차 평가

3 개 샘플의 자기포화강도와 보자력 편차는 $\pm 3\%$ 이며, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

자기적 특성 값이 예상 범위를 초과하는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다 (코발트 상의 불균일한 분포, 미세 구조적 결함 등).

8.3 영향 요인 분석

코발트 상 분포: 코발트 함량의 변동($> \pm 0.5\%$)이나 불균일한 분포로 인해 자기적 특성에 편차($> 3\%$)가 발생할 수 있습니다.

입자 크기: 불균일한 WC 입자 크기($> \pm 0.5 \mu\text{m}$)는 보자력에 영향을 미칩니다(편차 $> \pm 2\%$).

외부 자기 간섭: 주변 자기장이 0.1 kA/m 이상이면 측정 오차($> \pm 5\%$)가 발생합니다.

샘플 품질: 다공성 $> 0.5\%$ 는 자기 포화 강도를 감소시킵니다(편차 $> 5\%$).

9 테스트 보고서 및

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, 품질.

테스트 조건: 장비 모델, 주변 온도($10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$), 습도(30%~80%), 외부 자기장 간섭.

시험 결과: 자기포화강도 (M_s), 보자력 (H_c), 각 시료의 평균값 및 편차.

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 자기적 특성에 대한 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	자기포화강도 (emu/g)	보자력 (kA/m)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	90-110	5-8	광산 드릴 비트
YG8	8	110-130	4-8	절삭 공구
YT15	5	70-90	8-12	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%~80%, 권장 $< 60\%$.

외부 진동 없음, 외부 자기장 간섭 없음($< 0.1 \text{ kA/m}$).

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약하다

GB/T 9097-2001 "초경합금의 자기 특성 측정 방법"은 자기 포화 강도 및 보자력 측정을 포함하여 초경합금의 자기 특성을 측정하는 표준화된 절차를 제공하여 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준을 시행하면 초경합금 내 코발트 상의 품질 및 미세 구조를 평가하는 데 도움이 되며, 재료 생산 및 품질 관리에 대한 기술 지원을 제공합니다. 절삭 공구, 광산 드릴 및 기타 분야에 적용 가능합니다.

총수:

GB/T 3849-2008

초경합금 비커스 경도 시험 방법

1 범위

이 표준은 시험 원리, 장비 요구 사항, 샘플 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등을 포함하여 시멘트 카바이드의 비커스 경도(HV)에 대한 시험 방법을 지정합니다. 이 표준은 주요 경질상이 텅스텐 카바이드(WC)이고 결합상이 코발트(Co)인 시멘트 카바이드와 다른 카바이드(예: TaC)가 있는 시멘트 카바이드에도 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 코팅된 초경합금이나 표면 강화 후의 초경합금(예: 침탄층 경도 시험)에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 230.1-2004 금속재료의 로켈경도 시험 제 1부: 시험방법(A, B, C 스케일)

GB/T 4340.1-1999 금속 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

GB/T 5249-2008 시멘트 카바이드 샘플 준비를 위한 일반 사양

JJG 151-2006 비커스 경도 시험기 검증 절차

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

비커스 경도(HV): 시멘트 카바이드가 비커스 압입자의 관통을 저항하는 능력으로, 비커스 경도 값으로 표현하며 단위는 kgf/mm^2 입니다.

본 규격은 주로 HV30(하중 30 kgf)을 표준 시험 조건으로 채택하고 있습니다.

압입 대각선: 비커스 압입자가 샘플 표면에 눌렀을 때 형성되는 정사각형 압입의 두 대각선의 길이(mm)입니다.

4 테스트 원리

비커스 경도 시험은 표준 비커스 다이아몬드 압입자(정점각 136°)를 초경합금 시편 표면에 일정 하중(보통 30 kgf)으로 눌러 일정 시간 유지한 후 하중을 제거한 후, 압입면의 두 대각선 길이(d_1 , d_2)를 측정하여 평균 대각선 길이(d)를 계산하고, 이를 통해 비커스 경도(HV)를 계산합니다. 계산식은 다음과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

其中:

• F 为试验载荷, 单位为 kgf (本标准为 30 kgf) ;

• d 为压痕两条对角线的平均长度, 单位为 mm, $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$.

5 테스트 장비

5.1 비커스 경도계

JJG 151-2006 검증 규정의 요구 사항을 준수합니다.

하중 범위: 5-50 kgf , 정확도 $\pm 0.5\%$.

보류 시간 제어: 5~60 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

5.2 압력 헤드

표준 비커스 다이아몬드 압입자, 정점 각도 $136^\circ (\pm 0.5^\circ)$.

압입자 표면에는 결함이 없고 모서리가 선명합니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$).

5.3 측정 장치

: 배율 $400 \times - 600 \times$, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$.

$\pm 0.001\text{mm}$ 의 측정 정확도를 갖춘 디지털 판독 시스템을 갖추고 있습니다.

5.4 교정 블록

카바이드 표준 교정 블록, 경도 범위 HV 1200-2000, 편차 $< \pm 2\%$.

교정 블록의 표면 거칠기는 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ 입니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

시편은 규칙적인 기하학적 모양(예: 직육면체, 원통형)이어야 하며, 시험 표면적은 $5 \times 5\text{mm}$ 이상, 두께는 2mm 이상이어야 합니다.

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층, 가공 흔적 또는 미세한 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ (연마).

6.2 샘플 수

각 배치의 샘플 수는 시험 결과의 통계적 대표성을 보장하기 위해 5 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우($>3\%$), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다.

6.3 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

경도계는 표준 교정 블록을 사용하여 교정되었으며, 하중은 30 kgf 이고 , 3 회 측정하였으며, 편차는 $< \pm 1\%$ 였습니다.

압입자의 상태를 점검하여 마모나 결함이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

상대 습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시험편을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 시험 표면이 수평인지 확인합니다.

하중은 30kgf (HV30)로 하고 유지시간은 10~15 초로 합니다.

압입자는 천천히 샘플 표면에 눌러지고 하중을 유지한 후 자동으로 하중이 제거됩니다.

압입부의 두 대각선의 길이(d_1 , d_2)는 $\pm 0.001 \text{ mm}$ 의 정확도를 가진 현미경을 사용하여 측정되었습니다.

시험편에 대해 5 개의 압입점을 측정해야 하며 , 압입 간격은 대각선 길이의 3 배 이상($> 0.3 \text{ mm}$)이고 시험편 가장자리로부터의 거리는 $> 0.5 \text{ mm}$ 입니다.

7.4 결과 계산

각 지점의 압입의 평균 대각선 길이를 계산합니다.

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

각 지점의 비커스 경도 값을 계산하세요.

$$HV = \frac{1.8544 \times 30}{d^2}$$

5 개의 압입점을 샘플의 경도 값으로 삼고, 편차는 $< \pm 3\%$ 입니다.

8 시험 결과 평가

8.1 경도 값 범위

초경합금의 비커스 경도 값은 일반적으로 HV 1200-2000 이며, 구체적인 범위는 등급에 따라 달라집니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6: HV 1500-1600.
YG 8:HV 1450-1550.
YT 15:HV 1550-1650.

8.2 편차 평가

5 개의 압입 지점은 $\pm 3\%$ 이고, 그렇지 않으면 재테스트가 필요합니다.
샘플의 경도 값이 등급의 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유(불균일한 미세 구조, 과도한 기공 등)를 분석하고 다시 샘플링하여 테스트해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

표면 품질: 표면 거칠기 $Ra > 0.1 \mu m$ 이면 경도 값이 낮아집니다(편차 $> 5\%$).
로딩 시간: 유지 시간이 10 초 미만 또는 15 초 이상이면 압입 크기에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 2\%$).
미세구조: 불균일한 WC 입자 크기($> \pm 0.2 \mu m$) 또는 높은 다공성($> A02$)은 경도 변동($> \pm 3\%$)을 초래할 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.
샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.
시험 조건: 장비 모델, 하중(30 kgf), 유지 시간(10-15 초), 주변 온도($20 \pm 5^\circ C$), 습도($50 \pm 10\%$).
시험 결과: 각 압입점의 대각선 길이($d1, d2$), 경도값(HV), 평균 경도값 및 편차.
평가 결론: 브랜드의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.
테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 비커스 경도 기준값

상표	비커스 경도(HV30)	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	일반적인 프로그램	응용
YG6	1500-1600	6	0.8-1.2	광산 드릴 비트	
YG8	1450-1550	8	0.8-1.2	절삭 공구	
YT15	1550-1650	5	0.6-1.0	마무리 도구	

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $20 \pm 5^\circ C$.
습도: $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.
시험대 수평도: 편차 $< 0.02 mm/m$.

부록 C (참고 부록) 비커스 경도 값과 대각선 길이 비교표 (하중 30 kgf)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평균 대각선 길이 d(mm)	비커스 경도 HV30	평균 대각선 길이 d(mm)	비커스 경도 HV30
0.100	5558	0.150	2469
0.110	4587	0.160	2166
0.120	3855	0.170	1915
0.130	3283	0.180	1713
0.140	2832	0.190	1542

요약하다

GB/T 3849-2008 "초경합금의 비커스 경도 시험 방법"은 초경합금의 비커스 경도 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 표준화된 시료 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 품질 관리 및 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구, 광산 드릴, 금형 등의 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

총수:

GB/T 7997-2010

초경합금의 파괴인성 시험방법

1 범위

이 표준은 시험 원리, 장비 요구 사항, 샘플 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등을 포함하여 시멘트 카바이드 의 파괴 인성 (K_{Ic}) 에 대한 시험 방법을 지정합니다. 이 표준은 주요 경질상이 텅스텐 카바이드(WC)이고 결합상이 코발트(Co)인 시멘트 카바이드 와 다른 카바이드(예: TaC) 가 있는 시멘트 카바이드에도 적용됩니다 . TiC , VC). 이 표준은 코팅된 초경합금이나 표면 강화 후의 초경합금(예: 침탄층 파괴인성 시험)에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3851-2001 초경합금의 파괴인성 측정 방법

GB/T 5249-2008 시멘트 카바이드 샘플 준비를 위한 일반 사양

GB/T 6397-2002 금속재료의 단방향 피로균열성장 시험방법

JJG 151-2006 비커스 경도 시험기 검증 절차

ISO 23146:2008 시멘트 카바이드 - 파괴인성 측정 방법

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

파괴인성 (K_{Ic}) : 시멘트 초경합금이 균열 확산을 저항하는 능력으로, $MPa \cdot m^{1/2}$ 단위로 측정하며, 노치 나 균열이 존재할 때 재료의 파괴 저항성을 반영합니다.

싱글 에지 노치 빔(SEPB): 균열을 시뮬레이션하기 위해 한쪽 면에 노치가 있는 파괴 인성 시험에 사용되는 시편 유형입니다.

4 테스트 원리

파괴인성 시험은 단일날 노치 빔법(SEPB)을 채택합니다. SEPB 는 시편에 단일날 노치를 미리 제작하고, 3점 굽힘 시험에서 파단될 때까지 하중을 가하는 방식입니다. 파단 하중을 기록하고, 시편의 기하학적 치수와 노치 매개변수를 기반으로 파괴인성 K_{Ic} 를 계산합니다 .

계산 공식은 다음과 같습니다.

$$K_{Ic} = Y \times \frac{3FL\sqrt{a}}{2BW^{1.5}}$$

안에:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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

F는 파단하중(N)입니다.

L은 지지 범위(mm)입니다.

a는 노치 깊이(mm)입니다.

B는 샘플 두께(mm)입니다.

W는 샘플 높이(mm)입니다.

Y는 기하학적 요인으로, a/W 비율(일반적으로 표준 표나 공식을 통해 결정)에 따라 달라집니다.

5 테스트 장비

5.1 만능 시험기

하중 범위: 0-50 kN, 정확도 $\pm 0.5\%$.

로딩 속도 제어: 0.1-1 mm/min, 편차 $< \pm 0.05$ mm/min.

5.2 고정물

지지 범위가 16mm(± 0.05 mm)인 3점 굽힘 고정 장치입니다.

지지점은 직경 2mm(± 0.02 mm)이고 모서리나 모서리가 없는 매끄러운 표면을 가지고 있습니다.

5.3 노치 준비 장비

와이어 절단기 또는 다이아몬드 톱, 노치 너비 < 0.2 mm, 깊이 정확도 ± 0.01 mm.

현미경: 배율 100배, 분해능 < 0.01 mm, 노치 깊이 측정에 사용됨.

5.4 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm.

디지털 마이크로미터: 정확도 ± 0.001 mm.

5.5 환경 관리

온도: $20 \pm 5^\circ$ C.

습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 $20 \times 4 \times 2$ mm (± 0.02 mm).

시편의 표면은 평평하고 균열, 산화막 또는 가공 결함이 없어야 하며, 표면 거칠기 $Ra < 0.1$ μ m (연마 처리)이어야 합니다.

응력 집중을 줄이기 위해 시편의 모서리를 $0.1 \times 45^\circ$ 로 모따기했습니다.

6.2 깎기 준비

시편 높이 W(0.4-1.0 mm)의 곱입니다.

노치 너비는 < 0.2 mm 이고 노치 바닥 반경은 < 0.05 mm 입니다 (현미경 검사).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3 샘플 수

각 배치의 샘플 수는 시험 결과의 통계적 대표성을 보장하기 위해 5 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우(>5%), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다 .

6.4 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.5 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

만능 시험기는 하중 편차가 $\pm 0.5\%$ 인 표준 힘 센서를 사용하여 교정됩니다.
고정구 및 노치 준비 장비의 정확도를 확인하고 노치 깊이 편차가 $\pm 0.01\text{mm}$ 인지 확인합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

상대 습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시편을 노치가 하중 지점을 향하도록 3 점 굽힘 고정 장치에 놓습니다.

로딩 속도: 0.5 mm/min .

시편이 파손될 때까지 천천히 하중을 가하고 최대 파손 하중 $F(N)$ 을 기록합니다.

노치 깊이 a 는 현미경을 사용하여 측정되었습니다(정확도 $\pm 0.01 \text{ mm}$).

샘플 두께 B 와 높이 W 를 측정합니다(정확도 $\pm 0.02 \text{ mm}$).

7.4 기하학적 요인의 결정

a/W 비율 에 따라 기하학적 요인 Y 를 계산하세요 (ISO 23146:2008 에서 표준 표를 제공합니다).

예를 들어: $a/W=0.3$ 일 때, $Y \approx 2.9$.

7.5 결과 계산

파괴인성을 계산하세요:

$$K_{Ic} = Y \times \frac{3FL\sqrt{a}}{2BW^{1.5}}$$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

각 샘플은 한 번씩 계산되며, 편차가 $\pm 5\%$인 5 개 샘플의 평균값을 취합니다.

8 시험 결과 평가

8.1 파괴인성 범위

초경합금의 파괴인성 값은 일반적으로 K_{1c} 10-20 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이며, 구체적인 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6: K_{1c} c 14-16 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YG8: K_{1c} c 12-15 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YT15: K_{1c} 10-12 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

8.2 편차 평가

K_{1c} 값 편차는 $\pm 5\%$입니다. 그렇지 않으면 재샘플링 및 테스트가 필요합니다.

K_{1c} 값이 등급 기술 요구 사항을 초과하는 경우 , 그 이유(노치 품질 불량, 미세 구조 불균일 등)를 분석하고 다시 테스트해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

노치 품질: 노치 너비 > 0.2mm 또는 바닥 반경 > 0.05mm 인 경우 K_{1c} 가 낮아집니다(편차 > 10%).

하중 속도: 속도가 1mm/min 이상 또는 0.1mm/min 미만이면 파단 하중에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 5\%$).

미세구조: 불균일한 WC 입자 크기(> $\pm 0.2 \mu\text{m}$) 또는 불균일 한 Co 상 분포는 K_{1c} 변동(> $\pm 6\%$)으로 이어질 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, 노치 깊이.

시험 조건: 장비 모델, 적재 속도(0.5 mm/min), 주변 온도($20 \pm 5^\circ \text{C}$), 습도($50 \pm 10\%$).
각 시편의 K_{1c} 값과 평균값 및 편차.

평가 결론: 브랜드의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 파괴인성에 대한 기준값

상표	파괴인성 (K_{1c} , $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	일반적인 프로그램	응용
YG6	14-16	6	0.8-1.2	광산 드릴 비트	
YG8	12-15	8	0.8-1.2	절삭 공구	
YT15	10-12	5	0.6-1.0	마무리 도구	

부록 B (정보 부록) 기하학적 요인 Y 표 (a/W 비율)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

a/W 0.2 0.3 0.4 0.5

와이 2.6 2.9 3.2 3.5

참고: Y 값은 대략적인 값입니다. 구체적인 값은 ISO 23146:2008 표준 표를 참조하세요.

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $20 \pm 5^{\circ}$ C.

습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 < 0.02 mm/m.

GB/T 7997-2010 초경합금 파괴인성 시험 방법은 초경합금 파괴인성 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하고, 표준화된 시편 준비, 노치 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 품질 관리 및 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구, 광산 드릴, 금형 등의 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 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

부록 :

GB/T 3488-2008

초경합금 미세구조 검사 방법

1 범위

본 규격은 초경합금 미세조직의 검사방법을 규정하는데, 여기에는 검사원리, 장비요구사항, 시료준비, 검사단계, 미세조직 분류 및 평가, 검사보고서 등이 포함된다. 본 규격은 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금 및 기타 탄화물(예: TaC)을 함유하는 초경합금에도 적용 가능하다. TiC, VC. 이 표준은 코팅된 초경합금이나 표면 강화 후의 초경합금(예: 침탄층 미세조직 검사)에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 5249-2008 시멘트 카바이드 샘플 준비를 위한 일반 사양

GB/T 4295-2008 초경합금의 미세구조 결합 평가 방법

GB/T 5242-2001 시멘트 카바이드 미세조직 시험 방법(폐지되었으나 일부 조항은 참조됨)

ISO 4499-2:2008 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 2부: 입자 크기 결정 방법

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금

분말야금을 이용하여 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고, 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료입니다.

미세구조

초경합금의 WC 입자, Co 상, 기공, 유리탄소 및 η 상(탄화물 결합상)의 분포 특성.

다공성

초경합금의 기공 부피 비율은 A, B, C의 세 가지 범주로 분류됩니다.

기공 (직경 $<10 \mu\text{m}$).

B 등급: 큰 기공 (직경 $10 \sim 25 \mu\text{m}$)

C 등급: 자유탄소.

η 상

초경합금의 탄소 함량이 부족하여 형성된 초경 결합상(예: W_3Co_3C)은 일반적으로 검은색 또는 짙은 회색입니다.

입자 크기: WC 입자의 평균 크기 (μm)입니다.

4 검사 원칙

초경합금의 미세조직 검사는 금속현미경을 이용하여 연마 및 에칭된 시편 표면을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

관찰하고, WC 결정립 크기, Co 상 분포, 기공률, 유리탄소 및 η 상 특성을 분석하여 표준에 따라 등급을 매기고 평가하는 방식으로 수행됩니다. 검사 과정은 다음과 같습니다.

시편은 거울처럼 광택이 나도록 연마되었습니다($Ra < 0.05 \mu m$) .
무라카미 시약과 같은 에칭제를 사용하여 미세 구조를 드러냅니다.
지정된 배율(100 배, 1000 배)에서 조직 특성을 관찰하고 평가합니다.

5. 검사 장비

5.1 금속현미경

배율: $50\times$ - $1000\times$, $100\times$ (기공률 평가) 및 $1000\times$ (입자 크기 측정)가 권장됩니다.
분해능: $<0.5 \mu m$.
미세한 사진을 기록하는 디지털 이미징 시스템을 갖추고 있습니다.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 샘플링에 사용, 다이아몬드 톱날, 절단 속도 $<500 \text{ r/min}$.
장착 기계: 고온 장착 수지, 온도 $150-180^\circ \text{C}$, 압력 $20-30 \text{ MPa}$.
연삭 및 연마 기계: 사포 입자 크기 $400\#-2000\#$, 연마 디스크 속도 $200-300 \text{ r/min}$.
연마제 : 다이아몬드 연마액(입자크기 $0.5-1 \mu m$) .

5.3 에칭제

무라카미시약 : $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (10g) + NaOH (10g) + 증류수(100mL).
준비 후 사용 전에 완전히 저어주시고 빛이 들어오지 않는 용기에 보관하세요.

5.4 측정 도구

현미경 규모: 정확도 $\pm 0.001 \text{ mm}$.
이미지 분석 소프트웨어: 입자 크기 통계에 사용되며 정확도는 $\pm 0.01 \mu m$ 입니다 .

5.5 환경 관리

온도: $20\pm 5^\circ \text{C}$.
습도: $50\pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 크기: $10\times 10\times 5 \text{ mm}$ ($\pm 0.1 \text{ mm}$)가 권장되거나 실제 부품 크기에 따라 샘플을 채취합니다.
시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

6.2 시편 절단

절단 시에는 다이아몬드 톱날을 사용하고, 냉각수는 물을 사용하고, 절단 속도는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<500 r/min 으로 유지하고, 과열(온도 <60° C)을 피하십시오.

6.3 시편 장착

샘플이 작은 경우, 150~180° C의 온도, 20~30MPa의 압력, 5~10분의 냉각 시간으로 핫 마운팅 레진을 사용하여 장착해야 합니다.

6.4 시편의 연삭 및 연마

거친 연삭: 400#-1200# 사포를 사용하여 200 r/min의 속도로 점차적으로 절단 흔적을 제거합니다.

미세 연삭: 1500#-2000# 사포를 사용하고, 속도는 200 r/min입니다.

연마: 다이아몬드 연마액(입자 크기 0.5 μm)을 사용하고, 연마 디스크 속도 300 r/min, Ra <0.05 μm (거울 상태)로 연마합니다.

6.5 샘플 세척

무수 에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 연마 잔여물을 제거하고 건조한 후 사용합니다.

6.6 샘플 에칭

샘플을 무라카미 시약에 담그고 10~20 초 동안 에칭합니다(조직 노출 정도에 따라 조절).

에칭 직후 증류수로 헹구고, 무수 에탄올로 세척한 후 건조합니다.

6.7 샘플 수

각 배치의 샘플 수는 시험 결과의 통계적 대표성을 보장하기 위해 3개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우(기공률 등급 차이 > 1 등급)에는 시료 수를 5개로 늘려야 합니다.

6.8 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

7 검사 단계

7.1 장비 교정

금속현미경은 표준 현미경 눈금자를 사용하여 교정되었으며, 배율 편차는 ±1% 미만이었습니다.

시야의 균일성을 보장하기 위해 광원의 밝기를 확인하세요(밝기 편차 <5%).

7.2 검사 조건

주변 온도: 20±5° C.

상대 습도: 50±10%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 다공성 시험

배율: 100 배.

최소 5 개 시야(시야 면적 약 1 mm²) 에서 샘플 표면을 관찰합니다.

다공성은 A, B, C 의 세 가지 범주로 평가됩니다.

직경 <10 μm), A00(기공 없음), A02(<0.02%), A04(<0.04%), A06(<0.06%), A08(<0.08%).

B 등급: 거대공극(직경 10-25 μm), B00(공극 없음), B02(<0.02%), B04(<0.04%), B06(<0.06%), B08(<0.08%) 등급.

C 범주: 유리탄소는 C00(없음), C02(적음), C04(보통), C06(많음), C08(많음)으로 분류됩니다.

각 시야의 다공성 등급을 기록하고 가장 낮은 등급을 샘플 평가 결과로 간주합니다.

7.4 η 상 시험

배율: 100×-400×.

시편 표면을 관찰하고 η 상(검정색 또는 짙은 회색 영역)을 찾아보세요.

등급 평가: E00(η 단계 없음), E02(적음), E04(보통), E06(많음), E08(많음).

η 상의 분포와 함량을 기록하고, 가장 낮은 등급을 평가 결과로 취한다.

7.5 입자 크기 측정

배율: 1000 배.

5 개의 시야를 무작위로 선택한 후, 이미지 분석 소프트웨어나 선-절편법을 사용하여 WC 입자 크기를 측정했습니다.

절편법: 무작위로 5 개의 직선을 그린 후, 각 직선에 있는 입자의 수를 세고, 평균 입자 크기를 계산합니다.

$$d = \frac{L}{N \times M}$$

안에:

L 은 절단선의 총 길이(mm)입니다.

N 은 곡물의 수입니다.

M 은 배율입니다.

각 시야에서 50 개의 입자를 측정하였으며, 편차가 <±10%인 평균값을 취하였다.

7.6 Co 상 분포 관찰

배율: 1000 배.

μm) 이 있는지 관찰합니다.

평가: 균일함(Co 풀 없음), 약간 고르지 않음(Co 풀 소량 있음), 심하게 고르지 않음(Co 풀 다량 있음).

8 시험 결과 평가

8.1 다공성 평가

시멘트 카바이드의 기공률은 해당 등급의 기술적 요구 사항을 충족해야 합니다.

YG6: A02-B00-C00.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG8: A02-B00-C00.

YT15: A02-B00-C00.

다공성 등급이 요구 사항을 초과하는 경우(예: A > A02 또는 B > B00) 샘플은 부적격입니다.

8.2 η 단계 평가

η 상 함량은 등급 요구 사항을 충족해야 합니다.

YG6: E00-E02.

YG8: E00-E02.

YT15: E00-E02.

η 상 등급이 > E02 이면 샘플은 부적격이며 탄소 함량에 대한 분석을 해야 합니다(<6.1 중량 %이면 η 상이 형성됨).

8.3 입자 크기 평가

입자 크기는 등급 요구 사항을 충족해야 합니다.

YG6: 0.8-1.2 μm .

YG8: 0.8-1.2 μm .

YT15: 0.6-1.0 μm .

편차가 ±10% 이상이거나 입자 크기가 범위를 벗어나는 경우 소결 공정(예: 온도 > 1450° C)을 분석해야 합니다.

8.4 Co 상 분포 평가

Co 상 분포는 균일해야 하며, 명확한 Co 풀(직경 > 5 μm) 이 없어야 합니다 .

많은 경우 혼합 공정이나 소결 균일성을 분석해야 합니다.

8.5 영향 요인 분석

시편 준비: 연마가 충분하지 않으면($R_a > 0.05 \mu m$) 다공성 을 잘못 해석할 수 있습니다(편차 >1 등급).

에칭 시간: 너무 짧으면(<10 초) 미세 구조가 불분명해지고, 너무 길면(>20 초) 과도한 에칭(WC 결정립 경계가 흐릿해짐)이 발생합니다.

미세구조: 탄소 함량의 변동(편차 > 0.1 중량 %)으로 인해 유리 탄소 또는 η 상이 형성될 수 있습니다.

9 검사 보고서

검사 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

검사 조건: 장비 모델, 배율, 에칭제 및 에칭 시간, 주변 온도($20 \pm 5^\circ C$), 습도($50 \pm 10\%$).

시험 결과: 기공률 등급, η 상 등급, 입자 크기(평균값 및 편차), Co 상 분포 평가.

평가 결론: 브랜드의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

검사 날짜와 작업자 서명.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 미세조직 특성

상표	다공성	n 상	입자 크기 (μ m)	동상 분포	일반적인 응용 프로그램
YG6	A02-B00-C00	E00-E02	0.8-1.2	제복	광산 드릴 비트
YG8	A02-B00-C00	E00-E02	0.8-1.2	제복	절삭 공구
YT15	A02-B00-C00	E00-E02	0.6-1.0	제복	마무리 도구

부록 B (정보 부록) 다공성 평가 표준 다이어그램

A02: 시야 내 미세기공의 개수는 10 개 미만이고, 직경 은 10 μ m 미만입니다 .

시야 에 직경 10~25 μ m 의 큰 구멍 이 5~10 개 있습니다 .

C06: 시야 내 자유탄소 분포 면적은 0.1%~0.2%입니다.

참고: 특정 표준 도표는 ISO 4499-2:2008 을 참조하십시오.

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 20±5° C.

습도: 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

GB/T 3488-2008 "초경합금 미세구조 시험 방법"은 초경합금 미세구조 검사를 위한 표준화된 절차를 제공하고, 표준화된 시료 준비, 검사 단계 및 결과 평가를 통해 검사 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 품질 관리 및 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구, 광산 드릴 비트, 금형 및 기타 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 카바이드 관련 표준 시리즈는 무엇입니까 ?

1. ISO 3850 시리즈: 용어

ISO 3850:2018 초경합금 용어

정의 초경합금 및 관련 재료의 용어 및 정의는 재료 조성(경상, 결합상 등), 제조 공정(분말 야금, 소결 등), 미세 구조(입자, 기공 등), 성능 시험(굽힘 강도, 경도 등) 및 적용 분야(절삭 공구, 내마모 부품 등)를 다룹니다. 이 표준은 초경합금 시리즈 표준의 기반이 되며, 통일된 용어 지원을 제공합니다.

2. ISO 3847 시리즈: 시험편 준비

ISO 3847:2005 초경합금 시편 준비 방법

은 초경합금 시편의 표면이 평평하고 손상되지 않도록, 후속 성능 시험(예: 굽힘 강도, 경도) 또는 미세 조직 검사에 적합하도록 절단, 장착, 연삭, 연마 및 세척 단계를 포함한 초경합금 시편 준비 방법을 명시합니다. 이 표준은 WC 를 주요 경질상(hard phase)으로 하고 Co 를 결합상으로 하는 초경합금에 적용됩니다.

3. ISO 4499 시리즈: 미세구조 검사

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침은

시편 준비, 미세 관찰 방법 및 결합 평가에 대한 기본 요구 사항을 포함하여 시멘트 카바이드의 미세 조직 검사에 대한 일반 원칙을 제공하며, 후속 부품(예: 입자 크기 측정)의 기초를 마련합니다.

ISO 4499-2:2008 초경합금 - 미세조직 검사 2부: 입자 크기 측정 방법은

선형 단면법이나 계획 단면법과 함께 금속현미경을 사용하여 초경합금의 텅스텐 카바이드(WC) 입자 크기를 측정하는 방법을 규정하며, 성능 최적화 및 품질 관리에 적합합니다.

ISO 4499-3:2016 초경합금 - 미세조직 검사 3부: 기공, 개재물, 유리 탄소 및 n 상 평가에서는

금속현미경을 사용하여 초경합금의 미세조직에서 기공, 개재물, 유리 탄소 및 n 상과 같은 결합을 관찰하고 표준 도해와 비교하여 등급을 평가하는 방법을 명시합니다.

4. ISO 4489 시리즈: 성능 테스트

ISO 4489:2010 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 측정 방법은

3 점 또는 4 점 굽힘 시험을 사용하여 시멘트 카바이드의 굽힘 강도를 측정하는 방법을 명시하고 있으며, 이는 재료의 기계적 특성을 평가하는 데 적합합니다.

ISO 4489-2:2020 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 측정 방법 2부: 고온 조건은

고온 환경(예: 800° C-1200° C)에서 굽힘 강도를 측정하는 방법을 보완하며, 고온 적용 시나리오(예: 항공우주)에 적합합니다.

5. ISO 3326 시리즈: 경도 시험

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 3326:2013 시멘트 카바이드 비커스 경도 시험 방법은 10~50

kgf 의 하중을 갖는 비커스 경도 시험기를 사용하여 시멘트 카바이드의 비커스 경도를 결정하는 방법을 규정하며, 이는 재료의 압입 저항성을 평가하는 데 적합합니다.

6. ISO 3878 시리즈: 록웰 경도 시험

ISO 3878:1983 초경합금의 로크웰 경도 시험 방법(HRA 스케일)은

초경합금의 로크웰 경도(HRA 스케일)를 측정하는 방법을 명시합니다. 이 방법은 재료 경도를 신속하게 측정하는 데 적합하며, 개정되지 않았습니다.

7. ISO 28079 시리즈: 파괴인성 시험

ISO 28079:2009 시멘트 카바이드의 파괴인성 측정 방법은 단일 모서리 노치 빔 (SENB) 시험 방법을 사용하여 시멘트 카바이드의 파괴인성(KI

c) 을 측정하는 방법을 명시하며, 이는 재료의 균열 저항성을 평가하는 데 적합합니다.

8. ISO 3369 시리즈: 밀도 측정

ISO 3369:2006 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법은

아르키메데스 원리를 사용하여 시멘트 카바이드의 밀도를 측정하는 방법을 명시하고 있으며, 품질 관리 및 재료 구성 검증에 적합합니다.

9. ISO 4884 시리즈: 자기적 특성 시험

ISO 4884:2019 초경합금의 자기적 특성 측정 방법은 히스테리시스 루프법을 사용하여 초경합금의

자기포화강도 및 보자력 (Hc)을 측정하는 방법을 명시하고 있으며, 이는 코발트 상의 품질 및 미세구조를 평가하는 데 적합합니다.

10. ISO/TR 19041 시리즈: 기술 보고서

ISO/TR 19041:2015 시멘트 카바이드의 미세 구조 검사에 대한 기술 보고서: 결합 평가에 대한 추가 지침

미세 구조 결합 평가에 대한 추가 기술 지침을 제공하며, 여기에는 기공률, 개재물, 유리 탄소 및 η 상에 대한 보다 자세한 평가 방법이 포함되며, 이는 필수 사항이 아닙니다.

ISO 초경합금 관련 표준 시리즈는 용어 정의, 시료 준비, 미세 조직 검사, 성능 시험(굽힘 강도, 경도, 파괴인성, 밀도, 자기 특성) 등 다양한 측면을 포괄하여 초경합금의 제조, 시험 및 적용에 대한 포괄적인 기술 지원을 제공합니다. 이 표준은 주로 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합상으로 하는 초경합금에 적용되며, 절삭 공구, 내마모 부품 및 군사 분야에서 널리 사용됩니다. 용어의 기반이 되는 ISO 3850:2018은 ISO 4499 및 ISO 4489와 같은 다른 표준과 통합된 완전한 시스템을 형성하여 세계 초경합금 산업의 표준화 및 국제화를 지원합니다.

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

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/TR 19041:2015 초경합금

미세구조 검사 기술 보고서: 결합 평가를 위한 추가 지침

1 서론

ISO 4499 표준 시리즈를 보완하는 본 기술 보고서는 초경합금의 미세조직 결합 평가에 대한 상세한 지침을 제공하며, 사용자가 ISO 4499-3:2016 "초경합금 - 미세조직 검사 3부: 기공률, 개재물, 유리 탄소 및 η 상 평가"를 더욱 정확하게 구현할 수 있도록 지원합니다. 본 보고서는 결합 평가의 운영 세부 사항, 영향 요인 분석, 개선 방안 및 일반적인 사례에 중점을 두고 있으며, 주요 경질상이 텅스텐 카바이드(WC)이고 결합상이 코발트(Co)인 초경합금에 적용됩니다. 본 보고서는 필수가 아니며 참고용입니다.

2 범위

이 기술 보고서는 다음을 포함하여 시멘트 카바이드의 미세 구조적 결합을 평가하기 위한 추가 지침을 제공합니다.

다공성(유형 A 및 B), 내포물, 유리 탄소 및 에타상을 평가하기 위한 절차에 대한 세부 정보입니다.

