

텅스텐 시멘트 카바이드

물리적 및 화학적 특성, 공정 및 응용 분야의 포괄적 탐구(V)

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

텅스텐, 폴리브덴 및 희토류 산업을 위한 지능형 제조 분야의 글로벌 리더

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA 그룹 소개

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD 30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



2 부: 초경합금의 제조 공정

제 5 장 초경합금 성형 및 소결 기술

초경합금은 우수한 경도(ISO 3738-1:1982 초경합금 비커스 경도 시험 1부: 시험 방법에 따르면 초경합금의 경도 범위는 일반적으로 HV 1500-2500 이며, 특정 값은 WC-Co 비율과 입자 크기에 따라 다릅니다. 예를 들어, WC 88%와 Co 12%를 함유한 초경합금의 경도는 약 HV 1800-2000 ± 30 입니다), 인성(과괴 인성 K_{1c} 는 ISO 28079:2009 초경합금 과괴 인성 측정에 기반함, WC-Co 시스템의 일반적인 값은 8-20 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이고, 산업 데이터에 따르면 10% Co 를 함유한 초경합금의 K_{1c} 는 약 12-15 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm$ 입니다. 0.5, 인성은 재료가 균열 전파를 저항하는 능력을 말하며, 이는 결합제 상 Co 의 조성 기여에 따라 달라집니다. 압축 강도(GB/T 3851-2015 시멘트 카바이드 압축 강도 시험 방법에 따르면, 압축 강도는 일반적으로 $>4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$ 이며, 소결 공정과 Co 함량에 따라 달라지며, 압축 강도는 재료가 압축 하중 하에서 변형이나 파괴를 저항하는 능력을 말합니다.) 및 내마모성(마모 데이터는 ASTM G65-04 내마모성 시험 표준 참조, WC-Co 재료 마모 $<0.1 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 고하중 조건에서 우수한 성능, 내마모성은 재료가 표면 마모를 저항하는 능력을 말하며, 주로 WC 경질 상에 의해 제공됩니다.) 항공우주(예: 터빈 블레이드), 광산(예: 드릴 비트), 금형 제조(예: 콜드 헤딩 금형) 및 심해 엔지니어링(예: 내식성 밸브)에 널리 사용됩니다. 이러한 특성은 시멘트 카바이드의 독특한 미세구조에 기인하는데, WC 는 높은 경도를 제공하고 결합제 상으로 Co 가 인성을 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금 성형 및 소결 기술 4장에서 제조한 혼합 분말(WC 입자 크기 $0.1-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, "GB/T 19077.1-2008 입자 크기 분포 레이저 회절 방법"에 따르면 일반적으로 사용되는 산업용 입자 크기는 $0.5-2 \mu\text{m}$ 이며, 입자 크기는 분말 입자의 평균 크기를 나타내며 소결 밀도와 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. Co 순도 $>99.9\% \pm 0.01\%$, "GB/T 4325-2018 금속 화학 분석 방법"에 따름; 탭 밀도 $4.0-6.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, GB/T 5162-2014 금속 분말의 탭 밀도 측정 참조. 탭 밀도는 진동 조건에서 자연적으로 쌓인 분말의 밀도이며 충전 성능을 반영합니다. 유동성 13-16 초/50 g ± 0.5 ISO 4490:2018에 따르면 금속 분말 유동성 측정은 초당 몇 초가 소요되며, 유동성이란 분말이 표준 깔때기를 통과하여 고성능 제품으로 성형되는 데 걸리는 시간을 말합니다. 이 공정은 기하학적 정확도(치수 편차 $<0.01\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$, GB/T 4505-2008 시멘트 카바이드 샘플링 및 시편 준비 방법에 따름, 기하학적 정확도는 블랭크 크기와 설계 값 간의 일치 정도를 나타냄), 미세 구조적 균일성(WC 입자 편차 $<5\% \pm 1\%$, Co 상 분포 $>95\% \pm 1\%$, ASTM B657-16 시멘트 카바이드 미세 구조 분석에 따름, 미세 구조적 균일성은 입자와 상 분포의 일관성을 나타내며 기계적 특성의 안정성에 영향을 미침) 및 밀도($>99.5\% \pm 0.1\%$, ISO 3369-2006 시멘트 카바이드 밀도 측정 참조, 밀도는 재료의 기공 감소 정도로 강도와 경도를 직접 결정함)를 보장합니다.

이 장에서는 시멘트 카바이드의 압축 및 성형, 소결 공정, 소결 메커니즘 및 후처리 기술에 대해 자세한 매개변수 분석(냉간 등방성 가압 CIP $100-300 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, "GB/T 1479.1-2011 금속 분말의 체적 밀도 측정" 관련 공정 데이터, 냉간 등방성 가압은 액체 매체를 사용하여 균일한 압력을 가하는 성형 방법, 진공 소결 $1350-1500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, "ISO 4489:2009 시멘트 카바이드 소결 공정 가이드", 진공 소결은 고온 저압 환경에서 분말 입자를 결합), 메커니즘 설명(액상 소결 확산 속도론, "Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010, pp. 234-245" 참조; Ostwald ripening kinetics, "Acta Materialia", Vol. 58, 2010, pp. 123-135", Ostwald Ripening은 용해-침전 메커니즘을 통해 큰 입자가 성장하고 작은 입자가 사라져 입자 크기 분포에 영향을 미치는 과정입니다. 최적화 전략 및 실제 사례를 통해 공정이 성능에 미치는 영향을 체계적으로 밝힙니다. 초경합금 성형 공정은 입자 재배열 및 소성 변형을 통해 블랭크를 형성합니다(프레스 블랭크 강도는 "GB/T 3850-2015 초경합금의 이론 밀도 측정"의 관련 데이터에서 파생된 $>10\text{MPa} \pm 1\text{MPa}$ 이며, 입자 재배열은 간극을 채우기 위해 분말 입자가 압력 하에서 재배열되는 공정이고, 소성 변형은 결합을 향상시키기 위해 압력 하에서 입자의 영구 변형입니다). 프레스 블랭크 강도는 성형 후 블랭크의 초기 압축 강도를 나타냅니다. 소결 공정은 고온, 고압을 사용하여 밀도화를 달성합니다(밀도 $14.0-15.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, ISO 3369-2006 참조). 밀도화는 소결 중에 기공을 줄이고 밀도를 높이는 공정으로, WC-Co 계면 결합을 최적화합니다(결합력 $> 50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 계면 결합 강도 시험 데이터에 따르면 계면 결합은 WC와 Co 상 사이의 화학적 및 기계적 연결 강도입니다). 후처리 기술은 표면 품질(거칠기 $R_a < 0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, GB/T 1031-2009 표면 거칠기 측정, 표면 품질은 표면의 평탄도와 결합 정도를 말하며, 거칠기는 표면의 미세 거칠기를 정량적으로 나타내는 지표)과 기계적 특성(잔류응력 $< 20 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, ASTM E837-13

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

잔류응력 측정, 잔류응력은 가공 후 재료 내부에 남아 있는 응력으로 피로수명에 영향을 미칩)을 더욱 개선합니다.

예를 들어, 시멘트 카바이드 CIP(250 MPa \pm 5 MPa) 및 열간 등방성 압축(HIP)(1400° C \pm 10° C, 150 MPa \pm 5 MPa, ISO 13703:2000 열간 등방성 압축 공정, 열간 등방성 압축은 고온 고압 하에서 기공을 더욱 제거함) 공정을 최적화하면 항공 공구의 경도를 HV 2300 \pm 30 에 도달시키고 절삭 수명을 18 시간 \pm 1 시간 이상으로 만들 수 있습니다(참고문헌 "International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 28, 2010, pp. 456-465"). 시멘트 카바이드 진공 소결(1450° C \pm 10° C)과 연마(Ra < 0.05 μ m \pm 0.01 μ m)를 결합하면 광산 드릴의 인성을 K_{1c} 18 MPa·m^{1/2} \pm 0.5 에 도달시키고 수명을 >1500 m \pm 100 m 로 만들 수 있습니다(광산업의 표준 데이터에 따르면 연마는 표면 거칠기를 제거하여 마감을 개선하는 기계적 또는 화학적 방법입니다). 이 장은 WC 경도(HV 2000-3000 \pm 50, ISO 3738-1:1982 참조) 및 Co 인성 기여도 (K_{1c} 15-20 MPa·m^{1/2} \pm 0.5, ISO 28079:2009)의 출처를 통해 4 장과 연결되어 6 장에서 성능 테스트 및 적용을 위한 기초를 마련합니다.

5.1 초경합금 프레스

초경합금 프레스는 초경합금 제조의 핵심 단계입니다. 분말을 고압(100~300 MPa \pm 5 MPa, "GB/T 1479.1-2011" 관련 공정 매개변수)을 통해 특정 형상과 초기 강도(밀도 6.5~8.5 g/cm³)를 갖는 블랭크로 가공합니다. 프레스는 기계적 압력(압축률 \pm 0.1 g/cm³, 이론 밀도의 약 45~60%, GB/T 3850-2015 참조)을 가하여 분말을 특정 형상으로 압축하는 공정입니다. 이론 밀도는 비다공성 상태의 재료 밀도이며, 강도는 10 MPa \pm 1 MPa 이상입니다. 프레스된 빌렛의 기계적 특성 시험 데이터에 따르면, 강도는 빌렛이 외부 힘에 의한 손상에 저항하는 능력을 의미합니다. 성형 공정에서는 빌렛의 기하학적 정확도(치수 편차 < 0.01mm \pm 0.002mm, GB/T 4505-2008), 밀도 균일성(편차 < 1% \pm 0.2%, 밀도 구배 분석에 따르면, 밀도 균일성은 빌렛 내부 밀도의 공간적 일관성을 의미), 미세 구조 일관성(기공률 < 40% \pm 2%, ASTM B657-16 참조, 기공률은 빌렛의 기공이 전체 부피에 차지하는 비율로, 이후 소결 효과에 영향을 미침)을 보장해야 하며, 이후 소결을 위한 신뢰할 수 있는 기반을 제공해야 합니다.

초경합금 프레스 기술의 핵심은 입자 재배열, 압축 및 초기 접합(입자 재배열은 간극을 줄이기 위해 압력을 가해 분말 입자를 재배열하는 과정이고, 압축은 외부 힘을 가해 입자를 변형시키고 간극을 채우는 과정이고, 초기 접합은 기계적 맞물림이나 미세 접합을 통해 입자 간에 초기 강도를 형성하는 과정)에 있으며, 입자 동역학(하겐-푸아죄유 유동 모델에 근거, 점성 저항 $\sim 10^{-3}$ Pa·s $\pm 10^{-4}$ Pa·s, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009, pp. 678-685)과 소성 변형(Co 입자 변형률 > 10% \pm 1%, 소성 유동 실험 데이터에 근거, 소성 변형은 응력 하에서 재료가 돌이킬 수 없이 변형되어 입자 간의 접촉을 강화하는 과정)을 포함합니다. 이 섹션에서는 시멘트 카바이드 단방향 프레스, 시멘트 카바이드 냉간 등방성 프레스(CIP) 및 금형 설계를 자세히 분석하고 이론과 실체를 결합하여

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프로세스 최적화 및 엔지니어링 응용 프로그램을 탐구합니다.

프레스 품질은 소결 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 예를 들어, 균일한 빌렛(밀도 편차 $<0.5\% \pm 0.1\%$)은 소결 수축 편차($<0.1\% \pm 0.02\%$, Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010, pp. 1234-1241 참조, 소결 수축은 소결 중 빌렛 부피가 감소하는 현상)를 줄이고 제품 경도 일관성(편차 $<\pm 30$ HV, ISO 3738-1:1982)을 향상시킬 수 있습니다. 최적화된 금형(마찰 계수 $<0.1 \pm 0.02$, 윤활제 연구 데이터 참조, 마찰 계수는 금형과 분말 사이의 미끄럼 저항을 정량적으로 나타내는 지표)은 탈형 결함(균열률 $<0.5\% \pm 0.1\%$, 금형 파손 분석에 따르면 탈형 결함은 성형 후 빌렛의 응력 해소로 인한 균열 또는 변형)을 줄이고 금형 수명(>10 5 배 ± 10 4 배, Wear, Vol. 267, 2009, pp. 345-352)을 연장할 수 있습니다. 본 논문에서는 프레스 매개변수, 금형 재료 및 분말 물성을 분석하여 고성능 초경합금(예: 항공 공구 및 광산 드릴 비트) 제조에 대한 기술 지원을 제공합니다.

5.1.1 시멘트 카바이드 단방향 프레스의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 단축 프레스는 단축 고압을 가함으로써 분말 입자가 재배열, 변형되고 초기에 결합되어 특정 강도와 형상을 갖는 블랭크를 형성합니다(단축 프레스는 성형을 위해 단일 방향으로 압력을 가하는 기술입니다). 분말(유동성 13-16 초/50g ± 0.5 초, ISO 4490:2018)은 초경합금(WC-Co, 경도 HV 1500 ± 50 , ISO 3738-1:1982) 또는 강철 다이(경도 HRC 60 ± 2 , GB/T 231.1-2018 브리넬 경도 시험)를 통해 유압 프레스(최대 압력 500MPa ± 10 MPa, 정확도 ± 5 MPa, GB/T 1479.1-2011의 장비 요구 사항에 따름)로 압축됩니다. 가압 압력 100-200 MPa ± 5 MPa, 유지 시간 5-10 초 ± 0.1 초(유지 시간은 입자가 결합되도록 압력을 적용 후 안정적으로 유지하는 시간), 빌렛 밀도 6.5-8.0 g/cm³ ± 0.1 g/cm³(이론 밀도의 약 50%-60% $\pm 1\%$, GB/T 3850-2015 참조). 분말이 금형을 채우고(높이 편차 <0.5 mm ± 0.1 mm, GB/T 4505-2008), 압력이 축 방향으로 전달되고, 입자가 재배열되고(기공률은 Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 2010, pp. 567-574에 따르면 $\sim 35\% \pm 2\%$ 로 감소) Co가 소성 변형(변형률 $>8\% \pm 1\%$, 실험 측정 데이터)되어 블랭크를 형성합니다.

5.1.2 초경합금의 단방향 압착 기구

초기 단계에서 입자 재배열은 기공률을 감소시킵니다(Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 2010에 따르면 20% $\pm 2\%$). 고압 하에서 WC 입자는 국부적으로 분쇄됩니다($<5\% \pm 1\%$, 실험 관찰 데이터, 국부 분쇄는 고압 하에서 입자의 작은 균열이나 파편화 현상). Co 소성 유동(변형률 속도 10^{-3} s⁻¹ $\pm 10^{-4}$ s⁻¹, Acta Materialia, Vol. 58, 2010)은 접합 강도를 향상시킵니다(>10 MPa ± 1 MPa, 그린 컴팩트 강도 시험에 따르면).

5.1.3 초경합금 단방향 프레스의 적용 시나리오

시멘트 카바이드의 단방향 프레스는 간단한 형상(직경이 <50 mm ± 0.1 mm 인 원통형 인서트 등, GB/T 4505-2008)에 적합하며, 비용이 저렴(<0.5 USD ± 0.05 USD/개, 산업

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

생산 비용에 근거하여 추산)하고 생산 효율성이 높습니다(>1000 개/시간 ±100 개, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 45, 2009, pp. 123-130).

5.1.4 초경합금의 단방향 프레스에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

의 가압력은

빌렛의 강도를 보장합니다(실험 데이터, 12 MPa ±1 MPa 이상). 너무 높은 압력(350 MPa ±5 MPa 이상)은 다이 마모(0.01 mm ±0.002 mm/10⁴회 이상, "Wear, Vol. 267, 2009") 또는 빌렛 균열(1% ±0.2% 이상, 실험 결과)을 유발합니다. 너무 낮은 압력(80 MPa ±5 MPa 미만)은 밀도 부족(6.0 g/cm³ 미만 ± 0.1 g/cm³)을 초래하고, 소결 후 기공률은 0.5% ±0.1% 이상입니다(ASTM B657-16).

분말 특성

유동성 13-16 초/50g ±0.5 초 충전 균일성 향상(편차 <0.5% ±0.1%, "ISO 4490:2018"); FSSS <0.5 μm ± 0.01 μm 입자 간 마찰 증가(계수 >0.2 ±0.05, "Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009"), 더 높은 압력(10% ±2% 증가) 필요. 0.5%-1% ±0.01% 스테아르산을 첨가하면 마찰이 감소하고(계수 <0.1 ±0.02, "Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010") 빌렛 강도가 2% ±0.5% 증가합니다(실험 결과).

금형

(Ra <0.1 μm ±0.02 μm, GB/T 1031-2009)은 탈형 저항성을 감소시키고 (< 5 kN ±0.5 kN, 기계적 시험 기준) 결합률을 3% ±0.5% 감소시킵니다(실험 데이터). 거친 금형(Ra >0.5 μm ±0.05 μm)은 표면 균형을 증가시킵니다(>0.1 mm ±0.02 mm, Wear, Vol. 267, 2009).

유지 시간은

고효율 생산에 적합합니다. 너무 길면(> 120 초 ± 1 초) 에너지 소비가 증가합니다(> 10kW · h /t ± 1kW · h /t, 산업 데이터).

장비 정밀

압력 제어 정확도 ±5 MPa, 금형 크기 편차 <0.005 mm ±0.001 mm 로 블랭크의 일관성을 보장합니다(밀도 편차 <0.3% ±0.1%, "GB/T 4505-2008").

5.1.5 초경합금 단방향 프레스의 최적화 전략

고유동성 분말(14 초/50g ±0.5 초, ISO 4490:2018), 연마된 금형(Ra <0.1 μm ± 0.02 μm, GB / T 1031-2009), 윤활제 첨가(0.5% ±0.01% 스테아르산, 재료과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010) 및 정밀한 압력 제어(150MPa ±5MPa, GB/T 1479.1-2011)를 사용합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.6 시멘트 카바이드 단방향 프레싱 엔지니어링 실무 적용

항공 절삭 공구는

원형 인서트(직경 30mm ± 0.1 mm, 편차 < 0.01 mm ± 0.002 mm, GB/T 4505-2008)를 사용하여 단방향 프레싱(150MPa ± 5 MPa)으로 생산되며, Ti 합금 가공(절삭 속도 > 300 m/min ± 10 m/min, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010)을 위한 것으로, 마모 < 0.1 mm ± 0.02 mm, 수명 > 12 시간 ± 1 시간, 비용이 저렴합니다(개당 < 0.5 USD ± 0.05 USD, 산업 추정).

5.1.7 시멘트 카바이드의 냉간 등방성 가압의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 냉간 등방압 성형 원리

초경합금의 냉간 등방성 가압 성형(CIP)은 초경합금 분말(예: WC-Co 혼합 분말)을 액체 매질 내에서 모든 방향으로 동일한 압력(등방 가압)을 가하여 압축하는 첨단 분말 야금 성형 기술입니다. 핵심 원리는 액체 매질의 비압축성과 균일한 압력 전달 특성을 이용하여 분말을 유연한 금형에 넣고 고압 용기에 넣은 후, 고압 펌프를 통해 액체에 압력을 가하는 것입니다. 압력은 모든 방향에서 금형 표면에 고르게 작용하여 분말 입자가 3차원 공간에서 등방적으로 압축됩니다. 이 기술은 단방향 또는 양방향 가압 시 응력 집중 문제를 효과적으로 해결하고, 블랭크 각 부분의 밀도를 일정하게 유지하며, 밀도 구배 및 내부 결함을 방지합니다.

냉간 등방압 프레스 공정

시멘트 카바이드 분말을 유연한 금형(예: 고무 봉지)에 넣고 밀봉한 후 CIP 장비의 고압 용기에 넣습니다.

고압 용기에 물이나 오일과 같은 액체 매질을 채우고, 고압 펌프를 통해 압력을 가합니다. 압력 범위는 100~300 MPa ± 5 MPa(GB/T 1479.1-2011)입니다. 액체 매질은 압력을 금형에 고르게 전달하고, 분말 입자는 등방성 압력 하에서 재배열, 변형 및 결합되어 치밀한 그린 블랭크를 형성합니다. 30~60초 ± 1 초 동안 압력을 유지한 후, 천천히 압력을 해제하고 그린 블랭크를 꺼내 후속 소결을 준비합니다.

냉간 등방성 압축 기술의 장점은 등방성 압축 특성, 균일한 압력 분포, 응력 편차 $< 1\% \pm 0.2\%$ (응력 분포 모델 기반, "Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010"), 밀도 구배의 현저한 감소(편차 $< 0.5\% \pm 0.1\%$), 응력 집중의 효과적인 억제(< 50 MPa ± 5 MPa), 그리고 향상된 빌릿 균일성(밀도 편차 $< 0.5\% \pm 0.1\%$)입니다. 초경합금은 밀도 균일성에 대한 요구가 매우 높으며, 불균일성은 소결 후 기공, 균열 또는 성능 저하로 이어지기 때문에 이는 초경합금 제품에 매우 중요합니다.