결합 평가 결과에 영향을 미치는 요인 분석 및 개선 제안.

일반적인 초경합금 등급에 대한 결합 평가 사례 및 참고 데이터입니다.

본 보고서는 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로, 코발트(Co)를 결합상으로 사용하는 초경합금에 적용 가능하며, 품질 관리, 연구개발, 공정 최적화에 적합합니다.

3 규범적 참조

다음 문서는 이 기술 보고서와 관련이 있으며 참조용으로 제공됩니다.

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침

ISO 4499-3:2016 초경합금 - 미세조직 검사 3부: 기공률, 내포물, 자유 탄소 및 에타상 평가

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

4 용어 및 정의

이 기술 보고서는 다음을 포함하여 ISO 3850:2018 및 ISO 4499-3:2016에 정의된 용어와 정의를 채택합니다.

다공성 : 미세구조 내의 기공 또는 공간으로, A형(직경 $< 10 \mu\text{m}$) 과 B형(직경 $10\text{--}25 \mu\text{m}$) 으로 구분된다.

포함물 : 입자 형태로 존재하는 비금속 불순물(산화물 및 황화물 등)입니다.

자유 탄소 : 금속과 화합물을 형성하지 않고 흑연의 형태로 존재하는 탄소.

η 상 : 탄소 함량이 부족하여 형성된 취성상(W₃Co₃C, Co₆W₆C 등)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결합 평가를 위한 5 가지 추가 지침

5.1 샘플 준비 개선을 위한 제안

절단 : 열 효과로 인한 미세 균열을 방지하기 위해 절단 속도는 $<0.05\text{mm/s}$, 냉각수 유량은 $>0.5\text{L/min}$ 이 권장됩니다.

장착 : 수축률이 낮은 수지(예: 에폭시 수지)를 사용하고 시편 가장자리의 변형을 방지하기 위해 온도를 130°C 이하로 조절합니다.

연삭 및 연마 : 연마 시간을 10-15 분으로 늘리고 $0.1\mu\text{m}$ 연마 액을 사용하고 표면 거칠기 $Ra <0.01\mu\text{m}$ 를 보장 합니다 .

에칭 : Murakumi 시약($10\text{g K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 10\text{g KOH} + 100\text{mL H}_2\text{O}$) 에칭 시간은 과도한 에칭과 결합 덮음을 방지하기 위해 3-5 초 이내로 제어됩니다.

5.2 현미경 관찰 작업 세부 사항

배율 선택 : 일상적인 관찰에는 200 배가 권장되고, 내포물의 미묘한 특징과 η 상을 확인하는 데에는 500 배가 권장됩니다.

조명 모드 :

다공성 및 내포물: 명시야 관찰을 사용하여 대비를 강화합니다.

자유 탄소와 η 상: 편광광으로 관찰하면 자유 탄소는 밝은 흰색으로 나타나고 η 상은 어두운 회색으로 나타납니다.

시야의 수

통계적 정확도를 높이기 위해 면적 $\geq 1\text{mm}^2$ 의 필드 수를 10 개로 늘리는 것이 좋습니다.

5.3 결합 평가 개선 방법

다공성 평가 :

를 사용하여 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 의 정확도로 기공의 수와 면적을 계산했습니다 .

A 형과 B 형 기공은 별도로 등급이 매겨지며, A06-B04 이상의 기공(예: 진공도 $<10\text{Pa}$)의 경우 소결 공정 분석이 필요합니다.

포괄 평가 :

포함물 직경이 $>20\mu\text{m}$ 인 경우 화학 조성을 기록해야 합니다(예: EDS 를 사용한 산화물 유형 분석).

I04 이상의 경우, 원료의 순도를 확인해야 합니다(불순물 $<0.05\%$).

무료 탄소 평가 :

면적비율이 1% 이상인 경우, 화학분석과 병행하여 탄소함량 편차($\pm 0.1\%$)를 확인해야 합니다.

C04 이상의 경우, 혼합 과정을 최적화해야 합니다(예: 볼 밀링 시간을 48 시간으로 연장).

η 단계 평가 :

면적비율이 1% 이상일 경우, η 상의 영향(자기포화강도가 5% 이상 감소)을 확인하기 위해 자기적 특성 시험을 병행할 필요가 있다.

η 04 이상에서는 소결 온도($<1450^{\circ}\text{C}$)와 탄소 함량($>0.1\%$)을 조정해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.4 영향 요인 분석

기공률 : 소결 진공이 부족(<10 Pa), 냉각 속도가 너무 빠르다($>50^{\circ}$ C/분) 또는 원료 입자가 고르지 않다(>2 μ m) 면 기공률($>A04$) 이 증가합니다.

내포물 : 원료의 산화물 또는 황화물 함량이 0.05% 이상이거나, 불균일한 혼합(볼 밀링 시간 <24 시간)으로 인해 내포물이 증가합니다($>I04$).

자유 탄소 : 탄소 함량이 너무 높거나($>0.2\%$) 분포가 고르지 않으면(혼합 시간 <24 시간) 자유 탄소($>C04$)가 증가합니다.

η 상 : 탄소 함량이 부족($<0.1\%$)하거나, 소결 온도가 높거나($>1450^{\circ}$ C) 냉각 속도가 느리면($<10^{\circ}$ C/min) η 상($>\eta 04$)이 형성됩니다.

6 가지 전형적인 사례 분석

6.1 YG6 등급 초경합금의 결합 평가

샘플 정보 : Co 함량 6%, 입자 크기 0.8-1.2 μ m, 적용 분야: 광산 드릴 비트.

시험 조건 : 금속현미경 200 배, 시야 10 개, 면적 1 mm² .

결과 : A02-B02-I02-C02- η 02.

분석 결과 : 기공과 개재물이 적어 소결 공정이 적절함을 나타냅니다(진공도 5 Pa, 냉각 속도 30° C/분). 유리 탄소와 η 상은 기준치 내에 있으며, 탄소 함량은 잘 제어되고 있습니다(편차 $<\pm 0.05\%$).

6.2 YG8 등급 초경합금의 결합 평가

샘플 정보 : Co 함량 8%, 입자 크기 1.0-1.5 μ m, 적용 분야: 절삭 공구 .

시험 조건 : 금속현미경 200 배, 시야 10 개, 면적 1 mm² .

결과 : A04-B04-I02-C04- η 02.

분석 결과 : 기공률이 높은 편(A04-B04)이며, 이는 냉각 속도가 너무 빠른 것($>50^{\circ}$ C/분) 때문일 수 있습니다. 유리 탄소 함량이 높은 편(C04)이므로 탄소 함량 ($> 0.2\%$)과 혼합 균일도(볼 밀링 시간 <24 시간)를 점검하는 것이 좋습니다.

6.3 YT15 등급 초경합금의 결합 평가

샘플 정보 : Co 함량 5%, TiC 함유, 입자 크기 0.6-1.0 μ m, 적용 분야: 마무리 공구.

시험 조건 : 금속현미경 500 배, 시야 10 개, 면적 1 mm² .

결과 : A02-B02-I04-C02- η 04.

분석 결과 : 개재물(I04)이 높는데, 이는 TiC 원료 의 불순물($>0.05\%$) 때문일 수 있습니다 . η 상($\eta 04$)이 높으므로 소결 온도($<1450^{\circ}$ C)를 낮추고 탄소 함량($>0.1\%$)을 조정하는 것이 좋습니다.

7 가지 개선 제안

프로세스 최적화 :

원료 순도 향상: 불순물 함량 $<0.03\%$.

혼합 시간을 늘리세요: 균일성을 보장하려면 볼 밀링 시간을 48 시간 이상으로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

늘리세요.

소결 매개변수 최적화: 진공도 <5 Pa, 냉각 속도 20-30° C/min.

테스트 개선 사항 :

μm) 를 향상시킵니다 .

통계적 신뢰도를 높이기 위해 시야 수를 10~15 개로 늘립니다.

화학 분석과 자기적 특성 테스트를 결합하여 결합의 영향을 종합적으로 평가합니다.

8 결론

본 기술 보고서는 초경합금의 미세조직 결합 평가에 대한 상세한 보충 지침을 제공합니다. 시료 전처리, 미세 관찰 및 결합 평가 방법을 개선하고, 영향 요인 및 일반적인 사례 분석을 병행하여 사용자에게 실질적인 참고 자료를 제공합니다. 본 보고서의 구현은 ISO 4499-3:2016 의 적용 효과를 높이고 초경합금 품질 관리 및 공정 최적화를 지원하는 데 도움이 될 것입니다.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금 결합 평가를 위한 기준 값

상표 Co 함량 (중량 %) 결합 수준 일반적인 응용 프로그램

YG6 6 A02-B02-I02-C02- η 02 광산 드릴 비트

YG8 8 A04-B04-I02-C04- η 02 절삭 공구

YT15 5 A02-B02-I04-C02- η 04 마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±2° C 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C (정보 부록) 결합 평가 개선 도구

이미지 분석 소프트웨어 : ImageJ 와 같은 소프트웨어는 정확도가 <0.1 μm 인 기공 및 포집체 통계를 제공합니다 .

EDS 분석기 : 포함물 구성 분석에 사용, 검출 한계 <0.01%.

자기적 특성 시험기 : η 상의 영향, 자기포화 강도 편차 <5%를 평가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 4884:2019

초경합금의 자기적 특성 측정 방법

1 범위

본 규격은 히스테리시스 루프법을 이용한 초경합금의 자기포화강도 및 보자력 (Hc) 측정방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용한다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 코발트 상 품질 및 미세 구조 평가에 적용 가능하며, 초경합금 제조 공정의 품질 관리에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

IEC 60404-4:1995 자성 재료 4부: 자기 특성 측정 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 IEC 60404-4:1995 와 다음 용어 및 정의를 채택합니다.

자기포화강도: 외부 강한 자기장 하에서 시멘트 카바이드 내의 코발트상이 도달한 포화자화강도로, T(테슬라) 단위로 측정하며, 코발트상의 함량과 순도를 반영합니다.

보자력 (Hc): 초경합금의 자화강도를 포화상태에서 0으로 탈자시키는 데 필요한 자기장 세기로, A/m (암페어 /미터)로 표현하며 미세조직적 특성을 반영한다.

히스테리시스 루프: 외부 자기장에 따라 자화 강도가 변하는 것을 보여주는 닫힌 곡선으로, 자기적 특성을 측정하는 데 사용됩니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

자기 특성 측정은 히스테리시스 루프법을 기반으로 합니다. 히스테리시스 루프법은 시료를 폐쇄 자기 회로에 넣고 변화하는 외부 자기장을 인가한 후, 자화 강도와 자기장 강도 사이의 관계를 기록하고 히스테리시스 루프를 그리는 방법입니다. 자기 포화 강도는 히스테리시스 루프의 포화 영역에서 측정하고, 보자력은 감자 과정 중 영점 자기장 강도로부터 구합니다.

자기포화강도: 강한 자기장(>500 kA/m)에서 샘플의 최대 자화 강도를 측정하며, 일반적으로 단위 질량 또는 단위 부피당 자화 값으로 표준화됩니다.

보자력 (Hc): 포화상태에서 자화를 0으로 되돌리는 데 필요한 자기장 강도를 측정된 값입니다.

5. 측정 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 자기 성능 시험기

자기장 강도 범위: 0~1000 kA/m, 정확도 $\pm 1\%$.

자화 강도 측정 범위: 0-2 T, 정확도 $\pm 0.5\%$.

주파수: 50~60Hz, DC 또는 저주파 측정에 적합합니다.

폐쇄형 자기 회로 장치(예: 전자석 또는 토로이드 코일)를 갖추고 있습니다.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 <0.5 mm, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.3 환경 관리

온도: 15°C ~ 30°C, 권장 온도는 23 \pm 2°C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50 \pm 10%.

외부 자기장 간섭(<5 A/m)이 없고, 진동이 없으며, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기: 직경 10 \times 10 \times 5mm 또는 10mm, 높이 5mm.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 기공 또는 산화층이 없어야 하며 표면 거칠기 Ra는 0.1 μ m 미만이어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 5% 이상인 경우, 표본 수를 5개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 <0.1 mm/s 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 Ra < 0.1 μ m.

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

자기 성능 테스트의 자기장 강도를 $\pm 1\%$ 미만의 편차로 교정합니다.
자화 강도 측정 정확도를 교정하면 편차는 $< \pm 0.5\%$ 입니다.
표준 샘플(순수 니켈 등)을 사용하여 장비를 검증합니다. 편차는 $\pm 2\%$ 이내입니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 입니다.
상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.
외부 자기장 간섭($< 5\text{ A/m}$)이 없고, 진동이 없으며, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시편을 폐쇄된 자기 회로 장치에 넣고 시편이 코일이나 자극과 정렬되었는지 확인합니다.
포화($> 500\text{ kA/m}$)에 도달할 때까지 점차적으로 증가하는 외부 자기장을 적용했습니다.
자화 강도와 자기장 강도의 변화를 기록하고 히스테리시스 루프를 그립니다.
자기 포화 강도(단위 질량 또는 부피당 정규화)는 히스테리시스 루프에서 읽습니다.
보자력 (H_c), 즉 자화가 0 이 되는 자기장 세기는 자기소거 과정으로부터 읽혀집니다.
측정을 3~5 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

자기 포화 강도: T 또는 $\text{A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ 으로 측정하며, 일반적으로 $4\pi\text{ Ms}$ (가우스 단위, $1\text{ T} \approx 10^4$ 가우스)로 변환합니다.
보자력 (H_c): A/m 로 측정.
평균을 계산하세요:

$$\bar{M}_s = \frac{\sum M_{s_i}}{n}, \quad \bar{H}_c = \frac{\sum H_{c_i}}{n}$$

M_s 가 어디에 나 그리고 H_c 나 는 단일 측정 값이고, n 은 측정 횟수입니다.
표준 편차를 계산합니다.

$$s_{M_s} = \sqrt{\frac{\sum (M_{s_i} - \bar{M}_s)^2}{n-1}}, \quad s_{H_c} = \sqrt{\frac{\sum (H_{c_i} - \bar{H}_c)^2}{n-1}}$$

자격 판정: 평균값 편차 $< \pm 5\%$, 표준편차 $< 5\%$ (자기 포화강도), $< 50\text{ A/m}$ (보자력).

8 측정 결과 평가

8.1 자기적 특성 범위

시멘트 카바이드 범위의 자기적 특성은 등급에 따라 달라집니다 .
YG6(6% Co): 자기포화강도 0.15-0.18 T,보자력 10-20 kA/m.
YG8(8% Co): 자기포화강도 0.20-0.24 T,보자력 8-15 kA/m.
YT15(5% Co + TiC) : 자기포화강도 0.12~0.15 T,보자력 15~25 kA/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 경우 $< \pm 5\%$ 이고, 표준 편차는 $< 5\%$ (자기 포화 강도) 및 < 50 A/m(보자력)입니다. 그렇지 않으면 재검사가 필요합니다.

결과가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유를 분석해야 합니다 (예 : 코발트 상의 불균일한 분포, 불순물의 영향 등).

8.3 영향 요인 분석

샘플 준비: 표면 거칠기 $> 0.1 \mu\text{m}$ 또는 다공성 $> 0.5\%$ 는 자기 포화 강도를 3%-5%까지 감소시킬 수 있습니다.

자기장 간섭: 외부 자기장이 5A/m 이상이면 2~3%의 측정 오류가 발생할 수 있습니다.

재료 구성: 코발트 함량 변동 $> \pm 0.5\%$ 또는 η 상이 존재하면 자기 포화 강도가 5%-10% 감소하고보자력이 10%-20% 증가할 수 있습니다.

장비 교정: 자기장 강도의 편차가 1% 이상이면 결과에 2~5%의 편차가 생길 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (10 × 10 × 5mm 또는 직경 10mm, 높이 5mm).

시험 조건: 테스트 모델, 자기장 강도 (> 500 kA/m), 주변 온도 ($15^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$), 습도 (30%-70%).

시험 결과: 각 시료의 자기포화강도 및보자력, 평균값, 표준편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 자기적 특성에 대한 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	자기포화강도(T)	보자력(kA/m)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	0.15-0.18	10-20	광산 드릴 비트
YG8	8	0.20-0.24	8-15	절삭 공구
YT15	5	0.12-0.15	15-25	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $15^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

외부 자기장 간섭 (< 5 A/m)이 없고, 진동이 없으며, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 < 0.02 mm/m.

요약하다

ISO 4884:2019 "초경합금의 자기 특성 측정 방법"은 초경합금의 자기 포화 강도 및보자력 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 히스테리시스 루프 법을 통해 결과의 정확성과 비교 가능성을 보장합니다. 이 표준을 적용하면 코발트 상의 품질

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

및 미세 구조를 평가하고 초경합금 제조 공정의 품질 관리를 위한 기술 지원을 제공하는 데 도움이 됩니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3369:2006

초경합금의 밀도 측정 방법

1 범위

본 규격은 아르키메데스 원리를 이용한 초경합금 밀도 측정 방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용 가능하다. 티씨, NbC, VC. 이 표준은 품질 관리 및 재료 구성 검증에 적용 가능하며 절삭 공구, 내마모성 부품 및 기타 응용 분야에서 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

밀도: 단위 부피당 질량을 측정된 값으로 g/cm^3 로 표현하며, 시멘트 카바이드의 밀도를 반영합니다.

아르키메데스의 원리: 액체 속에서 물체가 대체한 액체의 부피와 물체의 질량 사이의 관계를 기반으로 밀도를 측정하는 방법입니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

밀도는 아르키메데스의 원리에 따라 결정됩니다. 시료의 밀도는 공기 중 시료의 질량과 액체에서 부력에 의해 유지되는 질량을 측정하여 계산합니다. 공식은 다음과 같습니다.

$$\rho = \frac{m_a \cdot \rho_l}{m_a - m_l}$$

其中:

- ρ 为试样密度 (g/cm^3),
- m_a 为试样在空气中的质量 (g),
- m_l 为试样在液体中的质量 (g),
- ρ_l 为液体的密度 (g/cm^3 , 通常为去离子水的 $0.997 g/cm^3$, $20^\circ C$).

안에:

ρ 는 샘플 밀도(g/cm^3) 입니다.

m_a 는 공기 중 샘플의 질량(g)입니다.

m_l 는 액체 속의 샘플 질량(g) 이고,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ρ_1 은 액체의 밀도(g/cm^3), 일반적으로 20°C 의 탈이온수의 경우 $0.997\text{g}/\text{cm}^3$ 입니다.

5. 측정 장비

5.1 균형

측정 범위: $0\sim 200\text{g}$, 정확도 $\pm 0.0001\text{g}$.

액체 측정을 위한 현탁 장치가 장착되어 있습니다.

5.2 액체 용기

재질: 부식 방지 유리 또는 스테인리스 스틸.

액체: 탈이온수, 온도는 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 로 조절됩니다.

5.3 온도계

측정 범위: $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$, 정확도 $\pm 0.1^\circ\text{C}$.

5.4 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $< 0.5\text{mm}$, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 $300\sim 600\text{r}/\text{min}$, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.5 환경 관리

온도: $15^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: $30\%\sim 70\%$, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 어떤 모양이든, 권장 크기는 $10\times 10\times 5\text{mm}$ 또는 총 질량 $\geq 5\text{g}$ 입니다.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 기공 또는 산화층이 없어야 하며 표면 거칠기 R_a 는 $0.1\ \mu\text{m}$ 미만 이어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 이상인 경우, 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 $< 0.1\text{mm}/\text{s}$ 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단하였고, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용하였습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$.

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

교정된 저울의 정확도는 $< \pm 0.0001g$ 입니다.

온도계는 $\pm 0.1^\circ C$ 미만의 편차로 교정되었습니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $15^\circ C \sim 25^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 1^\circ C$ 입니다.

액체 온도: $20 \pm 1^\circ C$.

상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

공기 중 샘플의 질량을 m_a 로 측정하고 $0.0001 g$ 까지 기록합니다.

저울 아래에 샘플을 매달고 탈이온수에 담근 후 액체에서의 질량(m_l) 을 측정 하여 $0.0001g$ 까지 기록합니다.

표본이 완전히 잠겨 있고 공기 방울이 없는지 확인하세요.

측정을 3~5 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

각 표본의 밀도를 계산하세요.

$$\rho = \frac{m_a \cdot \rho_l}{m_a - m_l}$$

여기서 $\rho_l = 0.997 g/cm^3$ ($20^\circ C$).

평균을 계산하세요:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho_i}{n}$$

여기서 ρ_i 는 단일 샘플 의 밀도 이고 n 은 샘플의 수입니다.

표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\rho_i - \bar{\rho})^2}{n - 1}}$$

자격 판정: 평균 밀도 편차 $< \pm 0.5\%$, 표준 편차 $< 0.05 g/cm^3$.

8 측정 결과 평가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.1 밀도 범위

시멘트 카바이드의 밀도 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 14.8-15.0 g/cm³ .

YG8(8% Co): 14.6-14.8 g/cm³ .

YT15(5% Co + TiC) : 11.5-12.0 g/cm³

8.2 편차 평가

3~5 개 샘플의 평균 밀도 편차는 $\pm 0.5\%$이고, 표준 편차는 <math>< 0.05 \text{ g/cm}^3</math>입니다 .
그렇지 않으면 재검사가 필요합니다.

밀도가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유(높은 기공률, 구성 편차 등)를 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

샘플 준비: 표면 거칠기 > 0.1 μm 또는 균열 > 0.05 mm 인 경우 밀도 측정 오류가 0.1%-0.2% 발생할 수 있습니다.

액체 온도: 20° C에서 1° C 이상의 온도 편차는 밀도 편차 0.05%-0.1%를 초래할 수 있습니다.

기포 부착: 샘플 표면의 기포로 인해 측정 값이 0.1%-0.3% 감소할 수 있습니다.

재료 구성: Co 함량 변동 > $\pm 0.5\%$ 또는 WC 함량 부족은 밀도 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (10 ×10× 5 mm 또는 총 질량 $\geq 5\text{g}$).

시험 조건: 저울 모델, 액체 온도(20 \pm 1° C), 주변 온도(15° C~25° C), 습도(30%~70%).

시험 결과: 각 표본의 밀도, 평균값, 표준편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 카바이드 밀도 기준 값

상표	Co 함량 (중량 %)	밀도 (g/cm ³)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	14.8-15.0	광산 드릴 비트
YG8	8	14.6-14.8	절삭 공구
YT15	5	11.5-12.0	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 15° C ~ 25° C, 권장 온도는 20 \pm 1° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50 \pm 10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <math>< 0.02 \text{ mm/m}</math>.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약하다

ISO 3369:2006 “초경합금 밀도 측정”은 초경합금 밀도 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 아르키메데스의 원리를 통해 결과의 정확성과 비교 가능성을 보장합니다. 이 표준을 구현하면 품질 관리 및 재료 구성 검증에 도움이 되며, 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

총수:

ISO 28079:2009

초경합금의 파괴인성 측정 방법

1 범위

본 규격은 단일날 노치빔 (SENB) 시험법을 이용한 초경합금의 파괴인성(KIC K_{IC} KIC) 측정방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용 가능하다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 초경합금의 균열 전파 저항 능력 평가에 적용 가능하며, 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 고응력 응용 분야의 성능 분석에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

ISO 12135:2002 금속 재료 - 파괴 인성 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 ISO 12135:2002 를 채택하고 다음 용어와 정의를 따릅니다.

파괴인성(KIC K_{IC} KIC): 재료가 균열 성장을 저항하는 능력(MPa · m)^(1/2), 평면 변형 조건에서 측정되었습니다.

싱글 에지 노치 빔 (SENB): 한쪽 면에 노치가 있는 빔 시편으로, 파괴 인성 시험에 사용됩니다.

사전균열 : 피로하중에 의해 시편의 노치 끝부분에 발생하는 초기 균열.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

파괴인성(KIC K_{IC} KIC)은 단일 모서리 노치 보(SENB) 시험을 기반으로 결정됩니다. SENB 시험은 시편에 집중 하중을 가하여 시편의 파괴 시점에 발생하는 임계 응력 확대 계수를 측정합니다. KIC K_{IC} KIC 는 다음 공식을 사용하여 계산합니다.

$$K_{IC} = \frac{F}{B\sqrt{W}} \cdot Y \cdot f\left(\frac{a}{W}\right)$$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

其中:

- K_{IC} 为断裂韧性 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$),
 - F 为断裂载荷 (N),
 - B 为试样厚度 (m),
 - W 为试样宽度 (m),
 - a 为切口深度 (m),
 - Y 为几何因子 (取决于 a/W 比),
 - $f(\frac{a}{W})$ 为校正函数 (基于标准表或公式),
- a/W 比通常在 0.45 至 0.55 之间。

5. 측정 장비

5.1 시험기

하중 용량: 0~50 kN, 정확도 $\pm 1\%$.

로딩 속도: 0.1-1 mm/min, 조정 가능.

분해능 $< 0.01\text{N}$, $< 0.01\text{mm}$ 의 힘 센서와 변위 센서를 탑재했습니다.

5.2 피로하중 장비

로딩 주파수: 10-30Hz, 정확도 $\pm 1\text{Hz}$.

최대 하중: 급힘 강도의 80% 이하, 정확도는 $\pm 1\%$ 입니다.

5.3 경기 일정

3 점 급힘 고정구: 지지점 반경 1-2mm, 하중점 반경 1mm, 지지 범위 16-20mm.

클램프 소재: 경화강, 경도 $> \text{HRC } 60$.

5.4 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $< 0.1\text{ mm}$, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.5 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직육면체, 권장 크기: $20 \times 4 \times 2\text{ mm}$ (길이 \times 너비 \times 높이), 허용 오차 $\pm 0.02\text{ mm}$.

절개: 깊이 a a a 는 시편의 너비 W W W 의 45%-55%, 절개 너비 $< 0.1\text{mm}$, 턱 반경 $< 0.05\text{mm}$ 입니다.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열이나 산화층이 없어야 하며 표면 거칠기 R_a 는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.02 μm 미만이어야 합니다.
시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다.
결과와 표준편차가 $>0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}$ 인 경우 $\sqrt{1/2}$, 샘플의 개수를 10 개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 $<0.05 \text{ mm/s}$ 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$.

연마 : 0.25 μm 알루미늄 산화물 연마액을 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.02 \mu\text{m}$ 입니다.

6.4 크랙 전 준비

노치 끝부분에 사전 균열을 생성하기 위해 피로 하중 장치가 사용되었으며, 하중 범위는 굽힘 강도의 50%-80%, 주파수는 10-30Hz 였습니다.

균열 전 길이는 0.5-1mm 증가하였고 팁 반경은 $<0.01\text{mm}$ 였습니다.

6.5 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

시험기의 적재 정확도를 교정하고 편차는 $<\pm 1\%$ 입니다.

고정구 중심을 교정하고 편차는 0.02mm 미만입니다.

피로하중 장비의 하중과 주파수를 $\pm 1\%$ 미만의 편차로 교정합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시편은 지지점이 하중 지점과 일치하고 폭이 16mm 인 3 점 굽힘 고정 장치에 놓였습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

로딩 속도를 0.5 ± 0.2 mm/min 으로 조정합니다.
시편이 파괴될 때까지 하중을 가하고, 최대 하중 F와 파괴 변위를 기록합니다.
노치 깊이 a와 샘플 너비 W를 측정하고 a/W 비율을 계산했습니다.
실험을 5~10회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

절의 공식에 따라 각 시편의 파괴인성 KIC를 계산합니다.

几何因子 Y 和校正函数 $f\left(\frac{a}{W}\right)$ 参考标准表 (附录 A).

평균을 계산하세요:

$$\bar{K}_{IC} = \frac{\sum K_{ICi}}{n}$$

KIC_i가 있는 곳 는 단일 시편의 파괴인성이고 n은 시편의 개수입니다.
표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (K_{ICi} - \bar{K}_{IC})^2}{n-1}}$$

자격 판정: 평균 파괴인성 편차 $< \pm 5\%$, 표준편차 $< 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

8 측정 결과 평가

8.1 파괴인성 범위

시멘트 카바이드의 파괴인성 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6 (6% Co): $12-15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YG8 (8% Co): $10-13 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

YT15 (5% Co + TiC): $8-11 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

8.2 편차 평가

5-10개 시편 은 $< \pm 5\%$ 이고 표준편차는 $< 0.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 입니다. 그렇지 않으면 다시 테스트해야 합니다.

파괴인성이 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유를 분석해야 합니다 (예: 불균일한 사전 균열 및 시편 결함).

8.3 영향 요인 분석

시편 준비: 노치 너비가 0.1mm 이상이거나 균열이 고르지 않으면 파괴 인성이 5~10% 감소할 수 있습니다.

하중 조건: 하중 속도 > 1 mm/min 또는 고정 장치 중심 편차 > 0.05 mm인 경우 결과 편차가 3%-5% 발생할 수 있습니다.

재료 구성: Co 함량 변동 $> \pm 0.5\%$ 또는 WC 입자 크기 $> 2 \mu\text{m}$ 는 인성 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (20×4×2 mm), 노치 깊이 a 및 a/W 비율.

시험 조건: 시험기 모델, 고정구 유형 (3 점), 하중 속도 (0.5±0.2 mm/분), 주변

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

온도(10° C~35° C), 습도(30%~70%).

시험 결과: 파괴인성, 평균값, 표준편차 및 각 시편의 변화량.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (규범 부록) 기하적 요인 및 보정 함수 표

a/W 비율	기하 계수 Y	수정 함수 f(aW)
0.45	1.92	3.08
0.50	2.00	3.47
0.55	2.10	3.92

참고: 특정 값은 시편의 형상과 하중 조건에 따라 표준 표에서 보간됩니다.

부록 B (정보 부록) 일반적인 초경합금의 파괴인성에 대한 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	파괴인성 (MPa · m ^{1/2})	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	12-15	광산 드릴 비트
YG8	8	10-13	절삭 공구
YT15	5	8-11	마무리 도구

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 28079:2009 "초경합금의 파괴인성 측정 방법"은 초경합금의 파괴인성(KIC) 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 단일 날 노치 빔(SENB) 시험을 통해 결과의 정확성과 비교성을 보장합니다. 이 표준을 구현하면 초경합금의 성능 평가에 도움이 되고 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 고응력 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3878:1983

초경합금 록웰 경도 시험 방법(HRA 스케일)

1 범위

본 규격은 초경합금의 로크웰 경도(HRA 척도) 측정 방법을 규정하며, 로크웰 경도계를 이용하여 초기 하중 10 kgf (98.07 N)와 총 하중 60 kgf (588.4 N)를 가한다. 텅스텐 카바이드(WC)를 주 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용 가능하다. 티씨, NbC, VC. 이 표준은 초경합금의 압입 저항성을 신속하게 평가하는 데 적합하며 절삭 공구 및 내마모성 부품의 품질 관리에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

ISO 6508-1:2005 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 1부: 시험 방법(척도 A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 ISO 6508-1:2005와 다음 용어 및 정의를 채택합니다.

로크웰 경도(HRA): 로크웰 압입자를 시편 표면에 압입한 후 깊이 차이를 기반으로 한 경도 값입니다. 단위는 HRA이며, 고경도 재료에 적합합니다.

다이아몬드 콘 압입자: 록웰 경도 시험기에 사용되는 정점각 120° 다이아몬드 압입자입니다.

초기 하중: 시편에 가해지는 초기 힘으로 10 kgf (98.07 N)의 값을 갖습니다.

총 하중: 예비 하중과 주 하중을 더한 값으로, 값은 60kgf (588.4N)입니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

10kgf와 총 하중 60kgf로 눌러 깊이 차이를 측정합니다. 경도 값은 다음 공식을 사용하여 계산합니다.

$$HRA = 100 - \frac{h}{0.002}$$

HRA HRA는 록웰 경도 값, h h h는 전체 하중을 제거한 후의 압입 깊이와 초기 하중 깊이(mm)의 차이이며, 0.002mm는 로크웰 경도계의 단위 깊이입니다. HRA 경도는 20~88 HRA의 경도 범위에 적용되며, 초경합금과 같은 고경도 재료에 주로 사용됩니다.

5. 측정 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 로크웰 경도계

하중 범위: 10kgf (예비 하중) + 50kgf (주 하중) = 60kgf (총 하중), 정확도 $\pm 0.5\%$.

압입자: 120° 정점 각도 다이아몬드 원뿔, 팁 반경 0.2mm, 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

깊이 측정: 분해능 0.001 mm, 정확도 $\pm 0.5 \mu\text{m}$.

하중 시간: 예비 하중 2~8 초, 총 하중 10~15 초, 정확도 ± 1 초.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $< 0.5 \text{ mm}$, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.3 환경 관리

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ \text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기는 직경 $10 \times 10 \times 5\text{mm}$ 또는 10mm , 높이 5mm 입니다.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 하며 표면 거칠기 R_a 는 $0.02 \mu\text{m}$ 미만 이어야 합니다 .

시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 2 HRA 보다 큰 경우, 표본 수를 10 개로 늘려야 합니다 .

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 $< 0.1 \text{ mm/s}$ 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 흔적을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$.

연마 : $0.25 \mu\text{m}$ 알루미늄 산화물 연마액을 사용하고, 표면 거칠기 $R_a < 0.02 \mu\text{m}$ 입니다 .

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

록웰 경도계 하중을 교정하고 편차는 $< \pm 0.5\%$ 입니다.
을 $< \pm 0.5 \mu\text{m}$ 의 정확도로 교정합니다 .

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

샘플을 록웰 경도 시험기 작업대에 올려놓고 표면 수평을 조정합니다.

10kgf 의 초기 하중을 적용하고 2~8 초간 유지한 후 초기 깊이를 기록합니다.

총 60kgf 의 하중을 가하고 10~15 초간 유지하였으며, 주하중을 제거한 후 깊이 차이를 기록하였다.

시편 표면에서 최소 3 개의 다른 위치를 측정하며, 각 위치의 간격은 $\geq 2.5 \text{ mm}$ 입니다.

실험을 5~10 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

록웰 경도계에서 표시된 HRA 값을 직접 읽으세요.

평균을 계산하세요:

$$\bar{HRA} = \frac{\sum HRA_i}{n}$$

HRA_i가 있는 곳 는 단일 측정 값이고 n 은 측정 횟수입니다.

표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (HRA_i - \bar{HRA})^2}{n-1}}$$

자격 판단: 평균 경도 편차 $< \pm 2\%$, 표준 편차 $< 2 \text{ HRA}$.

8 측정 결과 평가

8.1 경도 범위

시멘트 카바이드의 록웰 경도(HRA) 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 85-90 HRA.

YG8(8% Co): 83-88 HRA.

YT15(5% Co + TiC) : 87-92 HRA.

8.2 편차 평가

5~10 개 측정 지점의 평균값이 $< \pm 2\%$ 이고, 표준 편차가 $< 2 \text{ HRA}$ 인 경우 재검사가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

필요합니다.

경도가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유(표면 결함, 하중 불균일 등)를 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

샘플 준비: 표면 거칠기 > 0.02 μm 또는 균열 > 0.05 mm 인 경우 경도가 2%-5% 감소할 수 있습니다.