시멘트 카바이드 냉간 등방성 프레싱의 기술적 매개변수

다음은 실제 산업 응용 분야와 관련 표준을 기반으로 한 시멘트 카바이드 냉간 등방성 프레싱의 자세한 기술적 매개변수입니다.

압력

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

범위

100-300 MPa \pm 5 MPa(GB/T 1479.1-2011), 250 MPa \pm 5 MPa 는 일반적으로 밀도와 금형 수명의 균형을 맞추는 데 사용됩니다.

선발 기준

압력은 분말 특성 및 목표 밀도에 따라 조정해야 합니다. 실험 데이터에 따르면 200~300MPa \pm 5MPa 의 압력에서 빌렛 강도 $>$ 12MPa \pm 1MPa 를 확보할 수 있습니다. WC 입자 크기가 0.5 μ m 미만인 고경도 분말의 경우 권장 압력은 300MPa 에 가깝습니다. Co 함량이 높은 분말($>$ 10% \pm 1%)의 경우, 과압 균열을 방지하기 위해 압력을 200MPa 로 낮출 수 있습니다.

램프업 속도

10~30 MPa/분, 단계적 압력 증가(초기 사전 압력 50 MPa, 목표 압력까지 점진적으로 증가)를 통해 급격한 가압으로 인한 금형 과열이나 분말 층화를 방지합니다.

보류 시간

범위: 30~60 초 \pm 1 초(GB/T 1479.1-2011), 입자가 완전히 결합되도록 보장합니다.
영향: 실험 데이터에 따르면 30~60 초 동안 압력을 유지하면 빌렛 강도가 15MPa \pm 1MPa 이상에 도달할 수 있습니다. 너무 오랫동안(120 초 \pm 1 초 이상) 압력을 유지하면 에너지 소비가 증가(10kW \cdot h /t 이상 \pm 1kW \cdot h /t, 산업 데이터)하는 반면, 너무 짧은 시간(20 초 \pm 1 초 미만) 압력을 유지하면 밀도가 부족해질 수 있습니다(6.0g/cm³ 미만 \pm 0.1g/cm³).

작동 온도:

범위: 일반 온도 \sim 50° C(보통 20~30° C), 액체 매체와 금형 성능에 영향을 미치는 과도한 온도는 피하십시오.

제어 요건: 액체 팽창 또는 금형 노화 방지를 위해 온도 변동 폭은 \pm 2° C 미만이어야 합니다. 일부 공정은 분말 유동성 향상을 위해 40~50° C 에서 운전할 수 있지만, 액체의 점도를 모니터링해야 합니다.

압력 매체

유형: 수성 매체(예: 물 + 녹 방지제) 또는 유성 매체(예: 미네랄 오일), 점도 10⁻³ Pa \cdot s \pm 10⁻⁴ Pa \cdot s (Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009).
요구 사항: 매체는 불순물이 없어야 하며, 여과 정확도는 $<$ 10 μ m 이어야 하며, 부식 방지제 첨가량은 장비를 보호하고 고압 용기의 수명을 연장하기 위해 0.5%-1%이어야 합니다.

금형 소재

종류 : 천연고무, 실리콘고무 또는 폴리우레탄, 경도 쇼어 A 70 \pm 5(ISO 7619-1:2010 고무 경도 측정), 벽 두께 5-10mm \pm 0.1mm.

성능 요구 사항: 작동 압력의 1.5 배 이상 압력 저항성(즉, 450MPa 이상), 탄성 계수 5-10MPa, 균일한 압력 전달 보장 및 재사용 가능한 금형(수명 500-1000 회).

표면처리 : 금형 표면은 Ra $<$ 0.1 μ m \pm 0.02 μ m (GB/T 1031-2009)로 연마되고, 탈형 저항성은 $<$ 5 kN \pm 0.5 kN 이며 , 불량률은 3% \pm 0.5% 감소합니다(실험 데이터).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분말 특성

입자 크기 $0.5-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, Co 입자 크기 $1-2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ (GB/T 19077.1-2008), 혼합 균일도 편차 <3%.

유동성: 13-16 초/50g ± 0.5 초 (ISO 4490:2018). 0.5%-1% $\pm 0.01\%$ 의 스테아르산을 첨가하면 마찰 계수가 $<0.1 \pm 0.02$ 로 감소합니다 (Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010).

충전 밀도: 이론 밀도의 40%-50%, 공기를 제거하기 위해 진공 탈기(진공도 $<10 \text{ Pa}$)가 필요합니다.

장비 매개변수

고압용기: 내부 공동 직경 $>300\text{mm} \pm 5\text{mm}$, 내압성 $>600\text{MPa}$, 재질은 고강도 강철(예: 40CrNiMoA)입니다.

고압 펌프: 출력 압력 300-600 MPa, 유량 10-50 L/min, 압력 제어 정확도 $\pm 5 \text{ MPa}$ (GB/T 1479.1-2011).

제어 시스템: PLC 제어, 압력 정확도 $\pm 5 \text{ MPa}$, 시간 정확도 ± 1 초, 금형 크기 편차 $<0.005 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$ (GB/T 4505-2008).

그린 빌렛 밀도

범위: $7.0-8.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 이론 밀도 55%-65% $\pm 1\%$ 와 동일 (GB/T 3850-2015).

영향: 압력이 높을수록 밀도는 높아지지만, 압력이 너무 높으면 ($>350 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) 금형 마모가 발생할 수 있고, 압력이 너무 낮으면 ($<80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) 밀도가 부족해집니다 ($<6.0 \text{ g/cm}^3$) $\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 소결 후 기공률 $>0.5\% \pm 0.1\%$ (ASTM B657-16).

프로세스

분말 제조

WC와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(24시간 행성밀 혼합, 균일도 편차 <3%)한 후, 0.5%-1% $\pm 0.01\%$ 스테아르산 윤활제를 첨가하고 체질(200 메시)하였다.

분말의 수분 함량은 $<0.5\%$ 로 조절되었고 진공 오븐(80°C , 2 시간)에서 건조되었습니다.

금형 충전

분말을 고무 몰드(벽 두께 $5-10 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$)에 넣고, 40-50%의 충전 밀도로 진동(50-100 Hz)을 가하며 충전합니다. 몰드를 밀봉하고 진공(진공도 $<10 \text{ Pa}$)하여 내부 공기를 제거합니다.

냉간 등방압 프레스

금형을 고압 용기에 넣고 액체 매질(점도 10^{-3})을 주입합니다. $\text{Pa} \cdot \text{s} \pm 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$).

단계적 압력 증가: 50MPa 사전 압력(2분), 점진적으로 250MPa $\pm 5\text{MPa}$ (3-5분)까지

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

증가시킵니다.

입자가 완전히 결합되도록 30~60 초 ± 1 초 동안 압력을 유지하세요.

천천히 압력을 해제하고(10~20MPa/분) 금형을 꺼냅니다.

그린 빌렛 가공

여분의 고무 소재를 잘라내고 녹색 블랭크를 꺼냅니다.

그린 블랭크는 수분 흡수를 방지하기 위해 50~80° C에서 3 시간 동안 건조합니다.

예비소결(600~800° C, 2 시간)을 통해 윤활제를 제거하고 정식 소결을 준비합니다.

5.1.8 초경합금의 냉간 등방압 성형 메커니즘

냉간 등방성 가압 성형은 등방성 압축을 통해 초경합금 분말의 균일한 성형을 달성합니다. 그 원리는 다음과 같습니다.

등방성 압축

압력은 모든 방향에서 균일하게 가해지며, 응력 편차는 $<1\% \pm 0.2\%$ 입니다(응력 분포 모델 기반, 재료과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010). 이를 통해 분말 입자가 3 차원 공간에서 일관된 압축을 받도록 보장합니다.

밀도 기울기 감소

등방성 압축은 그린 바디의 각 부분의 밀도 편차를 $<0.5\% \pm 0.1\%$ 로 만들어 단일 방향 압축의 3%-5%보다 상당히 낮습니다(재료 과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010).

응력 집중 억제

균일한 압력 분포를 통해 내부 응력 집중은 $<50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 로 단축 프레스의 100-150 MPa 보다 훨씬 낮습니다(재료 과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010).

입자 결합

분말 입자는 등방성 압력 하에서 재배열, 소성 변형 및 초기 결합을 거치며, 빌렛 강도는 $>15 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$ (실험 데이터)로, 이후 소결을 위한 좋은 기초를 제공합니다.

냉간 등압 성형의 기계적 장점은 밀도 구배와 내부 결함을 최소화하여 초경 블랭크의 균일성과 소결 후 성능을 향상시킬 수 있다는 것입니다. 균일한 그린 블랭크 밀도는 소결 수축률을 일정하게 유지하고, 완제품 기공률을 A00-B00 수준(ISO 3369-2006)에 도달할 수 있으며, 경도, 인성 및 내마모성이 크게 향상됩니다.

5.1.9 초경합금 냉간 등방성 프레스의 적용 시나리오

냉간 등방성 프레스 기술은 높은 균일성과 복잡한 형상을 요구하는 초경합금 제품에 특히 적합합니다. 구체적인 적용 시나리오는 다음과 같습니다.

복잡한 모양의 부품

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예를 들어, 광산용 드릴 비트, 심해 밸브 등은 $0.02\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ 미만의 기하학적 편차를 요구합니다(GB/T 4505-2008). 냉간 등압 성형용 유연한 금형은 특수 형상 설계에도 적용 가능하여 성형 정확도를 보장합니다.

고성능 도구

항공 도구와 같이 Ti 합금 절단에 사용됩니다(가공 온도 $1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 속도 $>300\text{ m/min} \pm 10\text{ m/min}$, "International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 28, 2010").

내마모성 금형

예를 들어, 냉간 압연 다이는 높은 압출 시간($>10\text{ 6 배} \pm 10\text{ 5 배}$, "마모, Vol. 267, 2009")과 변형 $<0.01\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$ 를 견뎌야 합니다.

대형 사이즈 빈칸

직경이 100mm 이상인 막대나 판의 경우, 냉간 등방성 압축은 고성능 응용 분야에 일관된 내부 밀도를 보장합니다.

냉간 등방성 가압의 적용성은 등방성 압력 특성으로부터 이점을 가지며, 이를 통해 혹독한 작업 조건에서도 시멘트 카바이드의 밀도와 균일성에 대한 높은 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

5.1.10 초경합금의 냉간등방성형에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

냉간 등압 성형의 성형 효과는 여러 요인의 영향을 받습니다. 주요 요인과 최적화 전략은 다음과 같습니다.

억제 압력

충격: $200\sim 300\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 의 압력은 블랭크 강도를 $12\text{MPa} \pm 1\text{MPa}$ 이상으로 유지할 수 있습니다 (실험 데이터). 너무 높은 압력($350\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 이상)은 다이 마모를 유발하고 수명을 500 회 미만으로 단축시킵니다. 너무 낮은 압력($80\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 미만)은 밀도를 6.0g/cm^3 미만 $\pm 0.1\text{g/cm}^3$ 로, 소결 후 기공률을 $0.5\% \pm 0.1\%$ 이상으로 만듭니다(ASTM B657-16).

최적화: 압력을 $250\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ (GB/T 1479.1-2011)로 제어하고 점진적인 압력 증가 전략을 채택합니다(예: 50MPa 사전 압력에서 목표 압력까지 점진적으로 증가).

분말 특성

유동성: 13-16 초/50g ± 0.5 초(ISO 4490:2018)로 충전 균일성을 개선할 수 있습니다(편차 $<0.5\% \pm 0.1\%$).

윤활제: 0.5%-1% $\pm 0.01\%$ 의 스테아르산을 첨가하면 마찰 계수가 $<0.1 \pm 0.02$ 로 감소하고(재료 과학 및 공학 A, 제 527 권, 2010 년) 블랭크의 강도가 $2\% \pm 0.5\%$ 증가합니다(실험 측정).

최적화: 고유동성 분말(14 초/50g ± 0.5 초)을 사용하고 소량의 나노-WC 분말(0.5%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

±0.01%)을 첨가하여 입자 결합을 개선합니다.

금형 표면

영향: 금형 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m \pm 0.02 \mu m$ (GB/T 1031-2009) 은 탈형 저항성을 $< 5 kN \pm 0.5 kN$ 으로, 불량률을 3% ±0.5%까지 감소시킬 수 있습니다(실험 데이터).

최적화: 금형 표면을 연마하여 $Ra < 0.1 \mu m$ 를 보장 하고 내마모성 코팅(TiN 등)을 사용하여 금형 수명을 연장합니다.

보류 시간

충격: 30~60 초 ± 1 초 동안은 빌렛 강도가 $15MPa \pm 1MPa$ 를 초과할 수 있습니다. 너무 길면(120 초 ± 1 초 초과) 에너지 소비가 증가하고($10kW \cdot h / t$ 초과 ± $1kW \cdot h / t$), 너무 짧으면(20 초 ± 1 초 미만) 입자 결합이 불충분해집니다.

최적화: 유지시간은 45~60 초±1 초로 제어되며, 그린바디 크기와 분말 특성에 따라 조절됩니다.

장비 정확도

영향: ±5 MPa 의 압력 제어 정확도와 $< 0.005 mm \pm 0.001 mm$ 의 금형 크기 편차(GB/T 4505-2008)로 빌렛 밀도 편차가 $< 0.3\% \pm 0.1\%$ 가 되도록 보장할 수 있습니다.

최적화: 고정밀 PLC 제어 시스템을 사용하고 압력 센서를 정기적으로 교정(500 회 프레스마다)하여 장비 안정성을 보장합니다.

5.1.11 초경합금의 냉간 등방성 성형 최적화 전략

위의 영향 요인을 바탕으로 냉간 등방압 성형의 최적화 전략은 다음과 같습니다.

고유량 분말

균일한 충전율을 보장하기 위해 유동성이 $14 \text{ 초}/50g \pm 0.5 \text{ 초}$ (ISO 4490:2018)인 분말을 선택하세요.

연마 몰드

금형 표면 거칠기 $Ra < 0.1 \mu m \pm 0.02 \mu m$ (GB/T 1031-2009)으로 탈형 저항성이 감소합니다.

윤활제 추가

0.5% ± 0.01%의 스테아르산(Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010)을 첨가하면 마찰을 줄이고 빌렛 강도를 향상시킬 수 있습니다.

정밀한 압력 제어

압착 압력은 $250MPa \pm 5MPa$ (GB/T 1479.1-2011)로 제어되었으며, 점진적인 압력 증가 및 감소 전략이 채택되었습니다.

보조 기술

초음파 진동(20kHz)을 도입하여 분말 충진을 돕고, 기공률을 줄이며, 충전 밀도를 50~55%까지 높였습니다.

5.1.12 초경합금의 냉간 등압 성형의 실제 사례

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

한 회사에서 냉간 등방성 프레스(250MPa ±5MPa, 보압 60 초 ±1 초)를 사용하여 초경합금 블랭크(WC 입자 크기 0.5 μm ±0.01 μm, Co 함량 10% ±1%, "GB/T 19077.1-2008")를 제작했습니다. 프레스 후 그린 블랭크의 밀도는 8.0g/cm³ ± 0.1g/cm³ (이론 밀도의 약 62%, GB/T 3850-2015)입니다. 소결 후 경도는 HV 2300 ±30(ISO 3738-1:1982)에 도달합니다. 완성된 제품은 항공 공구의 Ti 합금 가공에 사용됩니다(온도 1000° C ±10° C, 절삭 속도 >300m/min ±10m/min, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 28, 2010). 공구 마모 <0.08mm ±0.02mm, 사용 수명 >18 시간 ±1 시간으로 우수한 내마모성과 안정성을 보여줍니다.

5.1.13 초경합금의 냉간등방성형의 공학적 응용 실습

광산 드릴 비트

공정: 복잡한 치아 드릴 비트는 냉간 등방성 프레스(250MPa ±5MPa)를 사용하여 제조되며, 기하학적 편차는 <0.02mm ±0.005mm입니다(GB/T 4505-2008).

성능: 소결 후 밀도 > 99.8% ± 0.1% (ISO 3369-2006), 단단한 바위 드릴링에 사용(압축 강도 > 200 MPa ± 10 MPa, GB/T 3851-2015), 드릴링 수명 > 1500 m ± 100 m.

장점: 복잡한 이빨 모양의 고정밀 성형과 균일한 밀도로 인해 드릴 비트의 충격 저항성과 수명이 크게 향상됩니다.

내마모성 금형

공정: 냉간 정수압 압착(200 MPa ±5 MPa)으로 직사각형 빌렛을 형성, 밀도 8.0 g/cm³ ± 0.1 g/cm³ ("GB/T 3850-2015").

성능: 냉간 압연(압출 시간 > 10 6 회 ± 10 5 회, "마모, Vol. 267, 2009"), 변형 < 0.01 mm ± 0.002 mm에 사용됨.

장점: 높은 밀도와 균일성으로 인해 금형이 높은 하중에서도 안정성을 유지하고 서비스 수명을 연장합니다.

요약하자면, 시멘트 카바이드 냉간 등방성 가압 기술은 등방성 압축 (±0.1 g/cm³)과 균일성(밀도 편차 <0.5% ±0.1%)을 통해 높은 밀도의 그린 블랭크(7.0-8.5 g/cm³)를 달성하여 복잡한 형상의 고성능 시멘트 카바이드 제품을 생산하는 데 이상적인 선택입니다. 기술 매개변수는 정밀하게 제어되어야 하며(예: 압력 250 MPa ±5 MPa, 유지 압력 30-60 초 ±1 초), 분말, 금형 및 장비의 정확도를 최적화함으로써 성형 효과를 더욱 향상시킬 수 있습니다. 실제 적용 사례에서는 냉간 등방성 가압이 광산 드릴 비트, 내마모성 금형 및 항공 공구 분야에서 우수한 성능을 발휘하여 제품의 성능과 수명을 크게 향상시킨다는 것이 입증되었습니다.

5.1.14 초경합금의 열간 등방성 성형의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 열간 등방성 가압의 원리

초경합금의 열간 등방성 가압(HIP)은 고온과 균일한 고압을 결합한 첨단 후가공

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술입니다. 이 기술은 등방성 가압을 통해 초경합금 소결 공정에서 남아 있는 미세 기공을 제거하여 소재의 밀도와 신뢰성을 향상시키는 것을 목표로 합니다. 초경합금의 열간 등방성 가압의 핵심 원리는 소결된 초경합금 제품을 불활성 가스(예: 아르곤)를 압력 매체로 사용하여 고온($1350\text{--}1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, ISO 13703:2000) 및 고압($100\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$) 조건에서 고온 고압 환경에 두어 소재가 소성 유동 및 확산을 겪도록 하는 것입니다. 이를 통해 미세 기공을 채우고 소재의 미세 구조와 기계적 특성을 향상시킵니다.

열간 등방압 프레스 공정

소결 시멘트 카바이드 제품(또는 예비 소결 블랭크)을 HIP 장비의 고압 용기에 넣습니다.

고압 용기에는 고순도 아르곤 (Ar, 순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$, GB/T 4325-2018; 유량 $50\text{ L/min} \pm 5\text{ L/min}$, 실험 데이터)을 압력 매체로 채웠습니다.

장비는 $1350\text{--}1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 로 가열되고 동시에 균일한 압력 분포와 $<1\% \pm 0.2\%$ 의 편차로 $100\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$ 의 압력을 가합니다(재료 과학 및 공학 A, 제 527 권, 2010년).

재료 내부의 미세 기공이 플라스틱 흐름 및 확산 메커니즘을 통해 닫히도록 $1\sim 2$ 시간 ± 0.1 시간 동안 따뜻하게 유지합니다.

천천히 냉각($5\sim 15^{\circ}\text{C/분}$)하고 압력을 방출($5\sim 10\text{MPa/분}$)한 후 제품을 꺼냅니다.

열간 등압 성형의 고유한 장점은 고온 고압에서 초경합금의 기공률을 크게 감소시킬 수 있다는 것입니다(감소율 $>50\% \pm 5\%$, "Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010"). 이를 통해 재료 밀도를 이론값($>99.8\% \pm 0.1\%$, "ISO 3369-2006")에 가깝게 만들어 경도, 인성 및 내마모성을 향상시킵니다. 이 기술은 특히 항공 공구 및 광산용 드릴 비트와 같이 높은 신뢰성이 요구되는 초경합금 제품에 적합합니다.

시멘트 카바이드 열간 등방성 프레스의 기술적 매개변수

다음은 산업 응용 분야와 관련 표준을 기반으로 한 시멘트 카바이드 열간 등방성 프레스의 자세한 기술적 매개변수입니다.

온도

범위: $1350\text{--}1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ (ISO 13703:2000), $1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 는 일반적으로 밀도화와 입자 성장을 균형 잡는 데 사용됩니다.

선택 기준: 온도는 플라스틱 흐름(변형률 속도 $10^{-4}\text{ s}^{-1} \pm 10^{-5}\text{ s}^{-1}$, Acta Materialia, Vol. 58, 2010)과 확산(계수 $10^{-8}\text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-9}\text{ cm}^2/\text{s}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009)을 촉진할 만큼 충분히 높아야 하지만 WC 입자의 과도한 성장을 방지하기 위해 $1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 를 초과해서는 안 됩니다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010).

가열 속도: $5\text{--}10^{\circ}\text{C/분}$, 열 응력으로 인한 균열을 방지합니다.

압력

범위: $100\text{--}200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$, $150\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$ 가 일반적으로 사용되어 기공 제거 효과를 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

선정 기준: 150 MPa \pm 5 MPa 압력은 기공률을 $<0.03\% \pm 0.01\%$ (ASTM B657-16) 로 효과적으로 감소시킬 수 있습니다. 압력이 $<100\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$ 일 때는 치밀화 효과가 불충분하여 기공률이 $>0.1\% \pm 0.02\%$ 가 됩니다. 압력이 $>200\text{ MPa} \pm 5\text{ MPa}$ 일 때는 기공률을 더욱 감소시킬 수 있지만, 장비 비용과 에너지 소비량이 크게 증가합니다. 압력 증가 속도: 5-10 MPa/분, 단계적 압력 증가(초기 50 MPa 사전 압력, 점차 목표 압력까지 증가)로 급격한 압력 변화를 방지합니다.

절연 시간

범위: 1~2 시간 \pm 0.1 시간, 일반적으로 적절한 밀도를 보장하기 위해 1 시간 \pm 0.1 시간입니다.

영향: 1 시간 \pm 0.1 시간 동안 유지하면 밀도가 $99.8\% \pm 0.1\%$ 를 초과할 수 있습니다(ISO 3369-2006). 2 시간 \pm 0.1 시간 이상 유지하면 에너지 소비가 증가하고(산업 데이터 기준 $20\text{ kW} \cdot \text{h} / \text{t}$ 이상 $\pm 2\text{ kW} \cdot \text{h} / \text{t}$) 입자가 성장할 수 있습니다.

압력 매체

종류 : 아르곤 (Ar), 순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$ (GB/T 4325-2018), 유량 $50\text{ L/min} \pm 5\text{ L/min}$ (실험 데이터).

요구 사항: 고순도 아르곤은 산화를 방지하고(0 함량 $<0.02\% \pm 0.005\%$, GB/T 4325-2018) 안정적인 재료 성능을 보장해야 합니다. 가스는 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 필터를 통과하여 불순물을 제거해야 합니다.

장비 매개변수

고압용기: 내부 공동 직경 $>200\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$, 압력 저항성 $>300\text{ MPa}$, 재료는 고온 합금(예: Inconel 718)입니다.

난방 시스템: 전력 $>150\text{ kW} \pm 10\text{ kW}$ (ISO 13703:2000), 온도 제어 정확도 $\pm 5^\circ\text{ C}$.

제어 시스템: PLC 제어, 압력 정확도 $\pm 5\text{ MPa}$, 시간 정확도 $\pm 0.1\text{ 시간}$, 온도 편차 $<\pm 10^\circ\text{ C}$.

냉각 속도

범위: $5\text{--}15^\circ\text{ C/분}$, 압력 방출 속도 5-10 MPa/분.

요구 사항: 천천히 냉각하고 감압하면 열 및 압력 응력으로 인한 균열을 피할 수 있습니다.

프로세스

제품 준비

소결 초경합금 제품(WC 입자 크기 $0.3\text{--}1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$, Co 함량 6%-12% $\pm 1\%$, "GB/T 19077.1-2008")은 깨끗하고 산화물 스케일이나 오염 물질이 없습니다.

제품의 초기 다공성(일반적으로 $0.1\text{--}0.5\% \pm 0.05\%$, ASTM B657-16)을 확인하여 HIP 처리에 적합한지 확인합니다.

장비 예열

고압 용기를 $300\text{--}500^\circ\text{ C}$ 로 예열하고 고순도 아르곤(순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$)을 50

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

L/min \pm 5 L/min 의 유량으로 주입했습니다.

장비 밀봉 및 압력 센서를 점검하여 압력 편차가 \pm 5 MPa 인지 확인하세요.

열간 등방압 가압

온도를 1350~1450° C \pm 10° C (5~10° C/분)로 높이고 압력을 100~200 MPa \pm 5 MPa (5~10 MPa/분)로 높입니다.

미세 기공이 플라스틱 흐름과 확산을 통해 닫히도록 1~2 시간 \pm 0.1 시간 동안 따뜻하게 유지합니다.

천천히 냉각(5~15° C/분)하고 압력을 방출(5~10MPa/분)한 후 제품을 꺼냅니다.

후속 처리

제품이 실온으로 식은 후 표면을 검사하고 다공성을 측정합니다(목표 <0.03% \pm 0.01%).

필요한 경우 사용이나 추가 테스트를 준비하기 위해 마무리 작업(광택이나 연삭 등)을 수행합니다.

5.1.15 초경합금의 열간 등방성 가압 가공 메커니즘

열간 등방성 가압의 메커니즘은 고온, 고압 하에서 재료의 미시적 거동에 기초하며, 주로 다음 두 가지 핵심 메커니즘을 포함합니다.

플라스틱 흐름

1350~1450° C \pm 10° C, 100~200 MPa \pm 5 MPa 의 조건에서 초경합금의 Co 상(결합상)은 연화되고 재료 전체는 소성 유동(변형률 속도 $10^{-4} \text{ s}^{-1} \pm 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, Acta Materialia, Vol. 58, 2010)을 보입니다. 이 유동은 미세기공 주변의 재료를 변형시키고 기공을 채우며 기공률을 크게 감소시킵니다(50% \pm 5% 감소, Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010).

확산 가속

고온에서는 원자 확산 계수가 상당히 증가합니다($10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009). 또한 WC와 Co 원자는 결정립계와 실체현미경을 통해 확산되어 기공 폐쇄와 미세구조 균질화를 더욱 촉진합니다.

위의 메커니즘을 통해, 열간 등압 성형은 초경합금의 기공률을 <0.03% \pm 0.01% (ASTM B657-16)로 감소시키고, 밀도는 이론값(>99.8% \pm 0.1%, ISO 3369-2006)에 근접하게 합니다. 또한, 고온 고압은 WC-Co 계면의 접합 강도를 향상시키고 미세 응력 집중을 감소시켜(<20 MPa \pm 5 MPa, 실험 데이터) 재료의 신뢰성과 기계적 특성(경도 및 인성 등)을 향상시킵니다.

5.1.16 초경합금의 열간등방성형 적용 시나리오

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열간 등방성 프레스 기술은 주로 시멘트 카바이드의 소결 공정 중 남아 있는 미세 기공을 제거하는 데 사용되며 매우 높은 신뢰성 요구 사항이 있는 응용 시나리오에 적합합니다.

초경 고성능 항공 절삭 공구

항공 장비는 고온 및 고속 조건(고온 합금 가공, 온도 $>1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 속도 $>300\text{m/min} \pm 10\text{m/min}$)에서 안정성을 유지해야 합니다. HIP 는 기공률을 $<0.03\% \pm 0.01\%$ (ASTM B657-16)로 줄여 경도와 내마모성을 향상시킬 수 있습니다.

카바이드 광산 드릴 비트

경암 드릴링 시 충격과 마모가 심합니다. HIP 처리된 초경합금은 높은 인성 ($K_{1c} > 18\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009)을 가지고 있어 서비스 수명을 연장합니다.

초경 정밀 금형

예를 들어, 와이어 드로잉 다이 또는 스탬핑 다이는 장기적인 안정성을 보장하기 위해 높은 밀도와 낮은 다공성이 필요합니다.

카바이드 의료기기

예를 들어, 정형외과 임플란트용 시멘트 카바이드 부품은 응력 부식을 방지하기 위해 미세 기공이 없어야 합니다.

열간 등방성 프레스는 미세기공(기공률 $<0.03\% \pm 0.01\%$)을 제거하고 미세구조를 개선하여 시멘트 카바이드 제품이 혹독한 작업 조건에서도 더 높은 신뢰성과 내구성을 보이도록 합니다.

5.1.17 초경합금의 열간 등방성 성형에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

열간 등압 가압의 효과는 여러 요인의 영향을 받습니다. 주요 요인과 최적화 전략은 다음과 같습니다.

초경합금의 열간 등방압 가압

영향: $150\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 압력에서는 기공률을 $<0.03\% \pm 0.01\%$ (ASTM B657-16)로 효과적으로 줄일 수 있습니다. 압력이 $<100\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 일 때는 치밀화가 불충분하여 기공률이 $>0.1\% \pm 0.02\%$ 가 됩니다. 압력이 $>200\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 일 때는 기공률을 더욱 줄일 수 있지만, 장비 비용이 약 20~30% 증가합니다(산업 데이터).

최적화: $150\text{MPa} \pm 5\text{MPa}$ 를 선택하고 점진적으로 압력을 증가(5-10MPa/분)시켜 장비를 보호합니다.

초경합금의 열간 등방성 가압 온도

영향

$1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 온도는 치밀화와 입자 성장의 균형을 맞출 수 있습니다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010). $1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 이상의 온도에서는 WC 입자 성장(입자 크기 $>2\ \mu\text{m} \pm 0.5\ \mu\text{m}$, 실험 데이터)이 발생하고 경도($\text{HV} 2000 \pm 30$)가 감소합니다. $1300^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 미만의 온도에서는 치밀화가 불충분하고 기공률이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

>0.05% ±0.01%가 됩니다.

최적화

온도는 1400° C ± 10° C 로 조절하였고, 가열속도는 5-10° C/min, 냉각속도는 5-15° C/min 으로 하였다.

초경합금의 열간등방성 가압 유지시간

영향

1 시간 ± 0.1 시간 동안 유지하면 밀도가 99.8% ± 0.1% 이상(ISO 3369-2006) 달성될 수 있습니다. 2 시간 ± 0.1 시간 이상 유지하면 에너지 소비가 증가하고(20kW · h /t 이상 ± 2kW · h /t) 입자가 성장할 수 있습니다.

최적화

보유시간은 1~1.5 시간 ± 0.1 시간 이내로 조절되며, 제품 크기와 초기 기공률에 따라 조절됩니다.

대기

영향

아르곤 순도가 99.99% ±0.01%를 초과하면 산화를 방지할 수 있습니다(0 함량 < 0.02% ±0.005%, GB/T 4325-2018). 순도가 99.9% 미만이면 산화물 함량이 증가하여(0 > 0.05% ±0.01%) 재료의 인성이 감소합니다 ($K_{1c} < 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$).

최적화

안정적인 분위기를 보장하기 위해 50 L/min ±5 L/min 의 유량으로 고순도 아르곤(>99.99% ±0.01%)을 사용합니다.

시멘트 카바이드 열간 등방성 성형품의 초기 상태

영향

초기 다공성이 0.5% ± 0.05% 이상인 경우 목표 밀도에 도달하려면 더 긴 시간(2 시간 ± 0.1 시간 이상) 또는 더 높은 압력(200MPa ± 5MPa 이상)이 필요할 수 있습니다.

최적화

다공성이 <0.3% ±0.05%인 소결 제품이 선호되거나, 예비 소결을 통해 초기 상태를 최적화하는 것이 선호됩니다.

5.1.18 초경합금의 열간등방성형 최적화 전략

위의 영향 요인을 바탕으로 열간 등방성 압축의 최적화 전략은 다음과 같습니다.

프로세스 매개변수

밀도화 효과와 경제성을 보장하기 위해 1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, 1 시간 ±0.1 시간(ISO 13703:2000)의 공정이 선택되었습니다.

대기 제어

산화를 방지하기 위해 50 L/min ±5 L/min 의 유량으로 고순도 아르곤(>99.99%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

±0.01%, GB/T 4325-2018)을 사용하세요.

온도 관리

열응력을 줄이기 위해 가열 속도는 5~10° C/분이고, 냉각 속도는 5~15° C/분입니다.

장비 유지 관리

고압 용기 와 가열 요소는 온도와 압력 정확도(±10° C, ±5 MPa)를 보장하기 위해 정기적으로(500 회 처리마다) 점검되었습니다.

제품 스크리닝

처리 시간과 에너지 소비를 줄이기 위해 초기 다공성이 <0.3% ±0.05%인 제품이 선호됩니다.

5.1.19 초경합금의 열간 등방성 가압 실제 사례 연구

한 회사에서는 열간 등방성 가압 성형(1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, 1 시간 ±0.1 시간 유지)을 통해 초경합금 제품(WC 입자 크기 0.3 μm ±0.01 μm, GB / T 19077.1-2008; Co 함량 10% ±1%, GB/T 5124-2017)을 가공합니다. 가공 후 기공률은 <0.03% ±0.01%(ASTM B657-16)로 감소하고, 밀도는 >99.8% ±0.1%(ISO 3369-2006)이며, 경도는 HV 2300 ±30(ISO 3738-1:1982)에 도달합니다. 본 제품은 고온 합금(온도 >1000° C ±10° C, 속도 >300 m/min ±10 m/min)을 가공하는 항공 도구에 사용되며, 사용 수명은 >20 시간±1 시간으로, 우수한 내마모성과 안정성을 보입니다.

5.1.20 초경합금의 열간등방성형의 공학적 응용 실습

항공 도구

공정: 초경 공구는 열간 등방성 압축(1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000)으로 가공됩니다.

성능: 경도 최대 HV 2300 ±30(ISO 3738-1:1982), 다공성 <0.03% ±0.01%, 고온 합금을 가공할 때 수명 >20 시간 ±1 시간.

고속 조건 에서 도구의 안정성이 크게 향상됩니다 .

광산 드릴 비트

공정: 시멘트 카바이드 드릴의 경우 열간 등방성 압축(1450° C ±10° C, 200 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000)

성능: 인성 $K_{1c} >18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ (ISO 28079:2009), 단단한 바위 드릴링 수명 >1800m ±100m .

장점: 미세기공을 제거한 후, 드릴 비트의 충격 저항성과 내마모성이 크게 향상되어 사용 수명이 연장됩니다.

초경합금의 열간 등압 성형 기술은 고온 고압(1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa)을 통해 미세 기공(기공률 <0.03% ±0.01%)을 제거하여 재료 밀도를 99.8% ±0.1%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

이상으로 높이고, 경도(HV 2300 ±30)와 인성 ($K_{1c} >18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 크게 향상시킵니다. 항공 장비 및 광산 드릴과 같은 고신뢰성 응용 분야에서 우수한 성능을 발휘하며, 온도, 압력, 분위기의 정밀 제어와 같은 최적화 전략을 통해 공정 효율과 제품 성능을 더욱 향상시킵니다.

5.1.21 복동 프레스 기술

초경합금 양방향 프레스 기술의 원리 및 배경

양방향 프레스는 개선된 프레스 기술입니다. 단방향 프레스와 달리, 이 기술은 금형 내 초경합금 분말(예: WC-Co 혼합 분말)을 상하 프레스 헤드를 통해 동시에 압력을 가하여 두 개의 상대적인 방향(일반적으로 수직 방향)에서 압축합니다. 이 방식은 단방향 프레스에서 흔히 발생하는 밀도 구배 문제를 줄이고 그린 블랭크의 균일성과 강도를 향상시키는 것을 목표로 합니다. 양방향 프레스는 초경합금 생산, 특히 고밀도 및 대형 블랭크가 필요한 경우에 널리 사용됩니다. 양방향 프레스의 핵심 장점은 상하 프레스 헤드의 시너지 효과를 통해 프레스 공정 중 분말 입자에 더 균일한 힘 분포가 가해져 내부 응력과 충화를 줄일 수 있다는 것입니다.

초경합금 양방향 프레스 장비 및 공정 매개변수

장비

복동 유압 프레스

150~500MPa의 압력 범위를 가진 상하 독립형 유압 실린더 두 세트를 장착했습니다. 독일 Dorst 나 일본 Kobelco 등 주요 브랜드를 사용합니다.

곰팡이

고경도강(Cr12MoV, HRC 60 이상) 또는 초경 라이닝을 사용하고, 금형 내벽을 $Ra < 0.2 \mu\text{m}$ 로 연마 하여 마찰을 줄입니다. 금형은 상하부 압력 헤드의 동기 운동을 지원해야 하며, 틈새는 0.01mm 이내로 제어되어야 합니다.

제어 시스템

서보 유압 시스템은 상부 및 하부 압력 헤드의 압력 편차가 5% 미만이고 변위 정확도가 0.02mm 미만이 되도록 보장합니다.

초경합금의 양방향 프레스 공정 매개변수

압력: 상부 및 하부 압력 헤드 사이의 압력 비율은 일반적으로 1:1이며, 대표적인 값은 200-400 MPa입니다. 이는 분말 특성 및 그린 바디의 크기에 따라 조정됩니다.

압착 시간: 전체 사이클은 10~20 초이며, 여기에는 사전 압착(2~5 초)과 메인 압착(5~15 초)이 포함됩니다.

분말 특성: WC 입자 크기 0.5-3 μm , Co 함량 6%-15%, 유동성을 개선하기 위해 윤활제(파라핀이나 스테아르산 등) 1%-2%가 첨가됨.

환경 조건: 온도 $20 \pm 5^\circ \text{C}$, 습도 <60%로 하여 분말이 습기를 흡수하여 압착 효과에 영향을 미치지 않도록 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 양방향 프레스 공정 흐름

분말 제조

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(일반적으로 12~24 시간 볼 밀링)하고, 윤활제를 첨가한 후 균일한 입자 크기(편차 <5%)가 될 때까지 체질합니다.

금형 충전

분말은 진동 또는 자동 공급 시스템을 통해 금형에 주입되며, 공기 방울이 생기지 않도록 충전 밀도는 40%-50%로 조절됩니다.

사전 가압: 50~100MPa 의 저압을 가하고 공기를 제거한 후 2~5 초간 유지합니다.

주요 압력: 상부 및 하부 압력 헤드가 동시에 200~400MPa 의 압력을 5~15 초간 가해 분말 입자가 완전히 압축되도록 합니다.

탈형: 압력을 천천히(속도 <10 MPa/s) 방출하고 녹색 블랭크를 제거하여 갑작스러운 압력 강하로 인한 균열을 방지합니다.

후속 처리: 그린 빌릿을 50~80° C 에서 2 시간 동안 건조하여 수분 흡수를 방지한 후, 윤활제를 제거하기 위해 예비 소결(600~800° C)을 실시합니다.

초경 양방향 프레스의 특성 및 장점

밀도 균일성

단방향 프레스와 비교했을 때, 상하 압력 헤드의 동시 작용으로 인해 블랭크의 중간 부분의 밀도가 두 끝에 더 가까워지고 전체 밀도는 이론 밀도의 65%-75%에 도달할 수 있습니다(단방향 프레스는 일반적으로 50%-70%).

낮은 내부 응력

이축 압축은 분말 입자 사이의 전단 응력을 감소시키고, 그린 블랭크의 내부 결함(예: 박리 및 미세균열)을 크게 줄입니다.

폭넓은 적용성

이 제품은 판이나 막대와 같은 대형(높이 10~50mm) 또는 중간 크기의 복잡한 모양의 블랭크를 압착하는 데 적합합니다.

생산 효율성

압착 주기가 짧아 대량 생산에 적합하며, 냉간 등압 압착보다 효율적입니다.

단점과 과제

금형 복잡성

양방향 프레스 다이는 상하 운동을 지지해야 하며, 설계 및 제조 비용이 단방향 프레스 다이보다 높습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

측면 밀도가 부족함

밀도는 위에서 아래로 균일하지만, 특히 중형비가 큰 그린바디의 경우 측면(수평) 방향으로 밀도 기울기가 여전히 있을 수 있습니다.

높은 장비 요구 사항

상부와 하부 압력 헤드의 동기화에는 고정밀 제어가 필요하며, 장비 유지 보수 비용이 높습니다.

응용 프로그램 시나리오

카바이드 막대

직경 10~30mm, 길이 50~100mm의 밀링 커터와 드릴 비트를 제조하는 데 사용됩니다.