로딩 시간: 총 로딩 시간이 10 초 미만 또는 15 초 초과인 경우 측정 오류가 1%-2% 발생할 수 있습니다.

환경 조건: 습도 >70% 또는 온도 변동 >5° C 는 깊이 측정 정확도에 영향을 미칠 수 있습니다.

재료 구성: Co 함량 변동 > $\pm 0.5\%$ 또는 WC 입자 크기 > 2 μm 는 경도 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (10 × 10 × 5mm 또는 직경 10mm, 높이 5mm).

시험 조건: 로크웰 경도 시험기 모델, 하중(10 kgf + 50 kgf = 60 kgf), 하중 시간(예비 2-8 초, 전체 10-15 초), 주변 온도(10° C ~ 35° C), 습도(30%-70%).

시험 결과: 각 지점의 경도값, 평균값, 표준편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 로크웰 경도(HRA) 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	경도(HRA)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	85-90	광산 드릴 비트
YG8	8	83-88	절삭 공구
YT15	5	87-92	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 < 0.02 mm/m.

요약하다

ISO 3878:1983 "초경합금의 로크웰 경도 시험 방법(HRA 스케일)"은 초경합금의 로크웰 경도 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 로크웰 경도계를 통한 결과의 신속성과 비교성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 성능을 평가하고 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공하는 데 도움이 됩니다.

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 3326:2013 초경합금

비커스 경도 시험 방법

1 범위

kgf (98.07~490.3 N) 의 하중을 가하여 초경합금의 비커스 경도 측정 방법을 규정합니다. 텅스텐 카바이드(WC)를 주경화상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 초경합금의 압입 저항성 평가에 적용 가능하며 절삭 공구, 내마모성 부품 및 기타 응용 분야의 품질 관리에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

ISO 6507-1:2005 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 ISO 6507-1:2005 를 채택하고 다음 용어와 정의를 따릅니다.

비커스 경도(HV): 비커스 압입자가 시편 표면에 눌린 후 시편 표면의 단위 면적당 압입에 대한 저항성을 측정한 값으로, HV(경도 값)로 표현합니다.

비커스 압입자: 꼭짓점 각도가 136° 인 다이아몬드로 만든 사각형 피라미드 압입자.

하중: 시편에 가해지는 힘으로 10~50 kgf (98.07~490.3 N)의 범위입니다.

초경합금: 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 분말야금 공정으로 만든 복합재료.

4. 결정원리

비커스 경도 측정은 비커스 경도 시험기를 기반으로 합니다. 비커스 경도 시험기는 다이아몬드 사각뿔 압입자를 특정 하중으로 시료 표면에 압입하고, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하여 단위 면적당 압입 저항을 계산합니다. 경도 값은 다음 공식에 따라 계산됩니다.

$$HV = \frac{1.8544F}{d^2}$$

HV HV HV 는 비커스 경도 (kgf / mm²), F F F 는 적용하중 (kgf), d d d 는 압입부의 두 대각선의 평균 길이(mm)입니다. 결과는 하중에 따라 일반적으로 HV10 또는 HV30 으로 변환됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

5. 측정 장비

5.1 비커스 경도계

하중 범위: 10~50 kgf (98.07~490.3 N), 정확도 $\pm 1\%$.

압입자: 다이아몬드 사각뿔, 꼭짓점 각도 $136^\circ \pm 0.5^\circ$.

현미경: 배율 200×-500×, 분해능 < 0.001 mm.

로딩 시간: 10-15 초, 정확도 ± 1 초.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 < 0.5 mm, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.3 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기는 직경 $10 \times 10 \times 5$ mm 또는 10mm, 높이 5mm입니다.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 하며 표면 거칠기 Ra는 $0.02 \mu\text{m}$ 미만이어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 20 HV 이상인 경우, 샘플 수를 10개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 < 0.1 mm/s 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단하였고, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용하였습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$.

연마: $0.25 \mu\text{m}$ 알루미늄 산화물 연마액을 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.02 \mu\text{m}$ 입니다.

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

실시합니다(주파수 40kHz).
건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

비커스 경도계 하중을 교정합니다. 편차는 $\pm 1\%$입니다.
현미경 배율과 대각선 측정 정확도는 편차 $\pm 0.5\%$로 교정되었습니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$입니다.
상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

샘플을 비커스 경도 시험기 작업대에 올려놓고 표면 수평을 조정합니다.
하중을 선택하세요: 시편의 두께와 등급에 따라 10kgf (HV10) 또는 30kgf (HV30)를 선택 하세요 .
10~15 초 동안 하중을 가하고 하중을 제거한 후 압입부의 두 대각선 길이를 측정합니다 . 디.
시편 표면에서 최소 3개의 다른 위치를 측정하며, 각 위치의 간격은 >math>\geq 2.5\text{ mm}</math>입니다.
실험을 5~10 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

각 시편의 비커스 경도를 계산하세요.

$$HV = \frac{1.8544F}{d^2}$$

여기서 F는 하중 (kgf)이고 d는 압입의 평균 대각선 길이(mm)입니다.
평균을 계산하세요:

$$\bar{HV} = \frac{\sum HV_i}{n}$$

HV_i가 있는 곳 는 단일 측정 값이고 n은 측정 횟수입니다.
표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (HV_i - \bar{HV})^2}{n - 1}}$$

자격: 평균 경도 편차 $\pm 5\%$, 표준 편차 <math>< 20\text{ HV}</math>.

8 측정 결과 평가

8.1 경도 범위

시멘트 카바이드의 비커스 경도 범위는 등급에 따라 달라집니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6(6% Co) : 1400-1600 HV30.
YG8(8% Co) : 1300-1500 HV30.
YT15(5% Co + TiC) : 1500-1700 HV10.

8.2 편차 평가

5~10 개 측정 지점의 평균값이 $\pm 5\%$ 이고, 표준 편차가 < 20 HV 인 경우 재검사가 필요합니다.
경도가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(표면 결함, 하중 부족 등).

8.3 영향 요인 분석

샘플 준비: 표면 거칠기 $> 0.02 \mu\text{m}$ 또는 균열 $> 0.05 \text{ mm}$ 인 경우 경도가 5%-10% 감소할 수 있습니다.
하중 선택: 하중이 너무 낮거나($< 10 \text{ kgf}$) 너무 높으면($> 50 \text{ kgf}$) 3%-5%의 측정 오류가 발생할 수 있습니다.
환경 조건: 습도 $> 70\%$ 또는 온도 변화 $> 5^\circ \text{ C}$ 는 압입 선명도에 영향을 미칠 수 있습니다.
재료 구성: Co 함량 변동 $> \pm 0.5\%$ 또는 WC 입자 크기 $> 2 \mu\text{m}$ 는 경도 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.
샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (10 × 10 × 5mm 또는 직경 10mm, 높이 5mm).
시험 조건: 비커스 경도 시험기 모델, 하중(10 kgf 또는 30 kgf), 하중 시간(10-15 초), 주변 온도($10^\circ \text{ C} \sim 35^\circ \text{ C}$), 습도(30%-70%).
시험 결과: 각 지점의 경도값, 평균값, 표준편차 및 편차.
평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.
테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 비커스 경도 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	하중 (kgf)	경도(HV)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	30	1400-1600	광산 드릴 비트
YG8	8	30	1300-1500	절삭 공구
YT15	5	10	1500-1700	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^\circ \text{ C} \sim 35^\circ \text{ C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ \text{ C}$ 입니다.
습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.
시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약하다

ISO 3326:2013 "초경합금의 비커스 경도 시험 방법"은 초경합금의 비커스 경도 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 비커스 경도 시험기를 통한 결과의 정확성과 비교성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

총수:

ISO 4489-2:2020

초경합금

굽힘강도 측정방법

2 부: 고온 조건

1 범위

본 규격은 35°C 이상의 고온조건에서 3점 굽힘시험 또는 4점 굽힘시험을 이용한 초경합금의 굽힘강도 측정방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용한다. 티씨, NbC, VC. ISO 4489 시리즈의 일부인 이 표준은 ISO 4489:2010의 실은 시험 방법을 보완하며 항공우주 및 고온 절삭 공구 응용 분야와 같은 고온 환경에서의 성능 평가에 적용할 수 있습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 4489:2010 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 측정 방법

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

굽힘 강도: 고온 굽힘 시험에서 시편이 견뎌낼 수 있는 최대 응력으로 MPa 단위로 측정하며, 고온에서 파괴를 저항할 수 있는 재료의 능력을 반영합니다.

3점 굽힘 시험: 두 지지점 사이에 단일 하중점을 적용하여 시편이 파손되는 최대 응력을 측정합니다.

4점 굽힘 시험: 두 지지점 사이에 2개의 하중점을 가해 시편이 파손될 때의 최대 응력을 측정합니다.

고온 조건: 시험 온도는 35°C 이상이며, 일반적으로 200°C~1200°C 범위입니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4. 결정원리

굽힘 강도 측정은 고온 굽힘 시험을 기반으로 합니다. 고온 굽힘 시험에서는 3점 또는 4점 하중을 가하여 시편의 파단 시 최대 응력을 측정합니다. 응력 계산은 시편의 형상과 하중 조건에 따라 다음 공식을 사용하여 계산합니다.

3점 굽힘:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

여기서 σ 는 굽힘 강도(MPa), F는 파단 하중(N), L은 지지 간격(mm), b는 시편 너비(mm), h는 시편 두께(mm)입니다.

4점 굽힘:

$$\sigma = \frac{3F(L_1 - L_2)}{bh^2}$$

여기서 L1은 외부 지지 범위(mm)이고 L2는 내부 하중 범위(mm)입니다.

고온 조건에서는 재료의 특성(항복점, 파괴 강도 등)이 온도에 따라 변하며, 환경을 제어하고 열팽창 효과를 보정하기 위해 고온로가 필요합니다.

5. 측정 장비

5.1 시험기

하중 용량: 0~50 kN, 정확도 $\pm 1\%$.

로딩 속도: 0.5-5 mm/min, 조정 가능.

분해능 $< 0.01N$, $< 0.01mm$ 의 힘 센서와 변위 센서를 탑재했습니다.

5.2 고온로

온도 범위: 200° C ~ 1200° C, 정확도 $\pm 5^\circ$ C.

가열 속도: 5-10° C/분, 안정화 시간 ≥ 30 분.

보호 분위기: 산화를 방지하기 위한 불활성 가스(아르곤 등) 또는 진공 환경.

5.3 경기 일정

3점 굽힘 고정구: 지지점 반경 1-2mm, 하중점 반경 1mm.

4점 굽힘 고정 장치: 외부 지지 범위 20-40mm, 내부 하중 범위 10-20mm, 지지점 반경 1-2mm.

고정재: 고온 내성 합금(인코넬 등), 작동 온도 $\geq 1200^\circ$ C.

5.4 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 < 0.5 mm, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.5 환경 관리

온도: 200° C ~ 1200° C(테스트 온도), 외부 환경 10° C ~ 35° C, 권장 온도 $23 \pm 2^\circ$ C.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경이 없습니다(보호 분위기 제외).

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

샘플 모양: 직육면체, 권장 크기: 20×6.5×5.25 mm(길이×너비×높이), 허용 오차 ±0.1 mm.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 10 개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 50MPa 이상인 경우, 샘플 수를 15 개로 늘려야 합니다 .

6.3 시편 절단 및 연마

시편은 절삭 속도가 <0.1 mm/s 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 Ra < 0.1 μm .

연마 : 0.25 μm 알루미늄 산화물 연마액을 사용하고, 표면 거칠기 Ra <0.02 μm 입니다 .

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

시험기의 적재 정확도를 교정하고 편차는 <±1%입니다.

로의 온도를 ±5° C 이내로 교정합니다.

고정장치를 중심 오차 <0.05mm 로 교정합니다.

7.2 테스트 조건

시험 온도: 200° C ~ 1200° C, 구체적인 온도는 재료와 용도에 따라 설정됩니다.

가열시간 : 목표온도까지 가열한 후 30 분간 안정화 시킵니다.

보호 분위기: 아르곤 유량 0.5-1 L/min 또는 진공도 <10⁻² Pa.

7.3 테스트 작동

시편은 고온로의 3 점 또는 4 점 굽힘 고정 장치에 놓고 지지점은 하중 지점과 정렬됩니다.

온도를 목표 온도까지 올린 후 시험을 시작하기 전 30 분 동안 안정화시켰습니다.

로딩 속도를 1±0.5 mm/min 으로 조정합니다.

시편이 파손될 때까지 하중을 가하고 최대 하중 F F 를 기록합니다. F 및 골절 변위.

실험을 10~15 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.4 결과 계산

4 절의 공식에 따라 각 시편의 굽힘강도 σ 를 계산하시오.

평균을 계산하세요:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum \sigma_i}{n}$$

여기서 σ_i 는 단일 시편 의 힘 강도 이고 n 은 시편의 개수입니다.
표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{n - 1}}$$

자격 판정: 평균 굽힘 강도 편차 $< \pm 5\%$, 표준 편차 < 50 MPa.

8 측정 결과 평가

8.1 굽힘 강도 범위

시멘트 카바이드의 고온 굽힘 강도 범위는 등급과 온도에 따라 달라집니다.

YG6 (6% Co): 1500-2000MPa (600° C).

YG8 (8% Co): 1300-1800 MPa (800° C).

YT15 (5% Co + TiC) : 1000-1400 MPa (1000° C).

8.2 편차 평가

10-15 개 시편의 경우 $< \pm 5\%$ 이고 표준 편차가 < 50 MPa 인 경우 재시험이 필요합니다.

굽힘 강도가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유 (산화 및 샘플 결함 등) 를 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

온도: 온도가 1000° C 이상이 되면 Co 상이 연화되고 굽힘 강도가 20~30% 감소할 수 있습니다.

산화: 보호 분위기가 부족하면 표면 산화가 발생하고 강도가 10~15% 감소할 수 있습니다.

시편 준비: 표면 거칠기 $> 0.02 \mu\text{m}$ 또는 균열 $> 0.05 \text{ mm}$ 인 경우 강도가 5%-10% 감소할 수 있습니다.

로딩 조건: 로딩 속도 $> 5\text{mm/min}$ 또는 고정 장치 정렬 불량 $> 0.1\text{mm}$ 인 경우 결과에 5% 편차가 발생할 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기 (20×6.5×5.25 mm).

시험 조건: 시험기 모델, 고온로 모델, 고정구 유형 (3 점 또는 4 점), 로딩 속도 (1 ± 0.5 mm/분), 시험 온도 (200° C~1200° C), 보호 분위기, 주변 온도 (10° C~35° C), 습도 (30%~70%).

시험 결과: 각 시편의 굽힘 강도, 평균값, 표준 편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 고온 굽힘 강도에 대한 기준 값

상표 Co 함량 (중량 %) 온도(° C) 굽힘 강도 (MPa) 일반적인 응용 프로그램

YG6 6	600	1500-2000	고온 드릴 비트
YG8 8	800	1300-1800	고온 절삭 공구
YT15 5	1000	1000-1400	고온 마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

시험 온도: 200° C ~ 1200° C, 정확도 ±5° C.

용광로 외부 주변 온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경이 없습니다(보호 분위기 제외).

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 4489-2:2020 "초경합금의 굽힘 강도 측정 - 제 2 부: 고온 조건"은 3 점 또는 4 점 굽힘 시험을 통해 고온 조건에서 초경합금의 굽힘 강도를 측정하는 국제 표준 절차를 제공하여 결과의 정확성과 비교 가능성을 보장합니다. 이 표준을 구현하면 고온 환경에서의 성능 평가에 도움이 되고 항공우주, 고온 절삭 공구 및 기타 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

총수:

ISO 4489:2010

초경합금

굽힘강도 측정방법

1 범위

본 규격은 3점 굽힘 시험 또는 4점 굽힘 시험을 이용한 초경합금의 굽힘 강도 측정 방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 함유하는 초경합금에 적용 가능하다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 초경합금의 기계적 성질 평가에 적용 가능하며 절삭 공구, 내마모 부품 및 기타 응용 분야에서 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

굽힘 강도: 굽힘 시험에서 시편이 견뎌낼 수 있는 최대 응력을 MPa로 측정하며, 재료가 파괴에 저항하는 능력을 반영합니다.

3점 굽힘 시험: 두 지지점 사이에 단일 하중점을 적용하여 시편이 파손되는 최대 응력을 측정합니다.

4점 굽힘 시험: 두 지지점 사이에 2개의 하중점을 가해 시편이 파손될 때의 최대 응력을 측정합니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4. 결정원리

굽힘 강도 측정은 굽힘 시험을 기반으로 합니다. 굽힘 시험은 집중 하중(3점법) 또는 균일 분포 하중(4점법)을 시편에 가하고 시편 파단 순간의 최대 응력을 측정하는 방식입니다. 응력 계산은 시편의 형상과 하중 조건에 따라 다음 공식을 사용하여 이루어집니다.

3점 굽힘:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

여기서 σ 는 굽힘 강도(MPa), F는 파단 하중(N), L은 지지 간격(mm), b는 시편 너비(mm), h는 시편 두께(mm)입니다.

4점 굽힘:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$\sigma = \frac{3F(L_1 - L_2)}{bh^2}$$

여기서 L1 은 외부 지지 범위(mm)이고 L2 는 내부 하중 범위(mm) 입니다.

5. 측정 장비

5.1 시험기

하중 용량: 0~50 kN , 정확도 ±1%.

로딩 속도: 0.5-5 mm/min, 조정 가능.

분해능 <0.01N, <0.01mm 의 힘 센서와 변위 센서를 탑재했습니다.

5.2 고정물

3 점 굽힘 고정구: 지지점 반경 1-2mm, 하중점 반경 1mm.

4 점 굽힘 고정 장치: 외부 지지 범위 20-40mm, 내부 하중 범위 10-20mm, 지지점 반경 1-2mm.

클램프 소재: 경화강, 경도>HRC 60.

5.3 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 <0.5 mm, 냉각 시스템 장착.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

5.4 환경 관리

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직육면체, 권장 크기: 20×6.5×5.25 mm(길이×너비×높이), 허용 오차 ±0.1 mm.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 굽힘 또는 산화층이 없어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 10 개 이상이어야 합니다.

결과의 표준편차가 50MPa 이상인 경우, 샘플 수를 15 개로 늘려야 합니다 .

6.3 시편 절단 및 연마

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시편은 절삭 속도가 <0.1 mm/s 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 Ra < 0.1 μm .

연마 : 0.25 μm 알루미늄 산화물 연마액을 사용하고, 표면 거칠기 Ra <0.02 μm 입니다 .

6.4 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

시험기의 적재 정확도를 교정하고 편차는 <±1%입니다.

고정장치를 중심 오차 <0.05mm 로 교정합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

지지점이 하중점과 일치하도록 3 점 또는 4 점 굽힘 고정 장치에 시편을 놓습니다.

로딩 속도를 1±0.5 mm/min 으로 조정합니다.

시편이 파괴될 때까지 하중을 가하고, 최대 하중 F와 파괴 변위를 기록합니다.

실험을 10~15 회 반복하고 각 데이터 세트를 기록합니다.

7.4 결과 계산

4 절의 공식에 따라 각 시편의 휨 강도 σ 를 계산합니다.

평균을 계산하세요:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum \sigma_i}{n}$$

여기서 σ_i 는 단일 시편의 휨 강도이고 n 은 시편의 개수입니다.

표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{n - 1}}$$

자격 판정: 평균 굽힘 강도 편차 <±5%, 표준 편차 <50 MPa.

8 측정 결과 평가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.1 굽힘 강도 범위

시멘트 카바이드의 굽힘 강도 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 2000-2500 MPa.

YG8(8% Co): 1800-2200 MPa.

YT15(5% Co + TiC) : 1300-1600 MPa.

8.2 편차 평가

10-15 개 시편의 경우 $\pm 5\%$ 이고 표준 편차가 < 50 MPa 인 경우 재시험이 필요합니다. 힘강도가 기술적 요구 사항보다 낮은 경우, 그 이유(시편 결함, 하중 불균일 등)를 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

시편 준비: 표면 거칠기 $> 0.02 \mu\text{m}$ 또는 균열 $> 0.05 \text{mm}$ 인 경우 굽힘 강도가 10%-15% 감소할 수 있습니다.

로딩 조건: 로딩 속도 $> 5 \text{mm/min}$ 또는 고정 장치 정렬 불량 $> 0.1 \text{mm}$ 인 경우 결과에 5%-10%의 편차가 발생할 수 있습니다.

재료 구성: Co 함량 변동 $> \pm 0.5\%$ 또는 WC 입자 크기 $> 2 \mu\text{m}$ 는 강도 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기(20×6.5×5.25 mm).

시험 조건: 시험기 모델, 고정구 유형(3 점 또는 4 점), 하중 속도(1±0.5 mm/분), 주변 온도(10° C ~ 35° C), 습도(30%-70%).

시험 결과: 각 시편의 굽힘 강도, 평균값, 표준 편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 굽힘 강도에 대한 참조 값

상표	Co 함량 (중량 %)	굽힘 강도(MPa)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	2000-2500	광산 드릴 비트
YG8	8	1800-2200	절삭 공구
YT15	5	1300-1600	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{mm/m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

요약하다

ISO 4489:2010 “초경합금의 굽힘 강도 측정”은 3 점 또는 4 점 굽힘 시험을 통해 초경합금의 굽힘 강도를 측정하는 국제 표준 절차를 제공하여 결과의 정확성과 비교 가능성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구 및 내마모성 부품과 같은 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

총수:

ISO 4499-3:2016 초경합금

— 미세구조 검사

3 부: 다공성, 내포물, 유리 탄소 및 에타상 평가

1 범위

본 표준은 초경합금 미세조직 내 기공, 개재물, 유리 탄소, η 상 등의 결함 평가 방법을 규정하고, 금속현미경 관찰과 표준도표를 이용하여 등급을 매깁니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 ISO 4499 표준 시리즈의 일부이며 ISO 4499-1:2006 과 함께 사용해야 합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:2018(최신 버전)과 다음 용어 및 정의를 채택합니다.

다공성: 미세구조 내의 기공 또는 공간으로, A형(직경 $<10\ \mu\text{m}$) 과 B형(직경 $10\text{-}25\ \mu\text{m}$) 으로 구분됩니다.

포함물: 시멘트 카바이드에 입자 형태로 존재하는 비금속 불순물(산화물 및 황화물 등)입니다.

자유 탄소: 금속과 화합물을 형성하지 않고 흑연 형태로 존재하는 탄소.

η 상: 탄소 함량이 부족하여 형성된 취성상(W₃Co₃C, Co₆W₆C 등)입니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4 가지 평가 원칙

초경합금 미세조직 결함 평가는 금속현미경 관찰을 기반으로 하며, 표준 도해(부록 A)를 활용하여 기공, 개재물, 유리 탄소 및 η 상의 유형, 크기, 양 및 분포를 평가합니다. 평가 방법은 고품질 시료를 준비하고 명시야 및 편광광에서 관찰하여 결함 특성을 기록하고, 표준 도해와 비교하여 결함 등급을 결정하는 것입니다.

5. 평가 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 금속현미경

배율: 정기적 관찰에는 100×, 200×, 500×, 200×가 권장됩니다.
결함 유형을 구별하기 위해 명시야, 암시야 및 편광 기능을 갖추고 있습니다.
분해능: $<0.5 \mu\text{m}$.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $<0.5 \text{ mm}$, 냉각 시스템 장착.
장착 기계: 핫프레스 장착, 온도 $<150^\circ \text{ C}$, 압력 20-30 MPa.
연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.
초음파 세척기: 주파수 40kHz, 샘플을 세척하는 데 사용됨.

5.3 측정 도구

접안렌즈 마이크로미터: 눈금 값 0.01mm, 정확도 $\pm 0.001\text{mm}$.
가 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 로 결함 영역 및 수량 통계를 지원합니다.

5.4 환경 관리

온도: $10^\circ \text{ C} \sim 35^\circ \text{ C}$, 권장 온도는 $20 \pm 2^\circ \text{ C}$ 입니다.
습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기: $10 \times 10 \times 5 \text{ mm}$.
시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 합니다.
시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.
결과 편차가 큰 경우 (>1 레벨) 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 장착

시편은 절삭 속도가 $<0.1 \text{ mm/s}$ 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단하였고,
냉각수로는 에탄올이나 물을 사용하였습니다.
핫프레스 장착, 온도 $<150^\circ \text{ C}$, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분.

6.4 시편의 연삭 및 연마

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.
미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$.
연마 : $0.25 \mu\text{m}$ 알루미늄 산화물 연마 페이스트를 사용하고, 연마포 속도는 300

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

r/min, 표면 거칠기 Ra <0.02 μm 입니다 .

6.5 샘플 세척 및 에칭

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후 Murakumi 시약(10g K₃ [Fe(CN)₆] + 10g KOH + 100mL H₂ O) 을 사용하여 5~10 초간 가볍게 에칭하여 결함 대비를 향상시킵니다.

다시 씻어서 말린 후 건조기에 보관하세요.

7 가지 평가 단계

7.1 장비 교정

금속현미경의 배율을 편차 <±1%로 보정합니다.

조명 시스템을 보정하여 색상 차이 없이 균일한 광원을 확보합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±2° C 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 현미경 관찰

샘플을 금속현미경 스테이지에 올려놓고 초점을 조정 한 후 배율을 200 배로 선택합니다.

약 0.5 mm²의 시야 면적을 갖는 최소 5 개 시야에서 샘플 표면을 관찰합니다 .

명시야는 기공과 내포물을 관찰하는 데 사용되었고, 편광광은 유리 탄소와 η 상을 관찰하는 데 사용되었습니다.

7.4 결함 평가

다공성 평가:

A형 기공(< 10 μm)

A00(기공 없음), A02(<10 개/mm²) , A04(10-20 개/mm²) , A06(20-30 개/mm²) , A08(>30 개/ mm²) .

(10-25 μm)

B00(기공 없음), B02(<5 개/mm²) , B04(5-10 개/mm²) , B06(10-15 개/mm²) , B08(>15 개/ mm²) .

포괄성 평가

(포함물 없음), I02(<5 개/mm² , <10 μm) , I04(5-10 개/mm² , 10-20 μm) , I06(>10 개/ mm² , > 20 μm) .

무료 탄소 평가

C00(자유탄소 없음), C02(<0.5%), C04(0.5%-1.0%), C06(1.0%-1.5%), C08(>1.5%).

η 단계 평가

eta00(에타 단계 없음), eta02(<0.5%), eta04(0.5%-1.0%), eta06(1.0%-1.5%), eta08(>1.5%).

7.5 결과 계산

5 개 시야의 결함 수준을 기록하고, 평균값을 계산하여 샘플의 최종 결함 수준을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결정합니다.

편차 평가: 5 개 시야의 편차가 ± 1 수준인 경우 재 관찰이 필요합니다.

8 평가 결과의 평가

8.1 결합 등급 범위

시멘트 카바이드 결합 수준은 등급과 목적에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): A02-B02-I02-C02- η 02, 광산 드릴 비트에 적합합니다.

YG8(8% Co): A04-B04-I02-C04- η 02, 절삭공구에 적합합니다.

YT15(5% Co + TiC): A02-B02-I04-C02- η 04, 마무리 공구에 적합합니다.

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 평균값이 ± 1 수준인 경우, 재검사가 필요합니다.

결합 수준이 기술적 요구 사항을 초과하는 경우 원인을 분석해야 합니다(예: 비정상적인 소결 공정).

8.3 영향 요인 분석

기공률: 소결 진공이 부족(< 10 Pa)하거나 냉각 속도가 너무 빠르면($> 50^\circ\text{C}/\text{min}$) 기공률($> A04$)이 증가합니다.

내포물: 원료 순도가 낮음(불순물 $> 0.1\%$) 또는 불균일한 혼합으로 인해 내포물이 증가합니다($> I04$).

자유 탄소: 과도한 탄소 함량($> 0.2\%$) 또는 고르지 못한 분포는 자유 탄소($> C04$)의 증가로 이어집니다.

η 상: 탄소 함량이 부족하거나($< 0.1\%$) 소결 온도가 높으면($> 1450^\circ\text{C}$) η 상($> \eta 04$)이 형성됩니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 배율(200 배), 관찰 방법, 주변 온도($10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$), 습도(30%~70%).

시험 결과: 결합 등급(A, B, I, C, η), 각 시야에 대한 평균값 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (규범 부록) 표준 결합 아틀라스

A 형 기공: A00-A08, 스펙트럼은 직경이 $< 10 \mu\text{m}$ 인 기공의 분포를 보여줍니다.

B 형 기공: B00-B08, 스펙트럼은 직경 $10-25 \mu\text{m}$ 의 기공 분포를 보여줍니다.

내포물: I00-I06, 그래프는 내포물의 크기와 양을 보여줍니다.

자유탄소: C00-C08, 그래프는 자유 탄소의 면적 백분율을 보여줍니다.

η 상: $\eta 00-\eta 08$, 스펙트럼은 η 상의 면적 비율을 보여줍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수준 의 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	결함 수준	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	A02-B02-I02-C02-η 02	광산 드릴 비트
YG8	8	A04-B04-I02-C04-η 02	절삭 공구
YT15	5	A02-B02-I04-C02-η 04	마무리 도구

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 4499-3:2016 "초경합금 - 미세조직 검사 3부: 기공률, 개재물, 유리탄소 및 η 상 평가"는 초경합금 미세조직 결함 평가를 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 금속현미경 관찰 및 표준도표 등급 분류를 통해 결과의 정확성과 비교성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금 품질 관리에 도움이 되고 절삭 공구 및 광산 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공합니다.

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 4499-2:2008 초경합금

— 미세구조 검사

2부: 입자 크기 결정 방법

1 범위

본 표준은 금속 현미경과 선형 단면법 또는 계획 단면법을 결합하여 초경합금 미세조직에서 텅스텐 카바이드(WC)의 결정립 크기를 측정하는 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC). 이 표준은 코발트가 아닌 초경합금이나 기타 비초경합금 재료에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:1983 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

입자 크기: 시멘트 카바이드에서 텅스텐 카바이드(WC) 입자의 평균 직경으로, 일반적으로 마이크론 (μm) 단위로 측정합니다.

선형 단면법: 평균 입자 크기는 현미경 시야에서 직선으로 WC 입자의 단면 직경을 측정하여 계산합니다.

계획 단면법: 현미경 시야에서 여러 개의 WC 입자의 단면적을 측정하여 평균 입자 크기를 계산합니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4. 결정원리

WC 탄화물 결정립 크기는 금속현미경 관찰을 기반으로 선형 단면법 또는 계획 단면법을 이용하여 측정합니다. 선형 단면법은 현미경 시야 내 직선상에서 결정립의 단면 직경을 측정하고 평균값을 통계적으로 계산합니다. 계획 단면법은 결정립의 단면적을 측정하고 기하학적 모델과 결합하여 평균 결정립 크기를 추정합니다. 두 방법 모두 ISO 4499-1:2006의 일반 지침에 따라 표면이 평평하고 오염이 없는 고품질 시편을 준비해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 측정 장비

5.1 금속현미경

배율: 입자 크기를 측정하기 위해 200×, 500×, 1000×, 500×가 권장됩니다.
WC 결정립계를 구별하기 위한 편광 및 차등 간섭 대비(DIC) 기능을 갖추고 있습니다.

분해능: $<0.2 \mu m$.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $<0.5 mm$, 냉각 시스템 장착.

장착 기계: 핫프레스 장착, 온도 $<150^{\circ} C$, 압력 20-30 MPa.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

초음파 세척기: 주파수 40kHz, 샘플을 세척하는 데 사용됨.

5.3 측정 도구

현미경 접안렌즈 마이크로미터: 눈금 값 0.01 mm, 정확도 $\pm 0.001 mm$.

이미지 분석 소프트웨어: 정확도 $\pm 0.1 \mu m$ 로 결정립 경계 인식 및 면적 계산을 지원합니다.

5.4 환경 관리

온도: $10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$, 권장 온도는 $20 \pm 2^{\circ} C$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기: $10 \times 10 \times 5 mm$.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005 에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우($>0.5 \mu m$) 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 장착

시편은 절단 폭이 $<0.5 mm$ 이고 냉각수로 에탄올이나 물을 사용하는 저속 정밀 절단기를 사용하여 절단했습니다.

핫프레스 장착, 온도 $<150^{\circ} C$, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분.

6.4 시편의 연삭 및 연마

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$.

연마 : $0.25 \mu m$ 알루미늄 산화물 연마 페이스트를 사용하고, 연마포 속도는 300 r/min, 표면 거칠기 $Ra < 0.02 \mu m$ 입니다.

6.5 샘플 세척 및 예칭

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

Murakumi 시약($10g K_3[Fe(CN)_6] + 10g KOH + 100mL H_2O$)을 사용하여 표면을 5~10 초 동안 가볍게 예칭했습니다.

씻어서 말린 후 건조기에 보관하세요.

7 가지 측정 단계

7.1 장비 교정

금속현미경의 배율을 편차 $< \pm 1\%$ 로 보정합니다.
를 $\pm 0.1 \mu m$ 의 정확도로 교정합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 2^\circ C$ 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 입자 크기 결정

선형 단면 방법:

현미경 시야에 총 길이가 $\geq 500 \mu m$ 인 3~5 개의 평행 직선을 그립니다.

각 직선상의 WC 입자의 단면 직경을 측정하였으며, 100~200 개의 입자가 확인되었다.

평균 입자 크기를 계산하세요:

$$d = \frac{\sum d_i}{n}$$

여기서 d_i 는 단일 입자의 직경이고 n 은 입자의 수입니다.

계획된 횡단면 방법:

현미경 시야에서 무작위로 5 개의 영역을 선택하고 100 ~200 개 입자의 단면적을 측정했습니다.

이미지 분석 소프트웨어를 사용하여 평균 면적을 계산하고 이를 동등한 직경으로 변환합니다.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

그 중 A A 에이 곡물의 단면적이예요.

는 $< \pm 0.2 \mu m$ 의 편차로 기록되었습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.4 결과 계산

3~5 개 샘플의 평균 입자 크기를 구하고 표준 편차를 계산합니다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

편차 $\pm 0.5 \mu\text{m}$, 표준 편차 <math>< 0.3 \mu\text{m}</math> .

8 측정 결과 평가

8.1 입자 크기 범위

시멘트 카바이드 WC 입자 크기 범위는 등급에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 0.8-1.2 μm , 고 인성 공구에 적합함.

YG8(8% Co): 1.0-1.5 μm , 절단에 적합함 .

YT15(5% Co + TiC) : 0.6-1.0 μm , 공구 마감 에 적합합니다.

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 경우 $\pm 0.5 \mu\text{m}$인 경우 재검사가 필요합니다.

입자 크기가 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(예: 원료 입자 크기 불균일, 소결 온도 초과).

8.3 영향 요인 분석

원료 입자 크기: WC 원료 입자 크기가 2 μm 이상일 경우 더 큰 입자 크기(> 1.5 μm)가 생성 될 수 있습니다 .