얇은 시트 블랭크

내마모성 라이닝이나 절삭 공구 기질 생산에 사용되며 두께는 5-20mm입니다.

사례

어떤 기업은 300MPa의 압력으로 양방향 프레스를 통해 WC-10%Co 분말(직경 20mm, 길이 80mm)를 생산합니다. 그린 빌렛 밀도는 이론 밀도의 72%이고, 소결 후 기공률은 A02이며, 경도는 HRA 90입니다.

기술적 세부 사항 및 최적화

압력 분포

상하부 압력 헤드는 동적으로 조정해야 합니다. Co 함량이 높은 분말(>12%)의 경우, 하부의 낮은 유동성을 보완하기 위해 상하부 압력 헤드를 약간 더 높게(예: 1.1:1) 조정하는 것이 좋습니다.

다이 윤활

금형 내벽은 흑연이나 MoS₂ 윤활층으로 코팅되어 마찰계수가 0.1~0.2로 낮아져 탈형 저항성이 감소합니다.

분말 최적화

나노 WC 분말(입자 크기 <100 nm)을 0.5% 첨가하면 입자 간의 결합력을 강화하고 압착 밀도를 향상시킬 수 있습니다.

진동 지원

충전 단계에서 저주파 진동(50~100Hz)을 도입하면 분말 충전 균일성이 향상되고 공기 구멍이 줄어듭니다.

지침

상단 및 하단 압력 헤드의 동기화를 유지하십시오. 과도한 편차는 블랭크 중앙이 편향될 수 있습니다. 서보 제어 시스템을 사용하는 것이 좋습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm)의 경우 분말 응집을 방지하기 위해 사전 압착 시간을 늘려야 합니다(5~8 초). 금형은 정기적으로(1000 회 프레스할 때마다) 마모 여부를 점검해야 하며, 필요한 경우 다시 광택을 내거나 교체해야 합니다.

관련 표준 참조

ISO 4489:2009 시멘트 카바이드 소결 공정 가이드: 양방향 프레스링이 그린 바디 밀도의 균일성을 개선할 수 있으며 대형 부품에 적합하다는 점을 지적합니다.

GB/T 3850-2015 시멘트 카바이드의 이론 밀도 측정: 양방향 프레스링을 통해 그린 빌렛 밀도를 증가시키면 소결 후 이론 밀도 표준을 달성하는 데 도움이 됩니다(편차 <2%).

5.1.22 초경합금 프레스링 기술: 다방향 프레스링(측면 프레스링)

원리 및 배경

다방향 프레스링은 첨단 프레스링 기술입니다. 양방향 프레스링을 기반으로, 수평(측면) 압력 헤드를 추가하여 여러 방향(일반적으로 수직 및 2~4 개 측면 방향 포함)에서 동시에 압력을 가하여 초경합금 분말을 압축하고 성형합니다. 이 기술의 설계 목표는 성형체의 밀도 균일성을 더욱 향상시키고 내부 응력 및 결함을 줄이는 것이며, 특히 복잡한 형상이나 고성능이 요구되는 초경합금 제품에 적합합니다.

다방향 프레스는 양방향 프레스의 측면 밀도 부족 문제를 여러 방향으로 압력을 분산시켜 보완합니다. 냉간 등방 프레스(CIP)보다 경제적이며 중규모 생산에 적합합니다.

측면 압력을 도입하면 분말 입자가 3 차원 공간에서 더 균일하게 압축되어 그린 바디의 밀도와 소결 후 성능이 크게 향상됩니다.

장비 및 공정 매개변수

장비

다방향 프레스기

4~6 개의 압력 헤드(수직 1~2 개, 측면 2~4 개)를 장착하고 있으며, 압력 범위는 200~500MPa 입니다. 일반적인 브랜드로는 일본의 스미토모나 독일의 쉘러가 있습니다.

곰팡이

다방향으로 가동 가능한 복합 구조, 내층은 시멘트 초경합금(HRA 88 이상)으로 만들어졌고, 외층은 고강도 강철(압축 강도>1000 MPa)로 만들어졌으며, 금형 내벽은 $Ra < 0.15 \mu\text{m}$ 로 연마되었습니다.

제어 시스템

PLC 는 서보 모터와 결합되어 각 압력 헤드의 압력과 변위를 실시간으로 모니터링하며, 정확도는 $\pm 1 \text{ MPa}$, 변위 편차는 $< 0.01 \text{ mm}$ 입니다.

프로세스 매개변수

압력

수직 압력 헤드 300-400 MPa, 측면 압력 헤드 200-350 MPa, 압력 비율 조정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

가능(일반적으로 1:0.8).

시간을 누르다

전체 사이클은 사전 프레스(3~5 초)와 메인 프레스(5~15 초)를 포함하여 10~20 초입니다.

분말 특성

WC 입자 크기는 1-2 μm 이고, Co 함량은 6%-12%이며, 마찰을 줄이기 위해 0.5%-1%의 흑연 윤활제를 첨가합니다.

환경 조건

온도 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 <50%, 분말이 건조한지 확인하세요.

프로세스

분말 제조

WC 와 Co 분말을 고전단 혼합(행성 밀, 24 시간)으로 혼합하였고, 미량의 나노 첨가제(예: 0.5% 나노-WC)를 첨가하여 입자 간의 결합 강도를 강화했습니다.

금형 충전

저주파 진동(50Hz) 과 결합된 자동 공급 시스템을 통해 금형에 적재되어 밀도 편차가 3% 미만으로 균일하게 충전됩니다.

예압

수직 압력 헤드로 50~100MPa, 측면 압력 헤드로 30~80MPa 를 3~5 초간 가해 공기를 제거합니다.

주압력

수직 및 측면 압력 헤드는 5~15 초 동안 수직으로 400MPa, 측면으로 300MPa 의 압력으로 동시에 가압되어 3 차원 압축을 보장합니다.

탈형

과도한 응력 해제로 인한 균열을 방지하기 위해 녹색 블랭크를 단계적으로 언로드합니다(속도 <5 MPa/s).

후속 처리

녹색 빌릿을 60°C 에서 3 시간 동안 건조한 후 윤활제를 제거하기 위해 예비소결(700°C 에서 2 시간)을 실시했습니다.

특징 및 이점

밀도 균일성

다방향 프레스는 압력을 3 차원으로 분산시켜 그린 바디의 밀도를 모든 방향에서 더욱 균일하게 만듭니다. 평균 밀도는 이론 밀도의 75%~80%에 도달할 수 있습니다(양방향 프레스의 경우 65%~75%).

내부 결합이 거의 없음

측면 압력을 가하면 박리와 미세균열이 크게 줄어들고, 그린 빌릿 강도가 20~30% 증가합니다.

복잡한 형태의 적응성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

중간 정도 복잡한 모양(다중 모서리 도구 블랭크, 특수 모양의 금형 등)에 적합하며 양방향 프레스보다 더 유연합니다.

향상된 소결 성능

균일한 그린 빌렛 밀도로 인해 소결 수축이 보다 일관되고 완제품 기공률은 A00-B00 수준에 도달할 수 있습니다.

단점과 과제

장비 복잡성

다방향 프레스 기계는 여러 개의 프레스 헤드의 조정이 필요하며, 장비 비용과 유지보수의 어려움이 양방향 프레스보다 높습니다.

금형 설계의 어려움

다방향 금형은 다방향 응력을 견뎌야 하며, 유한요소해석(FEA)을 통해 설계를 최적화해야 하며, 제조비용이 높습니다.

높은 공정 제어 요구 사항

각 압력 헤드의 압력과 변위는 높은 정밀도로 동기화되어야 하며, 제어 시스템은 실시간 피드백이 필요합니다.

응용 프로그램 시나리오

복잡한 도구 블랭크: 다중 날 밀링 커터 및 드릴 블랭크와 같이 높은 균일성과 강도가 필요합니다.

금형 블랭크: 스탬핑 다이 및 와이어 드로잉 다이와 같은 금형은 높은 밀도가 필요합니다.

사례

한 기업은 다방향 프레스(수직 400MPa, 측면 300MPa)를 사용하여 WC-8%Co 다날 공구 블랭크(직경 30mm, 높이 15mm)를 생산합니다. 그린 블랭크의 밀도는 이론 밀도의 78%이며, 소결 후 기공률은 A00, 경도는 HRA 91입니다.

기술적 세부 사항 및 최적화

압력 분포

수직 압력 수두는 전체 압력의 50~60%를 차지하고, 측면 압력 수두는 40~50%를 차지합니다. 이 비율은 실험을 통해 최적화됩니다(예: 1:0.8:0.8).

금형 코팅

내벽은 TiN 또는 DLC 코팅으로 코팅되어 마찰계수가 0.15로 낮아지고 금형수명이 연장됩니다(> 5000 회 프레스).

분말 최적화

측면 마찰을 줄이고 입자 유동성을 개선하기 위해 0.5% 나노흑연 윤활제를 추가합니다.

보조 기술

초음파 진동(20kHz)을 도입하여 압착을 돕고, 입자 재배열을 개선하고 밀도를 5% 증가시켰습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

지침

압력 헤드의 동기화는 편향을 방지하기 위해 편차가 0.5mm 미만인 폐쇄 루프 제어 시스템으로 모니터링해야 합니다.

국부적 마모를 방지하기 위해 금형을 정기적으로 검사하여 다방향 응력 지점(측면 압력 헤드 접촉 영역 등)이 있는지 확인해야 합니다.

바디의 균열을 유발하는 과압을 방지하기 위해 측면 압력을 줄여야 합니다(200-250 MPa).

관련 표준 참조

ISO 4489:2009 시멘트 카바이드 소결 공정 가이드

다방향 프레싱은 그린 바디의 균일성을 크게 개선할 수 있으며 복잡한 모양에 권장됩니다.

GB/T 3850-2015 초경합금의 이론 밀도 측정

다방향 프레싱을 통해 그린 빌렛 밀도를 증가시키면 소결 후 이론 밀도를 달성하는데 도움이 됩니다(편차 <1.5%).

5.1.23 압출 프레싱

이 섹션에서는 초경합금 압출 프레스 기술에 대한 자세한 설명을 제공하며, 원리, 특성, 기술적 매개변수, 공정 흐름, 적용 시나리오, 영향 요인, 최적화 전략, 실제 사례 및 엔지니어링 실무를 다룹니다. 본 내용은 초경합금 생산의 실제 적용 사례와 공정 특성 및 산업 데이터를 바탕으로 작성되었으며, 포괄적이고 참고할 만한 가치를 제공하기 위해 노력했습니다.

초경 압출 프레스의 원리

압출 성형은 가늘거나 연속적인 형상의 초경합금 블랭크를 생산하는 데 특별히 사용되는 분말 야금 성형 기술입니다. 핵심 원리는 초경합금 분말(예: WC-Co 혼합 분말)을 바인더(예: 폴리비닐알코올 PVA, 폴리옥시메틸렌 POM 또는 왁스 기반 바인더)와 혼합하여 유동성이 좋은 페이스트 형태의 재료를 제조한 후, 이 페이스트 형태의 재료를 압출기를 통해 고압 하에 맞춤형 금형에 밀어 넣어 특정 단면 형상의 블랭크를 압출하는 것입니다. 압출 공정에서 분말 입자는 고압 및 금형 제약 조건 하에서 재배열, 압축 및 초기 결합됩니다. 바인더는 윤활 및 결합 역할을 하여 성형 후 블랭크가 충분한 강도와 형상 안정성을 유지하도록 합니다. 압출 후, 블랭크는 일반적으로 필요한 길이로 절단되고, 탈지 및 소결을 통해 바인더를 제거하여 최종적으로 고성능 초경합금 제품을 형성합니다. 압출 성형 공정은 다음과 같습니다.

바인더와 혼합된 분말

WC와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합하고(일반적으로 고전단 믹서 또는 행성형 밀을 사용하여 24 시간 동안), 바인더를 10%-25% 첨가하여 균일한 페이스트 물질을 제조합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압출

페이스트 재료를 압출기 배럴에 넣고, 피스톤이나 스크류를 통해 고압(200~400MPa)을 가해 재료를 다이 안으로 밀어 넣어 특정 단면 모양의 빌렛을 압출합니다.

절단 및 건조

압출된 연속체는 필요에 따라 절단(길이 수 미터까지)되고, 수분 흡수를 방지하기 위해 50~80° C에서 2~4 시간 동안 건조됩니다.

탈지

탈지 (300-500° C)와 화학적 탈지를 통해 이루어지며, 가열 속도는 <5° C/분입니다.

소결

1350~1450° C에서 소결하고 치밀화하여 최종 초경합금 제품을 형성합니다. 압출 성형의 독특한 장점은 가느다란 빌렛을 연속 생산할 수 있다는 것입니다. 다이 출구의 형상은 빌렛의 단면 형상을 결정하며, 이는 막대나 튜브와 같은 긴 부품의 대량 생산에 적합합니다.

초경합금 압출성형의 특성

압출 성형은 시멘트 카바이드 생산에 있어서 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.

형태의 유연성

본 제품은 막대, 튜브, 특수 형상의 봉재 등 가늘거나 연속적인 형상의 블랭크 생산에 적합합니다. 단면 형상은 금형을 통해 맞춤 제작(예: 원형, 직사각형, 다각형)할 수 있습니다.

바인더 요구 사항

페이스트 재료의 유동성과 성형체의 성형 강도를 확보하기 위해 다량의 바인더(10~25%)를 첨가해야 합니다. 바인더가 첨가되면 후속 탈지 공정이 필요합니다.

밀도 특성

그린 빌렛 밀도는 일반적으로 이론 밀도의 55~65%이며, 이는 바인더 비율과 압출 압력의 영향을 받습니다. 바인더 비율이 높으면 초기 밀도가 낮아질 수 있지만, 소결 후에는 이론 밀도의 98~99%에 도달할 수 있습니다.

생산 효율성

높은 생산 효율의 연속 압출 공정을 채택하여 대량 생산에 적합합니다. 단일 압출기의 일일 생산량은 수백 미터에 달합니다.

프로세스 복잡성

바인더 비율, 압출 속도, 탈지 공정을 정밀하게 제어해야 하며, 공정 체인이 길어지고 생산 복잡성이 증가합니다.

초경합금 압출 성형 기술 매개변수

다음은 산업 관행과 관련 표준을 기반으로 한 시멘트 카바이드 압출 성형의 자세한

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술적 매개변수입니다.

압력

범위 : 200-400 MPa, 300 MPa 는 일반적으로 그린 바디 강도와 성형 안정성을 보장하는 데 사용됩니다.

영향 : 압력이 너무 낮으면 (<150 MPa) 그린바디의 밀도가 부족해질 수 있습니다 (<50% 이론 밀도). 압력이 너무 높으면 (>450 MPa) 그린바디에 곰팡이 마모나 표면 균열이 생길 수 있습니다.

분말 특성

입자 크기 : WC 입자 크기 1-3 μm , Co 입자 크기 1-2 μm , 혼합 균일도 편차 <3% (GB/T 19077.1-2008).

바인더 : 폴리비닐알코올(PVA) 또는 왁스 기반 바인더, 비율은 15%-25%이며, 일반적으로 유동성과 그린바디 강도의 균형을 맞추기 위해 20%를 사용합니다.

유동성 : 원활한 압출을 보장하기 위해 페이스트 재료의 유동성은 15~20 초/50g 에 도달해야 합니다(ISO 4490:2018 표준 과 유사).

압출 속도

범위 : 0.5-2m/min, 일반적으로 1m/min 이 사용됩니다.

영향 : 속도가 너무 빠르면 (>2.5m/분) 블랭크에 표면 균열이나 내부 기공이 생길 수 있고, 속도가 너무 느리면 (<0.3m/분) 생산 효율성이 떨어집니다.

금형 설계

재질 : 카바이드(HRA 88 이상) 또는 고경도 강철(HRC 60 이상), 출구부 허용오차 <0.01mm.

표면 처리 : 금형 내벽을 Ra<0.1 μm (GB/T 1031-2009)로 연마하여 마찰 저항을 줄입니다 (<0.1, 실험 데이터).

출구 모양 : 원형(직경 2-20mm), 직사각형(너비 2-10mm) 등 제품 요구 사항에 따라 맞춤 제작 가능합니다.

장비 매개변수 :

압출기 : 피스톤 또는 스크류 타입, 압력 범위 200-500 MPa, 배럴 가열 온도 50-80° C.

제어 시스템 : PLC 제어, 압출 속도 정확도 ± 0.1 m/min, 압력 정확도 ± 5 MPa.

탈지 조건 :

온도 : 300~500° C, 단계적 가열, 400° C 는 일반적으로 열 탈지에 사용됩니다.

가열 속도 : <5° C/min, 블랭크의 균열을 방지하기 위해.

환경 : 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 분위기(N₂ 또는 Ar , 순도 >99.9%)를 유지해야 합니다.

녹색 밀릿 밀도 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

범위 : 이론 밀도의 55%~65% (GB/T 3850-2015 에 따르면 약 7.0~8.5 g/cm³) .

영향 : 바인더 비율이 높을수록 초기 밀도는 낮아지지만, 이는 소결 후 밀도화를 통해 보상될 수 있습니다.

프로세스

분말 제조

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(일반적으로 WC 입자 크기 1-3 μm , Co 함량 6%-12%)하고, 균일성 편차 <3%로 행성 밀로 24 시간 동안 반죽합니다. 15%-25%의 바인더(예: PVA)를 첨가하고 반죽하여 페이스트 물질(수분 함량은 30%-40%로 제어)로 만듭니다.

압출

페이스트 재료를 압출기 배럴에 넣고 50~80° C 로 가열하여 유동성을 개선합니다. 300 MPa 의 압력과 1 m/min 의 압출 속도를 적용하여 다이를 통해 막대나 튜브를 압출합니다.

절단 및 건조

압출된 연속 빌렛은 필요에 따라 절단됩니다(길이 100-500mm). 절단 정확도는 ±0.5mm 입니다.

수분 함량을 0.5% 미만으로 낮추려면 50~80° C 에서 2~4 시간 동안 건조합니다.

탈지

열 탈지: 300-500° C, 가열 속도 <5° C/분, 2 시간 동안 따뜻하게 유지.

화학적 탈지: 필요한 경우 용매(예: 헥산)를 사용하여 잔여 접착제를 제거합니다.

소결

1350~1450° C 에서 소결하고 1~2 시간 동안 따뜻하게 유지한 후 이론 밀도의 98%~99%까지 밀도를 높입니다.

응용 프로그램 시나리오

압출 성형은 가느다란 형상을 요구하는 초경합금 제품에 널리 사용됩니다. 주요 적용 사례는 다음과 같습니다.

긴 공구 : 카바이드 막대(직경 2-20mm) 등으로 드릴 막대, 밀링 커터, 드릴 비트를 만드는 데 사용됩니다.

튜브 : 카바이드 튜브(외경 5-15mm, 벽 두께 1-3mm) 등으로 내마모성 파이프나 노즐에 사용됩니다.

특수 모양의 막대 : 직사각형이나 다각형 단면의 막대로, 특수 절삭 도구에 사용됩니다.

사례 : 한 회사에서 1m/min 의 압출 속도로 압출 성형하여 WC-10%Co 봉재(직경 5mm, 길이 300mm)를 생산합니다. 그런 밀도는 이론 밀도(약 8.0g/cm³) 의 60%이며, 소결

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

후 경도는 HRA 91, 기공률은 A02 입니다. 이 제품은 정밀 드릴 비트 제조에 사용됩니다.

영향 요인 및 최적화 전략

바인더 비율

영향 : 바인더 비율은 15~25%이며, 편차는 1% 미만으로 관리해야 합니다. 바인더 비율이 30%를 초과하면 그린 빌릿 밀도가 감소하고(이론 밀도의 50% 미만) 소결 후 수축 불균일(편차 5% 이상)이 발생합니다. 바인더 비율이 10% 미만이면 유동성이 부족하고 압출이 어려워집니다.

최적화 : PVA 를 20% ± 0.5% 사용하고 혼합 시간을 2 시간으로 늘려 균일성을 보장합니다.

압출 속도

영향 : 속도는 0.5~2m/분입니다. 너무 빠르면(2.5m/분 이상) 표면 균열(균열 깊이 0.1mm 이상, 실험 데이터)이 발생하고, 너무 느리면(0.3m/분 미만) 효율이 저하됩니다.

최적화 : 속도를 1-1.5m/min 로 제어하고 실시간으로 블랭크의 표면 품질을 모니터링합니다.

분말 유동성

영향 : 유동성: 15~20 초/50g (ISO 4490:2018 표준 과 유사). 유동성이 낮으면(25 초/50g 초과) 압출이 고르지 않을 수 있습니다.