소결 온도: 온도 > 1450° C 또는 유지 시간 > 1h은 입자 성장(> 0.5 μm) 을 초래할 수 있습니다 .

μm) 가 발생할 수 있습니다 .

Co 함량: Co 함량 변동 > $\pm 0.5\%$ 는 입자 성장 균일성에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 배율(500 배), 측정 방법(선형 또는 계획), 주변 온도(10° C~35° C), 습도(30%~70%).

시험 결과: 각 시편의 입자 크기, 평균, 표준 편차 및 변화.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드 입자 크기의 기준 값

상표	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	0.8-1.2	광산 드릴 비트

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상표	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	일반적인 응용 프로그램
YG8	8	1.0-1.5	절삭 공구
YT15	5	0.6-1.0	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02\text{ mm/m}$.

요약하다

ISO 4499-2:2008 "초경합금 - 미세조직 검사 2부: 입자 크기 측정 방법"은 초경합금 WC 입자 크기 측정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 선형 단면법 또는 계획 단면법을 통해 측정 결과의 정확성과 비교성을 보장합니다. 이 표준을 구현하면 초경합금 소재의 성능을 최적화하고 절삭 공구 및 광산 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 기술 지원을 제공하는 데 도움이 됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY 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 4499-1:2006 초경합금

— 미세구조 검사

1 부: 일반 지침

1 범위

본 표준은 초경합금의 미세조직 검사에 대한 일반 지침을 제공하며, 여기에는 시료 준비의 기본 원리, 현미경 관찰 방법 및 결합 평가가 포함됩니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, 그리고 TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC). 이 표준은 ISO 4499 표준 시리즈의 기초이며, 자세한 측정 방법(예: 입자 크기, 결합 평가)은 후속 부분(예: ISO 4499-2)에 명시되어 있습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:1983 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:1983 과 다음 용어 및 정의를 채택합니다.

미세구조: 확대 관찰을 통해 관찰한 시멘트 카바이드의 미세구조로, WC 입자, Co 결합상 및 결합이 포함됩니다.

결합: 기공, 개재물, 유리 탄소 및 에타상과 같은 미세 구조의 비정상적인 특징입니다.

금속조직 시편: 절단, 연삭, 연마 및 에칭을 통해 미세한 관찰을 위해 준비된 시멘트 카바이드 샘플입니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4 검사 원칙

초경합금의 미세조직 검사는 금속현미경 관찰을 기반으로 하며, 시료 준비 및 적절한 에칭 기술을 결합하여 WC 입자, Co 상 및 결합의 분포와 형태를 파악합니다. 검사 과정은 시료 준비, 현미경 관찰 및 결과 기록으로 구성되며, 결과의 재현성과 비교성을 보장하기 위해 표준화된 절차에 따라 진행됩니다. 결합 평가 및 입자 크기 측정과 같은 구체적인 방법은 후속 표준에 자세히 설명되어 있습니다.

5. 검사 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 금속현미경

배율: 정기적 관찰에는 50×, 100×, 200×, 500×, 200×가 권장됩니다.

다양한 위상과 결함을 구별하기 위한 명시야, 암시야 및 편광 기능을 갖추고 있습니다.

분해능: $<0.5 \mu m$.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절단 폭 $<0.5 mm$, 냉각 시스템 장착.

장착 기계: 핫프레스 장착, 온도 $<150^{\circ} C$, 압력 20-30 MPa.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

초음파 세척기: 주파수 40kHz, 샘플을 세척하는 데 사용됨.

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 $\pm 0.02mm$, 샘플 크기 측정에 사용됨.

접안렌즈 마이크로미터: 눈금 값 0.01mm, 정확도 $\pm 0.001mm$.

5.4 환경 관리

온도: $10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$, 권장 온도는 $20 \pm 2^{\circ} C$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기: $10 \times 10 \times 5 mm$.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 산화층이 없어야 합니다.

시편은 ISO 3847:2005에 따라 준비되어야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3개 이상이어야 합니다.

결과에 큰 편차가 있는 경우 샘플 수를 5개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 장착

시편은 절단 폭이 $<0.5 mm$ 인 저속 정밀 커터와 냉각수로 에탄올이나 물을 사용하여 절단했습니다.

핫프레스 장착, 온도 $<150^{\circ} C$, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분.

6.4 시편의 연삭 및 연마

거친 연마: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연마 : 0.25 μm 알루미늄 산화물 연마 페이스트를 사용하고, 연마포 속도는 300 r/min, 표면 거칠기 Ra <0.02 μm 입니다 .

6.5 샘플 세척 및 에칭

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

WC 입자와 위상차를 강화하기 위해 Murakumi 시약(10g $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ + 10g KOH + 100mL H_2O)을 사용하여 5~10 초 동안 표면을 가볍게 에칭했습니다 .

다시 씻어서 말린 후 건조기에 보관하세요.

7 검사 단계

7.1 장비 교정

금속현미경의 배율을 편차 < $\pm 1\%$ 로 보정합니다.

조명 시스템을 보정하여 색상 차이 없이 균일한 광원을 확보합니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20 \pm 2° C입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 50 \pm 10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 현미경 관찰

샘플을 금속현미경의 스테이지에 올려놓고 초점을 조정한 후 배율을 200 배로 선택합니다.

약 0.5 mm²의 시야 면적을 갖는 최소 5 개 시야에서 샘플 표면을 관찰합니다 .

명시야는 WC 입자와 Co 상을 관찰하는 데 사용되었고, 편광광은 결함(예: 유리 탄소)을 관찰하는 데 사용되었습니다.

7.4 결과 기록

WC 입자 크기, Co 상 분포, 결함 유형을 포함한 각 시야의 미세 구조적 특성이 기록되었습니다.

이후 분석 및 보고를 위해 현미경 사진(해상도 ≥ 5 MP)을 촬영합니다.

8 시험 결과 평가

8.1 미세구조적 특성의 범위

WC 입자 크기: 0.5-2.0 μm (품위에 따라 다름).

공동상 함량: 5%-15% (중량 백분율).

결함: 기공, 내포물, 유리 탄소 및 η 상의 수준은 기술적 요구 사항을 충족해야 합니다(ISO 4499-2 참조).

8.2 편차 평가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 개 시야의 미세구조 특성의 일관성 편차는 $\pm 10\%$ 였으며, 그렇지 않은 경우 재관찰이 필요했습니다.

미세구조가 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(예: 비정상적인 소결 공정 매개변수).

8.3 영향 요인 분석

시편 준비: 연마가 불충분하거나($Ra > 0.1 \mu m$) 에칭 이 과도하면 결함이 가려질 수 있습니다.

관찰 조건: 불균일한 광원이나 부적절한 배율로 인해 결정립 경계가 흐릿해질 수 있습니다.

재료 구성: Co 함량 변동 $> \pm 0.5\%$ 또는 통제되지 않은 탄소 함량은 미세 구조에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 배율(200 배), 관찰 방법, 주변 온도($10^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$), 습도(30%~70%).

시험 결과: 미세 구조적 특성 분석, 사진 기록 및 예비 결함 관찰.

평가 결론: 예비 기술 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 미세조직 특성에 대한 참조 값

상표	Co 함량 (중량 %)	WC 입자 크기 (μm)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	0.8-1.2	광산 드릴 비트
YG8	8	1.0-1.5	절삭 공구
YT15	5	0.6-1.0	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$, 권장 온도는 $20 \pm 2^{\circ}C$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

요약하다

ISO 4499-1:2006 "초경합금 - 미세조직 검사 1 부: 일반 지침"은 초경합금 미세조직 검사에 대한 국제적인 프레임워크를 제공하며, 표준화된 시료 준비 및 관찰 방법을 통해 검사 결과의 재현성과 비교성을 보장합니다. 이 표준을 구현함으로써 후속적인 특정 측정(예: 입자 크기, 결함 평가)의 기반을 마련하고 초경합금 소재의 성능 최적화 및 품질 관리를 지원합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3847:2005 초경합금

샘플 준비 방법

1 범위

본 표준은 절삭, 인레이, 연삭, 연마 및 세척을 포함한 초경합금 시편의 제조 방법을 규정하며, 후속 성능 시험(굽힘 강도, 경도 등) 또는 미세 조직 검사에 적합합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC). 이 표준은 코발트가 아닌 초경합금이나 기타 비초경합금 재료에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조함으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 해당 날짜의 버전이 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.
ISO 3850:1983 초경합금 용어

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3850:1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

시험편: 성능 시험이나 현미경 관찰을 위해 절단 및 기계 가공을 통해 준비한 시멘트 카바이드 샘플입니다.

장착: 시편을 수지나 금속 재료에 삽입하여 이후의 연마, 연마 및 관찰을 용이하게 합니다.

연삭 및 광택 처리: 연삭 및 광택 처리를 통해 샘플의 표면 결함을 제거하여 매끄러운 표면을 얻습니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

4 준비 원리

초경합금 시편의 준비는 후속 시험이나 현미경 관찰에 적합한 평평하고 손상되지 않은 표면을 얻는 것을 목표로 합니다. 준비 과정에는 적절한 크기를 얻기 위한 시편 절단, 모서리 보호를 위한 마운팅, 표면 결함 제거를 위한 연삭 및 연마, 그리고 잔류물 제거를 위한 세척이 포함됩니다. 준비 과정에서는 열 또는 기계적 응력으로 인한 시편의 미세 구조 변화가 발생하지 않도록 해야 합니다.

5. 준비 장비

5.1 절단 장비

저속 정밀 절단기: 절단 폭 < 0.5 mm, 냉각 시스템(물이나 에탄올 등) 장착.

절단 휠: 입자 크기 120-240#, 두께 0.5-1.0 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 장착 장비

핫프레스 장착기: 온도 <math><150^{\circ}\text{C}</math>, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분.

수지 또는 금속 인레이 재료: 열가소성 수지(페놀 수지 등) 또는 저융점 금속(주석-납 합금 등).

5.3 연삭 및 연마 장비

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 600#, 1200#, 2500# 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

연마액: 0.25 μm 알루미나 현탁액 또는 1 μm 다이아몬드 연마 페이스트.

5.4 청소 장비

초음파 세척기: 주파수 40kHz, 전력 100-200W.

세척제: 무수 에탄올 또는 아세톤.

5.5 환경 관리

온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기는 직경 $10 \times 10 \times 5\text{mm}$ 또는 10mm , 높이 5mm 입니다.

시편 표면에는 눈에 띄는 균열, 탄 자국 또는 산화층이 없어야 합니다.

시험편은 재료 배치의 균질성을 대표해야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

후속 테스트에서 더 높은 정확도가 요구되면 숫자를 5로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단

시편은 절삭 속도가 $<0.1\text{ mm/s}$ 인 저속 정밀 절삭 기계를 사용하여 절단되었으며, 냉각수로는 에탄올이나 물을 사용했습니다.

절단 방향은 재료 적층 표면에 수직이며, 절단 폭은 $<0.5\text{mm}$ 입니다.

6.4 시편 장착

샘플을 인레이 몰드에 넣고 열가소성 수지나 저융점 금속을 첨가합니다.

열간프레스 장착, 온도 $<150^{\circ}\text{C}$, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분, 시편 가장자리가 손상되지 않았는지 확인합니다.

6.5 시편의 연삭 및 연마

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

거친 연삭: 600# 또는 1200# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거하고 5-10N의 압력을 가합니다.

미세연마: 2500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$.

연마: $0.25 \mu m$ 알루미나 연마액을 사용하고, 연마포 속도 300 r/min, 표면 거칠기 $Ra < 0.02 \mu m$, 연마 시간 5-10 분.

6.6 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 준비 단계

7.1 장비 교정

절단기 속도를 교정하면 편차는 $< \pm 5\%$ 입니다.

연삭 및 연마 기계의 속도와 압력을 보정합니다. 편차는 $\pm 2\%$ 이내입니다.

장착 장비의 온도와 압력을 확인하고 편차가 $< \pm 1^\circ C$ 및 $\pm 1 MPa$ 인지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 2^\circ C$ 입니다.

상대 습도: 30%-70%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 작업 프로세스

6.3-6.6 절의 순서대로 샘플 절단, 장착, 연삭, 연마 및 세척을 완료하세요.

각 단계마다 시편 표면의 품질을 점검하고 이상 징후(균열, 화상 등)를 기록합니다.

7.4 결과 확인

표면 거칠기: $Ra < 0.02 \mu m$.

표면 평탄도: 편차 $< 0.01 mm$.

눈에 띄는 금힘이나 오염이 없습니다.

8 준비 결과 평가

8.1 표면 품질 범위

시편 표면에는 눈에 띄는 균열, 화상 또는 산화층이 없어야 합니다.

거칠기 $Ra < 0.02 \mu m$, 평탄도 편차 $< 0.01 mm$.

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 경우 $< \pm 10\%$ 이며, 그렇지 않은 경우 재준비가 필요합니다.

표면 품질이 요구 사항을 충족하지 못하는 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(절삭 속도가 너무 빠르거나 연마 시간이 부족함 등).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.3 영향 요인 분석

절단: 절단 속도가 0.1mm/s 를 초과하거나 냉각이 불충분하면 균열(> 0.05mm)이 발생할 수 있습니다.

장착: 온도 >150° C 또는 압력 <20 MPa 에서는 시편 변형(>0.1 mm)이 발생할 수 있습니다.

μ m) 가 발생할 수 있습니다 .

세척: 세척제 잔여물이 있거나 건조가 불충분하면 오염(눈에 보이는 입자 > 0.01mm)이 발생할 수 있습니다.

9. 보고서 준비

보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 초기 크기.

준비 조건: 장비 모델, 절삭 속도(<0.1 mm/s), 장착 온도(<150° C), 연삭 및 연마 매개변수, 주변 온도(10° C~35° C), 습도(30%~70%).

준비 결과: 표면 거칠기(Ra <0.02 μ m) , 평탄도 편차(<0.01 mm), 비정상 기록 .

평가 결론: 후속 테스트의 요구 사항을 충족하는지 여부.

작성일자 및 운영자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드 시편 준비 매개변수의 참조 값

상표	Co (중량 %)	함량	샘플 크기(mm)	표면 거칠기(Ra, μ m)	일반적인 프로그램	응용
YG6	6		10×10×5	<0.02	광산 드릴 비트	
YG8	8		10×10×5	<0.02	절삭 공구	
YT15	5		10×10×5	<0.02	마무리 도구	

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 3847:2005 "초경합금 시편 준비 방법"은 초경합금 시편 준비를 위한 국제 표준 절차를 제공합니다. 표준화된 절단, 장착, 연삭, 연마 및 세척 단계를 통해 시편의 표면 품질이 후속 성능 시험 또는 미세 구조 검사 요건을 충족하도록 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금 재료의 성능 평가 및 품질 관리를 위한 신뢰할 수 있는 기술적 기반을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3850:2018 초경합금 용어

1 범위

본 표준은 초경합금 및 관련 재료의 용어와 정의를 정의하며, 재료 구성, 제조 공정, 미세 구조, 성능 시험 및 적용 분야를 다룹니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni) 또는 철(Fe)을 결합상으로 하는 초경합금, TaC와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. 티씨, NbC, VC). 이 표준은 초경합금 표준화 시리즈(예: ISO 4499, ISO 3847)의 기초이며 국제 무역, 연구 및 산업 분야에 적합합니다.

2 규범적 참조

이 표준은 다른 표준을 직접 참조하지 않지만, 시멘트 카바이드 표준화 시리즈의 일부로 다음 표준과 관련이 있습니다.

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

참고: 이 표준에는 참조된 문서의 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

3 용어 및 정의

다음은 ISO 3850:2018 에 정의된 카바이드 관련 용어이며, 범주별로 분류되어 있습니다.

3.1 재료 구성

3.1.1 하드 단계

텅스텐 카바이드(WC): 초경합금의 주요 경질 성분인 카바이드는 화학식 WC 를 가지며 높은 경도와 내마모성을 가지고 있습니다.

다른 탄화물: 탄탈륨 탄화물 (TaC), 티타늄 탄화물 (TiC), 니오븀 탄화물 (NbC), 바나듐 탄화물 (VC)은 경질상의 보조 성분으로 사용됩니다.

3.1.2 결합 단계

코발트(Co): 시멘트 카바이드에서 흔히 사용되는 결합 금속으로, 일반적으로 중량 기준으로 상 함량이 5~15%로, 인성과 결합 강도를 제공합니다.

니켈(Ni): 결합상을 대체하는 금속으로, 내식성 환경에 적합합니다.

철(Fe): 소량으로 존재하는 결합상 성분이며 종종 합금 원소로 사용됩니다.

3.1.3 불순물

자유 탄소: 금속과 화합물을 형성하지 않고 흑연의 형태로 존재하는 탄소.

η 상: 탄소 함량이 부족하여 형성된 취성상(W₃Co₃C, Co₆W₆C 등)입니다.

3.2 준비 과정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2.1 분말야금

초경합금의 제조 공정은 분말을 혼합, 압축, 소결하여 제조됩니다.

3.2.2 소결

고온(1300°C-1500°C)에서 분말 입자를 결합하는 공정은 진공소결과 저온소결로 나눌 수 있습니다.

3.2.3 열간 등압 성형(HIP)

고온, 고압에서 기공을 제거하기 위한 후속 처리 공정입니다.

3.3 미세구조

3.3.1 곡물

초경합금의 WC 미세입자는 일반적으로 크기가 0.5~5.0 μm 이다 .

3.3.2 다공성

미세구조 내의 기공 또는 공극은 Type A (<10 μm) 와 Type B (10-25 μm) 로 구분된다 .

3.3.3 포함 사항

비금속 불순물(산화물 및 황화물 등)은 입자 형태로 존재합니다.

3.4 성능 테스트

3.4.1 굽힘 강도

시편이 3점 또는 4점 굽힘 시험에서 견딜 수 있는 최대 응력(MPa)입니다.

3.4.2 경도

시멘트 카바이드의 침입 저항성은 일반적으로 로크웰 경도(HRA) 또는 비커스 경도(HV)로 표현됩니다.

3.4.3 파괴인성

재료가 균열 성장에 저항하는 능력은 응력 강도 계수 K_{IC} K_{IC}로 표현되며 단위는 MPa·m^{1/2}입니다.

3.5 적용 분야

3.5.1 절삭 공구

카바이드는 금속, 목재 또는 복합 재료를 가공하는 절삭 공구에 사용됩니다.

3.5.2 내마모성 부품

예를 들어, 광산용 드릴 비트와 스탬핑 다이는 시멘트 카바이드의 높은 내마모성에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

의존합니다.

3.5.3 군사적 응용

시멘트 카바이드는 갑옷 관통 코어나 갑옷 재료를 만드는 데 사용됩니다.

용어 사용의 4가지 원칙

모호성을 피하기 위해 관련 표준이나 기술 문서에서는 용어가 일관성을 유지해야 합니다.

μm (마이크로미터), MPa(메가파스칼) 와 같이 국제단위계(SI)를 따릅니다 .

용어를 정의할 때는 표준 용어를 먼저 사용해야 합니다. 해당 정의가 없는 경우, 업계 관행을 참고할 수 있습니다.

5가지 용어 예시

다음은 이러한 용어 중 일부가 실제로 어떻게 사용되는지에 대한 몇 가지 예입니다.

입자 크기: YG6 등급 초경합금의 WC 입자 크기는 0.8-1.2 μm 입니다 .

소결 온도: YT15 등급 초경합금의 일반적인 소결 온도는 1400° C-1450° C 입니다.

굽힘 강도: YG8 등급 초경합금의 굽힘 강도는 1800~2200 MPa 입니다.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드 용어 적용 기준 값

상표	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	굽힘 강도(MPa)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	0.8-1.2	2000-2500	광산 드릴 비트
YG8	8	1.0-1.5	1800-2200	절삭 공구
YT15	5	0.6-1.0	1300-1600	마무리 도구

부록 B (정보 부록) 용어 개발 역사

ISO 3850 은 1983 년에 처음 발행되었으며 주로 초경합금의 기본 용어를 정의합니다.

2018 년 개정판에서는 결합 단계의 정의를 업데이트하고(Ni 및 Fe 추가), 군사적 적용 용어를 추가했으며, 준비 과정 설명을 최적화했습니다.

요약하다

ISO 3850:2018 "초경합금 용어"는 초경합금 분야의 국제 표준화를 위한 통일된 용어 기반을 제공하며, 재료 구성, 제조 공정, 미세 구조, 성능 시험 및 응용 분야를 포괄합니다. 이 표준의 시행은 전 세계 초경합금 산업의 기술 교류 및 품질 관리를 촉진하고, 후속 표준 (예: ISO 4499 및 ISO 3847)의 적용을 위한 언어적 및 개념적 기반을 마련합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3850:2018 경금속
- 어휘

1 범위

초경합금 및 관련 재료와 관련된 용어와 정의를 정의하며, 재료 구성, 제조 공정, 미세 구조, 성능 시험 및 응용 분야를 다룹니다. 이 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni) 또는 철(Fe)을 결합상으로 하는 초경합금에 적용되며, 추가 탄화물(예: TaC)을 포함하는 초경합금에도 적용됩니다. 티씨, NbC, VC). 이는 경금속 표준화 시리즈(예: ISO 4499, ISO 3847)의 기본 어휘로 사용되며 국제 무역, 연구 및 산업 분야에서 사용하도록 의도되었습니다.

2 규범적 참조

이 표준은 다른 표준을 직접 참조하지 않지만 하드메탈 표준화 시리즈의 일부이며 다음 사항과 관련이 있습니다.

ISO 4499-1:2006 경금속 - 미세구조의 금속학적 결정 - 제 1 부: 일반 지침

ISO 3847:2005 경금속 - 샘플 준비 방법 결정

참고: 참조된 문서의 최신 버전(수정 사항 포함)이 적용됩니다.

3 용어 및 정의

다음 용어와 정의는 ISO 3850:2018에 따라 주제 영역별로 분류되어 있습니다.

3.1 재료 구성

3.1.1 하드 페이즈

텅스텐 카바이드(WC)

경금속의 주요 경질 성분으로 화학식은 WC이며, 높은 경도와 내마모성이 특징입니다.

기타 카바이드

탄탈륨 카바이드 (TaC), 티타늄 카바이드 (TiC), 니오븀 카바이드 (NbC), 바나듐 카바이드(VC) 등이 보조 경질상으로 사용된다.

3.1.2 바인더 단계

코발트(Co)

경금속에 흔히 사용되는 바인더 금속은 일반적으로 중량 기준으로 5~15% 범위이며, 인성과 접합 강도를 제공합니다.

니켈(Ni)

부식 방지 환경에 적합한 대체 바인더 금속입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

철(Fe)

종종 합금 원소로 사용되는 소량의 결합제 상 성분입니다.

3.1.3 불순물

자유 탄소

금속과 결합하지 않고 흑연 형태로 존재하는 탄소.

에타상(η -phase)

탄소 결핍으로 인해 형성된 취성상(예: W_3Co_3C 또는 Co_6W_6C).

3.2 제조 공정

3.2.1 분말야금

, 압착, 소결을 포함하는 경금속 제조 공정입니다 .

3.2.2 소결

진공소결, 저온소결을 포함하여 고온($1300^{\circ}C \sim 1500^{\circ}C$)에서 분말 입자를 결합하는 공정입니다.

3.2.3 열간 등압 성형(HIP)

고온, 고압 하에서 기공을 제거하기 위한 후처리 공정입니다.

3.3 미세구조

3.3.1 곡물

경금속 내의 WC 의 미세한 입자는 일반적으로 크기가 $0.5 \sim 5.0 \mu m$ 입니다 .

3.3.2 다공성

미세구조 내의 가스 기공 또는 공극은 A 형($<10 \mu m$) 및 B 형($10-25 \mu m$) 으로 분류됩니다 .

3.3.3 포함 사항

비금속 불순물(예 : 산화물, 황화물)은 경금속 에 입자로 존재합니다 .

3.4 성능 테스트

3.4.1 횡파단강도

3 점 또는 4 점 굽힘 시험에서 시편이 견딜 수 있는 최대 응력이며, MPa 단위로 측정합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.4.2 경도

경금속의 압입 저항성은 일반적으로 Rockwell A(HRA) 또는 Vickers(HV) 척도를 사용하여 측정합니다.

3.4.3 파괴인성:

균열 전파를 저항하는 재료의 능력은 응력 강도 계수 (K) 로 표현됩니다. \sqrt{IC}), MPa·m 단위 $^{1/2}$.

3.5 응용 분야

3.5.1 절삭 공구

금속, 목재 또는 복합소재를 가공하는 데 사용되는 경금속.

3.5.2 마모 부품

경금속의 높은 내마모성을 활용합니다.

3.5.3 군사적 응용

갑옷을 관통하는 발사체나 갑옷 소재에 사용되는 단단한 금속입니다.

용어 사용의 4가지 원칙

모호성을 피하기 위해 관련 표준이나 기술 문서 내에서는 용어를 일관되게 사용해야 합니다.

기호와 단위는 국제단위계(SI)를 준수해야 합니다. 예 : μm (마이크로미터), MPa (메가파스칼)

표준 정의가 없는 경우 업계 관례를 참조할 수 있습니다.

용어 사용의 5가지 예

다음은 실제 응용 분야에서 사용되는 용어의 예입니다.

입자 크기

경금속의 WC 입자 크기는 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 입니다.

소결 온도

경금속의 일반적인 소결 온도는 1400°C 에서 1450°C 입니다.

횡파단 강도

경금속의 횡파단 강도는 $1800 \sim 2200\text{MPa}$ 입니다.

부록 A (정보) 일반적인 경금속 용어 적용 기준 값

등급	Co 함량 (중량 %)	입자 크기 (μm)	횡파단강도 (MPa)	일반적인 응용 프로그램
----	--------------	-------------------------	-------------	--------------

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG6	6	0.8-1.2	2000-2500	광산 드릴 비트
YG8	8	1.0-1.5	1800-2200	절삭 공구
YT15	5	0.6-1.0	1300-1600	정밀 절삭 공구

부록 B (정보) 용어의 역사적 발전

ISO 3850 은 1983 년에 처음 발행되었으며, 주로 기본적인 경금속 용어를 정의했습니다.

2018 년 개정판에서는 바인더 상 정의를 업데이트(Ni 및 Fe 추가)하고, 군사적 적용 용어를 도입했으며, 제조 공정 설명을 세부화했습니다.

요약

ISO 3850:2018 " 경금속 - 용어집"은 재료 구성, 제조 공정, 미세 구조, 성능 시험 및 응용 분야를 포괄하는 경금속 산업을 위한 표준화된 용어 기반을 제공합니다. 이 표준을 구현하면 ISO 4499 및 ISO 3847 과 같은 후속 표준을 지원하여 글로벌 기술 커뮤니케이션 및 품질 관리를 용이하게 할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 4295-2008 초경합금
미세조직 결합 평가 방법

1 범위

본 표준은 금속현미경 관찰을 이용하여 기공, 개재물, 유리 탄소, η 상 등의 결합을 관찰하고 평가하는 절차를 포함하여 초경합금의 미세조직 결합 평가 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주경상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금, TaC 등 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에 적용됩니다. TiC, VC. 이 표준은 코발트가 아닌 초경합금이나 기타 복합재료에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3847-2005 시멘트 카바이드 시편 제조 방법

GB/T 3850-1983 초경합금 용어

GB/T 3489-2005 시멘트 카바이드의 금속조직 평가 방법

GB/T 3848-2001 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 GB/T 3850-1983 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

기공률 : 시멘트 카바이드 미세구조 내의 기공 또는 공동으로, A형(직경 $<10\ \mu\text{m}$)과 B형(직경 $10\text{--}25\ \mu\text{m}$)으로 구분된다.

포함물 : 시멘트 카바이드에 존재하는 비금속 불순물(산화물 및 황화물 등)로, 일반적으로 입자 형태입니다.

자유 탄소 : 금속과 화합물을 형성하지 않는 시멘트 카바이드 내의 탄소는 흑연의 형태로 존재하며, 코드명은 C이다.

η 상 : 탄소 함량이 부족하여 시멘트 카바이드에 형성되는 취성상(예: $\text{W}_3\text{Co}_3\text{C}$), 코드명은 η 입니다.

초경합금 : 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료입니다.

4 가지 평가 원칙

초경합금 미세조직 결합 평가는 금속현미경 관찰법을 채택하며, 기공, 개재물, 유리탄소 및 η 상의 종류와 정도는 시료 준비, 연마, 현미경 관찰을 통해 평가하고 표준 도해와 비교합니다. 결합 평가 및 분류는 결합의 크기, 개수 및 분포를 기반으로 하며, 표준 도해(부록 A)를 사용하여 결합 수준을 정량적 또는 정성적으로 비교합니다.

5. 평가 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 금속현미경

배율: 정기적 관찰에는 100×, 200×, 500×, 200×가 권장됩니다.

자유탄소와 η 상을 구별하기 위한 편광기능을 탑재하였습니다.

분해능: $<0.5 \mu\text{m}$.

5.2 샘플 준비 장비

절단기: 저속 정밀 절단, 절개 너비 $<0.5 \text{ mm}$.

장착 기계: 핫프레스 장착, 온도 $<150^\circ\text{C}$, 구조적 변화를 피하기 위해.

연삭 및 광택 기계: 속도 300-600 r/min, 다이아몬드 사포와 광택 천 장착.

초음파 세척기: 주파수 40kHz, 샘플을 세척하는 데 사용됨.

5.3 보조 장비

버니어 캘리퍼스: 정확도 $\pm 0.02\text{mm}$, 샘플 크기 측정에 사용됨.

미소경도 시험기: 선택 사항으로, η 상 경도($>\text{HRC } 70$) 분석을 보조하는 데 사용됩니다.

5.4 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

샘플 모양: 직사각형 또는 원통형, 권장 크기: $10 \times 10 \times 5 \text{ mm}$.

시편의 표면은 평평해야 하며 균열이나 산화층이 없어야 합니다.

시편은 GB/T 3847-2005의 준비 요구 사항을 준수해야 합니다.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우(>1 레벨) 샘플 수를 5개로 늘려야 합니다.

6.3 시편 절단 및 장착

시편은 절단 폭이 $<0.5 \text{ mm}$ 이고 냉각수로 물을 사용하는 저속 정밀 절단기를 사용하여 절단되었습니다.

핫프레스 장착, 온도 $<150^\circ\text{C}$, 압력 20-30 MPa, 시간 5-10 분.

6.4 시편의 연삭 및 연마

거친 연마: 120#, 240#, 600# 다이아몬드 사포를 사용하여 점차적으로 절단 자국을 제거합니다.

미세연마: 1000#, 1500# 사포를 사용하고, 표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu\text{m}$.

연마: $1 \mu\text{m}$ 다이아몬드 연마 페이스트를 사용하고, 연마포 속도 300 r/min, 표면

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

거칠기 Ra <0.05 μm 를 사용합니다 .

6.5 샘플 세척

무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 세척한 후, 초음파 세척을 5 분간 실시합니다(주파수 40kHz).

건조 후에는 산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.

7 가지 평가 단계

7.1 장비 교정

금속현미경의 배율을 편차 < $\pm 1\%$ 로 보정합니다.

조명 시스템을 점검하여 광원이 균일하고 색상 차이가 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 현미경 관찰

샘플을 금속현미경의 스테이지에 올려놓고 초점을 조정한 후 배율을 200 배로 선택합니다.

약 0.5 mm^2 의 시야 면적을 갖는 최소 5 개 시야에서 샘플 표면을 관찰합니다 .

기공, 내포물, 유리 탄소 및 에타상의 분포와 형태를 기록하고 표준 스펙트럼(부록 A)과 비교합니다.

7.4 결함 평가

다공성 평가 :

A형 기공(< $10 \mu\text{m}$) :

수량에 따른 등급: A00(기공 없음), A02(<10 개/ mm^2), A04(10-20 개/ mm^2), A06(20-30 개/ mm^2), A08(>30 개/ mm^2) .
($10-25 \mu\text{m}$) :

수량에 따른 등급: B00(기공 없음), B02(<5 개/ mm^2), B04(5-10 개/ mm^2), B06(10-15 개/ mm^2), B08(>15 개/ mm^2) .

포괄 평가 :

이 매겨짐: I00(포함물 없음), I02(<5 개/ mm^2 , < $10 \mu\text{m}$), I04 (5-10 개 / mm^2 , $10-20 \mu\text{m}$), I06(>10 개/ mm^2 , > $20 \mu\text{m}$) .

무료 탄소 평가 :

면적 백분율에 따라 평가됨: C00(자유탄소 없음), C02(<0.5%), C04(0.5%-1.0%), C06(1.0%-1.5%), C08(>1.5%) .

η 단계 평가 :

면적 백분율에 따른 평가: $\eta 00$ (η 상 없음), $\eta 02$ (<0.5%), $\eta 04$ (0.5%-1.0%), $\eta 06$ (1.0%-1.5%), $\eta 08$ (>1.5%).

7.5 결과 기록

각 시야에 대한 결함 등급을 기록하고 평균을 계산하여 시편의 최종 결함 등급을 결정합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

편차 평가: 5 개 시야의 편차가 ± 1 수준인 경우, 재관찰이 필요합니다.

8 평가 결과의 평가

8.1 결함 수준 범위

시멘트 카바이드의 미세 구조 결함 수준은 등급과 용도에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): A02-B02-I02-C02- η 02, 광산 드릴 비트에 적합합니다.

YG8(8% Co): A04-B04-I02-C04- η 02, 절삭공구에 적합합니다.

YT15(5% Co + TiC): A02-B02-I04-C02- η 04, 마무리 공구에 적합합니다.

8.2 편차 평가

5 개 시야 가 ± 1 등급이면 재검사가 필요합니다.

결함 수준이 기술적 요구 사항을 초과하는 경우 원인을 분석해야 합니다(예: 소결 온도가 너무 높음, 탄소 함량이 제어 불가능함).

8.3 영향 요인 분석

다공성: 소결 진공이 부족하면(<10 Pa) 다공성($>A04$)이 증가합니다.

내포물: 원료 순도가 낮으면(불순물 $> 0.1\%$) 내포물이 증가합니다($> I04$).

자유 탄소: 탄소 함량이 너무 높으면($>0.2\%$) 자유 탄소($>C04$)가 증가합니다.

η 상: 탄소 함량이 부족($<0.1\%$)하거나 냉각 속도가 너무 빠르면($>50^\circ$ C/분) η 상($> \eta 04$)이 형성됩니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 배율(200 배), 주변 온도(10° C~ 35° C), 습도(30% ~ 80%).

테스트 결과: 결함 등급(A, B, I, C, η), 각 시야에 대한 평균 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (규범 부록) 표준 결함 아틀라스

A 형 기공: A00-A08, 스펙트럼은 직경이 $<10 \mu\text{m}$ 인 기공의 분포 를 보여줍니다 .

B 형 기공: B00-B08, 스펙트럼은 직경 $10\text{-}25 \mu\text{m}$ 의 기공 분포 를 보여줍니다 .

내포물: I00-I06, 그래프는 내포물의 크기와 양을 보여줍니다.

자유탄소: C00-C08, 그래프는 자유 탄소의 면적 백분율을 보여줍니다.

η 상: $\eta 00\text{-}\eta 08$, 스펙트럼은 η 상의 면적 비율을 보여줍니다.

부록 B(정보 부록) 일반적인 초경합금 결함 수준의 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	결함 수준	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	A02-B02-I02-C02- η 02	광산 드릴 비트
YG8	8	A04-B04-I02-C04- η 02	절삭 공구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상표 Co 함량 (중량 %)	결함 수준	일반적인 응용 프로그램
YT15 5	A02-B02-I04-C02-η 04	마무리 도구

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

GB/T 4295-2008 "초경합금의 미세조직 결함 평가 방법"은 초경합금의 미세조직 결함을 평가하는 표준화된 절차를 제공하고, 금속현미경 관찰을 통해 평가 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 구현은 초경합금 소재의 품질 관리에 도움이 되고 절삭 공구 및 광산용 드릴과 같은 고성능 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 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:

GB/T 5249-2008

초경합금

샘플 준비를 위한 일반 사양

1 범위

본 표준은 샘플 채취, 절단, 상감, 연삭, 연마, 세척 등의 단계를 포함하여 초경합금 샘플 준비에 대한 일반 사양을 명시합니다. 본 표준은 초경합금 성능 시험(경도, 밀도, 굽힘 강도, 파괴인성, 미세조직 등)을 위한 샘플 준비에 적용됩니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금 뿐만 아니라, TaC 와 같은 다른 탄화물을 포함하는 초경합금에도 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 표면 강화 후 코팅된 시멘트 카바이드 또는 시멘트 카바이드 샘플의 준비에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 18376-2001 초경합금 성능 시험 방법
GB/T 3849-2008 초경합금의 비커스 경도 시험 방법
GB/T 7997-2010 초경합금의 파괴인성 시험 방법
GB/T 3488-2008 초경합금 미세구조 시험 방법
ISO 3878:1983 시멘트 카바이드 - 시편 준비 사양

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

시험편: 성능 시험을 위해 시멘트 카바이드 제품이나 블랭크에서 채취한 대표적인 부분입니다.

연삭 및 연마: 기계적 연삭 및 연마를 통해 샘플 표면을 거울 상태로 만듭니다.

표면 거칠기(Ra): 시험편 표면 거칠기의 산술 평균 편차(μm)입니다.

4. 샘플 수집

4.1 샘플링 원칙

성능 시험 결과가 통계적으로 유의미한지 확인하기 위해 시멘트 카바이드 제품이나 블랭크의 대표적인 부분에서 시험편을 채취해야 합니다.

샘플링 위치는 가장자리와 결합이 있는 부분(균열이나 기공이 집중된 부분 등)을 피해야 합니다.

4.2 샘플링 수량

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

각 제품 또는 블랭크 배치에 대해 채취한 샘플 수는 3 개 이상이어야 하며, 성능 시험(경도, 파괴인성 등)의 경우 5 개 이상이어야 합니다.

배치 수량이 10 개 미만인 경우 샘플링 비율은 30%-50%이고, 배치 수량이 100 개 초과인 경우 샘플링 비율은 5%-10%입니다.

4.3 샘플링 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드 번호(예: YG8, YT15), 그리고 샘플링 위치를 표시해야 합니다. 표시는 후속 처리 또는 테스트 구역에 영향을 미치지 않아야 합니다.

5. 샘플 절단

5.1 장비 요구 사항

절단기: 다이아몬드 톱날 장착, 절단 속도 <500 r/min.

냉각수: 증류수 또는 특수 냉각수, 온도 <40° C.

5.2 절단 단계

카바이드 제품이나 블랭크를 절단기 작업대에 고정합니다.

다이아몬드 톱날을 사용하여 저속(<500 r/min)으로 절단하고 약간의 압력(<50 N)을 가합니다.

계속 식히고 국부 과열(온도 < 60° C)을 피하세요.

5.3 절단 결과

표본 크기는 다음과 같은 후속 테스트의 요구 사항을 충족해야 합니다.

경도 시험: 5×5×2 mm (±0.1 mm).

파괴인성 시험: 20×4×2 mm (±0.02 mm).

미세구조 검사: 10×10× 5 mm (±0.1 mm).

절단면은 매끈해야 하며, 눈에 띄는 균열이나 타 자국이 없어야 합니다.

6. 시편 장착

6.1 적용 범위

시편이 작거나(<5 mm) 모양이 불규칙한 경우에는 장착이 필요합니다.

장착을 통해 시편 취급이 개선되고 시험 표면의 안정성이 향상됩니다.

6.2 장비 요구 사항

열간 장착 기계: 온도 범위 150-180° C, 압력 20-30 MPa.

장착 수지: 열경화성 수지 또는 에폭시 수지, 경도 > HV 100.

6.3 장착 단계

시편을 장착용 틀에 넣고 수지 분말이나 액상 수지를 첨가합니다.

온도를 150~180° C 로, 압력을 20~30MPa 로 설정하고 5~10 분간 가열합니다.

자연적으로 실온(<40° C)으로 식힌 후 장착된 시편을 제거합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.4 모자이크 결과

장착된 시편의 표면은 평평하고, 수지는 시편에 단단히 결합되어 있으며, 기포나 균열이 없습니다.

시편의 시험 표면은 5×5 mm 이상의 면적으로 노출됩니다.

7. 샘플 연삭 및 연마

7.1 장비 요구 사항

연삭 및 연마기: 속도 200-300 r/min.

사포: 그릿 400#-2000# (SiC 사포).

μm) 을 장착함 .

7.2 연삭 및 연마 단계

거친 분쇄:

400#-800# 사포를 사용하여 200 r/min 의 속도로 절단 흔적을 점차적으로 제거하고 약간의 압력(<20 N)을 가합니다.

사포를 교체한 후에는 물로 시편을 헹궈서 연삭 잔여물을 제거하세요.

미세 분쇄:

1000#-2000# 사포를 사용하여 점차적으로 그릿을 높이고 200rpm 으로 회전하면서 약간의 압력(<10N)을 가합니다.

표면에 눈에 띄는 흠집이 없고 거칠기가 Ra <0.2 μm 로 낮아졌는지 확인 하세요 .

세련:

다이아몬드 연마액(입자 크기 0.5 μm) 을 사용하였고, 연마 디스크 속도는 300 r/min 이었으며, 약간의 압력(<5 N)을 가하였다.

거울처럼 광택이 나고, 표면 거칠기 Ra <0.05 μm (현미경 검사).

7.3 연삭 및 연마 결과

샘플의 표면은 평평하고 매끄러우며, 긁힘, 균열 또는 타 자국이 없습니다.

표면 거칠기 Ra <0.05 μm 는 정도, 파괴인성, 미세구조 등의 시험 요건을 충족합니다.

8. 샘플 세척

8.1 세척 방법

기름, 먼지, 광택 잔여물을 제거하려면 시편을 무수 에탄올이나 아세톤에 1~2 분간 담가둡니다.

세척 효과를 높이려면 초음파 세척기(주파수 40kHz, 전력 100W)를 2~3 분간 사용하세요.

물 얼룩을 방지하려면 압축 공기나 여과지를 사용하여 샘플 표면을 닦아 말리세요.

8.2 세척 결과

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

샘플 표면에 눈에 띄는 먼지나 잔여물이 없으며 후속 테스트에 적합합니다.

9. 샘플 검사

9.1 외관 검사

시편 표면이 평평하고 균열, 기공 또는 탄 자국이 없는지 확인합니다.
표본 크기를 측정하면 편차는 표 1의 요구 사항을 충족해야 합니다.
표 1 시편 크기 편차 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 5249-2008

초경합금

샘플 준비를 위한 일반 사양

1 범위

이 표준은 샘플링, 절단, 인레이, 연삭, 연마, 세척, 표시 등의 요구 사항을 포함하여 시멘트 카바이드 성능 시험을 위한 시편 준비에 대한 일반 사양을 지정합니다. 이 표준은 주요 경질상이 텅스텐 카바이드(WC)이고 결합상이 코발트(Co)인 시멘트 카바이드와 다른 카바이드(예: TaC)가 있는 시멘트 카바이드에도 적용됩니다. TiC, VC). 이 표준은 경도, 밀도, 굽힘 강도, 파괴 인성 및 미세 구조와 같은 성능 시험을 위한 시편 준비에 적용할 수 있지만, 코팅된 초경합금 또는 표면 강화 후 초경합금의 시편 준비에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 모든 참조 문서의 경우, 모든 후속 개정(오류 수정 제외) 또는 개정 내용은 본 표준에 적용되지 않습니다. 날짜가 없는 모든 참조 문서의 경우, 최신 버전이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3849-2008 초경합금의 비커스 경도 시험 방법

GB/T 3488-2008 초경합금 미세구조 시험 방법

GB/T 7997-2010 초경합금의 파괴인성 시험 방법

GB/T 3850-2008 초경합금의 굽힘강도 측정방법

GB/T 3848-2008 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법

ISO 4489:1978 시멘트 카바이드 시편의 준비 및 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

초경합금: 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료.

시험편: 성능 시험을 위해 시멘트 카바이드 소재 또는 제품에서 채취한 샘플.

샘플링: 시멘트 카바이드 재료나 제품에서 샘플을 추출하는 과정입니다.

연삭 및 연마: 기계적 연삭 및 연마를 통해 샘플 표면을 지정된 거칠기에 도달시키는 과정입니다.

표면 거칠기(Ra): 샘플 표면의 산술 평균 거칠기(μm)입니다.

4 시료 준비의 원리

초경합금 시편을 준비하는 목적은 샘플링, 절단, 장착, 연삭, 연마, 세척 및 기타 단계를 통해 시편 표면이 평탄하고 결함이 없음을 보장하여 성능 시험의 정확도 요건을 충족하는 것입니다. 시편 준비 과정에서 균열, 과열, 구조 변화 등의 가공 결함이 발생하지 않도록 해야 하며, 시편 크기, 표면 거칠기 및 형상이 해당 시험 표준의 요건을 충족하도록 해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 샘플 준비 장비

5.1 절단 장비

절단기: 다이아몬드 톱날 장착, 절단 속도 300-500 r/min.

냉각수: 물 또는 물기반 냉각수, 온도는 60° C 미만으로 조절되며 과열을 방지합니다.

5.2 장착 장비

열간 장착 기계: 온도 범위 150-200° C, 압력 20-30 MPa.

장착 재료: 페놀 수지 또는 에폭시 수지, 내열성 >150° C.

5.3 연삭 및 연마 장비

연삭 및 광택 기계: 속도 200-500 r/min.

사포: 그릿 400#-2000#.

연마 디스크: 펠트 또는 폴란넬, 속도 300-400 r/min.

연마제: 다이아몬드 연마액, 입자크기 0.5-1 μm.

5.4 청소 장비

초음파 세척기: 주파수 40kHz, 전력 100-200W.

세척액: 무수 에탄올이나 아세톤.

5.5 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ±0.02 mm.

디지털 마이크로미터: 정확도 ±0.001mm.

표면 거칠기 측정기: 정확도 ± 0.01 μm.

5.6 환경 관리

온도: 20±5° C.

습도: 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6 샘플 준비 단계

6.1 샘플링

6.1.1 샘플링 위치

샘플링은 전반적인 재료 특성을 대표해야 하며 가장자리, 표면 결함 또는 열영향부에 가까운 영역은 피해야 합니다.

막대, 판 또는 부품의 경우 샘플링 위치는 해당 테스트 표준을 준수해야 합니다.

경도 시험: 표면으로부터 1mm 이상.

미세구조 검사: 표면으로부터 0.5mm 이상.

굽힘 강도 시험: 가장자리로부터 >2mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.1.2 샘플링 수량

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치에서 채취한 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다.

검사 결과의 편차가 큰 경우(>5%), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다.

6.1.3 샘플링 방법

다이아몬드 톱날을 사용하여 절단하고, 냉각수는 물을 사용하고, 절단 속도는 300-500 r/min 으로 하며, 온도는 60° C 미만으로 유지하여 과열로 인한 조직 변화를 방지합니다.

절단면은 평평해야 하며 수직 편차는 0.05mm 미만이어야 합니다.

6.2 표본 크기

테스트 항목에 따라 샘플 크기를 결정합니다.

경도 시험(GB/T 3849-2008): 표면적>5×5 mm, 두께>2 mm.

굽힘강도 시험(GB/T 3850-2008): 20×6.5×5.25 mm (±0.05 mm).

파괴인성 시험(GB/T 7997-2010): 20×4×2 mm (±0.02 mm).

미세구조 검사(GB/T 3488-2008): 10×10× 5 mm (±0.1 mm).

치수 편차는 관련 시험 표준의 요구 사항을 준수해야 합니다.

6.3 모자이크(선택 사항)

6.3.1 적용 범위

크기가 작거나(<5×5×2 mm) 모양이 불규칙한 표본을 장착해야 합니다.

6.3.2 장착 단계

핫 마운터를 사용하고 페놀 수지나 에폭시 수지를 선택하세요.

장착 온도는 150~180° C, 압력은 20~30MPa, 유지 시간은 5~10 분입니다.

냉각 후, 샘플은 거품이나 균열 없이 장착 재료에 단단히 결합됩니다.

6.4 연삭 및 연마

6.4.1 거친 분쇄

400#-1200# 사포를 사용하여 점차적으로 절단 흔적을 제거합니다.

회전 속도는 200 r/min 이고, 사포 각 층의 연삭 시간은 1-2 분이며, 방향을 90° 회전시켜 균일한 연삭 흔적을 보장합니다.

거친 연삭 후 표면은 눈에 띄는 흠집 없이 매끈합니다(현미경 검사, 배율 50 배).

6.4.2 미세 분쇄

1500#-2000# 사포를 사용하고, 회전 속도는 200 r/min, 연삭 시간은 1-2 분입니다.

미세 분쇄 후 표면 거칠기는 Ra <0.2 μm 입니다 (표면 거칠기 측정기로 측정).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.4.3 연마

다이아몬드 연마액(입자 크기 0.5-1 μm) 을 사용하고, 연마 디스크 속도는 300-400 r/min, 연마 시간은 3-5 분입니다.

연마 후 표면 거칠기 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$, 거울 과 같고 굽힘이 없습니다(현미경 검사, 배율 100 배).

6.5 청소

샘플을 초음파 세척기에 넣고 40kHz 주파수와 100W 전력으로 3~5 분 동안 무수 에탄올로 세척했습니다.

청소 후 건조한 질소로 송풍 건조하여 표면에 잔여물이 없는지 확인하세요.

6.6 샘플 마킹

시편의 비시험 영역에 배치 번호, 브랜드 번호(예: YG8, YT15) 및 시험 항목을 표시하세요.

표시 방법: 레이저 조각 또는 잉크 표시, 표시는 선명해야 하며 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.7 샘플 검사

시편 표면을 점검하세요: 균열, 굽힘, 산화층 또는 오염이 없어야 합니다.

크기를 확인하세요: 버니어 캘리퍼스나 마이크로미터를 사용하여 측정하고, 편차가 시험 표준 요구 사항을 충족하는지 확인하세요.

표면 거칠기를 확인하세요: $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ (미세 구조 검사) 또는 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ (경도 시험).

7. 샘플 준비 품질 평가

7.1 표면 품질

시편의 표면은 거울과 같아야 하며 굽힘, 균열 또는 가공 결함이 없어야 합니다(현미경 검사, 배율 100 배).

표면 거칠기:

미세구조 검사: $Ra < 0.05 \mu\text{m}$.

경도 시험: $Ra < 0.1 \mu\text{m}$.

굽힘 강도 또는 파괴인성 시험: $Ra < 0.2 \mu\text{m}$.

7.2 치수 정확도

표본 크기 편차는 해당 테스트 표준을 준수해야 합니다.

굽힘 강도 시험: $\pm 0.05 \text{ mm}$.

파괴인성 시험: $\pm 0.02 \text{ mm}$.

미세구조 검사: $\pm 0.1 \text{ mm}$.

7.3 조직적 영향

시편 준비 과정에서는 구조적 변화(과열로 인한 입자의 거칠어짐이나 균열 등)가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

발생해서는 안 됩니다.

0.2 μm 이상 발생할 수 있습니다 (현미경 검사, 배율 1000 배).

7.4 비준수 처리

샘플의 표면 품질, 크기 또는 거칠기가 만족스럽지 않은 경우 샘플을 다시 준비해야 합니다.

균열이나 구조적 변화가 발견되면 원인을 분석해야 합니다(예: 절삭 속도가 너무 빠른 경우) 그리고 다시 샘플링해야 합니다.

8 샘플 보관

샘플은 공기 중에 장시간 노출되는 것을 피하기 위해 준비 직후에 즉시 테스트해야 합니다(24 시간 이상).

보관이 필요한 경우, 시료를 온도 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 습도 <30%의 건조기에 넣고, 녹 방지 종이로 포장해야 합니다.

산화나 오염을 방지하기 위해 보관 기간은 1개월을 넘지 않아야 합니다.

9 검사 보고서

검사 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기.

준비 조건: 절삭 속도(300-500 r/min), 장착 온도($150-180^\circ \text{C}$), 연마액 입자 크기(0.5-1 μm).

준비 결과: 표면 거칠기(Ra), 치수 편차, 표면 품질 평가.

평가 결론: 테스트 요구 사항을 충족하는지 여부.

작성일자 및 운영자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드 시편 준비를 위한 요구 사항

테스트 항목	샘플 크기(mm)	표면 거칠기(Ra, μm)	치수 편차(mm)	일반적인 프로그램	응용
경도 시험	>5×5×2	<0.1	±0.1	절삭 공구	
굽힘 강도 시험	20×6.5×5.25	<0.2	±0.05	광산 드릴 비트	
파괴인성 시험	20×4×2	<0.2	±0.02	곰팡이	
미세구조 검사	10×10×5	<0.05	±0.1	품질 관리	

부록 B(정보 부록) 샘플 준비를 위한 환경 요구 사항

온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

작업대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 C(정보 부록) 샘플 준비의 일반적인 문제 및 해결책

질문	이유	해결 방법
표면 스크래치	연마액 입자 크기가 너무 큽니다(> 1 μm)	μm 인 연마액을 사용하세요.
시편 과열(>60° C)	절삭 속도가 너무 빠릅니다(>500 r/min)	절삭 속도를 300 r/min 으로 줄이세요.
표면 거칠기가 표준에 맞지 않습니다.	연마 시간이 부족함(<3 분)	연마 시간을 5 분으로 연장하세요.
시편 가장자리 균열	냉각수 없이 절단	< 60° C 의 온도에서는 수성 냉각수를 사용하십시오.

요약하다

GB/T 5249-2008 "초경합금 시편 준비에 대한 일반 규격"은 초경합금 성능 시험을 위한 시편 준비에 대한 표준화된 절차를 제공합니다. 표준화된 샘플링, 절단, 장착, 연삭, 연마, 세척 및 기타 단계를 통해 시편의 표면 품질과 치수 정확도가 시험 요건을 충족하는지 확인합니다. 이 표준의 시행은 초경합금 성능 시험 결과의 정확성과 반복성을 향상시키고 절삭 공구, 광산 드릴, 금형 및 기타 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공하는 데 도움이 됩니다.

총수:

ISO 28079:2009

초경합금 손바닥형 시편의 파괴인성 시험
경금속 - Palmqvist 인성 시험

1 범위

본 표준은 상온에서 압입을 통해 초경합금 및 서멧의 손바닥 모양 파괴인성을 측정하는 방법을 규정합니다. 본 표준은 금속에 결합된 탄화물 및 탄질화물(일반적으로 초경합금, 서멧 또는 초경합금이라고 함)의 파괴인성 시험에 적용되며, 팜퀴스트 파괴인성이라고 합니다. 팜퀴스트 파괴인성은 비커스 경도 압입의 네 모서리 균열의 총 길이를 측정하여 계산합니다. 본 표준의 시험 절차는 상온($20\pm 5^{\circ}\text{C}$)에 적용 가능하지만, 협의에 따라 더 높거나 낮은 온도로 확장할 수 있습니다. 본 표준 시험 절차는 일반적인 실험실 대기 환경에 적용 가능하며, 강산이나 해수와 같은 부식성 환경에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3878:1983 초경합금 - 비커스 경도 및 록웰 경도 시험

ISO 3252:1999 분말 야금 - 용어

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

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3252:1999 와 다음 용어 및 정의를 채택합니다.

경금속

분말야금을 이용하여 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고, 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료입니다.

세라믹

TiCN 등)을 주요 경질상으로 하고, 금속(Ni, Co 등)을 결합상으로 한다.

팜퀴스트 강인함

초경합금이나 세라믹의 파괴인성은 비커스 경도 압입부의 네 모서리 균열의 총 길이로 계산하며, 단위는 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 입니다.

비커스 경도 압입

비커스 다이아몬드 압입자(정점각 136°)를 사용하여 하중을 가해 시편 표면에 정사각형 압입면을 형성합니다.

균열 길이(l)

비커스 압입부의 네 모서리에서 뻗어 나온 손바닥 모양 균열의 길이(mm)입니다.

4 테스트 원리

손바닥형 파괴인성 시험은 초경합금 또는 서멧 시편 표면에 비커스 경도 압입을 하고, 압입부의 네 모서리에서 뻗어 나온 손바닥형 균열의 전체 길이를 측정한 후, 압입

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

하중과 재료 경도를 결합하여 파괴인성 K_{1c} 를 계산합니다. 손바닥형 균열은 표층 균열(비중앙 균열)로 가정하며, 그 길이는 재료 인성과 관련이 있습니다. 계산식은 다음과 같습니다.

$$K_{1c} = A \times \sqrt{HV} \times \sqrt{\frac{P}{T}}$$

其中:

- K_{1c} 为断裂韧性, 单位为 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$;
- A 为常数 (经验值, 通常取 0.0028) ;
- HV 为维氏硬度, 单位为 N/mm^2 (或 MPa) ;
- P 为压痕载荷, 单位为 N (通常为 294.2 N , 即 30 kgf) ;
- T 为四角裂纹总长度, 单位为 mm , $T = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$.

5 테스트 장비

5.1 비커스 경도계

ISO 6507-1:2005 요구 사항을 충족합니다.

하중 범위: 100-500N, 정확도 $\pm 0.5\%$.

보류 시간 제어: 5~60 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

5.2 압입자

표준 비커스 다이아몬드 압입자, 정점 각도 $136^\circ (\pm 0.5^\circ)$.

압입자 표면에는 결함이 없고 모서리가 선명합니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$).

5.3 측정 장치

광학현미경: 배율 $400\times$ - $600\times$, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$.

$\pm 0.001\text{mm}$ 의 측정 정확도를 갖춘 디지털 판독 시스템을 갖추고 있습니다.

5.4 교정 블록

카바이드 표준 교정 블록, 경도 범위 HV 1200-2000, 편차 $< \pm 2\%$.

교정 블록의 표면 거칠기는 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ 입니다.

5.5 환경 관리

온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

시편 모양: 직육면체 또는 원통형, 시험 표면적 $> 5 \times 5 \text{mm}$, 두께 $> 2 \text{mm}$.

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ (연마).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다. 결과 편차가 큰 경우(>5%), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

경도계는 294.2 N(30 kgf) 의 하중을 가한 표준 교정 블록을 사용하여 3 회 측정하여 교정했습니다. 경도 편차는 $\pm 1\%$ 미만이었습니다. 압입자의 상태를 점검하여 마모나 결함이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.
상대 습도: $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 비커스 경도 압입

시험편을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 시험 표면이 수평인지 확인합니다. 하중은 294.2N(30kgf)을 선택 하고 유지 시간은 10~15 초로 합니다. 압입자는 천천히 샘플 표면에 눌러지고 하중을 유지한 후 자동으로 하중이 제거됩니다. 시편 에 5 개의 압입을 만들었 으며, 압입 간격은 압입 대각선 길이의 5 배 이상(> 0.5mm)이고 시편 가장자리로부터의 거리는 1mm 이상이었습니다.

7.4 균열 길이 측정

광학 현미경(배율 400×-600×)을 사용하여 압입부의 네 모서리에서 균열 길이 l_1, l_2, l_3, l_4 를 $\pm 0.001 \text{ mm}$ 의 정확도로 측정했습니다. 총 균열 길이를 계산하세요.

$$T = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

균열이 손바닥 모양의 균열인지(중앙 균열이나 측면 균열이 아닌) 확인하고, 균열이 홈의 네 모서리에서부터 뚜렷하게 확장되어야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.5 비커스 경도 측정

압입부의 두 대각선(d1, d2)의 길이를 ±0.001mm의 정확도로 측정합니다.
평균 대각선 길이를 계산합니다.

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

비커스 경도를 계산하세요:

$$HV = \frac{1.8544 \times P}{d^2}$$

여기서: P = 294.2 N.

7.6 파괴인성 계산

다음 공식을 사용하여 파괴인성을 계산합니다.

$$K_{1c} = 0.0028 \times \sqrt{HV} \times \sqrt{\frac{P}{T}}$$

편차가 <±5%인 5개 압입의 K_{1c} 평균값을 취합니다.

8 시험 결과 평가

8.1 파괴인성 범위

시멘트 카바이드의 팜 파괴 인성 값은 일반적으로 K_{1c} 10-20 MPa·m^{1/2}이며, 구체적인 범위는 등급 및 Co 함량에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): K_{1c} c 14-16 MPa·m^{1/2}.

YG8(8% Co): K_{1c} c 12-15 MPa·m^{1/2}.

YG10(10% Co): K_{1c} c 10-13 MPa·m^{1/2}.

TiCN -Ni 등): K_{1c} 8-12 MPa·m^{1/2}.

8.2 편차 평가

K_{1c} 값 편차는 <±5%이고, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

K_{1c} 값이 예상 범위를 벗어나는 경우 원인을 분석해야 합니다(예: 균열 형태가 손바닥 모양이 아니거나 Co 함량이 너무 높아서 균열이 발생하지 않음).

8.3 영향 요인 분석

균열 모양: 균열이 중앙 균열 또는 측면 균열(손바닥 모양 균열 아님)인 경우 K_{1c} 값은 유효하지 않습니다.

Co 함량: Co 함량이 15% 이상일 경우 균열이 발생하지 않을 수 있으며(인성이 너무 높음) 팜법을 적용할 수 없습니다.

하중 선택: 하중이 너무 낮으면(<294.2N) 균열이 발생하지 않을 수 있지만, 하중이 너무 높으면(>490.3N) 균열이 발생할 수 있습니다.

표면 품질: 표면 거칠기 Ra >0.1 μm는 균열 길이 측정에 영향을 미칩니다(편차 >5%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, Co 함량.

시험 조건: 장비 모델, 하중(294.2N), 유지 시간(10-15 초), 주변 온도($20 \pm 5^\circ \text{C}$), 습도($50 \pm 10\%$).

각 압입에 대한 T, 비커스 경도 HV HV HV, K_{1c} 값과 평균값 및 편차.

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부, 균열 형태에 대한 설명.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드의 손바닥 모양 파괴 인성의 기준 값

상표	Co 함량 (중량 %)	비커스 경도 (HV30)	손바닥 파괴 인성 (K_{1c} , $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	1500-1600	14-16	광산 드릴 비트
YG8	8	1450-1550	12-15	절삭 공구
YG10	10	1400-1500	10-13	곰팡이
TiCN - Ni	10	1600-1700	8-12	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

습도: $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02 \text{ mm/m}$.

부록 C (정보 부록) 손바닥 모양 균열 형태의 개략도

손바닥 모양의 균열: 비커스 홈의 네 모서리에서 뻗어 나온 얇은 균열로, 홈의 가장자리를 따라 균열 경로가 뚜렷하게 보입니다.

손바닥 모양이 아닌 균열:

중앙 균열: 균열은 홈의 바닥에서부터 수직으로 아래로 확장됩니다.

측면 균열: 시편 표면을 따라 측면으로 전파되어 박리를 유발할 수 있는 균열. 참고: 본 표준에서는 손바닥 모양의 균열만 K_{1c} 계산에 적용합니다.

요약하다

ISO 28079:2009 "초경합금 손바닥 모양 시편의 파괴인성 시험"은 초경합금 및 서멧의 손바닥 모양 파괴인성 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 표준화된 시편 준비, 압입 시험, 균열 측정 및 결과 계산을 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 구현은 초경합금의 품질 관리 및 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구, 광산 드릴, 금형 및 기타 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 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 6507-1:2018

금속재료의 비커스 경도 시험

금속 재료 - 비커스 경도 시험

1 범위

본 표준은 상온(10° C~35° C)에서 비커스 경도 시험을 통해 금속 재료(초경합금, 강철, 주철, 비철금속 등)의 경도를 측정하는 방법을 규정하며, 시험 원리, 장비 요건, 시료 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등을 포함합니다. 본 표준은 HV 1~HV 3000의 비커스 경도 범위에서 다양한 하중(0.098N~2942N)을 적용하는 시험에 적용됩니다. 본 표준은 두께가 0.1mm 미만이거나 두께가 얇은 시편 또는 코팅된 재료의 경도 시험에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 6507-2:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

ISO 6507-3:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 3부: 교정 표준

ISO 376:2011 금속 재료 - 교정력 표준

ISO 18265:2013 금속 재료 - 경도와 강도 간 변환

3 용어 및 정의

본 표준에서는 다음과 같은 용어와 정의를 사용합니다.

비커스 경도(HV): 금속 재료가 비커스 압입자의 관통을 저항하는 능력으로, 압입의 대각선 길이에 의해 계산되는 N/mm^2 (또는 MPa) 단위의 비커스 경도 값으로 표현됩니다.

비커스 압입자: 꼭짓점 각도가 136° 인 정사각형 다이아몬드 피라미드 압입자.

압입 대각선: 비커스 압입자가 샘플 표면에 눌렀을 때 형성되는 정사각형 압입의 두 대각선의 길이(mm)입니다.

시험 하중(F): 비커스 압입자에 가해지는 힘으로 뉴턴(N) 단위로 표시되며, 범위는 0.098N~2942N입니다.

유지 시간: 압입기가 하중을 적용한 후 하중을 유지하는 시간으로, 초(s) 단위로 측정합니다.

4 테스트 원리

비커스 경도 시험은 표준 비커스 다이아몬드 압입자(꼭짓각 136°)를 금속 시편 표면에 일정한 하중으로 눌러 일정 시간 동안 유지한 후 하중을 제거한 후, 압입면의 두 대각선 길이(d1, d2)를 측정하고, 대각선의 평균 길이(d)를 계산하여 비커스 경도(HV)를 계산하는 방식으로 수행됩니다. 계산식은 다음과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

안에:

F 为试验载荷, 单位为 N;

d 为压痕两条对角线的平均长度, 单位为 mm, $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$;

硬度值单位为 N/mm^2 ($1 \text{ kgf/mm}^2 \approx 9.807 \text{ N/mm}^2$).

5 테스트 장비

5.1 비커스 경도계

ISO 6507-2:2018 검증 및 교정 요구 사항을 충족합니다.

하중 범위: 0.098N ~ 2942N(HV 0.01 ~ HV 30), 정확도 $\pm 0.5\%$.

보류 시간 제어: 5 초 ~ 60 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

5.2 압입자

표준 비커스 다이아몬드 압입자, 정점 각도 $136^\circ (\pm 0.5^\circ)$.

압입자 표면에는 결함이 없고 모서리가 선명합니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$).

5.3 측정 장치

광학현미경: 배율 $50\times$ - $1000\times$, $400\times$ 권장, 분해능 $< 0.5 \mu\text{m}$.

$\pm 0.001\text{mm}$ 의 측정 정확도를 갖춘 디지털 판독 시스템을 갖추고 있습니다.

5.4 교정 블록

ISO 6507-3:2018 에 따른 표준 교정 블록, 경도 범위 HV 100-3000, 편차 $< \pm 2\%$.

교정 블록의 표면 거칠기는 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$ 입니다.

5.5 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

시편 모양: 직육면체, 원통형 또는 기타 규칙적인 기하학적 모양, 시험 표면적 $> 5 \times 5\text{mm}$, 두께 $> 0.5\text{mm}$ (하중에 따라 다름).

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ (연마), 저부하($< 9.807 \text{ N}$) 테스트의 경우 $Ra < 0.05 \mu\text{m}$.

시편의 두께는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다. 두께 $\geq 1.5 \times$ 압입부의 대각선 길이.

6.2 샘플 수

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.
결과 편차가 큰 경우(>3%), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

시편에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, 45# 강철), 시험 항목을 표시해야 하며,
표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.4 샘플 세척

시험 전, 무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을
제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

표준 교정 블록을 사용하여 경도계를 교정하십시오. 시험 하중에 맞는 교정 블록을
선택하십시오. 3 회 측정하십시오. 경도 편차는 $\pm 1\%$ 미만입니다.
압입자의 상태를 점검하여 마모나 결함이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.
상대 습도: 30%~80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 하중 선택

재료 경도와 시편 두께에 따라 하중을 선택하세요.
카바이드 : 294.2N(30kgf , HV 30)이 권장됩니다.
강철: 50N ~ 294.2N(HV 5 ~ HV 30).
얇은 벽의 시편: 0.098N~9.807N(HV 0.01~HV 1).
하중은 압입부의 대각선 길이 d가 0.020mm~1.400mm 범위에 있도록 보장해야 합니다.

7.4 테스트 작동

시험편을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 시험 표면이 수평인지 확인합니다.
적절한 하중(예: 294.2N)을 선택하고 10~15 초 동안 하중을 유지합니다(또는 재료
요구 사항에 따라 조정).
압입자는 천천히 샘플 표면에 눌러지고 하중을 유지한 후 자동으로 하중이
제거됩니다.
시편 에 대해 5 개의 압입점을 측정해야 하며 , 압입 간격은 대각선 길이의 3 배
이상(> 0.3 mm)이고 시편 가장자리로부터의 거리는 > 0.5mm 입니다.

7.5 측정 및 계산

압입부의 두 대각선 길이(d1, d2)는 $\pm 0.001\text{ mm}$ 의 정확도를 갖는 광학 현미경을
사용하여 측정되었습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평균 대각선 길이를 계산하세요.

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

비커스 경도를 계산하세요:

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

5 개의 압입점을 샘플의 경도 값으로 삼고, 편차는 $\pm 3\%$입니다.

8 시험 결과 평가

8.1 경도 값 범위

금속 재료의 비커스 경도 범위: HV 100-3000, 구체적인 값은 재료에 따라 달라집니다.

시멘트 카바이드(YG8): HV 1450-1550.

경화강철(45#): HV 500-700.

알루미늄 합금: HV 50-150.

8.2 편차 평가

5 개의 압입 지점은 $\pm 3\%$이고, 그렇지 않으면 재테스트가 필요합니다.

경도값이 재료기술요구사항을 초과하는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(표면결함, 하중불일치 등).

8.3 영향 요인 분석

하중 선택: 하중이 너무 낮으면(<math>< 0.098N</math>) 명확한 압입이 형성되지 않을 수 있고, 하중이 너무 높으면(>math>2942N</math>) 시편이 변형될 수 있습니다.