최적화 : 스테아르산 윤활제를 0.5% 첨가하여 혼합 후 유동성을 15초/50g ± 0.5초로 향상시켰습니다.

금형 설계

영향 : 금형 출구 허용 오차는 <0.01mm 이고 표면 거칠기 Ra 는 <0.1 μm 로 마찰 저항을 줄이고(<0.1) 블랭크 결함을 줄일 수 있습니다(불량률 <2%).

최적화 : 다이의 내벽은 DLC 코팅으로 코팅되어 서비스 수명이 연장됩니다(>10,000 개 압출).

탈지 공정

영향 : 가열 속도가 5° C/분 이상이면 블랭크에 균열이 생길 수 있습니다(균열 속도 > 5%). 온도가 500° C 이상이면 산화가 일어날 수 있습니다(O 함량 > 0.05%).

최적화 : 단계적 가열(200-300° C, 2° C/분; 300-500° C, 3° C/분), N₂ 분위기에서 탈지.

지침

바인더 제어 : 비율 편차는 <1%이어야 하며, 혼합 균일성 편차는 <2%이어야 하며, 과도한 국부 바인더로 인한 소결 결함을 방지해야 합니다.

탈바인딩 공정 : 가열 속도 <5° C/분, 유지 시간 2-3 시간, 바인더 완전 제거(잔류물

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<0.1%) 보장.

금형 유지 관리 : 5,000 번의 압출마다 금형 배출구를 점검하고 Ra<0.1 μm 로 연마하여 마모 로 인해 블랭크의 정확도가 저하되는 것을 방지합니다.

그린바디 건조 : 건조온도 50~80° C, 건조시간 2~4 시간, 수분함량 <0.5%, 수분흡수로 인한 균열을 방지합니다.

장비 교정 : 압출기 압력과 속도는 정기적으로(한 달에 한 번) 교정해야 하며, 압력 편차는 <±5 MPa, 속도 편차는 <±0.1 m/min 이어야 합니다.

실제 사례

한 회사에서는 압출 성형 공정을 사용하여 정밀 드릴 비트 제조용 WC-10%Co 초경합금 막대(직경 5mm, 길이 300mm)를 생산합니다. 공정 매개변수는 다음과 같습니다.

압력: 300 MPa ±5 MPa.

압출 속도: 1m/min ±0.1m/min.

분말 : WC 입자 크기 1.5 μm, Co 함량 10% ± 1%, PVA 바인더 20% ± 0.5%.

탈지: 400° C, 가열 속도 3° C/분, N₂ 분위기.

소결: 1400° C, 유지 온도 1.5 시간. 결과: 생형 밀도는 이론 밀도의 60%(약 8.0 g/cm³), 소결 밀도는 이론 밀도의 99%, 경도 HRA 91, 기공률 A02, 드릴 비트 수명 >1000m(경암 드릴링, 압축 강도 >150 MPa).

공학 응용 실습

카바이드 드릴 로드

공정 : WC-12%Co 드릴 로드(직경 10mm, 길이 500mm)를 압출 성형으로 생산하였으며, 압력은 350MPa, 압출 속도는 1.2m/min 이었습니다.

성능 : 소결 후 경도 HRA 90, 기공률 A02, 석유 굴착에 사용(압축 강도>200 MPa), 수명>2000 m.

장점 : 연속 성형으로 막대 길이와 단면의 일관성이 보장되어 드릴 막대의 안정성과 내구성이 향상됩니다.

내마모성 파이프

공정 : WC-8%Co 파이프(외경 12mm, 벽 두께 2mm)를 압출 성형으로 생산하였으며, 압력은 300MPa, 압출 속도는 1m/min 이었습니다.

성능 : 소결 후 밀도는 이론 밀도의 98.5%이고, 경도 HRA 89, 부식성 슬러리 운반에 사용, 내마모성 수명은 6 개월 이상입니다.

장점 : 파이프 벽 두께가 균일하고, 내식성과 내마모성이 뛰어나 혹독한 작업 조건에 적합합니다.

요약하다

압출 성형은 효율적이고 유연한 초경합금 프레스 공정으로, 특히 가느다란 그린 바디(예: 막대, 튜브) 생산에 적합합니다. 바인더 비율(20% ±0.5%), 압출 속도(1~1.5m/min) 및 탈지 공정(가열 속도 <5° C/min)을 정밀하게 제어함으로써 이론 밀도의 55%~65%에 해당하는 고품질 그린 바디를 제조할 수 있으며, 소결 후 성능도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

우수합니다(경도 HRA 90~91). 장날 및 내마모성 파이프 분야에서 탁월한 성능을 발휘하여 대량 생산 요구를 충족합니다.

5.1.24 카바이드 사출 성형

초경 사출 성형의 원리

플라스틱 사출 성형 공정 과 유사하게 초경합금(예: WC-Co 혼합 분말)을 위해 특별히 설계된 고급 분말 야금 성형 기술입니다. 핵심 원리는 초경합금 분말과 열가소성 바인더(예: 폴리프로필렌 PP, 폴리옥시메틸렌 POM 또는 왁스 기반 혼합물)를 비율에 맞춰 혼합하고 150~200° C로 가열하여 유동성이 좋은 용융 상태로 만든 후, 사출 성형기의 고압 사출 시스템(50~100MPa)을 통해 고정밀 금형에 주입하는 것입니다. 냉각 후 복잡한 형상이나 작은 크기의 그린 블랭크를 형성하고, 탈지 및 소결을 통해 바인더를 제거하여 고밀도 초경합금 제품을 얻습니다. 사출 성형의 최적화는 초경합금 분말의 높은 경도와 낮은 유동성 특성, 그리고 성형 정확도와 블랭크 품질을 보장하기 위한 특수 바인더 시스템과 정밀 금형 설계에 있습니다. 사출 성형 공정은 다음과 같습니다.

바인더와 혼합된 분말

WC 와 Co 분말을 20%-30%의 열가소성 바인더와 혼합하고 150-180° C 의 고전단 믹서에서 2-4 시간 동안 혼합하여 균일한 공급물을 형성했습니다.

사출성형

용융된 재료는 나사 또는 플런저를 통해 압출되어 80MPa 의 압력으로 금형에 주입되고 냉각 후 탈형됩니다.

탈지

<3° C/분의 가열 속도로 열 탈지 (200-400° C) 및 화학적 탈지 (400-600° C) 를 통해 결합제를 제거합니다 .

소결

1350~1450° C 에서 소결하고 1~2 시간 유지하면 이론 밀도의 98%까지 밀도가 높아집니다.

사출 성형의 고유한 장점은 유연한 금형 설계와 높은 성형 정확도를 통해 복잡한 기하학적 형상과 소형 부품을 생산할 수 있다는 것입니다. 특히 높은 정밀도와 복잡한 구조가 요구되는 초경합금 제품에 적합합니다.

초경 사출 성형의 특성

사출성형은 시멘트 카바이드 생산에 있어 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.

높은 정밀도

복잡한 형상(기어, 마이크로 도구 등) 및 소형 부품에 적합하며, 성형 허용 오차는 <0.01mm, 표면 거칠기는 Ra< 0.2 μm 입니다 .

복잡한 과정

혼합, 사출, 탈지, 소결 등 여러 공정이 포함됩니다. 공정 체인이 비교적 길고, 생산 주기는 개당 10~20 분입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀도 특성

그린 빌릿의 밀도는 이론 밀도의 50%~60%입니다. 소결 후 치밀화를 통해 이론 밀도의 98%~99%에 도달할 수 있으며, 기공률은 A00~B00 수준으로 감소합니다.

생산 효율성

소량 및 중량 배치 생산에 적합하며, 단일 샷 출력은 제한적입니다(1~10 개/사이클). 그러나 다중 캐비티 금형을 사용하면 효율성을 개선할 수 있습니다.

더 높은 비용

금형 설계 및 제조 비용이 높고, 탈지 및 소결 공정으로 인해 생산 비용이 증가합니다.

초경합금 사출 성형 기술 매개변수

다음은 산업 관행과 관련 표준을 기반으로 한 시멘트 카바이드 사출 성형의 자세한 기술적 매개변수입니다.

압력

범위 : 50-100 MPa, 80 MPa 는 일반적으로 충전 및 성형 품질을 보장하는 데 사용됩니다.

영향 : 압력이 너무 낮으면(<40 MPa) 충전되지 않거나 결함이 발생할 수 있습니다(결함률 >5%). 압력이 너무 높으면(>120 MPa) 금형이 손상되거나 용융물이 넘칠 수 있습니다.

분말 특성

입자 크기 : WC 입자 크기 0.5-2 μm , Co 입자 크기 0.5-1 μm , 혼합 균일도 편차 < 3 % (GB/T 19077.1-2008) .

바인더 : 열가소성 바인더(PP, POM 또는 왁스 기반 혼합물 등) , 비율은 20%-30%이며, 일반적으로 유동성과 그린바디 강도의 균형을 맞추기 위해 25%입니다.

유동성 : 용융상태의 점도는 100~500 Pa·s (실험자료)로 균일한 주입 충진이 보장됩니다.

사출 온도

범위 : 150~200° C, 180° C는 일반적으로 용융 상태를 최적화하는 데 사용됩니다.

영향 : 온도가 너무 낮으면(<140° C) 점도가 높아지고 충진이 어려워지고, 온도가 너무 높으면(>220° C) 바인더가 분해되어 탈지에 영향을 미칠 수 있습니다.

금형 온도

범위 : 50-80° C, 60° C는 일반적으로 냉각 및 탈형을 가속화하는 데 사용됩니다 .

영향 : 온도가 너무 낮으면(<40° C) 과도한 냉각이 발생하고 내부 응력이 발생할 수 있고, 온도가 너무 높으면(>90° C) 냉각 시간이 길어집니다.

탈지 조건

온도 : 200-600° C, 2 단계로 진행: 열적 탈지 200-400° C, 화학적 탈지 400-600° C.

가열 속도 : <3° C/분, 블랭크의 균열을 방지하기 위해 (균열 속도 <1%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

환경 : 산화를 방지하기 위해 진공 또는 불활성 분위기(N_2 또는 Ar , 순도 $>99.9\%$)를 유지해야 합니다.

장비 매개변수

사출성형기 : 스크류 또는 플런저 타입, 사출압력 50-120MPa, 배럴 가열전력 10-20kW.

공팡이 : 고경도 강철(H13, HRC 50 이상) 또는 카바이드 라이닝, 허용오차 $<0.01mm$, 표면 연마 $Ra < 0.1 \mu m$ (GB/T 1031-2009).

제어 시스템 : PLC 제어, 온도 정확도 $\pm 2^\circ C$, 압력 정확도 $\pm 2 MPa$.

그린 빌릿 밀도

범위 : 이론 밀도의 50%-60%(GB/T 3850-2015 에 따르면 약 $6.5-8.0 g/cm^3$) .

영향 : 바인더 비율이 높을수록 초기 밀도는 낮아지지만, 소결 후 확산 및 밀도화를 통해 98%-99%에 도달할 수 있습니다.

프로세스

바인더와 혼합된 분말

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(WC 입자 크기 $0.5-2 \mu m$, Co 함량 6%-10%)한 후 고전 단 믹서로 $150-180^\circ C$ 에서 2-4 시간 동안 반죽했습니다.

$<2\%$ 의 입자 크기 분포 편차를 갖는 균일한 공급물을 형성하기 위해 20%-30%의 바인더(PP+POM 혼합물 등)를 추가합니다.

사출성형

공급 원료는 사출 성형기의 배럴에 장입되고, $180^\circ C \pm 2^\circ C$ 로 가열되며, 용융 후 스크류를 통해 압출됩니다.

사출 압력은 80MPa 이고 금형 온도는 $60^\circ C$ 입니다. 금형은 5~10 분간 냉각 후 사출 및 탈형됩니다 .

탈지

열 탈 바인딩 : $200-400^\circ C$, 가열 속도 $2^\circ C/분$, 2 시간 유지, N_2 분위기.

화학적 탈지 : $400-600^\circ C$, 가열 속도 $1^\circ C/분$, 잔여 결합제를 제거하기 위한 용제 세척.

소결

$1400^\circ C \pm 10^\circ C$ 에서 소결하고 1.5 시간 유지, 진공 또는 Ar 대기는 이론 밀도의 98%-99%까지 밀도가 높아집니다.

응용 프로그램 시나리오

사출 성형은 고정밀과 복잡한 형상을 요구하는 초경합금 마이크로 부품에 널리 사용됩니다. 주요 적용 분야는 다음과 같습니다.

마이크로 부품 : 의료 기기(정형외과 임플란트 등) 및 전자 산업(마이크로 모터 부품

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

등)에 사용되는 정밀 기어 및 마이크로 도구 등입니다.

복잡한 구조 : 정밀 가공을 위한 다중 날 마이크로 밀링 커터 및 특수 모양의 공구 블랭크 등.

카바이드 사출 성형 사례

한 회사에서 WC-6%Co 마이크로 기어(직경 3mm, 두께 1mm)를 사출 성형으로 생산합니다. 사출 압력은 80MPa, 금형 온도는 60°C입니다. 소결 후 경도는 HRA 92 이고, 공차는 0.01mm 미만입니다. 이 제품은 5,000 회 이상 수명이 지속되는 의료용 임플란트에 사용됩니다.

초경 사출성형 의 영향 요인 및 최적화 전략

바인더 비율

영향 : 바인더 비율은 20~30%이며, 편차는 1% 미만이어야 합니다. 높은 비율(35% 초과)은 그린 밀도(이론 밀도의 45% 미만)를 감소시키고 탈지(잔류물 0.5% 초과)를 어렵게 합니다. 낮은 비율(15% 미만)은 유동성 부족 및 불균일한 충진을 초래합니다.

최적화 : 25% ± 0.5% PP + POM 혼합물을 사용하고 3 시간 동안 혼합하여 균일성을 보장합니다.

사출 온도

영향 : 180°C ± 2°C 는 유동성을 최적화합니다(점도 200-300 Pa·s), 140°C 미만의 온도는 충전 부족(불량률 >3%)으로 이어지고, 220°C 이상의 온도는 바인더를 분해할 수 있습니다.

최적화 : 180~190°C 에서 제어, 배럴 가열을 단계적으로 진행(입구 150°C, 출구 200°C).

금형 설계

영향 : 금형 허용 오차 <0.01 mm 및 표면 거칠기 Ra <0.1 μm 는 탈형 저항성(<2 kN) 및 결함률 <1%를 감소시킬 수 있습니다(실험 데이터).

최적화 : 금형 내벽에 TiN 코팅을 적용하여 서비스 수명을 연장합니다(10,000 회 이상 주입).

탈지 공정

영향 : 가열 속도가 3°C/분 이상이면 그린바디에 균열이 생길 수 있습니다(균열률 >2%). 온도가 200°C 미만이면 탈지가 불완전 해지고 잔류물이 0.3% 이상 생길 수 있습니다.

최적화 : 단계적 가열(200-300°C, 2°C/분; 300-600°C, 1°C/분), 진공 탈지(<10 Pa).

사출 압력

충격 : 80MPa ± 2MPa 는 완전한 충전을 보장하고, 압력 <50MPa 는 짧은 사출(불량률 >5%)이 발생할 수 있습니다. 압력 >120MPa 는 금형을 손상시킬 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

최적화 : 80-90MPa 를 사용하며, 복잡한 기하학적 형상에 맞게 동적으로 조정됩니다.

초경 사출성형 시 주의사항

바인더 제거 : 가열 속도 <3° C/분, 유지 시간 2-3 시간, 소결 결함을 피하기 위해 바인더 잔류물이 <0.1%(질량 분율)이 되도록 합니다.

금형 정밀도 : 금형은 높은 정밀도(허용 오차 <0.01mm)로 설계되어야 하며, 표면은 Ra < 0.1 μm (GB/T 1031-2009)로 연마되어야 하며, 500 회 사출할 때마다 마모를 점검해야 합니다.

냉각 제어 : 금형 온도 50-80° C, 냉각 시간 5-10 분, 과도한 내부 응력(<10 MPa, 실험 데이터)을 방지합니다.

환경 제어 : 혼합 및 주입 과정은 분말이 습기를 흡수하는 것을 방지하기 위해 건조한 환경(습도 <40%)에서 수행되어야 합니다.

장비 유지관리 : 한 달에 한 번 나사와 배럴을 청소하고 가열 시스템의 정확도(±2° C)를 점검하세요.

카바이드 사출 성형의 실제 사례 연구

한 회사에서는 의료용 임플란트용 WC-6%Co 마이크로 기어(직경 3mm, 두께 1mm)를 사출 성형으로 생산합니다. 공정 변수는 다음과 같습니다.

사출 압력: 80 MPa ±2 MPa.

사출 온도: 180° C ±2° C.

금형 온도: 60° C ±2° C.

분말: WC 입자 크기 0.8 μm, Co 함량 6% ± 1%, POM 바인더 25% ± 0.5%.

탈지: 200-600° C, 가열 속도 2° C/분, N₂ 분위기.

소결: 1400° C, 1.5 시간 동안 보온. 결과: 그린 밀도는 이론 밀도의 55%(약 7.2 g/cm³), 소결 밀도는 이론 밀도의 98.5%, 경도는 HRA 92, 공차는 <0.01 mm, 사이클 수명은 >5000 회로 의료기기의 고정밀 요구 사항을 충족합니다.

초경합금 사출성형의 엔지니어링 응용 실습

마이크로 나이프

공정 : WC-8%Co 마이크로 밀링 커터(직경 2mm, 길이 10mm)를 사출 성형으로 생산하였으며, 사출 압력은 85MPa, 금형 온도는 65° C였습니다.

성능 : 소결 후 경도는 HRA 91, 기공률은 A00 이며, 정밀 전자 가공(절삭 속도 200m/min)에 사용되며, 사용 수명은 10 시간 이상입니다.

장점 : 사출 성형을 통해 복잡한 다중 모서리 디자인을 구현할 수 있으며, 미세 가공 요구 사항을 충족하는 높은 정밀도를 제공합니다.

의료용 임플란트 부품

공정 : WC-6%Co 정형외과 임플란트(직경 5mm, 두께 2mm)를 사출압력 80MPa, 금형온도 60° C로 사출성형을 통해 생산하였습니다.

성능 : 소결 후 밀도는 이론 밀도의 98%이고, 경도는 HRA 92, 생체적합성은 ISO 10993 규격을 준수하며, 내식성이 우수합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장점 : 높은 정밀도와 복잡한 모양은 생물학적 안전성과 기계적 특성에 대한 임플란트 요구 사항을 충족합니다.

사출 성형은 복잡한 형상과 소형 부품에 적합한 고정밀 초경합금 프레스 공정입니다. 사출 온도($180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), 압력($80\text{ MPa} \pm 2\text{ MPa}$), 탈지 공정(승온 속도 $< 3^{\circ}\text{C}/\text{분}$)을 정밀하게 제어함으로써 이론 밀도의 50%~60% 밀도의 그린 빌릿을 생산할 수 있으며, 소결 후에는 이론 밀도의 98%~99%(경도 HRA 92)에 도달합니다. 초소형 공구 및 의료용 임플란트와 같은 고부가가치 분야에서 우수한 성능을 발휘하며, 소량 및 중소형 생산 요구를 충족합니다.

5.1.25 카바이드 롤 압축

카바이드 롤 압축의 원리

생산에 적합한 효율적인 분말 야금 성형 기술입니다. 핵심 원리는 두 개의 고속 회전 롤러 사이의 틈에 초경합금 분말을 압착하고 전단하는 것입니다. 분말 입자는 고압 하에서 압축되고 재배열되어 연속적인 스트립 또는 얇은 시트를 형성합니다. 롤러 사이의 틈 크기와 회전 속도는 블랭크의 두께와 밀도를 결정합니다. 성형 후, 블랭크는 원하는 모양으로 절단되거나 스탬핑된 후 소결을 통해 더욱 치밀해집니다. 롤 성형은 기계적 힘의 연속적인 작용을 사용하며, 특히 얇은 초경합금 제품의 대량 생산에 적합하여 기존 프레스 공정에서 복잡한 금형의 필요성을 줄입니다. 롤 성형 공정은 다음과 같습니다.

분말 제조

WC 와 Co 분말을 혼합하고, 2%의 윤활제(PVA 또는 스테아르산 등)를 첨가한 후, 반죽을 통해 균일성을 확보합니다.

롤포밍

공급 장치를 통해 롤러 사이의 틈새로 공급됩니다. 롤러는 50~150 MPa의 압력과 5~15 rpm의 속도로 압출하여 연속적인 성형체를 형성합니다.

절단 및 건조

녹색 본체를 원하는 길이나 모양으로 자르고 50~80°C에서 2~4시간 동안 건조합니다.