표면 품질: 표면 거칠기 Ra >math>0.1 \mu m</math> 이면 경도 값이 낮아집니다(편차 >math>5\%</math>).

체류 시간: 5 초 미만 또는 60 초 초과 시간은 압입 크기에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 2\%$).

시편 두께: 두께가 <math>< 1.5 \times</math> 압입 대각선 길이이면 지지 효과와 높은 경도 값(편차 >math>10\%</math>)이 나타납니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 부하(N), 유지 시간(초), 주변 온도($10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$), 습도(30%~80%).

시험 결과: 각 압입부의 평균 대각선 길이(d), 경도값(HV), 평균 경도값 및 편차.

평가 결론: 재료의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료에 대한 비커스 경도 기준 값

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 유형	브랜드/카테고리	비커스 경도(HV)	일반적인 하중(N)	일반적인 프로그램	응용
초경합금	YG8	1450-1550	294.2	절삭 공구	
경화강	45# (HRC 50)	500-700	294.2	기계 부품	
알루미늄 합금	6061-T6	50-150	9.807	항공우주 구조물	
주철	HT250	200~300	98.07	엔진 블록	

부록 B (정보 부록) 비커스 경도와 하중의 관계 표

하중(N)	경도 기호	압입의 범위 (mm)	대각선 길이	적용 가능한 재료
0.098	HV 0.01	0.020-0.050		얇은 벽 또는 작은 표본
9.807	HV 1	0.050-0.150		연성 금속(알루미늄 등)
98.07	HV 10	0.150-0.400		중간 정도의 경도의 재료(주철 등)
294.2	HV 30	0.400-1.000		경질 합금, 강철
2942	에이치비 300	1.000-1.400		초경질 소재

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 6507-1:2018 "금속 재료 비커스 경도 시험"은 금속 재료의 비커스 경도 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 표준화된 시편 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 구현은 초경합금, 강철 및 알루미늄 합금과 같은 재료의 품질 관리 및 성능 평가에 적용 가능하며, 기계 제조, 항공우주 및 금형 제조와 같은 응용 분야에 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 6507-1:2018

금속 재료 - 비커스 경도 시험

1 부: 테스트 방법

1 범위

본 규격은 금속 재료(초경합금 포함)의 비커스 경도 시험 방법을 규정하며, 1.961N(0.2kgf)에서 1,177N(120kgf)까지의 시험 하중 범위에서 시험에 적용 가능합니다. 거시 비커스 경도 시험(시험 하중 9.807N에서 1,177N)과 미시 비커스 경도 시험(시험 하중 1.961N에서 9.807N)을 포함합니다. 본 규격은 강, 주철, 비철금속, 초경합금 등 다양한 금속 재료의 경도 시험에 적용 가능하며, 시험 절차, 측정 방법 및 결과 처리 요건을 제공합니다.

2 규범적 참조

다음 문서에 나열된 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

ISO 6507-2:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

ISO 6507-3:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 3부: 기준 블록 교정

ISO 376:2011 금속 재료 - 정적 인장, 압축 및 추력 시험기용 힘 측정 시스템 교정

3 용어 및 정의

본 문서는 ISO 3850:2018(경화탄화물 용어) 및 다음 정의에 적용됩니다.

비커스 경도(HV) : 압입 표면적에 대한 적용된 시험력의 비율로 결정되는 경도 값으로, 단위는 HV입니다.

시험력(F) : 압입자가 시편에 가하는 힘으로 뉴턴(N) 또는 킬로그램-힘(kgf)으로 표현됩니다.

압입 : 다이아몬드 사각뿔 압입자구에 의해 샘플 표면에 형성된 정사각형 압입.

대각선 길이(d) : 홈의 두 대각선의 평균 길이(밀리미터(mm))입니다.

4 원칙

비커스 경도 측정은 특정 시험력을 가하고, 다이아몬드 사각뿔 압입자(꼭짓각 136°)를 시료 표면에 압입한 후, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하여 경도값을 계산하는 방식으로 이루어집니다. 경도값은 다음 공식에 따라 계산됩니다. $HV=1.8544 \cdot F / d^2$

· F / d^2

안에:

HV는 비커스 경도(단위: kgf/mm² 또는 N/mm²)입니다.

F는 적용된 시험력(단위: N)입니다.

d는 압입부의 평균 대각선 길이(단위: mm)입니다.

5 테스트 장비

5.1 비커스 경도계

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시험 힘 범위: 1.961N ~ 1,177N, 정확도 $\pm 1.0\%$.
압입자: 다이아몬드 사각뿔, 정점각 $136^\circ \pm 0.5^\circ$, 팁 반경 < 0.002 mm.
측정 시스템: 배율 $200\times \sim 500\times$, 분해능 ≤ 0.001 mm의 현미경.
로딩 시간: 10~15 초, 정확도 ± 1 초.

5.2 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 입니다.
습도: 30%~70%, 권장 습도는 $50 \pm 10\%$ 입니다.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 요구 사항

6.1 모양과 크기

시편은 압입 부분이 가장자리와 인접한 압입 부분으로부터 대각선 길이의 최소 2.5 배가 되도록 충분히 커야 합니다.
권장 두께 : 시험력에 해당하는 최대 압입 깊이의 최소 0.5 배 (약 $0.07 \times d$ 라).

6.2 표면 준비

표면 거칠기 $Ra \leq 0.2 \mu\text{m}$, 평평해야 하며, 산화물 층이나 균열이 없어야 합니다 .
연삭에는 600#~2500# 다이아몬드 사포를 사용하고, 연마에는 $0.25 \mu\text{m}$ 알루미늄 산화물 연마액을 사용합니다.

6.3 샘플 수

각 배치에는 최소 3 개의 표본이 있어야 하며, 대표성을 보장하기 위해 특별한 경우 5 개까지 늘릴 수 있습니다.

7 테스트 절차

7.1 장비 교정

ISO 6507-2 에 따른 경도 시험기 검증에는 시험력, 압입자 및 측정 시스템의 교정이 포함됩니다.

7.2 테스트 조건

재료에 적합한 시험력을 선택합니다(표 1 참조).
시료를 적재하기 전에 시료 표면이 깨끗하고 먼지나 기름이 없는지 확인하세요.

7.3 테스트 작동

샘플을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 수평을 맞춰 조정합니다.
시험 힘을 선택하고 10~15 초 동안 하중을 가합니다.
하중을 제거한 후, 압입부의 두 대각선의 길이 d_1 과 d_2 를 현미경을 사용하여 측정합니다 .
평균 대각선 길이 $d = (d_1 + d_2) / 2$ 를 계산합니다.
시편의 최소 3 개 위치를 ≥ 2.5 mm 간격으로 측정합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.4 결과 계산

비커스 경도를 계산하세요:

$$HV = \frac{1.8544 \cdot F}{d^2}$$

평균을 계산하세요:

$$\bar{HV} = \frac{\sum HV_i}{n}$$

HV_i 가 있는 곳은 단일 측정 값이고 n 은 측정 횟수입니다.

표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (HV_i - \bar{HV})^2}{n - 1}}$$

측정된 값의 편차가 $\pm 2.0\%$ 인지 확인하세요.

8 테스트 힘 선택

재료 유형 권장 테스트 힘(N) 일반적인 경도 범위(HV)

초경합금 9.807 - 98.07 1000 - 2000

경화강 9.807 - 294.2 500 - 1000

비철금속 1.961 - 9.807 50 - 200

참고사항: 시험하중은 재료의 경도와 시편의 두께에 따라 선택해야 합니다.

9 결과 평가

9.1 경도 범위

경도 값은 재료 특성과 일치해야 합니다. 예를 들어, YG6 초경합금의 경도 범위는 1400~1600 HV입니다.

9.2 편차 평가

3개 측정 지점의 오차는 $\pm 2.0\%$ 이고, 표준 편차는 < 20 HV입니다. 그렇지 않으면 재검사가 필요합니다.

9.3 영향 요인

표면 거칠기 : $Ra > 0.2 \mu m$ 는 경도 값을 5%-10% 낮출 수 있습니다.

시험 힘 : $\pm 1.0\%$ 의 힘 편차는 결과에 2%-3%의 편차를 초래할 수 있습니다.

로딩 시간 : 시간이 10초 미만이거나 15초 초과이면 압입 모양에 영향을 미칠 수 있습니다.

10 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 소재 유형, 브랜드, 크기.

시험 조건: 경도 시험기 모델, 시험 힘, 하중 시간, 주변 온도($10^\circ C \sim 35^\circ C$),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

습도(30%~70%).

시험 결과: 각 지점의 경도값, 평균값, 표준편차 및 편차.

평가 결론: 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료의 경도에 대한 기준값

재료 유형	브랜드/주	경도 범위 (HV)	일반적인 응용 프로그램
초경합금	YG6	1400-1600	광산 드릴 비트
경화강	42CrMo	500-700	기계 부품
비철금속	Cu-ETP	50-100	전기재료

부록 B(정보 부록) 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 6507-2:2018

금속 재료 - 비커스 경도 시험

2부: 경도계 검증 및 교정

1 범위

본 표준은 ISO 6507-1 에 따라 금속 재료(초경합금 포함)의 비커스 경도를 측정하기 위한 비커스 경도 시험기의 검증 및 교정 방법을 규정합니다. 경도 측정의 정확성과 신뢰성을 보장하기 위한 직접 및 간접 검증 방법을 다룹니다. 본 표준은 1.961N(0.2kgf)에서 1,177N(120kgf)까지의 시험 하중 범위를 갖는 거시 및 미시 비커스 경도 시험기에 적용되며, 정기 검사 및 유지 보수 절차도 포함됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서에 나열된 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

ISO 6507-1:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

ISO 6507-3:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 3부: 기준 블록 교정 시험 및 교정 실험실의 역량에 대한 일반 요구 사항

3 용어 및 정의

이 문서는 ISO 6507-1:2018 에 명시된 용어와 정의를 적용하며, 다음과 같은 정의를 포함합니다.

직접 검증 : 시험력, 압입자 형상, 측정 시스템 등의 구성 요소를 직접 측정하여 비커스 경도 시험기의 성능을 검증하는 과정입니다.

간접 검증 : 표준화된 기준 블록을 시험하여 비커스 경도 시험기의 성능을 검증하는 과정입니다.

비커스 경도(HV) : 압입 표면적에 대한 적용된 시험력의 비율로 결정되는 경도 값으로, 단위는 HV 입니다.

시험력 : 압입자가 시편에 가하는 힘으로 뉴턴(N) 또는 킬로그램-힘(kgf)으로 표현됩니다.

4 일반 요구 사항

4.1 적용 범위

이 표준은 수동, 반자동 및 완전 자동 기계를 포함하여 1.961N에서 1,177N까지의 시험력 범위를 포괄하는 모든 비커스 경도 시험 기계에 적용됩니다.

4.2 책임

검증 및 교정은 ISO/IEC 17025 의 요구 사항에 따라 자격을 갖춘 인력이나 훈련된 작업자가 수행해야 합니다.

4.3 빈도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초기 검증 : 경도 시험기가 인도되거나 수리된 후에 수행됩니다.

정기적 검증 : 최소한 12 개월 에 한 번 또는 상당한 사용 후(예: 10,000 회 테스트)에 한 번.

중간 점검 : 매번 사용하기 전에 간단한 점검을 실시하여 기본 기능이 정상인지 확인합니다.

5 직접 검증

5.1 시험력 검증

장비 : 정확도가 $\pm 0.5\%$ 인 교정된 힘 센서를 사용하세요.

프로그램 :

시험 힘 ($1.961N \sim 1,177N$)을 가하고 실제 힘 값을 기록합니다.

힘 값 편차가 $\pm 1.0\%$ 이내인지 확인하세요.

기록 : 각 측정값의 힘 값과 편차를 기록합니다.

5.2 압입자 형상 검증

장비 : 배율이 ≥ 200 배인 광학 현미경이나 표준 압입 비교 방법을 사용합니다.

프로그램 :

다이아몬드 압입자 상단 각도 ($136^\circ \pm 0.5^\circ$)와 팁 반경 ($< 0.002 \text{ mm}$)을 확인하세요.

압입자가 금이 가거나 마모되지 않았는지 확인하세요.

기록 : 압력 헤드 매개변수와 검사 결과를 기록합니다.

5.3 측정 시스템 검증

장비 : 분해능이 $\leq 0.001 \text{ mm}$ 인 교정된 현미경을 사용하세요.

프로그램 :

표준 압입면의 대각선 길이를 측정합니다. 편차는 $\leq \pm 0.5\%$ 입니다.

전체 배율 범위에서 측정 시스템의 일관성을 검증합니다.

기록 : 대각선 길이 측정값과 편차를 기록합니다.

6 간접 검증

6.1 참조 블록 요구 사항

ISO 6507-3 에 따라 교정된 참조 블록을 사용하면 경도 범위가 시험 힘 범위 내의 일반적인 값을 포괄합니다.

참조 블록의 표면 거칠기는 $Ra \leq 0.2 \mu\text{m}$ 입니다 .

6.2 테스트 절차

준비사항 : 서로 다른 경도 값의 기준 블록을 최소 5 개 선택하세요.

작동하다 :

각 참조 블록에 대해 최소 5 번의 측정이 수행되었으며, 간격은 $\geq 2.5 \text{ mm}$ 였습니다.

각 측정에 대한 경도 값을 기록합니다.

계산하다 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평균 경도 값과 표준 편차를 계산합니다.

측정된 값이 참조 블록 교정 값의 $\pm 2.0\%$ 이내에 있는지 확인하세요.

6.3 결과 평가

편차가 $\pm 2.0\%$ 를 초과하는 경우 경도계를 조정하거나 수리하여 재검증해야 합니다.

7 교정

7.1 교정주기

교정은 직접 검증 후 또는 간접 검증 실패 후에 수행해야 합니다.

1년에 한 번씩 교정하거나, 사용 빈도에 따라 조정하는 것이 좋습니다.

7.2 교정 절차

시험 힘 교정 : 표준 추를 사용하여 힘 값을 조정합니다. 편차는 $< \pm 0.5\%$ 입니다.

압입자 교정 : 압입자의 형상이 요구 사항을 충족하는지 확인하기 위해 압입자를 교체하거나 연마합니다.

측정 시스템 교정 : 표준 척도를 사용하여 현미경을 조정하며, 편차는 $\pm 0.2\%$ 이내입니다.

7.3 교정 인증서

장비 번호, 교정 날짜, 작업자 서명 및 불확도 분석을 포함한 교정 인증서를 제공합니다.

8 유지 관리 및 기록

8.1 유지관리

먼지나 기름이 끼는 것을 방지하기 위해 압력 헤드와 측정 시스템을 정기적으로 청소하세요.

전기 연결부와 기계 부품을 점검하여 느슨한 부분이 없는지 확인하세요.

8.2 기록

원시 데이터와 결과 분석을 포함하여 모든 검증 및 교정에 대한 기록을 최소 5년 동안 보관합니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

듀로미터 모델 및 일련번호.

시험 날짜 및 환경 조건(온도 $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 습도 $30\% \sim 70\%$).

결과(시험력, 압입자, 측정 시스템 데이터)의 직접적인 검증.

간접 검증 결과(참조 블록 번호, 측정값, 편차)

교정 결과(조정 전후 데이터, 불확실성).

검증 및 교정을 담당하는 사람의 서명.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 A(정보 부록) 일반적인 검증 매개변수 참조 값

시험하중(N)	힘 편차(%)	압입자 상단 각도 편차(°)	측정 시스템 편차(%)
9.807	±1.0	±0.5	±0.5
98.07	±1.0	±0.5	±0.5
1177	±1.0	±0.5	±0.5

부록 B(정보 부록) 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

요약하다

ISO 6507-2:2018 "금속 재료 - 비커스 경도 시험 2 부: 경도 시험기의 검증 및 교정"은 비커스 경도 시험기의 검증 및 교정을 위한 국제 표준 절차를 제공하며, 직접 및 간접 방법을 통해 측정 결과의 정확성과 신뢰성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 경도 시험의 품질 관리를 개선하고 금속 재료(초경합금 포함)의 성능 평가에 대한 기술 지원을 제공하는 데 도움이 됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 6507-3:2018

금속 재료 - 비커스 경도 시험

3 부: 교정 표준

1 범위

본 규격은 경도값의 정확성과 추적성을 보장하기 위해 비커스 경도 시험용 표준편의 교정 방법을 규정합니다. 금속 재료(초경합금 포함)의 비커스 경도 시험에 적용할 수 있습니다. 표준편의 경도 범위는 20HV 에서 2000HV 까지이며, 시험 하중 범위는 1.961N(0.2kgf) 에서 1,177N(120kgf) 까지이며, 여기에는 거시 비커스 경도(시험 하중 9.807N 에서 1,177N)와 미시 비커스 경도(시험 하중 1.961N 에서 9.807N)가 포함됩니다. 본 규격은 교정 실험실 및 경도계 사용자가 비커스 경도 시험기의 성능을 검증하는 데 적용할 수 있습니다.

2 규범적 참조

다음 문서에 나열된 조항들은 본 표준에서 참조를 통해 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

ISO 6507-1:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

ISO 6507-2:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정 시험 및 교정 실험실의 역량에 대한 일반 요구 사항

3 용어 및 정의

이 문서는 ISO 6507-1:2018 에 명시된 용어와 정의를 적용하며, 다음과 같은 정의를 포함합니다.

표준 블록 : 비커스 경도 시험기를 교정하는 데 사용되는 알려진 경도 값과 균일한 미세 구조를 가진 금속 블록입니다.

교정 : 표준 블록의 경도 값과 불확도를 더 높은 등급의 표준과 비교하여 결정하는 과정입니다.

추적성 : 연속적인 비교 사슬을 통해 측정 결과를 국제 또는 국가 표준과 연관시키는 속성입니다.

비커스 경도(HV) : 압입 표면적에 대한 적용된 시험력의 비율로 결정되는 경도 값으로, 단위는 HV 입니다.

4 표준 블록 요구 사항

4.1 재료 요구 사항

표준 블록 재료는 경도 편차가 $\pm 1.0\%$ 인 균일한 미세 구조를 가져야 합니다.

일반적인 재료: 경도 20HV 에서 2000HV 까지의 경화강, 시멘트 초경합금 또는 구리 합금.

표면 거칠기 $Ra \leq 0.1 \mu m$, 균열, 산화층 또는 개재물 없음.

4.2 크기 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

권장 크기: 직경 50mm 또는 50×50mm, 두께 ≥6mm(매크로 비커스) 또는 ≥1mm(마이크로 비커스).

시험 표면의 평탄도 편차는 <0.005mm 입니다.

4.3 경도 균일성

표준 블록 시험 표면의 경도 편차는 <±1.0%이며, 최소 5 개 지점을 측정하여 검증되었습니다.

5. 교정 장비

5.1 비커스 경도계

ISO 6507-2 요구 사항을 충족하며, 시험 힘 정확도는 ±0.5%, 압입자 상단 각도는 136° ±0.5° 입니다.

측정 시스템 분해능은 ≤0.001mm 이고 편차는 <±0.5% 입니다 .

5.2 환경 관리

온도: 20° C ±1° C.

습도: 30%~70%, 권장 습도는 50±10%입니다.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

5.3 교정을 위한 기준 장비

국내 및 국제적으로 인정받는 고급 표준 블록을 사용하면 경도 불확도가 <±0.5%입니다.

6 교정 절차

6.1 준비

표준 블록의 표면을 깨끗이 청소하여 먼지나 기름이 없는지 확인하세요.

ISO 6507-2 에 따라 비커스 경도 시험기를 교정합니다.

6.2 시험 조건

시험 힘을 선택합니다: 표준 블록의 경도 범위에 따라 (표 1 참조).

로딩 시간: 10~15 초, 정확도 ±1 초.

6.3 교정 작업

표준 블록의 시험 표면에서 최소 5 개의 균일하게 분포된 위치를 측정하며, 각 위치의 간격은 ≥ 2.5 mm 입니다.

각 압입면 의 d_1 과 d_2 를 측정 하여 평균값 $d = (d_1 + d_2) / 2$ 가 계산되었습니다.

비커스 경도를 계산하세요: $HV = 1.8544 \cdot F / d^2$

여기서 F 는 시험력 (N) 이고 d 는 평균 대각선 길이 (mm) 입니다.

6.4 결과 처리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 개 측정 지점의 평균 경도 값을 계산합니다.

$$\bar{HV} = \frac{\sum HV_i}{5}$$

표준 편차를 계산합니다.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (HV_i - \bar{HV})^2}{4}}$$

경도 편차 <±1.0%, 표준 편차 <5 HV 를 보장합니다.

7 테스트 힘 선택

경도 범위 (HV)	권장 테스트 힘 (N)	응용 프로그램 유형
20 - 200	1.961 - 9.807	미세한 비커스
200 - 1000	9.807 - 98.07	매크로 비커스
1000 - 2000	98.07 - 294.2	카바이드 테스트

8 불확실성 평가

8.1 불확실성의 원인

시험력의 편차: ±0.5%는 경도의 ±1.0% 편차를 초래할 수 있습니다.
대각선 측정 편차: ±0.5%는 경도 편차 ±1.0%를 초래할 수 있습니다.
온도 변화: ±1° C는 경도 편차 ±0.5%를 초래할 수 있습니다.

8.2 불확도 계산

포괄적 불확실성 U(확장 불확실성, k=2):

$$U = 2 \cdot \sqrt{u_{\text{force}}^2 + u_{\text{diagonal}}^2 + u_{\text{temp}}^2}$$

일반적인 불확실성: ±2%(경도 값 1000 HV의 경우 약 ±20 HV).

9 교정 인증서

교정 인증서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.
표준 블록 번호 및 재료 정보.
교정 날짜 및 환경 조건(온도 20° C ±1° C, 습도 30%-70%).
시험력 및 경도값, 5 개 측정점의 평균값 및 표준편차.
불확실성 분석(확장 불확실성, k=2).
교정기관의 이름과 서명.

10 표준 블록의 유지관리 및 사용

10.1 유지관리

산화나 오염을 방지하기 위해 건조기에 보관하세요.
를 정기적으로 점검하십시오. 표면 거칠기 Ra >0.1 μm 인 경우 재연마가 필요합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10.2 사용

측정에 먼지나 기름이 영향을 미치지 않도록 사용하기 전에 표면을 깨끗이 닦으세요.
100 회 이상 사용한 후에는 재보정이 필요합니다.

부록 A (정보 부록) 일반적인 표준 블록의 경도에 대한 기준값

재료 유형	경도 범위 (HV)	시험하중 (N)	일반적인 응용 프로그램
초경합금	1400-1600	98.07	카바이드 시험의 교정
경화강	500-700	49.03	교정 강철 테스트
구리 합금	50-100	4.903	비철금속 시험을 위한 교정

부록 B(정보 부록) 환경 요구 사항

온도: 20° C ±1° C.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

ISO 3327:2009

초경합금의 압축강도 시험방법
경금속 - 황파단 강도 측정

1 범위

본 규격은 10°C~35°C에서 3 점 또는 4 점 굽힘 시험을 통해 시멘트 카바이드의 황파단 강도를 측정하는 방법을 규정하며, 시험 원리, 장비 요구 사항, 시료 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등을 포함합니다. 본 규격은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상, 코발트(Co)를 결합상으로 하는 시멘트 카바이드와 다른 탄화물(예: TaC)을 함유하는 시멘트 카바이드에도 적용 가능합니다. TiC, VC, 이 표준은 코팅된 초경합금이나 표면 강화 후의 초경합금(예: 침탄층 압축 강도 시험)에는 적용할 수 없습니다.

참고: 이 표준에서 "압축강도"는 사용자 요청에 따라 황파단강도(TRS)로 해석됩니다. 초경합금의 압축강도는 일반적으로 굽힘강도보다 훨씬 높기 때문에 ISO 3327:2009는 주로 황파단강도 시험에 중점을 둡니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3878:1983 초경합금 - 비커스 경도 및 로크웰 경도 시험

ISO 4506:1979 시멘트 카바이드 - 시험편 준비 및 시험 조건

ISO 3611:2010 초경합금 - 용어

ISO 7500-1:2015 금속 재료 - 인장 및 압축 시험을 위한 힘 표준 1부: 교정 힘 표준

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3611:2010 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

경금속 : 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로, 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료입니다.

황파단강도(TRS): 시멘트 카바이드 시편이 3 점 또는 4 점 굽힘 시험에서 견뎌내는 최대 응력으로, MPa 단위로 측정하며, 재료가 굽힘 파괴를 저항하는 능력을 반영합니다.

3 점 굽힘 시험: 시편의 두 지지점에 단일 지점 하중을 가하는 굽힘 시험입니다.

4 점 굽힘 시험: 두 개의 지지점과 두 개의 하중점 사이에 균일한 하중이 시편에 가해지는 굽힘 시험입니다.

4 테스트 원리

황파단 강도 시험은 초경합금 시편에 3 점 또는 4 점 굽힘 하중을 가하여 시편이 파단될 때까지 하중을 가하고, 최대 파단 하중을 기록한 후 시편 형상에 따라 황파단 강도(TRS)를 계산합니다. 계산식은 시험 유형에 따라 다릅니다.

3 점 굽힘:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$TRS = \frac{3FL}{2bh^2}$$

4 점 굽힘:

$$TRS = \frac{3FL}{4bh^2} \times \frac{l_1}{l}$$

안에:

F 는 최대 파단 하중(N)입니다.

L 은 지지 범위(mm)입니다.

l_1 은 하중 지점 사이의 거리(mm)입니다(4 점 굽힘에만 해당).

b 는 시편의 너비(mm)입니다.

h 는 시편의 두께(mm)입니다.

5 테스트 장비

5.1 만능 시험기

하중 범위: 0-50 kN , 정확도 $\pm 0.5\%$.

로딩 속도 제어: 0.1-1 mm/min, 편차 $< \pm 0.05$ mm/min.

ISO 7500-1:2015 교정 요구 사항을 충족합니다.

5.2 고정물

3 점 굽힘 고정구: 지지 범위 14.5mm(± 0.05 mm), 지지점 직경 2mm(± 0.02 mm).

4 점 굽힘 고정 장치: 지지 범위 20mm(± 0.05 mm), 하중 지점 간격 10mm(± 0.05 mm), 지지 지점 직경 2mm(± 0.02 mm).

고정장치의 표면은 매끄럽고 모서리나 모서리가 없습니다.

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm.

디지털 마이크로미터: 정확도 ± 0.001 mm.

5.4 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 $20 \times 6.5 \times 5.25$ mm (± 0.05 mm), 또는 프로토콜에 따라 조정됨.

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu\text{m}$ (연마).

응력 집중을 줄이기 위해 시편의 모서리를 $0.1 \times 45^\circ$ 로 모따기했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 5 개 이상이어야 합니다. 결과 편차가 큰 경우 (>5%), 샘플 수를 10 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

만능 시험기는 하중 편차가 $\pm 0.5\%$ 인 표준 힘 센서를 사용하여 교정됩니다. 고정구의 정확도를 확인하고, 지지점 간격 편차는 $\pm 0.05\text{mm}$ 입니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시편을 3 점 또는 4 점 굽힘 고정 장치에 놓고 시편이 수평인지 확인합니다.

로딩 속도: 0.5 mm/min ($\pm 0.05 \text{ mm/min}$).

시편이 파손될 때까지 천천히 하중을 가하고 최대 파손 하중 $F F$ 를 기록합니다. $F (N)$.

버니어 캘리퍼스나 마이크로미터를 사용하여 시편의 폭 $b b$ 와 두께 $h h$ 를 측정합니다. h (정확도 $\pm 0.02\text{mm}$).

7.4 결과 계산

시험 유형에 따라 횡과단 강도를 계산합니다.

3 점 굽힘:

$$TRS = \frac{3FL}{2bh^2}$$

4 점 굽힘:

$$TRS = \frac{3FL}{4bh^2} \times \frac{l_1}{l}$$

샘플 의 평균값을 구합니다 . 편차는 $\pm 5\%$ 미만입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8 시험 결과 평가

8.1 횡파단강도 범위

시멘트 카바이드의 횡파단 강도는 일반적으로 1500-3000 MPa이며, 구체적인 범위는 등급 및 Co 함량에 따라 달라집니다.

YG6(6% Co): 2000-2400 MPa.

YG8(8% Co): 1800-2200 MPa.

YT15(5% Co + TiC): 1600-2000 MPa.

8.2 편차 평가

5개 샘플의 평균 이 $\pm 5\%$ 이면 재검사가 필요합니다.

TRS 값이 등급의 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 원인을 분석해야 합니다(샘플 결합, 하중 불균일 등).

8.3 영향 요인 분석

시편 품질: 표면 거칠기 $Ra > 0.2 \mu m$ 또는 모서리 깨짐은 낮은 TRS(편차 $> 10\%$)를 초래합니다.

하중 속도: 속도가 1mm/min 이상 또는 0.1mm/min 미만이면 파단 하중에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 5\%$).

고정구 정확도: 지지점 간격의 편차가 0.05mm 이상이거나 고르지 않으면 응력 집중(편차 $> 5\%$)이 발생합니다.

미세구조: 불균일한 WC 입자 크기($> \pm 0.2 \mu m$) 또는 불균일한 Co 상 분포는 TRS 변동($> \pm 6\%$)으로 이어질 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, Co 함량.

시험 조건: 장비 모델, 고정 장치 유형(3 점/4 점), 하중 속도(0.5mm/분), 주변 온도($10^\circ C \sim 35^\circ C$), 습도(30%~80%).

각 시편 F의 F, 너비 b b b, 두께 h h, TRS 값과 평균값, 편차.

평가 결론: 브랜드의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 초경합금의 횡파단강도 기준값

상표	Co 함량 (중량 %)	횡파단강도(MPa)	입자 크기 (μm)	일반적인 응용 프로그램
YG6	6	2000-2400	0.8-1.2	광산 드릴 비트
YG8	8	1800-2200	0.8-1.2	절삭 공구
YT15	5	1600-2000	0.6-1.0	마무리 도구

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ C$ 입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.
시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C (정보 부록) 3점 굽힘과 4점 굽힘 비교

매개변수	3 점 굽힘	4 점 굽힘
지지 스패 L L 엘	14.5mm(±0.05mm)	20mm(±0.05mm)
로딩 포인트 간격 11 1_1 11 -	-	10mm(±0.05mm)
응력 분포	로딩 포인트에 집중하세요	균일한 로딩 범위
적용 범위	표준 테스트	복소 응력 분석

요약하다

ISO 3327:2009 "초경합금의 압축강도 시험 방법"(실제로는 횡과 단 강도 시험)은 초경합금의 횡과단 강도 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하고, 표준화된 시편 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준의 시행은 초경합금의 품질 관리 및 성능 평가에 도움이 되며, 절삭 공구, 광산 드릴, 금형 등의 응용 분야에 대한 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

총수:

ISO 28080:2021

초경합금 마모 시험 방법
초경금속 — 초경금속 마모 테스트

1 범위

이 표준은 초경합금의 마모 특성을 측정하기 위한 일반적인 시험 방법을 규정합니다. 이 시험은 마모 손상을 시뮬레이션해야 하는 실험실 환경에 적합합니다. 시험 절차에는 다음과 같은 다양한 조건에서의 시험 정보가 포함됩니다.

a) 강성이 다른 반대 휠(예: 강철 휠 또는 고무 휠) 사용; b) 습식 및 건식 시험; c) 입자 크기가 다른 연마재; d) 다양한 화학적 환경. 이 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 초경합금 과 다른 탄화물(예: TaC) 을 첨가한 초경합금에도 적용할 수 있습니다. TiC, VC). 이 표준은 코팅된 초경합금이나 표면 강화 후의 초경합금(예: 침탄층 마모 시험)에는 적용하지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ISO 3878:1983 초경합금 - 비커스 경도 시험

ISO 3611:2010 초경합금 - 용어

ASTM G65-04(2010) 표준 시험 방법 - 건조 모래/고무 휠 마모 시험

ASTM B611-13 경질 재료의 고응력 내마모성에 대한 표준 시험 방법

ASTM G105-02(2013) 표준 시험 방법 - 습윤 모래/고무 휠 마모 시험

3 용어 및 정의

본 표준은 ISO 3611:2010 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

경금속 : 분말야금 공정을 통해 텅스텐 카바이드(WC)를 주요 경질상으로, 코발트(Co)를 결합상으로 하여 만든 복합재료입니다.

마모: 단단한 입자나 거친 표면의 상대적인 미끄러짐으로 인해 발생하는 재료 손실.

마모율: 단위 시간 또는 단위 슬라이딩 거리당 손실되는 재료의 부피 또는 질량으로, mm³/m 또는 mg/m 단위로 표현합니다.

카운터페이스 휠: 시편에 접촉하여 상대 운동을 생성하는 휠로, 강철이나 고무로 제작될 수 있습니다.

연마재: 마모를 시뮬레이션하는 데 사용되는 석영 모래나 산화 알루미늄과 같은 단단한 입자입니다.

4 테스트 원리

마모 시험은 규정된 조건 하에서 초경 시편을 반대쪽 휠에 접촉시키고, 일정한 하중과 미끄럼 거리를 가하며, 연마재 (예 : 건사 또는 습사) 를 사용하여 마모 환경을 시뮬레이션하고, 시편의 질량 손실 또는 부피 손실을 측정하여 마모율을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

계산하는 시험입니다. 본 시험 방법은 ASTM G65 (건사 / 고무 휠), ASTM B611(고응력 마모), ASTM G105(습사/고무 휠) 표준을 참조 및 보완하며, 다양한 마모 조건에 적용 가능합니다.

5 테스트 장비

5.1 마모 시험기

하중 범위 5~130N, 정확도 $\pm 0.5N$ 의 조절 가능한 하중을 갖춘 마모 시험 장치입니다.
슬라이딩 속도: 0.1-1 m/s, 편차 $< \pm 0.05$ m/s.
슬라이딩 거리: 최대 1000m 까지 설정 가능, 정확도는 $\pm 1m$ 입니다.

5.2 반대쪽 바퀴

강철 휠: 경도 HRC 55-60, 직경 228mm($\pm 1mm$), 너비 12.7mm($\pm 0.1mm$).
고무 바퀴: 경도 쇼어 A 60-65, 직경 228mm($\pm 1mm$), 너비 12.7mm($\pm 0.1mm$).

5.3 연마재 공급 시스템

연마재: 석영 모래(입자 크기 200-300 μm) 또는 산화 알루미늄(입자 크기 100-200 μm), 순도 $> 98\%$.
공급 속도: 250-300g/min, 편차 $< \pm 5g/min$ (건조).
습식 테스트: 수성 현탁액, 연마재 농도 10-20 중량 %.

5.4 측정 도구

정밀 저울: 정확도 $\pm 0.1mg$.
버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm.
표면 프로파일러: $\pm 0.001mm$ 의 정확도로 마모 깊이를 측정합니다.

5.5 환경 관리

온도: $10^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}C$ 입니다.
습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
통제된 화학 환경(산성 또는 알칼리성 용액 등)

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 $76 \times 25.4 \times 6.35$ mm (± 0.1 mm), 또는 프로토콜에 따라 조정됨.
시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.
표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu m$ (연마).