소결

1350~1450°C에서 소결하여 이론 밀도의 98%~99%로 압축되었습니다.

롤포밍의 독보적인 장점은 연속 생산 능력, 간단한 장비 구조, 그리고 박판이나 대면적 블랭크에 대한 적응성입니다. 초경합금 내마모 코팅 기관 생산에 널리 사용됩니다.

카바이드 롤 압축의 특성

롤 성형은 시멘트 카바이드 생산에 있어서 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.

연속 생산

롤러의 연속적인 회전을 통해 얇은 시트나 스트립의 대량 생산에 적합하며, 일일 생산량은 수백 제곱미터입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

두께 제어

블랭크 두께는 0.5-5mm로 조절 가능하며 허용오차는 0.05mm 미만으로 균일한 두께가 필요한 용도에 적합합니다.

밀도 특성

그린 빌렛의 밀도는 이론 밀도의 50%~60%입니다. 분말 유동성과 롤러 압력의 영향을 받기 때문에, 후속 소결을 통해 98%~99%까지 밀도를 높여야 합니다.

간단한 장비

롤러 장비는 구조가 간단하고, 제작 및 유지 보수 비용이 사출 성형이나 등방성 프레스 장비보다 낮아 산업 진흥에 적합합니다.

한정

복잡한 3차원 형상에는 적합하지 않으며, 두께 균일성은 롤러 갭 정확도에 따라 달라집니다.

기술적 매개변수

다음은 산업 관행과 관련 표준을 기반으로 한 시멘트 카바이드 롤 성형의 자세한 기술적 매개변수입니다.

압력

범위 : 50-150 MPa, 100 MPa는 일반적으로 밀도와 생산 효율성의 균형을 맞추는 데 사용됩니다.

영향 : 압력이 너무 낮으면(<40 MPa) 밀도가 부족해집니다(<45% 이론 밀도). 압력이 너무 높으면(>180 MPa) 롤러 마모나 빌렛 균열이 발생할 수 있습니다.

분말 특성

입자 크기 : WC 입자 크기 1-3 μm , Co 입자 크기 1-2 μm , 혼합 균일도 편차 <3% (GB/T 19077.1-2008).

윤활제 : 유동성을 개선하기 위해 2% 윤활제(PVA 또는 스테아르산 등)를 추가합니다(14 초/50g \pm 0.5 초, ISO 4490:2018).

수분 함량 : 분말 흐름에 영향을 미치지 않도록 0.5% 미만으로 제어합니다.

롤러 속도

범위 : 5-15 rpm, 균일한 압착을 보장하기 위해 일반적으로 10 rpm이 사용됩니다.

영향 : 속도가 너무 빠르면(>20 rpm) 블랭크 표면이 거칠어질 수 있습니다($R_a > 1 \mu\text{m}$). 속도가 너무 느리면(<3 rpm) 생산 효율성이 떨어집니다.

롤러 갭

범위 : 0.5-5mm, 조정 가능, 일반적으로 2mm가 사용됩니다.

제어 정확도 : 편차 <0.02 mm, 두께 균일성 보장(허용 오차 <0.05 mm).

영향 : 간격이 너무 크면(6mm 이상) 밀도가 감소합니다(이론 밀도의 45% 미만). 간격이 너무 작으면(0.3mm 미만) 롤러가 막힐 수 있습니다.

롤러 소재

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

종류 : 카바이드(HRA 88 이상) 또는 고경도 강철(HRC 60 이상).

표면 처리 : 롤러 표면은 마찰을 줄이기 위해 $Ra < 0.2 \mu m$ (GB/T 1031-2009)로 연마됩니다(계수 < 0.15).

장비 매개변수

롤러 프레스 : 더블 롤러 디자인, 전력 10-20kW, 압력 범위 50-200MPa.

제어 시스템 : PLC 제어, 속도 정확도 $\pm 0.5 \text{ rpm}$, 갭 정확도 $\pm 0.01 \text{ mm}$.

그린 빌렛 밀도

범위 : 이론 밀도의 50%-60% (GB/T 3850-2015 에 따르면 약 $6.5-8.0 \text{ g/cm}^3$).

영향 : 밀도는 압력과 분말 유동성이 증가함에 따라 증가하며, 소결 후 98%-99%에 도달할 수 있습니다.

프로세스

분말 제조

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(WC 입자 크기 $1-3 \mu m$, Co 함량 6%-12%)한 후, 균일도 편차 $< 3\%$ 로 12-24 시간 동안 볼 밀링을 통해 혼합했습니다. 윤활제(PVA 등) 2%를 첨가하고, 혼합 후 체(200 메시)로 걸러내면 유동성은 14 초/50g ± 0.5 초가 됩니다.

롤포밍

진동 공급 장치를 통해 롤러 사이의 틈새로 공급되었습니다 . 롤러는 100 MPa 의 압력, 10 rpm 의 속도, 2 mm 의 틈새로 공급되었습니다.

얇은 시트나 스트립으로 연속적으로 압출되며, 두께는 $2\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 로 조절됩니다.

절단 및 건조

블랭크는 필요한 크기(길이 100-500mm, 정확도 $\pm 0.5\text{mm}$)로 절단됩니다.

수분 함량을 0.5% 미만으로 낮추려면 $50\sim 80^\circ \text{C}$ 에서 2~4 시간 동안 건조합니다.

소결

$1400^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서 소결하고 1.5 시간 유지, 진공 또는 Ar 대기는 이론 밀도의 98%-99%까지 밀도가 높아집니다.

시멘트 초경 압연 압축 의 적용 시나리오

롤 성형은 얇은 판재나 대면적 초경합금 블랭크 생산에 널리 사용됩니다. 주요 적용 사례는 다음과 같습니다.

얇은 시트 블랭크 : 카바이드 내마모성 코팅 기관(두께 1-3mm)과 같이 표면 강화 또는 복합 재료에 사용됩니다.

스트립 블랭크 : 초경 마모 스트립(폭 $10\sim 50\text{mm}$)과 같이 절삭 공구나 금형에 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

카바이드 롤 압축 사례 연구

어떤 기업은 롤포밍으로 WC-10%Co 내마모성 박판(두께 2mm, 폭 100mm)을 생산하는데, 롤 속도는 10rpm, 압력은 100MPa, 그린 밀도는 이론 밀도의 55%(약 7.3g/cm³), 소결 후 경도는 HRA 89, 기공률은 A02 입니다. 이를 내마모성 코팅 기관으로 사용합니다.

초경 압연 압축 의 영향 요인 및 최적화 전략

롤러 갭

영향 : 0.5~5mm 의 틈새, 0.02mm 미만의 편차. 틈새가 너무 크면(6mm 이상) 밀도가 감소합니다(이론 밀도의 45% 미만). 틈새가 너무 작으면(0.3mm 미만) 막힘이 발생할 수 있습니다.

최적화 : 정확도가 ±0.01mm 인 자동 간격 조정 시스템과 실시간 두께 모니터링.

롤러 속도

충격 : 10 rpm ±0.5 rpm 은 균일한 압착을 보장하고, 속도가 20 rpm 을 초과하면 표면 거칠기(Ra>1 μm) 가 발생합니다. 속도가 3 rpm 미만이면 효율성이 감소합니다.

최적화 : 8-12rpm 으로 제어되며, 분말 유동성에 따라 동적으로 조정됩니다.

분말 유동성

영향 : 유동성 14 초/50g ± 0.5 초(ISO 4490:2018). 유동성이 낮으면(>20 초/50g) 공급이 고르지 않고 밀도 편차가 5% 이상 발생합니다.

최적화 : 나노그래파이트 윤활제를 0.5% 첨가하면 유동성이 13 초/50g ± 0.5 초로 향상됩니다.

압력 제어

영향 : 100 MPa ±5 MPa 최적화 밀도(이론 밀도 55%-60%), 압력 <50 MPa 밀도 <45%; 압력 >180 MPa 롤러 마모가 심화됩니다.

최적화 : 100-120MPa 사용, 압력 센서 장착, 편차 <±2MPa.

롤러 표면

영향 : 표면 거칠기 Ra < 0.2 μm 는 마찰을 줄일 수 있고(< 0.15) 결함률은 < 2%입니다. Ra > 0.5 μm 는 블랭크 표면에 긁힘이 생길 수 있습니다.

최적화 : 롤러를 Ra<0.2 μm 가 될 때까지 1000 회마다 연마 하고 내마모성 층(예: CrN) 을 적용합니다.

카바이드 롤 압축 시 주의사항

롤러 갭 제어 : 편차 <0.02 mm, 두께 불균일을 방지하기 위해 정기적 교정(한 달에 한 번)(허용 오차 >0.1 mm)을 실시합니다.

분말 유동성 : 높은 유동성이 요구되며(14 초/50g ± 0.5 초, ISO 4490:2018), 균일성을 보장하기 위해 진동 공급 장치(50Hz)를 사용합니다.

롤러 유지관리 : 500 회 롤링 사이클마다 롤러 마모를 점검 하고 Ra<0.2 μm 로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연마하여 서비스 수명을 연장합니다(>10,000 회).

건조 과정 : 50~80° C 에서 2~4 시간 동안 건조하며, 수분 함량은 0.5% 미만으로 유지하여 수분 흡수 및 균열을 방지합니다.

장비 안정성 : 롤러 속도와 압력은 정기적으로(일주일에 한 번) 교정해야 하며, 속도 편차는 ± 0.5 rpm, 압력 편차는 ± 5 MPa 이어야 합니다.

카바이드 롤 압축의 실제 사례

한 회사는 롤 성형 공정을 사용하여 표면 강화 코팅용 WC-10%Co 내마모성 시트(두께 2mm, 폭 100mm)를 생산합니다. 공정 매개변수는 다음과 같습니다.

압력: 100 MPa ± 5 MPa.

롤러 속도 : 10 rpm ± 0.5 rpm.

간격: 2mm ± 0.02 mm.

분말 : WC 입자 크기 1.5 μ m , Co 함량 10% ± 1 % , PVA 윤활제 2% ± 0.1 %.

소결: 1400° C, 1.5 시간. 결과: 생형 밀도 55% 이론 밀도(약 7.3 g/cm³) , 소결 밀도 98.5% 이론 밀도, 경도 HRA 89, 두께 공차 <0.05 mm, 기공률 A02, 내마모성 코팅에 사용, 수명 >500 시간(마모 시험, 하중 50 N).

시멘트 초경 압연 압축의 엔지니어링 응용 실습

카바이드 롤 압축 용 내마모성 코팅 기관

공정 : 롤 성형을 통해 100MPa의 압력과 12rpm의 롤러 속도로 WC-8%Co 시트(두께 1.5mm, 너비 120mm)를 생산했습니다.

성능 : 소결 후 경도는 HRA 88 이고, 밀도는 이론 밀도의 98%이며, 강철 표면 강화에 사용되며, 내마모 수명은 400 시간 이상입니다.

장점 : 연속 생산으로 균일한 시트 두께가 보장되므로 대면적 코팅 적용에 적합합니다.

카바이드 롤 압축 절삭 공구 스트립

공정 : 롤 성형을 통해 120MPa의 압력과 8rpm의 롤러 속도로 WC-12%Co 스트립(두께 3mm, 너비 20mm)을 생산했습니다.

성능 : 소결 후 경도 HRA 90, 인성 $K_{1c} > 15$ MPa $\cdot m^{1/2}$, 절삭 수명 >800m(경질 소재, 절삭 속도 150m/min).

장점 : 뛰어난 스트립 강도와 내마모성으로 절삭 공구의 고성능 요구 사항을 충족합니다.

롤 포밍은 효율적이고 경제적인 초경합금 프레스 공정으로, 특히 얇은 판재 또는 스트립 블랭크(두께 0.5~5mm, 공차 <0.05mm)의 대량 생산에 적합합니다. 롤러 간격(2mm ± 0.02 mm), 속도(10rpm ± 0.5 rpm), 압력(100MPa ± 5 MPa)을 정밀하게 제어하여 이론 밀도의 50~60%에 해당하는 밀도의 그린 블랭크를 제조할 수 있으며, 소결 후에는 이론 밀도의 98~99%(경도 HRA 88~90)에 도달합니다. 내마모성 코팅 기관 및 절삭 공구 스트립 분야에서 탁월한 성능을 발휘하여 산업 생산의 요구를 충족합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.26 시멘트 카바이드의 폭발 압축

초경합금의 폭발 압축 원리

폭발 압축은 폭발로 인해 발생하는 순간적인 고압 충격파(압력은 수천 MPa에 달할 수 있음)를 이용하여 초경합금 분말을 압축하는 특수 성형 기술입니다. 핵심 원리는 초경합금 분말(예: WC-Co 혼합 분말)을 내충격성 금속 용기에 넣고, 용기 주변에 폭발물을 배치한 후, 폭발로 인해 발생하는 고속 충격파(속도는 초당 수천 미터에 달할 수 있음)를 분말에 빠르게 전달하여 분말 입자의 급격한 재배열, 소성 변형 및 국부 용융을 유도하여 최종적으로 고밀도의 성형체를 형성하는 것입니다. 폭발 압축의 독보적인 특징은 초단시간(<1 밀리초) 압축 시간과 초고압으로, 이론 밀도에 가까운 밀도의 성형체를 즉시 얻을 수 있다는 것입니다. 이는 특히 초고밀도와 특수 물성이 요구되는 초경합금 제품에 적합합니다. 폭발 후에는 미세 균열을 보수하고 미세 구조를 최적화하기 위해 후속 열처리가 필요할 수 있습니다.

폭발 압축 공정

파우더 충전

WC 및 Co 분말은 윤활제를 추가하지 않고 금속 용기(고강도 강철이나 구리 등)에 적재됩니다.

폭발물 배치

폭발물(TNT 나 RDX 등)을 용기 주위에 배치하고 폭발 에너지는 공포탄의 부피를 기준으로 계산됩니다.

폭발 억제

폭발물이 폭발하고 충격파가 분말을 압축하는데, 압축 시간은 1 밀리초 미만입니다.

냉각 및 제거

폭발 후, 블랭크는 자연적으로 냉각되고 후속 가공을 위해 꺼내집니다.

열처리

600~1000°C의 열처리는 미세균열을 복구하고 구조를 안정화합니다.

소결

1350~1450°C에서 소결하여 이론 밀도의 99%로 압축되었습니다.

높은 효율성과 초 고밀도 특성은 이를 시멘트 카바이드의 특수 응용 분야에 있어 핵심 공정으로 만듭니다.

초경합금의 폭발 압축 특성

폭발성 프레스는 시멘트 카바이드 생산에 있어서 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.

초고밀도

그린 빌릿 밀도는 이론 밀도의 90%-95%에 도달할 수 있으며, 이는 기존 프레스 공정(50%-80%)보다 훨씬 높고, 소결 후에는 이론 밀도의 100%에 가깝습니다.

즉석 성형

프레스 시간은 1 밀리초 미만으로 매우 효율적이며 신속한 프로토타입 제작 요구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사항에 적합합니다.

프로세스 복잡성

폭발 환경, 폭발물의 종류 및 배치는 엄격하게 관리되어야 하며, 높은 안전 요건과 전문적인 시설이 필요합니다.

높은 비용

장비와 안전 조치는 비용이 많이 들고, 부가가치가 높은 소량 생산에는 적합하지만, 대량 생산에는 경제적이지 않습니다.

잠재적 결합

폭발 후, 블랭크에 미세균열이나 잔류응력이 생길 수 있으며, 이는 후속 처리 및 수리가 필요합니다.

시멘트 카바이드 폭발 압축의 기술적 매개변수

다음은 연구 및 실험 데이터를 기반으로 한 시멘트 카바이드 폭발 압축의 기술적 매개변수입니다.

압력

범위 : 1000-5000 MPa, 순간 작용, 최대 압력은 폭발 유형 및 배열에 따라 다름.

영향 : 압력 <1000 MPa에서는 밀도가 부족해질 수 있습니다(이론 밀도의 <85%). 압력 >6000 MPa에서는 과열이나 분말 용융이 발생할 수 있습니다.

분말 특성

입자 크기 : WC 입자 크기 0.5-2 μm , Co 입자 크기 0.5-1 μm , 혼합 균일도 편차 < 3 % (GB/T 19077.1-2008) .

Co 함량 : 6%-10%, 폭발 충격파가 충분한 에너지를 제공하므로 윤활제가 필요 없습니다.

수분 함량 : 폭발로 인한 가스 팽창을 방지하기 위해 0.1% 미만으로 제어됩니다.

용기 재질

유형 : 고강도 강철(예: 40CrNiMoA, 인장 강도 >1000 MPa) 또는 구리(내충격성이 우수함).

두께 : 5-20mm, 폭발 에너지에 따라 설계되었습니다.

내벽 처리 : 마찰과 분말 부착을 줄이기 위해 $Ra < 0.5 \mu\text{m}$ 로 연마합니다.

폭발적인 에너지

단위 : 일반적으로 사용되는 TNT 당량(kg)으로, 블랭크의 부피를 기준으로 계산합니다(예: 100cm³ 블랭크에는 0.5-1kg TNT가 필요합니다).

제어 : 에너지가 너무 낮으면(<0.3 kg TNT) 밀도가 부족해지고, 에너지가 너무 높으면(>2 kg TNT) 용기가 손상될 수 있습니다.

폭발 방식 : 중앙 집중 폭발 또는 다점 폭발. 폭탄의 모양에 따라 조절됨.

장비 및 환경

시설 : 전용 폭발실, 방폭 벽 두께 >1m, 원격 모니터링 장비 장착.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

안전 거리 : 작업자는 폭발 지점으로부터 500m 이상 떨어져 있습니다.

온도 : 폭발 순간의 온도는 2000° C 이상에 도달할 수 있으며 빠르게 냉각해야 합니다.

그린 밀렛 밀도

범위 : 이론 밀도의 90%-95%(GB/T 3850-2015 에 따르면 약 11.5-12.0 g/cm³).

충격 : 밀도는 충격과의 강도에 따라 증가하며 소결 후 99.5%-100%에 도달할 수 있습니다.

프로세스

분말 제조

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(WC 입자 크기 0.5-2 μm, Co 함량 6%-10%) 한 후 , 균일도 편차 <3%로 12-24 시간 동안 볼 밀링을 통해 혼합했습니다.

윤활제를 첨가하지 않고 수분 함량을 0.1% 미만으로 건조합니다.

용기 채우기

분말을 금속 용기(두께 10mm)에 넣고 진동 충전(50Hz)을 사용하여 압축을 보장하였으며, 충전률은 70%-80%였습니다.

용기를 밀봉하고 기밀성(진공도 <10 Pa)을 확인합니다.

폭발물 배치

TNT 폭발물(0.5~1kg)을 용기 주위에 배치하고, 폭발 지점은 용기로부터 5~10cm 떨어진 곳에 집중적으로 또는 여러 지점으로 설계합니다.

폭발물의 밀도는 충격과의 강도를 제어하기 위해 조절됩니다(1.5-1.7 g/cm³).

폭발 억제

전용 폭발실에서 폭발시키면 충격과가 분말을 1 밀리초 미만의 압축 시간으로 압축합니다.

폭발 후 자연적으로 식히세요(10~20 분).

제거 및 열처리

블랭크를 꺼내어 표면 균열을 확인하고, 필요한 경우 600~1000° C에서 2 시간 동안 열처리하여 미세균열을 수리합니다.

소결 :

1400° C ±10° C에서 소결하고 1.5 시간 유지, 진공 또는 Ar 대기, 밀도 99.5%-100%.

시멘트 카바이드 폭발 압축의 적용 시나리오

폭발 프레스는 초고밀도 및 특수 특성을 요구하는 초경합금 제품에 적합합니다. 주요 적용 사례는 다음과 같습니다.

고성능 부품 : 다공성과 균일성이 필요 없는 물리 기상 증착(PVD)을 위한 초고밀도 카바이드 타겟 등.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

방탄 재료 : 장갑이나 방폭 장비에 사용되는 카바이드 복합판 등.

특수 도구 : 극한 작업 조건(온도 > 1000° C, 압력 > 200 MPa)을 위한 초경 드릴이나 절삭 공구 등.

초경합금의 폭발 압축 사례 연구

연구기관에서 폭발성 프레싱을 이용하여 WC-6%Co 타겟(직경 100mm, 두께 5mm)을 생산하였는데, TNT 당량 0.8kg, 그린 빌렛 밀도 93% 이론 밀도(약 11.7g/cm³) , 소결 후 경도 HRA 94, 기공률 A00, PVD 코팅용, 필름 접착력 >50MPa 입니다.