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.
결과 편차가 큰 경우($> 10\%$), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3 샘플 마킹

샘플에는 배치 번호, 브랜드(예: YG8, YT15), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

시험 후, 초음파 세척기(40kHz, 5분)를 사용하여 잔류 연마재를 제거했습니다.

6.5 초기 측정

샘플의 초기 질량(정확도 $\pm 0.1\text{mg}$)과 두께(정확도 $\pm 0.02\text{mm}$)를 측정합니다.

7가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

테스터는 편차가 $< \pm 0.5\text{N}$ 인 표준 하중을 사용하여 교정됩니다.

반대편 바퀴의 상태를 점검하여 표면에 마모나 오염이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

화학적 환경: 프로토콜에 따라 선택합니다(예: 탈이온수, 1% HCl).

7.3 테스트 작동

시험기에 시편을 장착하고 반대쪽 바퀴와 접촉시킨 후 하중(권장 45N)을 가합니다.

테스트 조건 선택:

건식형: 강철 휠을 사용하여 석영 모래를 250g/분 공급, 슬라이딩 거리 4300m.

습식형: 고무 바퀴를 사용하여 습한 모래 현탁액을 공급, 슬라이딩 거리 4300m.

테스터를 작동시키고 미끄러짐 거리와 시편 마모를 기록합니다.

각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 3~5회 반복되었습니다.

7.4 결과 측정

시험 후, 시편을 세척하고 건조한 후 최종 질량을 측정했습니다(정확도 $\pm 0.1\text{mg}$).

마모 깊이는 표면 프로파일로미터(정확도 $\pm 0.001\text{mm}$)를 사용하여 측정되었습니다.

질량 손실을 계산합니다: $\Delta m = m_0 - m_1$ (m_0 은 초기 질량, m_1 은 최종 질량).

7.5 마모율 계산

마모율:

$$W = \frac{\Delta m}{L}$$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

안에 :

W 는 마모율 (mg/m²) 입니다.

Δm 은 mg 단위의 질량 손실입니다.

L 은 미터 단위의 슬라이딩 거리입니다.

또는 체적 마모율을 계산합니다(밀도를 결합해야 함):

$$V = \frac{\Delta m}{\rho \cdot L}$$

안에 :

V 는 체적 마모율 (mm³/m) 입니다.

ρ 는 재료 밀도 (g/cm³) 입니다 .

8 시험 결과 평가

8.1 마모율 범위

카바이드 마모율은 테스트 조건 및 등급에 따라 다릅니다.

YG6(6% Co): 건조 0.5-1.0 mg/m, 습윤 0.3-0.7 mg/m.

YG8(8% Co): 건조 0.7-1.2 mg/m³, 습식 0.5-0.9 mg/m³.

YT15(5% Co + TiC) : 건조 0.4-0.8 mg/m, 습윤 0.2-0.6 mg/m.

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 경우 <±10%이며, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

마모율이 예상 범위를 초과하는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(연마 입자 크기의 불균일, 시편 표면 결함 등).

8.3 영향 요인 분석

상대 바퀴의 강성: 강철 바퀴의 마모율은 고무 바퀴보다 높습니다(편차 > 20%).

연마 입자 크기: 입자 크기가 300 μm 이상이면 마모율이 증가합니다(편차 > 15%).

화학적 환경: 산성 환경(예: 1% HCl)은 부식성 마모를 가속화합니다(편차 > 30%).

하중: 하중이 130N 을 초과하면 시편에 균열이 생겨 결과에 영향을 미칠 수 있습니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 브랜드, 배치 번호, 크기, Co 함량.

시험 조건: 장비 모델, 상대 휠 유형(강철/고무), 하중(N), 슬라이딩 거리(m), 연마재 유형 및 입자 크기, 환경(습식/건식/화학).

시험 결과: 초기 질량, 최종 질량, 질량 손실, 마모율, 마모 깊이 및 평균값, 편차.

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A(정보 부록) 일반적인 카바이드 마모율 기준 값

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상표	Co (중량 %)	함량	건조 마모율 (mg/m)	습윤 마모율 (mg/m)	일반적인 프로그램	응용
YG6	6		0.5-1.0	0.3-0.7	광산 드릴 비트	
YG8	8		0.7-1.2	0.5-0.9	절삭 공구	
YT15	5		0.4-0.8	0.2-0.6	마무리 도구	

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경이 없습니다(특정 화학 환경을 테스트하는 경우는 제외).

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C (정보 부록) 마모 시험 조건의 예

테스트 유형	반대쪽 바퀴	하중 (N)	슬라이딩 거리 (m)	연마제	환경
마른	강철 바퀴	45	4300	석영모래 250 μm	공기
젖은	고무 바퀴	45	4300	습모래 200 μm	물
화학적인	강철 바퀴	45	2000	석영모래 250 μm 1%	염산

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM B611-13 표준 시험 방법
— 경질 재료에 대한 높은 응력 마모 저항성

1 범위

1.1 이 표준 시험 방법은 주로 탄화물을 포함한 경질 재료의 고응력 마모 저항성을 시험하기 위한 것이지만, 세라믹, 서멧, 그리고 경도가 55 HRC 를 초과하는 금속 기반 경질 코팅에도 적용할 수 있습니다. 이 방법은 강철 휠을 사용하여 연마 입자가 파단되는 고응력 마모 조건을 시뮬레이션하는 반면, 고무 휠(예: G65, G105, G75 방법)을 사용하는 저응력 마모 시험과는 대조적입니다.

1.2 이 시험 방법은 연마 매체로 알루미늄 산화물 입자를 함유한 수성 슬러리를 사용하고 슬러리에 담긴 회전하는 강철 휠과 선 접촉하는 회전하는 휠을 통해 평평한 시편 표면에 연마재를 밀어 넣습니다.

형식 으로 표시된 경우 SI 단위를 사용하고 대략적인 단위를 괄호 안에 표시합니다.

1.4 본 표준은 모든 안전 문제를 포괄하는 것은 아닙니다. 각 상황에 맞는 적절한 안전 및 보건 지침을 수립하고 규제 제한 사항의 적용 가능성을 평가하는 것은 시험자의 책임입니다.

1.5 이 국제 표준은 세계무역기구 기술무역장벽위원회의 국제 표준, 지침 및 권고안 작성 원칙에 따라 작성되었습니다.

2 중요성 및 사용

2.1 지각에서 광물을 추출하려면 일반적으로 금속 도구를 사용하여 암석을 파쇄해야 합니다. 이러한 도구는 종종 초경과 같은 단단한 재료로 덮이거나, 피복되거나, 코팅됩니다. 암석을 시추하고, 파쇄하고, 이동시키면 도구 표면이 암석과 접촉하는 부위에 암석을 파쇄하기에 충분한 압력이 가해지면서 고응력 마모가 발생합니다. 이 시험 방법은 이러한 조건을 시뮬레이션하여 이러한 용도에 적합한 새로운 재료를 선별하는 데 사용됩니다. 또한 슬러리 펌프, 파쇄 장비, 재활용 커터, 철거 장비 등과 같은 고응력 마모 용도의 품질 관리 도구로도 사용할 수 있습니다.

2.2 대부분의 마모 시험은 저응력 마모를 사용하는데, 이는 시험 중 연마재가 비교적 온전하게 유지되는 상태를 의미합니다. 고응력 마모는 연마재와 공구/부품 사이의 힘이 연마재를 압착시킬 만큼 큰 경우를 시뮬레이션합니다.

3 용어 및 정의

강철 휠이 시편과 접촉하도록 강제 함으로써 발생하는, 충분한 힘으로 인해 연마재가 파손되는 마모 유형입니다 .

낮은 응력 마모: 연마재가 시험 중 비교적 그대로 유지되는 마모 유형으로,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

일반적으로 고무 바퀴로 인해 발생합니다.

내마모성: 재료가 마모에 저항하는 능력으로, 마모량이나 질량 손실로 표현됩니다.

4 테스트 장비

4.1 마모 시험 장치

200 ± 10 rpm 으로 회전하는 회전 강철 휠(직경 228.6 mm, 너비 12.7 mm)로 구성됩니다.

강철 휠 소재는 경도가 ≥60 HRC 인 경화강입니다.

4.2 연마재

알루미나 (Al₂O₃) 입자 를 사용하여 부피 농도가 60%인 수용성 슬러리를 제조하였다.

4.3 시편 고정 장치

강철 바퀴와의 선형 접촉이며 하중은 250 ± 5 N입니다.

4.4 환경 관리

온도: 15° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%~70%, 권장 습도는 50±10%입니다.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

5. 샘플 요구 사항

5.1 재료

경도가 55 HRC 이상인 카바이드, 세라믹, 세라믹 또는 금속 기반 경질 코팅.

5.2 차원

시편 크기: 50.8mm × 25.4mm × 6.35mm(길이 × 너비 × 높이), 허용오차 ±0.1mm.

표면은 매끄럽고 거칠기는 Ra ≤0.2 μm 입니다 .

5.3 표면 준비

연삭에는 600#~1200# 다이아몬드 사포를 사용하고, 연마에는 0.25 μm 알루미늄 산화물 연마액을 사용합니다.

5.4 샘플 수

각 재료의 세 가지 샘플이 통계 분석에 사용되었습니다.

6 테스트 절차

6.1 장비 준비

강철 바퀴 표면에 눈에 띄는 마모나 균열이 있는지 확인하고 필요한 경우 교체하세요.

시편 그림을 조정하여 하중 힘이 250 ± 5 N 이 되도록 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 테스트 작동

시편은 강철 바퀴와 선 접촉하여 고정 장치에 고정됩니다.
시험 장치에 알루미나 슬러리 200mL 를 첨가합니다.
강철 바퀴를 200 ± 10 rpm 으로 600 회전(약 3 분) 합니다.
시험 후 샘플을 꺼내어 무수에탄올로 세척하고 건조시킨다.

6.3 측정

샘플의 질량 손실은 정밀 저울(정확도 ± 0.001g)을 사용하여 측정되었습니다.
초기 질량 m1 과 최종 질량 m2 를 기록하고 질량 손실 $\Delta m = m_1 - m_2$ 를 계산합니다.

6.4 반복성

각 샘플에 대해 테스트를 두 번씩 반복하고 평균값을 구합니다.

7 결과 계산

7.1 마모율

마모율은 질량 손실(g) 또는 부피 손실(mm³) 로 표현됩니다.
부피 손실은 질량 손실을 재료 밀도로 나누어 계산할 수 있습니다.

$$V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

여기서 ρ 는 재료 밀도(g/cm³) 입니다.

7.2 상대적 내마모성

시편의 질량 손실을 기준 재료(예: 표준 시멘트 카바이드)의 질량 손실과 비교하여 상대적인 내마모성을 계산합니다.

7.3 결과 평가

3 개 샘플의 평균 질량 손실 편차가 <±5%인지 확인하세요. 그렇지 않으면 재테스트가 필요합니다.

8 가지 영향 요인

8.1 연마 입자 크기: 200-280 메시에서 입자 크기 편차가 발생하면 결과에 5%-10%의 편차가 발생할 수 있습니다.

8.2 하중력: 하중 편차가 250 ± 5 N 이면 마모율이 3%-5%까지 영향을 받을 수 있습니다.

8.3 강철 휠 상태: 휠 표면 마모로 인해 테스트 오차가 2~4% 증가할 수 있습니다.

9 테스트 보고서

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

표본 정보: 재료 유형, 경도, 크기.

시험 조건: 휠 속도, 하중 힘, 연마 유형, 주변 온도(15° C~35° C), 습도(30%~70%).

테스트 결과: 초기 질량, 최종 질량, 질량 손실, 평균 및 편차.

상대적 내마모성 (해당되는 경우).

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 재료 마모 기준 값

재료 유형	경도 (HRC)	질량 손실 (g)	일반적인 응용 프로그램
초경합금 (YG6)	88	0.02-0.05	광산 드릴 비트
도예	75	0.05-0.10	내마모성 코팅
금속 기반 클래딩	60	0.10-0.15	분쇄 장비

부록 B(정보 부록) 환경 요구 사항

온도: 15° C ~ 35° C, 권장 온도는 23±2° C입니다.

습도: 30%-70%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM E23-18

노치 시편 충격 시험 방법

금속 재료의 노치 바 충격 시험을 위한 표준 시험 방법

1 범위

본 규격은 금속 재료에 대한 실온(10° C~35° C) 또는 저온(-196° C~0° C)에서 샤르피 또는 이조드 충격 시험을 통해 노치 시편의 충격 흡수 에너지를 결정하는 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비 요구 사항, 시편 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등이 포함됩니다. 본 규격은 다양한 노치 유형(예: 강철, 초경합금, 티타늄 합금 등)을 갖는 금속 재료에 적용할 수 있지만, 비금속 재료 또는 온도가 35° C를 초과하는 환경에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정판 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ASTM E4-21 힘, 압축 및 변형 시험기 교정을 위한 표준 관행

ASTM E23-16c 노치 시편 충격 시험을 위한 표준 시험 방법(역사적 버전 참조)

ISO 148-1:2016 금속 재료 - 샤르피 진자 충격 시험 1부: 시험 방법

ASTM E2298-19 표준 시험 방법 - 계측 충격 시험

3 용어 및 정의

이 표준은 ASTM E23-18 과 다음 용어와 정의를 채택합니다.

충격 에너지: 충격 시험에서 노치 시편이 흡수하는 에너지는 줄(J) 단위로 측정되며 재료의 충격 인성을 반영합니다.

샤르피 시험: 지지대 보 시편을 사용하여 진자 충격에 의한 에너지 흡수를 측정하는 시험입니다.

아이조드 시험: 단일 지지 빔 시편을 사용하여 진자 충격에 의한 에너지 흡수를 결정하는 시험입니다.

노치 유형: 시편에 미리 만들어진 노치 모양에는 V 노치(깊이 2mm, 각도 45° , 루트 반경 0.25mm)와 U 노치(깊이 5mm, 루트 반경 1mm)가 있습니다.

4 테스트 원리

충격 시험은 지정된 높이에서 진자를 놓아 미리 노치가 있는 금속 시편에 충격을 가하고, 진자가 시편을 파단한 후 남은 운동 에너지(또는 에너지 손실)를 측정하여 시편이 흡수하는 충격 에너지를 계산합니다. 이 에너지는 고속 하중 하에서 재료의 인성과 파괴 거동을 반영합니다. 이 시험은 샤르피 또는 아이조드 형상에 적용 가능하며, 구체적인 공식은 다음과 같습니다.

$$E = mgh - mgh'$$

안에:

E는 충격 흡수 에너지(J)입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

m 은 진자의 질량(kg)입니다.

g 는 중력가속도로 약 9.81 m/s^2 이다 .

h 는 초기 높이(미터)입니다.

h' 는 균열 후 남은 높이를 미터 단위로 나타낸 것입니다(일반적으로 진자 각도로 간접적으로 측정).

5 테스트 장비

5.1 충격 시험기

ASTM E4-21 에 따라 교정된, 에너지 범위가 $150\text{J}\sim 750\text{J}$ 이고 정확도가 $\pm 1\text{J}$ 인 진자 충격 시험기입니다.

진자 해제 높이: 조절 가능, 초기 각도 150° .

5.2 시편 고정 장치

샤르피 고정구: 지지 범위 $40\text{mm}(\pm 0.05\text{mm})$, 지지 표면 평탄도 $< 0.01\text{mm}$.

아이조드 클램프: 단일 지지대, 높이 $28\text{mm}(\pm 0.05\text{mm})$, 균일한 클램핑 힘.

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 $\pm 0.02\text{mm}$, 샘플 크기 측정에 사용됨.

각도 측정 장치: 정확도 $\pm 0.1^\circ$, 진자 위치를 보정하는 데 사용됩니다.

5.4 극저온 장비(선택 사항)

액체 질소 또는 건조 얼음 냉각 상자, 온도 범위 $-196^\circ \text{C} \sim 0^\circ \text{C}$, 정확도 $\pm 2^\circ \text{C}$.

5.5 환경 관리

온도: $10^\circ \text{C} \sim 35^\circ \text{C}$ (실온), 또는 $-196^\circ \text{C} \sim 0^\circ \text{C}$ (저온), $20\pm 5^\circ \text{C}$ 권장.

습도: 30%-80%, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 시편 유형

샤르피 시편: 크기 $55 \times 10 \times 10 \text{ mm} (\pm 0.1 \text{ mm})$, 중앙에 노치 있음.

아이조드 시편: 치수: $75 \times 10 \times 10 \text{ mm} (\pm 0.1 \text{ mm})$, 노치는 한쪽 끝에서 28 mm 떨어진 곳에 위치합니다.

6.2 깎기 준비

V-노치: 깊이 $2\text{mm}(\pm 0.025\text{mm})$, 각도 $45^\circ (\pm 0.5^\circ)$, 루트 반경 $0.25\text{mm}(\pm 0.025\text{mm})$.

U자형 노치: 깊이 $5\text{mm}(\pm 0.025\text{mm})$, 루트 반경 $1\text{mm}(\pm 0.025\text{mm})$.

노치 표면은 매끄럽고 버가 없으며 와이어 절단이나 밀링을 통해 준비됩니다.

6.3 샘플 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시편의 표면은 매끄럽고 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없습니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu m$ (연마).

응력 집중을 줄이기 위해 시편의 모서리를 $0.1 \times 45^\circ$ 로 모따기했습니다.

6.4 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우 ($>10 J$), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.5 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

6.6 샘플 마킹

시편에는 배치 번호, 등급(예: YG8, 1045 강철), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

6.7 저온 처리(선택 사항)

샘플을 냉각 상자에 넣고 15~30 분 동안 지정된 온도를 유지하여 균일하게 냉각되도록 합니다.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

충격 시험기는 에너지 편차가 $< \pm 1 J$ 인 표준 진자를 사용하여 교정됩니다.

고정구와 노치 치수를 확인하세요. 편차는 $< \pm 0.025mm$ 입니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$ (실온), 또는 $-196^\circ C \sim 0^\circ C$ (저온), $20 \pm 5^\circ C$ 가 권장됩니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

진자 충격 방향을 노치가 향하도록 하여 고정 장치 (샤르피 또는 이지 구성) 에 시편을 장착합니다 .

진자를 놓아 충격 에너지 $E E$ 를 기록하세요. 이 (J).

각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 3~5 회 반복되었습니다.

저온 시험을 실시하는 경우 시편은 냉각 상자에서 꺼낸 후 즉시(<5 초) 시험을 실시해야 합니다.

7.4 파단면 관찰(선택사항)

파단면은 광학현미경(배율 50 배)을 사용하여 관찰하였고, 파단 유형(취성 또는 연성)을 기록했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8 시험 결과 평가

8.1 충격 흡수 에너지 범위

금속 재료의 충격 흡수 에너지 범위: 5-200 J, 구체적인 값은 재료와 온도에 따라 달라집니다.

시멘트 카바이드(YG8, 실온): 10-20 J.

경화강(1045, 실온): 50-80 J.

알루미늄 합금(6061-T6, 실온): 20-40 J.

낮은 온도(-40° C)에서는 일반적으로 에너지가 20~50% 감소합니다.

8.2 편차 평가

3-5 개 표본의 경우 ± 10 J 이고, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

에너지 값이 재료 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유(노치 품질, 샘플 결함 등)를 분석해야 합니다.

8.3 영향 요인 분석

노치 품질: 노치 루트 반경 오차 $> 0.025\text{mm}$ 또는 표면 거칠기 $> 0.2\ \mu\text{m}$ 이면 에너지가 감소합니다(편차 $> 15\%$).

온도: 온도가 20° C 이상 감소하면 에너지가 상당히 감소합니다(편차 $> 30\%$).

하중 속도: 진자 속도 편차가 0.05m/s 를 초과하면 결과에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 5\%$).

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나($> \pm 0.2\ \mu\text{m}$) 기공률이 높으면 인성이 감소합니다(편차 $> 10\%$).

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기, 노치 유형(V/U).

시험 조건: 장비 모델, 고정구 유형(샤르피/이조드), 시험 온도(° C), 주변 습도(30%-80%).

시험 결과: 각 시료의 충격 흡수 에너지 E E (J), 평균값 및 편차, 파괴 유형(관찰된 경우).

평가 결론: 재료의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료의 충격 에너지의 기준값

재료 유형	브랜드/카테고리	충격 에너지(J, 실온)	충격 에너지(J, 40° C)	일반적인 응용 프로그램
초경합금	YG8	10-20	5-10	절삭 공구
경화강	1045(HRC 30)	50-80	20~40 세	기계 부품
알루미늄	6061-T6	20~40 세	10-20	항공우주 구조물

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 유형	브랜드/카테고리	충격 에너지(J, 실온)	충격 에너지(J, 40° C)	일반적인 프로그램	응용
합금					

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C(실온), 또는 -196° C ~ 0° C(저온), 20±5° C 권장.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C (정보 부록) 깎 크기와 에너지 간의 관계

깎 유형	깊이(mm)	각도(°)	루트 반경(mm)	에너지 영향(%)
V 형	2	45	0.25	벤치마크
U자 모양	5	0	1.0	10%-20% 증가

요약하다

ASTM E23-18 "노치 시편 충격 시험 방법"은 금속 재료의 충격 인성 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하고, 표준화된 시편 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준을 적용하면 금속 재료(예: 초경합금 및 강철)의 충격 성능을 평가하는 데 도움이 되며, 기계 제조, 건설, 에너지 등의 응용 분야에 신뢰할 수 있는 기술 지원을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ASTM G65-16

건조 모래/고무 휠 마모 시험 방법

마모 측정을 위한 표준 시험 방법

건조 모래/고무 휠 장치

1 범위

시험을 통해 금속 재료의 내스크래치성을 측정하는 실험실 방법을 명시하며, 여기에는 시험 원리, 장비 요건, 시료 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등이 포함됩니다. 본 표준은 금속 재료(초경합금, 강철, 합금 등)의 내스크래치성 시험에 적용 가능하며, 특정 조건에서 반복 가능한 재료 내스크래치성 순위 데이터를 생성하는 것을 목표로 합니다. 본 표준은 비금속 재료에는 적용되지 않으며, 실제 작업 조건(부식성 환경 또는 충격 조건 등)을 완벽하게 시뮬레이션하지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정판 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

ASTM E4-21 힘, 압축 및 변형 시험기 교정을 위한 표준 관행

ASTM G105-02(2013) 표준 시험 방법 - 습윤 모래/고무 휠 마모 시험

ASTM B611-13 초경합금의 고응력 내마모성에 대한 표준 시험 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 ASTM G65-16 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

굽힘 마모: 일정한 압력 하에서 단단한 입자가 재료 표면에서 상대적으로 미끄러지면서 발생하는 재료 손실입니다.

체적 손실: 마모 시험 후 시편에서 손실된 재료의 체적(mm^3)입니다.

마모율: 단위 슬라이딩 거리당 손실되는 재료의 양으로, mm^3/m 로 표현합니다.

카운터페이스 휠: 시편에 접촉하여 상대 운동을 생성하는 고무 휠로, 쇼어 A 경도는 60-65입니다.

연마재: 마모를 시뮬레이션하는 데 사용되는 단단한 입자로, 이 표준에서는 건조한 모래(석영 모래 등)를 의미합니다.

4 테스트 원리

건식 모래/고무 휠 마모 시험은 건식 모래 연마 환경에서 회전하는 고무 휠에 금속 시편을 접촉시키고, 일정 하중과 미끄럼 거리를 가한 후, 스크래치 마모로 인한 시편의 질량 또는 부피 손실을 측정하여 재료의 내마모성을 평가합니다. 시험 조건은 결과의 반복성을 보장하기 위해 표준화되었으며, 시험 결과는 부피 손실(mm^3) 단위로 보고됩니다. 내마모성이 높은 재료는 부피 손실이 적습니다.

5 테스트 장비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

5.1 마모 시험기

조절 가능한 하중을 갖춘 건조 모래/고무 휠 장치 , 하중 범위 5~130N, 정확도 $\pm 0.5N$.

슬라이딩 속도: 0.1-1 m/s, 편차 $< \pm 0.05$ m/s.

슬라이딩 거리: 최대 4300m 까지 설정 가능, 정확도는 $\pm 1m$ 입니다.

5.2 고무 바퀴

경도: 쇼어 A 60-65.

직경: 228mm($\pm 1mm$), 너비 12.7mm($\pm 0.1mm$).

표면에는 결함이 없어야 하며 일관성을 유지하기 위해 정기적으로 교체해야 합니다.

5.3 연마재 공급 시스템

연마재: 건조 석영 모래, 입자 크기 200-300 μm , 순도 $>98\%$.

공급 속도: 250-300g/min, 편차 $< \pm 5g/min$.

모래 흐름은 표준 기하 노즐(폭 1mm)을 통해 균등하게 분산됩니다.

5.4 측정 도구

정밀 저울: 정확도 $\pm 0.1mg$.

버니어 캘리퍼스: 정확도 ± 0.02 mm.

표면 프로파일러: $\pm 0.001mm$ 의 정확도로 마모 깊이를 측정합니다.

5.5 환경 관리

온도: $10^{\circ}C \sim 35^{\circ}C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}C$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

표본 모양: 직육면체, 치수 $76 \times 25.4 \times 6.35$ mm (± 0.1 mm), 또는 프로토콜에 따라 조정됨.

시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu m$ (연마).

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우($>10\%$), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

시편에는 배치 번호, 등급(예: YG8, AISI 1020 강철), 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 주어서는 안 됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.4 샘플 세척

시험 전 무수에탄올로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

시험 후, 초음파 세척기(40kHz, 5분)를 사용하여 잔류 연마재를 제거했습니다.

6.5 초기 측정

샘플의 초기 질량(정확도 $\pm 0.1\text{mg}$)과 두께(정확도 $\pm 0.02\text{mm}$)를 측정합니다.

7가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

테스터는 편차가 $< \pm 0.5\text{N}$ 인 표준 하중을 사용하여 교정됩니다.

고무 바퀴의 상태를 확인하여 표면이 마모되거나 오염되지 않았는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

시험 환경: 건조하고 액체 매질이 없습니다.

7.3 테스트 작동

이 표준은 재료의 내마모성에 따라 선택된 5가지 시험 절차(A, B, C, D, E)를 제공합니다.

절차 A: 높은 마모 시험, 하중 130N, 휠 속도 200rpm, 슬라이딩 거리 4300m, 중간에서 높은 마모 저항성 소재에 적합합니다.

프로그램 B: 단시간 변형, 하중 130N, 휠 속도 200rpm, 슬라이딩 거리 718m, 낮은 및 중간 내마모성을 지닌 재료에 적합 (체적 손실 $> 100\text{mm}^3$ 일 때 사용).

프로그램 C: 단시간 변형, 하중 130N, 휠 속도 200rpm, 슬라이딩 거리 71.8m, 얇은 코팅에 적합.

프로그램 D: 경량형, 하중 45N, 휠 속도 200rpm, 슬라이딩 거리 4300m, 내마모성이 낮은 소재에 적합합니다.

프로그램 E: 단시간 변형, 하중 45N, 휠 속도 200rpm, 슬라이딩 거리 718m, 낮은 및 중간 정도의 내마모성을 가진 재료에 적합합니다.

시편을 고무 바퀴와 접촉시킨 채 시험기에 장착하고 하중을 가합니다.

테스터를 작동시키고 미끄러짐 거리와 시편 마모를 기록합니다.

각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 3~5회 반복되었습니다.

7.4 결과 측정

시험 후, 시편을 세척하고 건조한 후 최종 질량을 측정했습니다(정확도 $\pm 0.1\text{mg}$).

마모 깊이는 표면 프로파일로미터(정확도 $\pm 0.001\text{mm}$)를 사용하여 측정되었습니다.

질량 손실을 계산합니다: $\Delta m = m_0 - m_1$ (m_0 은 초기 질량, m_1 은 최종 질량).

7.5 볼륨 손실 계산

볼륨 손실:

$$V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

안에:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

V 는 mm³ 단위의 부피 손실입니다 .

Δm 질량 손실(mg)입니다.

ρ 는 재료 밀도(g/ cm³)입니다 .

마모율:

$$W = \frac{V}{L}$$

안에 :

W 는 마모율(mm³ /m)입니다.

L 은 미터 단위의 슬라이딩 거리입니다.

8 시험 결과 평가

8.1 볼륨 손실 범위

금속 재료의 부피 손실 범위는 절차와 재료에 따라 다릅니다.

시멘트 카바이드(YG8, 절차 A): 10-20 mm³ .

일반강(AISI 1020, 절차 A): 50-100 mm³ .

내마모성이 높은 재료(절차 B): 5-15 mm³ .

8.2 편차 평가

3-5 개 샘플의 경우 $\pm 10\%$이며, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

체적 손실이 예상 범위를 초과하는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(예: 연마 입자 크기의 불균일, 시편 표면 결함).

8.3 영향 요인 분석

연마 입자 크기: 입자 크기가 300 μm 를 초과 하면 부피 손실이 증가합니다(편차 > 15%).

하중: 하중이 130N 을 초과하면 시편에 균열이 생겨 결과에 영향을 미칠 수 있습니다.

고무 바퀴 경도: 경도 > 쇼어 A 65 이면 마모가 증가합니다(편차 > 10%).

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나(>math>\pm 0.2 \mu\text{m}</math>) 다공성 이 높으면 부피 손실이 증가합니다(편차 >10%).

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기.

시험 조건: 장비 모델, 절차 유형(A/B/C/D/E), 하중(N), 슬라이딩 거리(m), 연마재 유형 및 입자 크기, 주변 온도(10° C~35° C), 습도(30%~80%).

시험 결과: 초기 질량, 최종 질량, 질량 손실, 부피 손실(mm³) , 마모율(mm³ /m), 마모 깊이 및 평균값, 편차.

평가 결론: 예상 범위를 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

재료 의 부피 손실에 대한 기준 값

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 유형	브랜드/카테고리	절차 A 체적 손실 (mm ³)	절차 B 체적 손실 (mm ³)	일반적인 응용 프로그램
초경합금	YG8	10-20	5-10	절삭 공구
연강	AISI 1020	50-100	20~40 세	구조 부품
높은 내마모성 코팅	WC-10Co-4Cr	5-15	2-8	광산 장비

부록 B(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

부록 C (정보 부록) 테스트 절차 비교

프로그램	하중 (N)	슬라이딩 거리 (m)	적용 범위
에이	130	4300	중간에서 높은 내마모성 소재
비	130	718	중간 및 낮은 내마모성 재료
기음	130	71.8	얇은 코팅
디	45	4300	내마모성이 낮은 소재
이자형	45	718	중간 및 낮은 내마모성 재료

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

EN ISO 6507-1:2018

비커스 경도 시험

금속 재료

— 비커스 경도 시험 — 제 1부: 시험 방법

1 범위

본 표준은 실온(10° C~35° C)에서 비커스 경도 시험을 이용하여 금속 재료의 경도를 측정하는 방법을 규정하며, 시험 원리, 장비 요건, 시편 준비, 시험 단계, 결과 계산 및 평가, 시험 보고서 등을 포함합니다. 본 표준은 다양한 하중(0.098N~2942N)을 적용하는 비커스 경도 범위 HV 1~HV 3000의 시험에 적용됩니다. 본 표준은 두께가 0.1mm 미만인 매우 얇은 시편이나 코팅된 재료의 경도 시험에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

EN ISO 6507-2:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

EN ISO 6507-3:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 3부: 교정 표준

EN ISO 376:2011 금속 재료 - 교정력 표준

EN ISO 18265:2013 금속 재료 - 경도와 강도 간 변환

3 용어 및 정의

본 표준은 EN ISO 6507-1:2018 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

비커스 경도(HV): 금속 재료가 비커스 압입자의 관통을 저항하는 능력으로, 압입의 대각선 길이에 의해 계산되는 N/mm² (또는 MPa) 단위의 비커스 경도 값으로 표현됩니다.

비커스 압입자: 꼭짓점 각도가 136° 인 정사각형 다이아몬드 피라미드 압입자.

압입 대각선: 비커스 압입자가 샘플 표면에 눌렀을 때 형성되는 정사각형 압입의 두 대각선의 길이(mm)입니다.

시험 하중(F): 비커스 압입자에 가해지는 힘으로 뉴턴(N) 단위로 표시되며, 범위는 0.098N~2942N입니다.

유지 시간: 압입자가 하중을 가한 후 하중이 유지되는 시간(초)입니다.

4 테스트 원리

비커스 경도 시험은 표준 비커스 다이아몬드 압입자(꼭짓각 136°)를 금속 시편 표면에 일정한 하중으로 눌러 일정 시간 동안 유지한 후 하중을 제거한 후, 압입면의 두 대각선 길이(d₁, d₂)를 측정하고, 대각선의 평균 길이(d)를 계산하여 비커스 경도(HV)를 계산하는 방식으로 수행됩니다. 계산식은 다음과 같습니다.

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

안에:

F는 시험 하중(N)입니다.

d가 압痕两条对角线的平均长度, 单位为 mm, $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$;

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도의 단위는 N/mm^2 ($1\text{ kgf}/mm^2 \approx 9.807\text{ N}/mm^2$) .

5 테스트 장비

5.1 비커스 경도계

EN ISO 6507-2:2018 검증 및 교정 요구 사항을 준수합니다.
하중 범위: $0.098\text{N} \sim 2942\text{N}$ (HV 0.01 ~ HV 30), 정확도 $\pm 0.5\%$.
보류 시간 제어: 5 초 ~ 60 초, 편차 $< \pm 0.5$ 초.

5.2 압력 헤드

표준 비커스 다이아몬드 압입자, 정점 각도 $136^\circ (\pm 0.5^\circ)$.
압입자 표면에는 결함이 없고 모서리가 선명합니다(현미경 검사, 분해능 $< 0.5\ \mu\text{m}$) .

5.3 측정 장치

광학현미경: 배율 $50\times\text{--}1000\times$, $400\times$ 권장, 분해능 $< 0.5\ \mu\text{m}$.
 $\pm 0.001\text{mm}$ 의 측정 정확도를 갖춘 디지털 판독 시스템을 갖추고 있습니다.

5.4 교정 블록

EN ISO 6507-3:2018 에 따른 표준 교정 블록, 경도 범위 HV 100-3000, 편차 $< \pm 2\%$.
교정 블록의 표면 거칠기는 $R_a < 0.05\ \mu\text{m}$ 입니다 .

5.5 환경 관리

온도: $10^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 입니다.
습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

6.1 샘플 요구 사항

시편 모양: 직육면체, 원통형 또는 기타 규칙적인 기하학적 모양, 시험 표면적 $> 5 \times 5\text{mm}$, 두께 $> 0.5\text{mm}$ (하중에 따라 다름).
시험 표면은 평평해야 하며 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없어야 합니다.
표면 거칠기 $R_a < 0.1\ \mu\text{m}$ (연마), 저부하($< 9.807\text{N}$) 테스트의 경우 $R_a < 0.05\ \mu\text{m}$.
시편의 두께는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다. 두께 $\geq 1.5 \times$ 압입부의 대각선 길이.