시멘트 카바이드 폭발 압축의 영향 요인 및 최적화 전략

폭발적인 에너지

충격 : 100~200cm³의 블랭크에는 0.5~1kg의 TNT 상당량이 적합합니다. 에너지가 너무 낮으면(0.3kg 미만) 밀도가 85% 미만이 됩니다. 에너지가 너무 높으면(2kg 초과) 용융 또는 용기 파열을 일으킬 수 있습니다.

최적화 : 그린 바디 볼륨을 기준으로 에너지를 계산하고, 0.6-0.9 kg TNT를 사용하고, 에너지 미터로 교정합니다.

분말 크기

영향 : 입자 크기는 0.5~2 μm입니다. 입자 크기가 너무 크면(3 μm 초과) 밀도가 불균일해지고, 입자 크기가 너무 작으면(0.3 μm 미만) 과열로 인해 결합이 발생할 수 있습니다.

최적화 : 1-1.5 μm WC 분말, Co 입자 크기 0.5-1 μm, 혼합 균일도 <2% 사용.

컨테이너 디자인

영향 : 두께 10-20mm, 내벽 거칠기 Ra < 0.5 μm는 분말 접착력을 감소시킬 수 있으며, 두께가 부족하면(< 5mm) 파단이 발생할 수 있습니다.

최적화 : 두께 15mm의 고강도 강철을 사용하고 내벽에 안티스틱 코팅(TiN 등)을 적용합니다.

충격과 분포

영향 : 다중 지점 폭발은 집중 폭발보다 균일하며 편차는 5% 미만입니다. 불균일성으로 인해 밀도 기울기가 10% 이상 발생할 수 있습니다.

최적화 : 폭발지점을 3~5개 사용하고, 거리를 균등하게 분배하고, 폭발물의 밀도를 1.6g/cm³로 조절합니다.

열처리

영향 : 600~1000° C의 열처리는 미세균열(깊이 < 0.05mm)을 수리할 수 있지만, 500° C 미만의 온도는 효과적이지 않습니다.

최적화 : 잔류응력(<20 MPa)을 줄이기 위해 Ar 분위기에서 800° C ±10° C에서 2시간 동안 열처리합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 폭발 압축에 대한 예방 조치

안전 규정 : 작업은 전문 폭발 시설에서 수행되어야 하며 국가 폭발 안전 규정(예: GB 50198-2011)을 준수해야 합니다. 작업자와의 거리는 500m 이상이어야 하며, 보호 장비를 착용해야 합니다.

미세균열 보수 : 폭발 후 표면균열을 확인합니다(돋보기 또는 초음파 검사), 열처리 온도 $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 시간 2-3 시간.

용기 내구성 : 폭발 10 회마다 용기의 완전성을 점검하고, 두께가 1mm 이상 마모된 경우 교체하세요.

환경 제어 : 폭발 전 주변 습도는 30% 미만으로 유지하여 분말이 습기를 흡수하여 비정상적인 반응을 일으키는 것을 방지합니다.

폐기물 처리 : 폭발 잔여물은 환경 오염을 방지하기 위해 전문적으로 재활용해야 합니다.

시멘트 카바이드의 폭발 압축에 대한 실제 사례 연구

한 연구소는 폭발성 프레스링 공정을 이용하여 PVD 코팅용 WC-6%Co 타겟(직경 100mm, 두께 5mm)을 생산하고 있습니다. 공정 매개변수는 다음과 같습니다.

압력 : 약 3000MPa(순간).

폭발 에너지: 0.8kg TNT.

분말 : WC 입자 크기 $1\ \mu\text{m}$, Co 함량 $6\% \pm 0.5\%$.

컨테이너: 두께 15mm의 고강도 강철.

열처리: 800°C , 2 시간, Ar 분위기.

소결: 1400°C , 1.5 시간 유지. 결과: 그린 밀도 93% 이론 밀도(약 $11.7\ \text{g}/\text{cm}^3$), 소결 밀도 99.5% 이론 밀도, 경도 HRA 94, 기공률 A00, PVD 코팅 접착력 $>50\ \text{MPa}$, 필름 두께 균일도 $<\pm 0.5\ \mu\text{m}$.

초경합금의 폭발 압축에 대한 공학 응용 실습

시멘트 카바이드의 폭발 압축을 위한 PVD 타겟

공정 : WC-8%Co 타겟(직경 150mm, 두께 10mm)은 폭발 압축으로 생산되며, TNT 당량은 1kg입니다.

성능 : 소결 후 밀도는 이론 밀도의 99.8%, 경도 HRA 93, 기공률 A00, TiN 코팅에 사용, 접착력 $>60\ \text{MPa}$.

장점 : 초고밀도로 인해 타겟 서비스 수명이 길어지고(>100 시간) 코팅 품질이 안정적입니다.

시멘트 카바이드의 폭발성 압축으로 만든 방탄 복합판

공정 : 폭발압축으로 WC-10%Co 복합판(두께 5mm, 면적 200cm^2)을 생산, TNT 당량 0.6kg.

성능 : 소결 경도 HRA 92, 충격 강도 $>500\ \text{J}/\text{cm}^2$, 방탄 등급 NIJ III.

장점 : 높은 밀도와 강인함이 결합되어 가벼운 장갑 용도에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

폭발 프레싱은 고효율, 초고밀도(이론 밀도 90~95%)의 초경합금 프레싱 공정으로, PVD 타겟 및 방탄재와 같은 특수 용도에 특히 적합합니다. 폭발 에너지(0.5~1 kg TNT), 분말 입자 크기(1~1.5 μm) 및 열처리(800° C \pm 10° C)를 정밀하게 제어하여 소결 후 이론 밀도 99.5~100%(경도 HRA 93~94)에 도달하는 고성능 그린 바디를 제조할 수 있습니다. 고부가가치 분야에서 우수한 성능을 발휘하지만, 안전성 및 비용 제약으로 인해 소규모 생산에 제한됩니다.

5.1.27 초경합금의 진동 다짐

초경합금의 진동 다짐 원리

진동 프레스는 고주파 진동과 전통적인 프레스 기술을 결합한 분말 야금 성형 공정입니다. 초경합금(예: WC-Co 혼합 분말)용으로 특별히 설계되었습니다. 핵심 원리는 일반적으로 초음파 발생기 또는 기계적 진동 장치를 통해 발생하는 고주파 진동(20~100kHz)을 통해 단방향 또는 양방향 프레스 공정을 지원하는 것입니다. 진동은 분말 입자에 작용하여 입자 간 마찰을 줄이고, 입자 재배열을 촉진하고, 틈새를 메우고, 내부 기공을 줄임으로써 충전 밀도와 압축 효율을 크게 향상시킵니다. 100~300MPa의 가압 하에서 분말은 진동의 도움을 받아 더욱 균일하고 조밀한 그린 블랭크를 형성합니다. 진동 프레스는 기존 프레스 공정에서 발생하는 밀도 구배 및 결함 문제를 효과적으로 개선할 수 있기 때문에 고경도 분말이나 소형 부품에 특히 적합합니다.

초경합금의 진동 다짐 공정

분말 제조

WC와 Co 분말을 혼합하고 유동성을 보장하기 위해 0.5%의 윤활제(흑연 등)를 추가합니다.

진동 및 압축

분말을 금형에 넣고 진동(50kHz)을 가함과 동시에 200MPa의 압력을 10~20초간 가하였다.

탈형 및 건조

그린 블랭크를 꺼내서 50~80° C에서 2~4시간 동안 건조시킵니다.

소결

1350~1450° C에서 소결하여 이론 밀도의 98~99%로 압축되었습니다.

진동 프레싱의 독특한 장점은 진동 에너지를 통해 밀도와 균일성을 향상시켜 소형 및 고정밀 부품의 요구 사항에 적합하다는 점입니다.

초경합금 진동 다짐의 특성

진동 프레싱은 시멘트 카바이드 생산에 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.

밀도 개선

그린 빌릿 밀도는 이론 밀도의 65~75%로, 단방향 프레스보다 5~10% 높습니다. 소결 후에는 이론 밀도의 98~99%에 도달할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결합 감소

진동은 기공과 박리를 감소시키고, 그런 바디 강도를 10%-15% 증가시키며, 기공률을 A00-B00 수준으로 감소시킵니다.

간단한 과정

기존의 일방향 또는 양방향 프레싱 장비와 결합할 수 있으며, 변환 비용이 낮습니다(장비 업그레이드 비용의 약 5~10%).

적용성

특히 소형 부품이나 고경도 분말(WC 입자 크기 <math>< 1 \mu\text{m}</math> 등)에 적합하며 복잡한 형상에도 어느 정도 적응성이 있습니다.

한정

진동 주파수가 분말 특성에 정확하게 일치해야 하는 대형 또는 매우 복잡한 기하학적 구조에는 적합하지 않습니다.

시멘트 카바이드 진동 다짐의 기술적 매개변수

다음은 산업적 관행과 실험 데이터를 기반으로 한 시멘트 카바이드 진동 프레싱의 기술적 매개변수입니다.

압력

범위 : 100-300 MPa, 200 MPa 는 일반적으로 밀도와 금형 수명의 균형을 맞추는 데 사용됩니다.

영향 : 압력 <math>< 100 \text{ MPa}</math> 에서는 밀도가 부족해질 수 있습니다(이론 밀도의 <math>< 60\%</math>). 압력 $> 350 \text{ MPa}$ 에서는 과압 균열이 발생할 수 있습니다.

진동 주파수 :

범위 : 20~100 kHz, 일반적으로 50 kHz 가 입자 재배열을 최적화하는 데 사용됩니다.

영향 : 주파수가 너무 낮으면(<math>< 20 \text{ kHz}</math>) 효과가 제한되고, 주파수가 너무 높으면($> 120 \text{ kHz}$) 입자 응집이나 장비 과부하가 발생할 수 있습니다.

분말 특성 :

입자 크기 : WC 입자 크기 0.5-2 μm , Co 입자 크기 0.5-1 μm , 혼합 균일도 편차 <math>< 3\%</math> (GB/T 19077.1-2008) .

Co 함량 : 6%-12%, 그 중 8%는 보통 적당한 인성을 제공하는 데 사용됩니다.

윤활제 : 마찰 계수를 <math>< 0.1</math> 로 낮추기 위해 0.5%의 흑연이나 스테아르산을 첨가합니다(실험 데이터).

유동성 : 15~20 초/50g(ISO 4490:2018 과 유사), 균일한 충전이 보장됩니다.

누르는 시간 :

범위 : 진동(5~10 초)과 주압(5~10 초)을 포함하여 10~20 초.

영향 : 시간이 너무 짧으면(<math>< 8 \text{ 초}</math>) 밀도가 부족해지고, 시간이 너무 길면($> 30 \text{ 초}$) 효율이 떨어질 수 있습니다.

곰팡이 재료 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

종류 : 고경도 강철(Cr12MoV, HRC 58 이상) 또는 카바이드 라이닝.

표면 처리 : 내벽은 분말 부착을 줄이기 위해 $Ra < 0.2 \mu m$ (GB/T 1031-2009)로 연마됩니다.

장비 매개변수 :

진동 장치 : 초음파 발생기 또는 기계적 진동기, 전력 2-5kW, 주파수 정확도 $\pm 2kHz$.

프레스 : 유압식 또는 기계식, 압력 범위 100-400MPa.

제어 시스템 : PLC 제어, 압력 정확도 $\pm 5 MPa$, 진동 주파수 편차 $< 5\%$.

녹색 밀릿 밀도 :

범위 : 이론 밀도의 65%-75% (GB/T 3850-2015 에 따르면 약 $8.5-9.5 g/cm^3$).

영향 : 밀도는 진동 주파수와 압력이 증가함에 따라 증가하며, 소결 후 98%-99%에 도달할 수 있습니다.

초경합금의 진동 다짐 공정

분말 제조 :

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(WC 입자 크기 $0.5-2 \mu m$, Co 함량 6%-12%)한 후, 균일도 편차 $< 3\%$ 로 12-24 시간 동안 볼 밀링을 통해 혼합했습니다.

흑연 윤활제 0.5%를 첨가하여 혼합하고 체(200 메시)로 걸러내면 유동성이 $15 \sim 20$ 초/50g 에 도달합니다.

진동 및 억제 :

분말을 금형에 넣고 50kHz 진동을 $5 \sim 10$ 초간 가하고, 200MPa 의 압력을 $5 \sim 10$ 초간 동시에 가하였다.

금형 온도는 분말이 붙는 것을 방지하기 위해 $20 \sim 40^\circ C$ 로 조절됩니다.

탈형 및 건조 :

녹색 블랭크를 꺼내서 필요한 크기로 잘라냅니다(정확도 $\pm 0.1mm$).

수분 함량을 0.5% 미만으로 낮추려면 $50 \sim 80^\circ C$ 에서 2~4 시간 동안 건조합니다.

소결 :

$1400^\circ C \pm 10^\circ C$ 에서 소결하고 1.5 시간 유지, 진공 또는 Ar 대기는 이론 밀도의 98%-99%까지 밀도가 높아집니다.

응용 프로그램 시나리오

진동 프레스는 높은 균일성과 작은 크기가 요구되는 초경합금 블랭크 생산에 널리 사용됩니다. 주요 적용 사례는 다음과 같습니다.

소형 도구 블랭크

높은 밀도와 균일성이 요구되는 카바이드 드릴 블랭크 및 마이크로 밀링 커터 블랭크 등이 있습니다.

정밀 부품

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예를 들어, 금형이나 절삭 공구에 사용되는 카바이드 코어나 내마모성 부품 등이 있습니다.

초경합금의 진동 다짐 사례 연구

어떤 기업은 진동 주파수 50kHz, 압력 200MPa의 진동 프레스 방식으로 WC-8%Co 드릴 비트 블랭크(직경 10mm, 높이 15mm)를 생산합니다. 그런 블랭크의 밀도는 이론 밀도(약 9.2g/cm³)의 72%이며, 소결 후 경도는 HRA 91, 기공률은 A00입니다. 이 제품은 1,200m 이상의 수명을 가진 경압 드릴링에 사용됩니다.

시멘트 카바이드 진동 다짐의 영향 요인 및 최적화 전략

진동 주파수 :

영향 : 50 kHz \pm 2 kHz는 입자 재배열을 최적화하고, 주파수 < 20 kHz는 효과가 제한적이며, 주파수 > 120 kHz는 입자 응집(입자 크기 증가 > 10%)을 일으킬 수 있습니다.

최적화 : 분말 입자 크기에 따라 조정, 1 μ m 분말의 경우 40-60kHz, 주파수 교정기를 장착함.

압력 제어 :

충격 : 200 MPa \pm 5 MPa는 밀도를 증가시킵니다(이론 밀도의 65%-75%). 압력 < 100 MPa는 밀도 < 60%, 압력 > 350 MPa는 금형 변형을 일으킬 수 있습니다.

최적화 : 200-250MPa를 사용하고, 분말 특성에 맞게 동적으로 조정합니다.

분말 크기 :

영향 : 입자 크기는 0.5~2 μ m입니다. 입자 크기가 너무 크면(3 μ m 이상) 진동 효과가 약해지고, 입자 크기가 너무 작으면(0.3 μ m 미만) 과열 되어 결합될 수 있습니다.

최적화 : 0.8-1.5 μ m WC 분말, Co 입자 크기 0.5-1 μ m, 혼합 균일도 < 2% 사용.

윤활유 비율 :

영향 : 흑연 0.5%는 마찰을 감소시키고(< 0.1), 비율이 너무 높으면(> 1%) 밀도를 감소시키고, 비율이 너무 낮으면(< 0.2%) 마찰을 증가시킵니다.

최적화 : 0.4%-0.6%로 조절하고, 균일성을 보장하기 위해 2시간 동안 혼합합니다.

누르는 시간 :

영향 : 10~20초, 시간 < 8초는 밀도가 부족하다는 것을 의미하고, 시간 > 30초는 효율성이 감소한다는 것을 의미합니다.

최적화 : 15초(진동 8초, 메인 압력 7초)로 설정하고, 블랭크 크기에 맞게 조절합니다.

초경합금 진동 다짐 시 주의사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

주파수 최적화 : 분말 입자 크기에 따라 조정(0.5 μm 의 경우 40kHz , 2 μm 의 경우 60kHz) 하고 응집을 방지하며 진동 발생기를 정기적으로 점검합니다(주파수 편차 <5%).

장비 유지관리 : 진동기와 다이를 매달 점검하고, 분말 잔여물을 청소하고, 주파수($\pm 2\text{kHz}$)와 압력($\pm 5\text{MPa}$)을 교정합니다.

곰팡이 설계 : 진동으로 인한 마모를 방지하기 위해 내벽을 $Ra < 0.2 \mu\text{m}$ 로 연마하고, 내압성을 400 MPa 이상으로 유지함.

건조 관리 : 수분흡수 및 균열을 방지하기 위해 50~80° C 에서 2~4 시간 동안 건조합니다. 수분함량은 0.5% 미만입니다.

안전 운전 : 진동장비 작동 시 과부하를 피하고 전력을 5kW 이하로 제어하세요.

초경합금 진동 다짐의 실제 사례 연구

한 회사에서 진동 프레스 공정을 사용하여 경암 시추용 WC-8%Co 드릴 비트 블랭크(직경 10mm, 높이 15mm)를 생산합니다. 공정 매개변수는 다음과 같습니다.

압력: 200 MPa ± 5 MPa.

진동 주파수: 50 kHz ± 2 kHz.

분말 : WC 입자 크기 1 μm , Co 함량 8% ± 0.5 % , 흑연 윤활제 0.5% ± 0.1 %.

소결: 1400° C, 유지 온도 1.5 시간. 결과: 생형 밀도는 이론 밀도의 72%(약 9.2 g/cm³) , 소결 밀도는 이론 밀도의 98.5%, 경도 HRA 91, 기공률 A00, 드릴 비트 수명 >1200m(경암, 압축 강도 150 MPa).

초경합금 진동 다짐의 공학 응용 실습

카바이드 드릴 블랭크

공정 : WC-10%Co 드릴 블랭크(직경 8mm, 높이 12mm)는 200MPa 의 압력과 50kHz 의 주파수에서 진동 프레스를 통해 생산되었습니다.

성능 : 소결 후 경도는 HRA 90, 밀도는 이론 밀도의 98%, 기공률은 A00 이며, 석유 굴착에 사용되며 수명은 >1500m입니다.

장점 : 균일성과 밀도가 높아 드릴 비트의 충격과 마모 저항성이 향상됩니다.

마이크로 몰드 코어

공정 : WC-6%Co 코어(직경 5mm, 높이 10mm)는 180MPa 의 압력과 40kHz 의 주파수에서 진동 프레스를 통해 생산되었습니다.

성능 : 소결 후 경도 HRA 92, 밀도 98.5% 이론 밀도, 내압성 >200 MPa, 정밀 스탬핑 다이에 사용됨.

장점 : 다공성 및 박리 감소, 다이 수명 연장(10,000 회 이상 펀칭).

진동 프레스는 효율적이고 경제적인 초경합금 프레스 공정입니다. 200MPa ± 5 MPa 의 압력과 함께 고주파 진동(50kHz ± 2 kHz)을 통해 그린 빌릿 밀도를 이론 밀도의 65~75%까지 높일 수 있으며, 소결 후에는 이론 밀도의 98~99%(경도 HRA 90~92)에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

도달할 수 있습니다. 이 공정은 소형 공구 블랭크 및 마이크로 몰드 코어 분야에서 우수한 성능을 발휘하며, 특히 고경도 분말 및 소형 부품 생산에 적합합니다. 진동 주파수, 압력 및 분말 입자 크기를 최적화함으로써 결함을 크게 줄이고 성능을 향상시킬 수 있습니다.

5.1.28 시멘트 카바이드의 다축 비등방성 프레싱(예: 4 방향 및 6 방향 프레싱)

초경합금의 다방향 압착 원리

다방향 비등방성 프레싱은 초경합금(예: WC-Co 혼합 분말) 성형에 적합한 첨단 분말 야금 프레싱 기술입니다. 핵심 원리는 여러 개의 프레싱 헤드(일반적으로 수직 및 여러 수평 방향을 포함하여 4 개 또는 6 개)를 통해 다양한 각도에서 비등방성 압력을 가하는 것입니다. 이는 기존의 단방향 또는 양방향 프레싱의 단일 방향 압축을 대체합니다. 압력 분포는 정밀 제어 시스템에 의해 최적화되고 조정됩니다. 각 프레싱 헤드는 블랭크의 형상 및 밀도 요구 사항에 따라 독립적으로 힘을 조정하고 적응형 압력을 가하여 3 차원 공간에서 균일한 압축 및 치밀화를 달성합니다. 등방성 프레싱과 달리 다방향 비등방성 프레싱의 압력은 완전히 등방성이 아니며 설계 요구 사항에 따라 등급이 매겨지고 제어됩니다. 특히 복잡한 형상을 가지거나 국부적으로 높은 밀도가 필요한 초경합금 블랭크에 적합합니다. 프레싱 후, 블랭크는 소결을 통해 고성능 수준으로 더욱 치밀화됩니다.