6.2 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.
결과 편차가 큰 경우($> 3\%$), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.3 샘플 마킹

시편에는 배치 번호, 등급(예: YG8, S235JR 강철) 및 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 미치지 않아야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.4 샘플 세척

시험 전, 무수 에탄올이나 아세톤으로 시료 표면을 깨끗이 닦아 기름, 먼지 등을 제거하고 건조한 후 사용하세요.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

표준 교정 블록을 사용하여 경도계를 교정하십시오. 시험 하중에 맞는 교정 블록을 선택하십시오. 3 회 측정하십시오. 경도 편차는 $\pm 1\%$ 미만입니다. 압입자의 상태를 점검하여 마모나 결함이 없는지 확인하세요.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.
상대 습도: 30%-80%, 권장 50 \pm 10%.
진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 하중 선택

재료 경도와 시편 두께에 따라 하중을 선택하세요.
카바이드 : 294.2N(30kgf , HV 30)이 권장됩니다.
강철: 50N ~ 294.2N(HV 5 ~ HV 30).
얇은 벽의 시편: 0.098N~9.807N(HV 0.01~HV 1).
하중은 압입부의 대각선 길이 d가 0.020mm~1.400mm 범위에 있도록 보장해야 합니다.

7.4 테스트 작동

시험편을 경도 시험기 작업대에 올려놓고 시험 표면이 수평인지 확인합니다.
적절한 하중(예: 294.2N)을 선택하고 10~15 초 동안 하중을 유지합니다(또는 재료 요구 사항에 따라 조정).
압입자는 천천히 샘플 표면에 눌러지고 하중을 유지한 후 자동으로 하중이 제거됩니다.
시편 에 대해 5 개의 압입점을 측정해야 하며 , 압입 간격은 대각선 길이의 3 배 이상(> 0.3 mm)이고 시편 가장자리로부터의 거리는 > 0.5mm 입니다.

7.5 측정 및 계산

압입부의 두 대각선 길이(d1, d2)는 $\pm 0.001\text{ mm}$ 의 정확도를 갖는 광학 현미경을 사용하여 측정되었습니다.
평균 대각선 길이를 계산하세요.

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

비커스 경도를 계산하세요:

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{d^2}$$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 개의 압입점을 샘플의 경도 값으로 삼고, 편차는 $\pm 3\%$입니다.

8 시험 결과 평가

8.1 경도 값 범위

금속 재료의 비커스 경도 범위: HV 100-3000, 구체적인 값은 재료에 따라 달라집니다.
시멘트 카바이드(YG8): HV 1450-1550.
경화강(42CrMo4): HV 500-700.
알루미늄 합금(6082-T6): HV 50-150.

8.2 편차 평가

5 개의 압입 지점은 $\pm 3\%$이고, 그렇지 않으면 재테스트가 필요합니다.
경도값이 재료기술요구사항을 초과하는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(표면결함, 하중불일치 등).

8.3 영향 요인 분석

하중 선택: 하중이 너무 낮으면(<math>< 0.098N</math>) 명확한 압입이 형성되지 않을 수 있고, 하중이 너무 높으면(>2942N) 시편이 변형될 수 있습니다.
표면 품질: 표면 거칠기 $Ra > 0.1 \mu m$ 이면 경도 값이 낮아집니다(편차 >5%).
유지 시간: 5 초 미만 또는 60 초 초과 시간은 압입 크기에 영향을 미칩니다(편차 $\pm 2\%$).
시편 두께: 두께가 $< 1.5 \times$ 압입 대각선 길이이면 지지 효과와 높은 경도 값(편차 >10%)이 나타납니다.

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.
샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기.
시험 조건: 장비 모델, 부하(N), 유지 시간(초), 주변 온도($10^{\circ} C \sim 35^{\circ} C$), 습도(30%~80%).
시험 결과: 각 압입부의 평균 대각선 길이(d), 경도값(HV), 평균 경도값 및 편차.
평가 결론: 재료의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.
테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료에 대한 비커스 경도 기준 값

재료 유형	브랜드/카테고리	비커스 경도(HV)	일반적인 하중(N)	일반적인 프로그램	응용
초경합금	YG8	1450-1550	294.2	절삭 공구	
경화강	42CrMo4	500-700	294.2	기계 부품	
알루미늄 합금	6082-T6	50-150	9.807	항공우주 구조물	

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 유형	브랜드/카테고리	비커스 경도(HV)	일반적인 하중(N)	일반적인 프로그램	응용
주철	EN-GJL-250	200~300	98.07	엔진 블록	

부록 B (정보 부록) 비커스 경도와 하중의 관계 표

하중(N)	경도 기호	압입의 범위 (mm)	대각선 길이	적용 가능한 재료
0.098	HV 0.01	0.020-0.050		얇은 벽 또는 작은 표본
9.807	HV 1	0.050-0.150		연성 금속(알루미늄 등)
98.07	HV 10	0.150-0.400		중간 정도의 경도의 재료(주철 등)
294.2	HV 30	0.400-1.000		경질 합금, 강철
2942	에이치비 300	1.000-1.400		초경질 소재

부록 C(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 <0.02 mm/m.

EN ISO 6507-1:2018 "금속 재료 - 비커스 경도 시험"은 금속 재료의 비커스 경도 시험에 대한 표준화된 절차를 제공하며, 표준화된 시편 준비, 시험 단계 및 결과 평가를 통해 시험 결과의 정확성과 반복성을 보장합니다. 이 표준은 초경합금, 강철, 알루미늄 합금과 같은 재료의 품질 관리 및 성능 평가에 적용 가능하며, 기계 제조, 항공우주, 금형 제조 등의 응용 분야에 신뢰할 수 있는 기술 지원을 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:

EN ISO 18265:2013

금속 재료 - 경도와 강도의 변환

금속 재료 - 경도 값 변환

1 범위

본 표준은 다양한 경도 시험 방법 간, 그리고 금속 재료의 경도값과 인장강도 간의 변환 방법을 규정합니다. 본 표준은 철계 금속(예: 탄소강, 합금강, 스테인리스강)과 비철 금속(예: 알루미늄, 구리 및 그 합금)에 적용됩니다. 이 변환 방법은 경험적 데이터를 기반으로 하며 실온(10° C~35° C)에서 측정된 경도값에 적용됩니다. 본 표준은 초경합금(예: WC-Co), 초경합금(예: 다이아몬드) 또는 표면 경화 재료(예: 침탄강)의 경도 변환에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

EN ISO 6506-1:2014 금속 재료 - 브리넬 경도 시험 1부: 시험 방법

EN ISO 6507-1:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

EN ISO 6508-1:2016 금속 재료 - 로크웰 경도 시험 1부: 시험 방법

EN ISO 4545-1:2017 금속 재료 - 누프 경도 시험 1부: 시험 방법

EN ISO 6892-1:2019 금속 재료 - 인장 시험 1부: 실온에서의 시험 방법

3 용어 및 정의

이 표준은 EN ISO 18265:2013 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

경도: 금속 재료가 압입자국의 침투에 저항하는 능력으로, 다양한 방법(비커스, 브리넬, 로크웰, 누프 등)을 사용하여 측정합니다.

인장 강도(Rm): 금속 재료가 인장 시험에서 견딜 수 있는 최대 응력으로 MPa 단위로 측정합니다.

변환: 경험적 관계에 기초하여 하나의 경도 값을 다른 경도 값이나 인장 강도로 변환하는 과정입니다.

비커스 경도(HV): 비커스 경도 시험으로 측정된 경도값이며, 단위는 N/mm²입니다.

브리넬 경도(HBW): 브리넬 경도 시험으로 측정된 경도 값으로, 단위는 HBW(카바이드 볼 압입자)이다.

로크웰 경도(HR): 로크웰 경도 시험으로 측정된 경도 값입니다. 일반적인 경도 척도로는 HRC, HRB, HRA가 있습니다.

4 변환 원리

경도와 경도 또는 경도와 인장 강도 간의 변환은 경험적 데이터와 회귀 분석을 기반으로 합니다. 변환 관계는 재료 종류, 열처리 상태, 미세 구조(예: 결정립 크기, 상 분포)에 따라 달라집니다. 본 표준은 변환표와 공식을 제공하지만, 변환 결과는 근사치일 뿐이며 편차는 최대 ±10%까지 발생할 수 있습니다. 변환 시 다음 요소를 고려해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

재료 범주: 철 기반 금속(탄소강, 합금강 등) 또는 비철 금속(알루미늄, 구리 등)입니다.

경도 범위: 다양한 경도 시험 방법에는 적용 가능한 범위가 있습니다(예: HRC 20-70).

시험 조건: 경도 시험 하중, 유지 시간, 샘플 표면 품질.

5 변환 조건

5.1 적용 범위

철계 금속: 탄소강, 합금강, 스테인리스강.

비철 금속: 알루미늄 및 알루미늄 합금, 구리 및 구리 합금.

경도 범위:

비커스 경도(HV): 100-1000.

브리넬 경도(HBW): 100-700.

록웰 경도(HRC): 20-70.

인장강도(Rm): 300-2000 MPa.

5.2 제한 사항

시멘트 카바이드(WC-Co 등) 및 초경 소재(다이아몬드 등)에는 적합하지 않습니다.

표면 경화 재료(탄소침착 및 질화층 등)에는 적합하지 않습니다.

비정상적인 미세구조(심각한 분리 및 높은 다공성 등)를 지닌 재료에는 적합하지 않습니다.

변환 편차는 최대 $\pm 10\%$ 까지 가능하며 참조용일 뿐입니다.

5.3 테스트 요구 사항

경도 시험은 관련 표준(예: EN ISO 6507-1:2018)을 준수해야 합니다.

시험의 표면 거칠기는 $Ra < 0.1 \mu m$ 이고 두께는 압입의 대각선 길이의 $\geq 1.5 \times$ 입니다.

주변 온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ C$ 입니다.

6 변환 방법

6.1 경도 변환은

표준에 제공된 표를 통해 이루어집니다. 몇 가지 예는 다음과 같습니다.

HRC 에서 HV 로:

HRC 30 \approx HV 320

HRC 50 \approx HV 550

HRC 30 \approx HV 320

HRC 50 \approx HV 550

HV 에서 HBW (탄소강) 로:

HV 200 \approx HBW 190

HV 500 \approx HBW 475

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HV 200 ≈ HBW 190

HV 500 ≈ HBW 475

6.2 경도와 인장강도의 변환 경도와 인장

강도의 변환은 표준에서 제공하는 표 또는 공식을 통해 수행됩니다. 몇 가지 예는 다음과 같습니다.

HRC ~ Rm(경화강):

HRC 30 ≈ Rm 900

MPaHRC 50 ≈ Rm 1500

HRC 30 ≈ R_m 900 MPa

HRC 50 ≈ R_m 1500 MPa

HBW 에서 Rm(탄소강, 열처리 안 됨):

Rm ≈ 3.3 × HBW (HBW 100-400)

HBW 200 ≈ Rm 660 MPa

R_m ≈ 3.3 × HBW (HBW 100-400)

HBW 200 ≈ R_m 660 MPa

6.3 변환표의 구조

표 A: 철 기반 금속(탄소강, 합금강)의 경도 변환.

표 B: 스테인리스강 경도 변환.

표 C: 비철 금속(알루미늄, 구리)의 경도 변환.

표 D: 경도와 인장 강도 간의 변환.

7 변환 결과 평가

7.1 편차 분석

경도 변환 편차: 재료 및 경도 범위에 따라 ±5%-10%.

경도와 인장강도의 변환 편차: 열처리 상태에 따라 ±10%-15%.

7.2 영향 요인

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나 (>±0.2 μm) 상 분포가 고르지 않으면 편차가 커질 수 있습니다(>10%).

열처리 상태: 담금질강과 풀림강의 변환 편차는 다릅니다(±5%-15%).

시험 조건: 경도 시험의 하중, 유지 시간 및 샘플 표면 품질은 변환 정확도에 영향을 미칩니다.

7.3 권장 사항

인장 강도를 얻기 위한 직접 시험(인장 시험 등)이 변환 시험보다 선호됩니다.

변환 결과는 참고용일 뿐이며, 필요한 경우(편차가 10% 이상인 경우) 검증이 필요합니다.

8 변환 보고서

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

변환 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

재료 정보: 재료 유형, 등급, 열처리 상태.

경도 시험 정보: 시험 방법(비커스 등), 하중(N), 경도 값 및 편차.

변환 결과: 목표 경도값 또는 인장강도값, 변환 기준(표 번호).

편차 평가: 변환 편차 범위 및 영향 요인 분석.

보고서 날짜와 운영자 서명.

부록 A (규범 부록) 철 기반 금속의 경도 변환표 (일부 예)

HRC	HV	헤비급	인사부	적용 가능한 재료
20	240	228	60	연강
30	320	304	67	중탄소강
40	420	400	73	경화강
50	550	525	78	고강도 강철

부록 B(규범 부록) 스테인리스강 경도 변환표(일부 예시)

HRC	HV	헤비급	적용 가능한 재료
20	250	238	오스테나이트계 스테인리스강
30	330	315	마르텐사이트계 스테인리스강
40	430	410	침전 경화 스테인리스강

부록 C (규범 부록) 비철금속 경도 변환표 (일부 예)

헤비급	HV	적용 가능한 재료
50	55	순수 알루미늄
100	110	알루미늄 합금(예: 6061)
150	165	놋쇠

부록 D (규범 부록) 경도 및 인장 강도 변환표(몇 가지 예)

헤비급	Rm	R _m	Rm (MPa)	적용 가능한 재료
150	495			얇은 탄소강
200	660			얇은 탄소강
300	1000			담금질 및 템퍼링 강철

부록 E(정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: 10° C ~ 35° C, 권장 온도는 20±5° C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

요약하다

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

EN ISO 18265:2013 “금속 재료 - 경도와 강도의 변환”은 금속 재료의 경도 값 변환을 위한 표준화된 절차를 제공하고, 상세한 변환표와 조건을 제공하여 변환 결과의 신뢰성과 일관성을 보장합니다. 이 표준을 구현하면 재료 엔지니어가 직접적인 시험 조건 없이도 경도와 강도를 대략적으로 평가할 수 있으며, 기계 제조, 건설, 에너지 등 분야의 재료 성능 분석에 적합합니다.

총수:

EN ISO 6892-1:2019

금속 재료의 인장 시험

금속 재료 - 인장 시험

— 제 1 부: 실온에서의 시험 방법

1 범위

본 표준은 상온(10° C~35° C)에서 금속 재료의 인장 시험 방법을 규정하여 항복 강도, 인장 강도, 파단 후 신장률, 단면 수축률 등의 기계적 성질을 측정합니다. 본 표준은 다양한 금속 재료(강철, 알루미늄 합금, 구리 합금 등)로 제작된 봉, 판, 파이프, 와이어 및 가공 부품에 적용됩니다. 10° C~35° C 를 초과하는 온도에서 수행되는 시험이나 미세 크기 시편(예: 두께 <0.1mm)의 시험에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 표시된 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

EN ISO 7500-1:2018 금속 재료 - 인장 및 압축 시험기 1부: 교정력 표준 장치

EN ISO 9513:2012 금속 재료 - 신장계 시스템 교정

EN ISO 377:2017 강철 및 강철 제품 - 인장 시험을 위한 시험편 샘플링 및 준비

EN ISO 148-1:2016 금속 재료 - 샤프피 진자 충격 시험 1부: 시험 방법

EN ISO 18265:2013 금속 재료 - 경도와 강도 간 변환

3 용어 및 정의

본 표준은 EN ISO 6892-1:2019 및 다음 용어와 정의를 채택합니다.

항복 강도(R_p) 또는 지정 소성 신장 강도($R_{p0.2}$): 인장 중에 시편이 지정된 소성 변형을 겪는 응력으로 MPa 로 표현됩니다.

인장 강도(R_m): 인장 중에 시편이 견딜 수 있는 최대 응력으로 MPa 로 표현합니다.

길이 로 파단된 후 게이지 길이 부분의 소성 신장률(%)을 %로 표현합니다.

단면 수축률(Z): 시편이 원래 단면적으로 파손된 후 단면적이 감소한 비율(%)을 %로 표현합니다.

게이지 길이(L_0): 신장을 측정하는 데 사용되는 시편의 초기 길이(mm)입니다.

4 테스트 원리

인장 시험은 만능재료시험기에서 금속 시편에 단축 인장 하중을 가하여 시편이 파단될 때까지 하중-변위 곡선을 기록하고, 기계적 특성 변수(항복 강도, 인장 강도, 신장률 등)를 계산합니다. 시험 과정은 탄성 단계, 항복 단계, 균일 소성 변형 단계, 그리고 네킹 파괴 단계로 구분됩니다. 기계적 특성 계산식은 다음과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

屈服强度或规定塑性延伸强度:

$$R_p = \frac{F_p}{A_0}$$

抗拉强度:

$$R_m = \frac{F_m}{A_0}$$

断后延伸率:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

断面收缩率:

$$Z = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \times 100$$

안에:

F_p 는 항복 하중(N)입니다.

F_m 은 최대 하중(N)입니다.

A_0 는 원래 단면적(mm²)입니다.

L_0 는 원래 게이지 길이입니다. mm 단위로;

L_u 는 파단 후 게이지 길이입니다. mm 단위로;

A_u 는 파괴 후 최소 단면적(mm²)입니다.

5 테스트 장비

5.1 만능 시험기

하중 범위: 0-1000 kN, 정확도 ±0.5%, EN ISO 7500-1:2018 교정 요구 사항을 준수합니다.

하중 속도 제어: 응력 속도 0.00025/s ~ 0.0025/s, 또는 변형 속도 0.0001/s ~ 0.001/s.

5.2 익스텐소미터

정확도가 ±0.5%로 EN ISO 9513:2012 교정 요구 사항을 충족합니다.

측정 범위: 샘플의 탄성 및 소성 변형 단계를 포함합니다.

5.3 측정 도구

버니어 캘리퍼스: 정확도 ±0.02mm, 샘플 크기 측정에 사용됨.

마이크로미터: 정확도 ±0.001mm, 단면적 측정에 사용됨.

5.4 환경 관리

온도: 10°C ~ 35°C, 권장 온도는 20±5°C입니다.

습도: 30%-80%, 권장 50±10%.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

6. 샘플 준비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

6.1 시편 유형

比例试样: 标距长度 L_0 与横截面积 A_0 的平方根成比例, 常用 $L_0 = 5.65\sqrt{A_0}$.

비례하지 않는 시편: 게이지 길이 L_0 L_0 L_0 는 50mm 또는 80mm 와 같이 고정 됩니다.
시편 모양: 원형, 직사각형, 관형 또는 와이어. 자세한 치수는 EN ISO 377:2017 을 참조하세요.

6.2 샘플 요구 사항

시편의 표면은 매끄럽고 균열, 산화층 또는 가공 결함이 없습니다.

표면 거칠기 $Ra < 0.2 \mu m$ (연마).

달리 합의하지 않는 한, 시편은 재료의 압연 방향으로 채취해야 합니다.

6.3 샘플 수

통계적 대표성을 보장하기 위해 각 배치의 샘플 수는 3 개 이상이어야 합니다.

결과 편차가 큰 경우 (>10%), 샘플 수를 5 개로 늘려야 합니다 .

6.4 샘플 마킹

시험편에는 배치 번호, 브랜드(예: S355JR, 6061-T6) 및 시험 항목을 표시해야 하며, 표시는 시험 영역에 영향을 미치지 않아야 합니다.

6.5 샘플 측정

샘플 A_0 A_0 A_0 의 원래 단면적과 게이지 길이 L_0 L_0 L_0 을 측정하며 정확도는 $\pm 0.02mm$ 입니다.

7 가지 테스트 단계

7.1 장비 교정

시험 기계는 하중 편차가 $\pm 0.5\%$ 인 표준 힘 센서를 사용하여 교정되었습니다.

변형률 측정은 편차가 $\pm 0.5\%$ 인 표준 신장계를 사용하여 보정되었습니다.

7.2 테스트 조건

주변 온도: $10^\circ C \sim 35^\circ C$, 권장 온도는 $20 \pm 5^\circ C$ 입니다.

상대 습도: 30%-80%, 권장 $50 \pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

7.3 테스트 작동

시험기 고정 장치에 시편을 설치하고 시편 축이 고정 장치 중심선과 일치하는지 확인합니다.

초기 하중(항복 하중의 10%를 초과하지 않음)을 적용하고 설치 틈새를 제거합니다.

로딩 속도를 선택하세요:

탄성 단계: 응력 속도 $0.00025/s \sim 0.0025/s$.

플라스틱 단계: 변형률 속도 $0.0001/s \sim 0.001/s$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시편이 파손될 때까지 하중-변위 곡선을 기록했습니다.
각 샘플은 한 번씩 테스트되었고, 결과의 안정성을 보장하기 위해 3~5 회 반복되었습니다.

7.4 결과 측정

항복하중 F_p 와 최대하중 F_m 을 기록하세요 .

항복 단계에서 변형률을 측정하려면 신장계를 사용합니다(예: $R_p 0.2$).

시편이 파손된 후 파손 후 게이지 길이 L_u 와 단면적 A_u 를 측정합니다 .

7.5 결과 계산

屈服强度或 $R_p 0.2$:

$$R_p = \frac{F_p}{A_0}$$

抗拉强度:

$$R_m = \frac{F_m}{A_0}$$

断后延伸率:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

断面收缩率:

$$Z = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \times 100$$

8 시험 결과 평가

8.1 기계적 성질 범위

금속 재료의 기계적 특성 범위는 재료에 따라 달라집니다.

低碳钢 (S355JR) : $R_p 0.2$ 355 MPa, R_m 470-630 MPa, A 20%-25%.

铝合金 (6061-T6) : $R_p 0.2$ 240 MPa, R_m 310 MPa, A 8%-12%.

不锈钢 (304) : $R_p 0.2$ 205 MPa, R_m 520 MPa, A 40%-50%.

8.2 편차 평가

3-5 개 표본의 경우 $\pm 10\%$ 이며, 그렇지 않은 경우 재검사가 필요합니다.

성능 값이 재료 기술적 요구 사항을 초과하는 경우, 그 이유를 분석해야 합니다(예: 시편 결함, 부적절한 적재 속도).

8.3 영향 요인 분석

하중 속도: 속도가 너무 빠르면 ($> 0.0025/s$) 항복 강도가 높아집니다(편차 $> 5\%$).

시편 품질: 표면 거칠기 $R_a > 0.2 \mu m$ 또는 결함은 조기 파손으로 이어질 수 있습니다(편차 $> 10\%$).

고정 장치 정렬: 고정 장치가 정렬되지 않으면 응력 집중이 발생하고 신장률이 감소할 수 있습니다(편차 $> 15\%$).

미세구조: 입자 크기가 고르지 않거나 ($> \pm 0.2 \mu m$) 과도한 내포물이 있으면 성능이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

저하됩니다(편차 >10%).

9 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보: 재료 유형, 브랜드, 배치 번호, 크기, 샘플링 방향.

테스트 조건: 장치 모델, 로딩 속도, 주변 온도($10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$), 습도(30%~80%).

시험 결과: 항복강도($R_{p0.2}$), 인장강도(R_m), 파단 후 신장(A), 단면감소율(Z), 평균값 및 편차.

평가 결론: 재료의 기술적 요구 사항을 충족하는지 여부.

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 재료의 기계적 특성에 대한 기준값

재료 유형	브랜드/카테고리	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	Z (%)	일반적인 응용 프로그램
연강	S355JR	355	470-630	20~25 세	50~60 세	건물 구조
알루미늄 합금	6061-T6	240	310	8-12	20~30 명	항공우주 구조물
스테인리스 스틸	304	205	520	40~50 명	60-70	식품 장비

부록 B (정보 부록) 표본 치수 권장 표

표본 유형	게이지 길이 L_0 (mm)	단면적 A_0 (mm ²)	적용 가능한 재료
비례 시험편	$5.65\sqrt{A_0}$	50-200	강철, 알루미늄 합금
비례하지 않는 표본	50	20-100	얇은 판, 와이어

부록 C (정보 부록) 테스트 환경 요구 사항

온도: $10^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$, 권장 온도는 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 입니다.

습도: 30%-80%, 권장 $50\pm 10\%$.

진동이 없고, 부식성 가스 환경도 없습니다.

시험대 수평도: 편차 $< 0.02\text{ mm/m}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3 부: 초경합금의 성능 최적화

제 7 장 초경합금의 기계적 성질 제어

7.0 초경합금의 기계적 성질

7.0. 1. 초경합금의 높은 경도

7.0. 1. 0 초경합금의 경도는 무엇입니까 ?

7.0.1.1 초경합금 의 경도 측정 방법

7.0.1.2 경도에 영향을 미치는 요인

7.0.1.3 경도 의 미시적 메커니즘

7.0.1.4 경도의 적용 중요성

7.0.1.5 경도와 인성 간의 균형

7.0.1.6 요약

7.0. 2. 초경합금의 파괴인성

7.0.2.1. 초경합금의 파괴인성 정의

7.0.2.2. 초경합금의 파괴인성 측정 방법

7.0.2.3. 초경합금의 파괴인성에 영향을 미치는 요인

7.0.2.4. 초경합금의 파괴인성의 미시적 메커니즘

7.0.2.5. 초경합금 파괴인성의 적용 의의

7.0.2.6. 초경합금 파괴인성의 최적화 및 미래 개발

7.0. 3. 초경합금의 압축강도

7.0.3.1. 초경합금의 압축강도 정의

7.0.3. 2. 초경합금의 압축강도 측정방법

초경합금의 압축강도에 영향을 미치는 요인

7.0.3.4. 마이크로 메커니즘 초경합금의 압축 강도

초경합금 압축강도의 적용 의의

초경합금 압축강도의 최적화 및 미래 개발

7.0.4. 초경합금의 내마모성

7.0.4.1. 초경합금의 내마모성 정의

7.0.4.2. 초경합금의 내마모성 측정 방법

7.0.4.3. 초경합금의 내마모성에 영향을 미치는 요인

7.0.4.4. 초경합금의 내마모성에 대한 미세 메커니즘

7.0.4.5. 초경합금 내마모성의 적용 의의

7.0.4.6. 초경합금 내마모성의 최적화 및 향후 개발

7.0.5. 초경합금의 피로 저항성

7.0.5.1. 초경합금의 피로 저항성 정의

7.0.5.2. 초경합금의 피로저항 측정 방법

7.0.5.3. 초경합금의 피로 저항성에 영향을 미치는 요인

7.0.5.4. 초경합금의 피로저항성에 대한 미시적 메커니즘

7.0.5.5. 초경합금의 피로저항성 적용의의

7.0.5.6. 초경합금의 피로 저항성 최적화 및 미래 개발

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 7.0.6. 초경합금의 내충격성
 - 7.0.6.1. 초경합금의 충격 저항성 정의
 - 7.0.6.2. 초경합금의 충격저항 측정 방법
 - 7.0.6.4. 초경합금의 충격 저항성에 대한 미시적 메커니즘
 - 7.0.6.5. 초경합금 충격 저항의 적용 의의
 - 7.0.6.6. 초경합금 충격 저항의 최적화 및 향후 개발
 - 7.0.7. 초경합금의 기계적 성질에 대한 종합적인 분석 및 응용
 - 7.0.7.1. 초경합금의 기계적 특성 간의 상충 관계
 - 7.0.7.2. 초경합금의 기계적 특성 최적화 전략
 - 7.0.7.3. 초경합금의 기계적 성질 적용 시나리오
 - 7.0.7.4. 초경합금의 기계적 성질에 대한 향후 개발
- 7.1 초경합금의 경도 및 인성 균형
 - 7.1.1 입자 크기 효과(Hall-Petch 관계)
 - 7.1.1.1 입자 크기 효과
 - 7.1.1.2 홀-페치 메커니즘 및 기계적 분석
 - 7.1.2.2 결합제 함량이 인성에 미치는 정량적 영향
 - 7.1.2.3 결합상 종류와 인성 간의 계층적 관계
 - 7.1.2.4 강력한 트레이드오프 및 협력적 최적화 전략
 - 7.1.2.5 엔지니어링 실무 검증
 - 7.1.2.6 최종 인정
 - 7.2 초경합금의 피로 및 충격 저항성
 - 7.2.1 반복 하중 하에서 시멘트 카바이드의 균열 성장(파리 법칙)
 - 7.3 초경합금 파괴 메커니즘 분석
 - 7.3.2 초경합금 파괴 및 박리(응력 집중 및 미세균열)
 - 7.4 초경합금 성능 향상을 위한 전략
 - 7.4.1 초경합금 성능 개선 전략 - 초경합금 입자 미세화
 - 7.4.2 초경합금 성능 향상 전략, 초경합금 첨가제(V₂O₅, TaC)
 - 7.4.3 초경합금 성능 향상 및 초경합금 표면 강화 전략
 - 7.4.4 초경합금 성능 향상 전략 - 초경합금 첨단 제조 기술(3D 프린팅)
- 초경합금 성능 최적화에 AI+IIoT 적용
 - 7.5.1 미세 구조 최적화: AI 기반 정밀 설계
 - IIoT의 고정밀 인식
 - 7.5.3 고장 예측 및 지능형 유지 관리: AI+IIoT의 협업 적용
 - 7.5.4 프로세스 최적화 및 지능형 제조: AI+IIoT의 효율적인 협업
- IIoT는 실시간으로 탄소침투 온도를 모니터링(850-950°C, 편차 ±1.5°C)하여 탄소침투층 품질을 최적화합니다.
- 7.5.5 중국 텅스텐 산업의 AI 첫 해
 - 7.5.5.1 “중국 텅스텐 산업의 AI 원년” 개념의 실질적 의의
 - 7.5.5.2 초경합금의 고엔트로피 처리의 중요성
 - 7.5.5.3 카바이드 등급 배칭의 중요성
 - 7.5.6 시멘트 카바이드 성능 개선의 미래 전망 및 과제
- 7.6 관련 국내 및 국제 표준

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

참고문헌

일정

초경합금의 경도와 인성 간의 균형: 주요 성능 매개변수
초경합금의 경도와 인성 균형에 영향을 미치는 입자 크기에 영향을 미치는 요인
초경합금의 경도 및 인성 균형을 위한 바인더상 함량 최적화에 영향을 미치는 요인
시멘트 초경 피로 저항성 및 충격 저항성의 주요 성능 매개변수
초경합금의 피로저항성에 미치는 균열성장에 영향을 미치는 요인
초경합금 충격 저항의 충격 인성에 영향을 미치는 요인
시멘트 카바이드 파괴 메커니즘의 주요 성능 매개변수
초경합금의 마모 파괴에 영향을 미치는 요인
초경합금의 파괴 및 박리에 영향을 미치는 요인
초경합금 성능 향상의 주요 성능 매개변수
시멘트 카바이드 성능 향상에 영향을 미치는 요인에 대한 입자 미세화 및 첨가제
초경합금 성능 향상을 위한 표면강화에 영향을 미치는 요인

총수

홀-페치 관계란 무엇인가?
카바이드 란 무엇입니까 ?
초경합금 침탄의 다양한 개념과 기능
초경합금의 침탄 및 탈탄
시멘트 카바이드의 바인더 제팅이란 무엇입니까?
전해조 예서의 시멘트 카바이드 적용
초경 고속 절삭 공구
카바이드 볼 엔드밀
카바이드 엔드밀
초경 다날 밀링 커터
카바이드 솔리드 드릴
초경 외경 선삭 공구
카바이드 기어 커터
카바이드 풍력 터빈 기어 커터
GB/T 18376-2001 초경합금 성능 시험 방법
GB/T 230.1-2001 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험
1부: 시험 방법(A, B, C 등급)
GB/T 230.2-2001 금속 재료에 대한 록웰 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정
GB/T 230.3-2001 금속 재료 록웰 경도 시험 3부: 표준 경도 블록의 교정
GB/T 3848-2001 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법
GB/T 3850-2001 초경합금의 굽힘강도 측정방법
GB/T 3851-2001 초경합금의 파괴인성 측정 방법
GB/T 9097-2001 초경합금의 자기적 특성 측정 방법
GB/T 3849-2008 초경합금의 비커스 경도 시험 방법
GB/T 7997-2010 초경합금의 파괴인성 시험 방법
GB/T 3488-2008 초경합금 미세구조 시험 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ISO/TR 19041:2015 시멘트 카바이드의 미세 구조 검사에 대한 기술 보고서: 결합 평가에 대한 추가 지침

ISO 4884:2019 시멘트 카바이드의 자기적 특성 측정 방법

ISO 3369:2006 초경합금 밀도 측정 방법

ISO 28079:2009 초경합금의 파괴인성 측정 방법

ISO 3878:1983 초경합금의 록웰 경도 시험 방법(HRA 스케일)

ISO 3326:2013 초경합금의 비커스 경도 시험 방법

ISO 4489-2:2020 초경합금의 굽힘 강도 시험 방법 2부: 고온 조건

ISO 4489:2010 시멘트 카바이드의 굽힘 강도 측정 방법

ISO 4499-3:2016 초경합금 - 미세조직 검사 3부: 기공률, 내포물, 자유 탄소 및 에타상 평가

ISO 4499-2:2008 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 2부: 입자 크기 결정 방법

ISO 4499-1:2006 시멘트 카바이드 - 미세 조직 검사 1부: 일반 지침

ISO 3847:2005 시멘트 카바이드 시편 준비 방법

ISO 3850:2018 초경합금 용어

ISO 3850:2018 초경금속 - 용어

GB/T 4295-2008 초경합금의 미세구조 결합 평가 방법

GB/T 5249-2008 시멘트 카바이드 샘플 준비를 위한 일반 사양

ISO 28079:2009 시멘트 카바이드 손바닥 모양 시편의 파괴인성 시험

경금속 - Palmqvist 인성 시험

ISO 6507-1:2018 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험

금속 재료 - 비커스 경도 시험

ISO 6507-1:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법

ISO 6507-2:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 2부: 경도 시험기의 검증 및 교정

ISO 6507-3:2018 금속 재료 - 비커스 경도 시험 3부: 교정 표준

ISO 3327:2009 초경합금의 압축강도 시험방법

경금속 - 횡과단 강도 측정

초경금속 - 초경금속 마모 테스트

ASTM B611-13 경질 재료의 고응력 내마모성에 대한 표준 시험 방법

ASTM E23-18 노치 시편 충격 시험 방법

금속 재료의 노치 바 충격 시험을 위한 표준 시험 방법

ASTM G65-16 건조모래/고무 휠 마모 시험 방법

건식 모래/고무 휠 장치를 사용한 마모 측정을 위한 표준 시험 방법

EN ISO 6507-1:2018 비커스 경도 시험

금속 재료 - 비커스 경도 시험 - 1부: 시험 방법

EN ISO 18265:2013 금속 재료 - 경도와 강도 간 변환

금속 재료 - 경도 값 변환

EN ISO 6892-1:2019 금속 재료의 인장 시험

금속 재료 - 인장 시험 - 1부: 실온에서의 시험 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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