초경합금의 다방향 프레스 공정

분말 제조 : WC 와 Co 분말을 혼합하고 소량의 윤활제를 첨가한 후 금형에 넣습니다.
다방향 프레싱 : 4 개 또는 6 개의 프레싱 헤드(수직 400-500MPa, 수평 300-400MPa)를 통해 10-20 초간 압력을 가합니다.
탈형 및 건조 : 그린 블랭크를 꺼내 50~80° C에서 2~4 시간 동안 건조합니다.
소결 : 1350~1450° C에서 소결하여 이론 밀도의 98%~99%까지 조밀화합니다.
이 공정의 독특한 장점은 유연한 압력 분포와 높은 밀도 제어 기능으로, 특히 높은 균일성과 복잡한 형상이 필요한 시멘트 카바이드 제품에 적합합니다.

초경합금 다방향 프레스의 특성

다방향 비등방성 프레싱은 시멘트 카바이드 생산에 있어서 다음과 같은 중요한 특징을 가지고 있습니다.
고밀도 : 그린 빌렛 밀도는 이론 밀도의 85%-90%로 냉간 등방압 성형에 가깝고, 소결 후 이론 밀도의 99%-99.5%에 도달할 수 있습니다 .
압력 유연성 : 여러 압력 헤드를 독립적으로 제어함으로써 그린바디의 요구에 따라 압력 분포를 최적화하여 밀도 기울기를 줄일 수 있습니다(<2%).
결함 감소 : 비등방성 프레싱 설계로 박리 및 미세 균열이 감소하고, 그린 바디 강도가 15~20% 증가합니다.
적용성 : 중간 정도 복잡한 모양(다중 모서리 도구 블랭크 등)에 적합하지만 대형 크기나 매우 복잡한 모양에는 특정 제한이 있습니다.
장비 복잡성 : 다축 프레스와 정밀 제어 시스템이 필요합니다. 단방향 또는 양방향

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프레스보다 비용이 높지만 등방성 프레스보다 저렴합니다.

초경합금 다방향 프레스의 기술적 매개변수

다음은 산업 실무와 실험 데이터를 기반으로 한 시멘트 카바이드 다방향 비등방성 프레스의 기술적 매개변수입니다.

압력 :

범위 : 수직 400-500MPa, 수평 300-400MPa, 압력 비율은 일반적으로 1:0.7:0.6:0.6(4 방향) 또는 1:0.7:0.6:0.6:0.6:0.6(6 방향)입니다.

영향 : 압력이 너무 낮으면(<300 MPa) 밀도가 부족해집니다(<80% 이론 밀도). 압력이 너무 높으면(>600 MPa) 금형이 손상될 수 있습니다.

초경합금 다방향 프레스의 분말 특성 :

입자 크기 : WC 입자 크기 1-3 μm , Co 입자 크기 0.5-1 μm , 혼합 균일도 편차 <3% (GB/T 19077.1-2008).

Co 함량 : 6%-10%, 일반적으로 8%-12%로 인성을 제공합니다.

윤활제 : 마찰 계수를 <0.15로 낮추려면 흑연이나 스테아르산을 0.5%-1% 첨가합니다.

유동성 : 15~20 초/50g (ISO 4490:2018 표준 과 유사).

카바이드 의 다방향 프레스를 위한 압입자의 수와 방향 :

4 방향 프레스 : 수직 프레스 헤드 1개, 수평 프레스 헤드 3개(120° 분포).

6 방향 프레스 : 수직 프레스 헤드 1개, 수평 프레스 헤드 5개(72° 분포).

동기성 : 압력 헤드 이동 편차가 <0.5mm로 균일한 압축이 보장됩니다.

누르는 시간 :

범위 : 사전 압축(5 초)과 본 압축(5~15 초)을 포함하여 10~20 초.

영향 : 시간이 너무 짧으면(<8 초) 밀도가 고르지 않게 되고, 시간이 너무 길면(>30 초) 효율성이 떨어집니다.

곰팡이 재료 :

종류 : 카바이드 라이너(HRA 88 이상) 또는 고강도 강철(HRC 60 이상).

표면 처리 : 내벽은 Ra<0.2 μm (GB/T 1031-2009)로 연마, 내압성>800 MPa.

장비 매개변수 :

프레스 : 다축 유압 프레스, 전력 20-50 kW, 압력 범위 400-600 MPa.

제어 시스템 : PLC 폐쇄 루프 제어, 압력 정확도 ± 5 MPa, 변위 정확도 <0.01 mm.

진동 지원 (선택 사항): 20-50kHz, 입자 재배열을 강화합니다.

녹색 빌릿 밀도 :

범위 : 이론 밀도의 85%-90% (GB/T 3850-2015 에 따르면 약 10.8-11.4 g/cm³).

영향 : 밀도는 프레스 헤드 수와 압력에 따라 증가하며, 소결 후 99%-99.5%에 도달할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 다방향 프레스 공정 흐름

분말 제조 :

WC 와 Co 분말을 비율에 맞게 혼합(WC 입자 크기 1-3 μm , Co 함량 6%-12%)한 후, 균일도 편차 <3%로 12-24 시간 동안 볼 밀링을 통해 혼합했습니다.

흑연 윤활제를 0.5%-1% 첨가하고, 혼합하여 체(200 메시)로 걸러낸다. 유동성은 50g 당 15-20 초이다.

금형 채우기 :

분말을 다방향 프레스 다이에 넣고 진동 충전(50Hz)을 사용하여 밀도를 보장하며 충전율은 70%-80%입니다.

가루가 달라붙는 것을 방지하기 위해 금형을 20~40° C 로 예열하세요.

다방향 억제 :

10~20 초 동안 4 방향 또는 6 방향 압력(수직으로 400MPa, 수평으로 300MPa)을 가합니다.

프레스 헤드의 동기화는 편차가 0.5mm 미만인 서보 모터에 의해 제어됩니다.

탈형 및 건조 :

녹색 블랭크를 꺼내서 필요한 크기로 잘라냅니다(정확도 $\pm 0.1\text{mm}$).

수분 함량을 0.5% 미만으로 낮추려면 50~80° C 에서 2~4 시간 동안 건조합니다.

소결 :

1400° C $\pm 10^\circ$ C 에서 소결하고 1.5 시간 유지, 진공 또는 Ar 대기는 이론 밀도의 99%-99.5%로 밀도가 높아집니다.

초경합금 다방향 프레스의 적용 시나리오

다방향 비등방성 프레스는 고밀도 및 중간-복잡도 형상을 요구하는 초경합금 블랭크에 적합합니다. 주요 적용 사례는 다음과 같습니다.

다중 날 절삭 공구 : 복잡한 밀링 커터 블랭크 및 드릴 블랭크와 같이 높은 균일성과 밀도가 필요합니다.

정밀 금형 부품 : 국부적으로 높은 밀도가 요구되는 스탬핑 금형 코어나 드로잉 다이 등입니다.

마모 부품 : 카바이드 라이너나 마모 스트립과 같이 높은 하중 조건에서 사용됩니다.

초경합금의 다방향 프레스 사례 연구

어떤 기업은 6 방향 프레스, 수직 압력 500 MPa, 측면 압력 400 MPa, 그린 블랭크 밀도 90% 이론 밀도(약 11.4 g/cm^3) , 소결 후 경도 HRA 92, 기공률 A00, 항공 절삭용, 수명>1000 m 를 사용하여 WC-12%Co 다날 공구 블랭크(직경 40 mm, 높이 20 mm)를 생산합니다.

초경합금의 다방향 프레스에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압력 분포 :

충격 : 수직 400-500MPa, 수평 300-400MPa, 압력 비율 1:0.7:0.6, 편차 >10%로 인해 밀도 기울기 >5%가 발생합니다.

최적화 : 압력 센서 장착, 편차 ± 5 MPa, 압력 비율 1:0.75:0.65 사용.

압력 헤드 동기화 :

영향 : 편차 <0.5mm 는 균일한 압축을 보장하고, 편차 >1mm 는 국부적인 과압(>600MPa)을 유발할 수 있습니다.

최적화 : 서보 모터 제어와 실시간 변위 보정을 사용합니다(정확도 < 0.01mm).

분말 크기 :

영향 : 입자 크기는 1~ 3 μ m 입니다 . 입자 크기가 너무 크면(4 μ m 이상) 밀도 가 불균일해지고, 입자 크기가 너무 작으면(0.5 μ m 미만) 서로 달라 붙을 수 있습니다.

최적화 : 1.5-2.5 μ m WC 분말, Co 입자 크기 0.5-1 μ m , 혼합 균일도 <2% 사용.

윤활유 비율 :

영향 : 흑연 0.5%-1%는 마찰을 감소시키고(<0.15), 비율이 너무 높으면(>2%) 밀도를 감소시키고, 비율이 너무 낮으면(<0.3%) 마모가 증가합니다.

최적화 : 0.6%-0.8%로 조절, 혼합시간 2 시간.

금형 내구성 :

충격 : 내압성 >800 MPa, Ra<0.2 μ m 은 분말 접착력을 감소시킬 수 있으며, 마모가 >0.1 mm 이면 교체해야 합니다.

최적화 : 금형을 500 회 프레스할 때마다 점검하고 TiN 내마모성 층을 적용하여 수명을 연장합니다(>10,000 회).

초경합금 다방향 프레스 가공 시 주의사항

압입자 동기화 : 편차 <0.5mm, 국부 과압으로 인한 균열을 방지하기 위해 정기적 교정(한 달에 한 번)을 실시합니다.

진동 지원 : 입자 재배열을 강화하기 위한 20~50kHz 진동(선택 사항), 주파수 편차 <5%.

공팡이 유지관리 : 내벽 마모를 500 회마다 점검하고, Ra<0.2 μ m 로 연마하고 , 압력 시험을 800MPa 이상으로 실시합니다 .

건조 관리 : 50~80°C에서 2~4 시간 건조, 수분 함량 <0.5%, 수분 흡수 방지.

장비 안전 : 다축 기계가 작동 중일 때 과부하를 피하고, 압력의 상한은 600MPa 로 설정됩니다.

초경합금의 다방향 프레스 실제 사례

한 회사에서는 6 방향 프레스 공정을 사용하여 항공 절삭용 WC-12%Co 다날 공구 블랭크(직경 40mm, 높이 20mm)를 생산합니다. 공정 매개변수는 다음과 같습니다.

압력: 수직 500MPa, 측면 400MPa.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

억제 시간: 15 초.

분말 : WC 입자 크기 2 μm , Co 함량 12% \pm 0.5 % , 흑연 윤활제 0.8% \pm 0.1%.

소결: 1450° C, 1.5 시간 유지. 결과: 그린 밀도 이론 밀도의 90% (약 11.4 g/cm³) ,
소결 밀도 이론 밀도의 99.5%, 경도 HRA 92, 기공률 A00, 절삭 수명 >1000m (Ti 합금,
절삭 속도 300m/min).

초경합금의 다방향 프레스 가공의 공학적 응용 실습

복잡한 밀링 커터 블랭크 :

공정 : WC-10%Co 밀링 커터 블랭크(직경 30mm, 높이 15mm)를 6 방향 프레스, 수직 450MPa, 측면 350MPa 로 생산했습니다.

성능 : 소결 후 경도는 HRA 91, 밀도는 이론 밀도의 99%, 기공률은 A00 이며, 항공
가공에 사용되며 수명은 >800m 입니다.

장점 : 다방향 압력으로 복잡한 블레이드의 밀도를 최적화하고 균열을 줄입니다.

내마모성 라이닝 :

공정 : WC-8%Co 라이너(두께 10mm, 면적 100cm²)는 4 방향 프레스, 수직 400MPa, 측면
300MPa 로 생산됩니다.

성능 : 소결 후 경도 HRA 90, 내마모성 수명 > 500 시간(하중 50N), 내압성 > 200MPa.

장점 : 균일성이 높아 높은 하중에서도 라이닝의 안정성이 보장됩니다.

다방향 비등방성 프레스(예: 4 방향 및 6 방향 프레스)은 고밀도(이론 밀도 85~90%)와
높은 유연성을 갖춘 초경합금 프레스 공정입니다. 여러 개의 프레스 헤드(수직
400~500MPa, 수평 300~400MPa)를 통해 복잡한 형상의 블랭크를 균일하게 압축하고,
소결 후 이론 밀도 99~99.5%(경도 HRA 90~92)에 도달합니다. 복잡한 밀링 커터
블랭크 및 내마모성 라이너와 같은 분야에서 우수한 성능을 발휘하며, 특히 국부적인
고밀도가 요구되는 분야에 적합합니다. 압력 분포, 프레스 헤드 동기화 및 분말 입자
크기를 최적화함으로써 블랭크의 품질과 성능을 크게 향상시킬 수 있습니다.

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

5.1.29 초경합금 프레스 공정 비교표

프레스 공정	특징	프로세스	장비 사항	요구 성과 지표	적용 가능한 제품	장점과 단점
일방향 억제	- 간단하고 효율적 - 낮은 밀도(이론 밀도의 50%~65%) - 생성이 쉬움 - 모양에 적합	- 1. 분말 충전 - 2. 단방향 단방향 가압(100~300MPa) - 3. 탈형 및 건조 - 4. 소결(1350~1450° C)	- 단축 유압 프레스 - 전력 5-10kW - 다이: 고정도강(HRC 58)	- 그린 밀도 : 50%~65% - 소결 후 경도 : HRA 88-90 - 기공율 : A02-B02	- 간단한 형상 부품(예: 절삭 인서트) - 예: WC-8%Co 인서트 (10×10×5mm)	장점 : 간단한 장비, 낮은 비용, 높은 효율성 단점 : 큰 밀도 구배(>10%), 복잡한 모양에 적합하지 않음
양방향 억제	- 단방향 프레스보다 균일함 - 약간 더 높은 밀도(이론 밀도의 60%~75%) - 모양에 적합	- 1. 분말 충전 - 2. 양방향 가압(200~400MPa) - 3. 탈형 및 건조 - 4. 소결(1350~1450° C)	- 2축 유압 프레스 - 전력 10-20kW - 다이: 카바이드(HRA 88)	- 녹색 밀도: 60%~75% - 소결 경도: HRA 89-91 - 기공율: A02	- 중간 복잡한 부품(예: 밀링 커터 블랭크) - 예: WC-10%Co 밀링 커터 블랭크(직경 20mm)	장점 : 향상된 밀도 단점 : 균일성(기율기 <5%) - 여전히 고도로 복잡한 형상에는 적합하지 않음, 장비가 약간 더 복잡함
등압 가압(냉간 등압 가압)	- 높은 균일성 - 높은 밀도(이론 밀도 75%~85%) - 복잡한 형상에 적합 - 높은 비용	- 1. 파우더 백킹 - 2. 등방성 가압(200-400MPa) - 3. 백 제거 및 건조 - 4. 소결(1350-1450° C)	- 등방성 프레스 - 내압성 > 500MPa - 액체 매체: 오일 또는 물 - 전력 50-100kW	- 그린 밀도 : 75%~85% - 소결 후 경도 : HRA 90-92 - 기공율 : A00-B00	- 복잡한 형상의 부품(항공 공구 블랭크 등) - 예: WC-12%Co 공구 블랭크(직경 50mm)	장점 : 고밀도, 균일성 양호, 복잡한 형상에 적합 단점 : 높은 장비 비용, 긴 사이클
등방성 가압(열간 등방성 가압)	- 초고밀도 - 미세기공 제거 - 고온고압(1350~1450° C, 100~200MPa) - 매우 높은 비용	- 1. 소결된 제품을 HIP 장비에 적재합니다. - 2. 고온 고압(1400° C, 150MPa)을 가합니다. - 3. 냉각 및 압력 해제 - 4. 마무리	- HIP 장비 - 내부 공동 > 200mm - 전력 > 150kW - 압력 매체: Ar (순도 > 99.99%)	- 기공율: <0.03% - 밀도: >99.8% - 경도: HRA 92-94 - 수명: >20 시간	- 고신뢰성 부품(항공 공구, 광산 드릴 비트 등) - 예: WC-10%Co 공구(경도 HV 2300)	장점 : 매우 높은 밀도와 신뢰성 단점 : 비용이 많이 들고 직접 성형보다는 후가공에 적합
압축 성형	- 효율적인 대량 생산 - 중간 밀도(이론 밀도의	- 1. 분말 충전 - 2. 단방향 또는 양방향	- 프레스 기계 - 전력 5-15kW	- 녹색 밀도	- 표준화된 부품(절삭	장점 : 높은 효율성, 낮은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프래싱 공정	특징	프로세스	장비 사항	요구 성과 지표	적용 가능한 제품	장점과 단점
	60%-70%) - 제한된 형상	가압 (200MPa) 3. 탈형 및 건조 4. 소결 (1350-1450° C)	-금형: 고경도강(HRC 58)	60% -70% - 소결 후 경도 : HRA 90 기공율 : A02	인서트 등) - 예: WC-8%Co 인서트 (10×10×5mm)	비용 단점 : 제한된 형태, 빠른 금형 마모
압출	- 유연한 형태(길쭉한 형태) - 탈지 필요 - 중간 밀도(이론 밀도 55%-65%) - 연속 생산	1. 바인더(PVA 20%)를 혼합한 분말 2. 압출(300MPa, 1m/min) 3. 절단 및 탈지 4. 소결	- 압출기 - 압력 200-500 MPa - 다이: 카바이드 배럴 가열: 50-80° C	- 녹색 밀도: 55%-65% - 소결 후 경도: HRA 91 기공률: A02	- 긴 도구(예: 막대) - 예: WC-10%Co 막대(직경 5mm, 길이 300mm)	장점 : 가느다란 형상에 적합, 연속 생산 단점 : 탈지 필요, 복잡한 공정
사출성형	- 높은 정밀도(허용오차 < 0.01mm) - 복잡한 형상 - 낮은 밀도(이론 밀도 50%-60%) - 많은 공정	1. 바인더(POM 25%)를 혼합한 분말 2. 사출(80MPa, 180° C) 3. 탈지 4. 소결	- 사출기 - 압력 50-120 MPa - 금형: H13 강 - 배럴 가열: 150-200° C	- 그린 밀도 : 50%-60% - 소결 후 경도 : HRA 92 기공율 : A00-B00	- 마이크로 부품(기어 등) - 예: WC-6%Co 기어(직경 3mm, 두께 1mm)	장점 : 높은 정밀도, 복잡한 형상에 적합 단점 : 많은 공정, 높은 비용
드라이백 프래싱	- 높은 균일성 - 높은 밀도(이론 밀도 70%-75%) - 습식 백 등방성 압축보다 높은 효율성 - 제한된 형상	1. 건조백에 분말 충전 2. 프레스(300MPa) 3. 탈형 및 건조 4. 소결(1350-1450° C)	- 등방성 프레스 - 압력 200-400MPa - 몰드: 고무(쇼어 A 70)	- 그린 밀도 : 70%-75% - 소결 후 경도 : HRA 90 기공율 : A00-B00	- 중간 크기 부품(예: 베어링 슬리브) - 예: WC-8%Co 베어링 슬리브(직경 50mm)	장점 : 균일성이 좋고 효율성이 높음 단점 : 형태가 제한적이고 장비 비용이 중간 수준임
다방향 역제	- 균일한 밀도(이론 밀도의 75%-80%) - 결합이 적음 - 중간 정도의 복잡한 형상에 적합	1. 분말 충전 2. 다방향 가압(수직 400MPa, 측면 300MPa) 3. 탈형 및 건조 4. 소결	- 다축 프레스 - 전력 15-30kW - 다이: 카바이드 라이닝	- 녹색 밀도: 75%-80% - 소결 후 경도: HRA 91 기공률: A00-B00	- 복잡한 공구 블랭크(예: 다중 날 밀링 커터) - 예: WC-8%Co 공구 블랭크(직경 30mm)	장점 : 균일성이 높고 결합이 적음 단점 : 장비가 복잡하고 비용이 많이 든다

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프레스 공정	특징	프로세스	장비 사항	요구 성과 지표	적용 가능한 제품	장점과 단점
다방향 비등방성 가압	- 높은 밀도(이론 밀도 85%-90%) - 유연한 압력 - 지역적 고밀도 요구에 적합	1. 분말 충전 2. 4 방향/6 방향 가압(수직 500MPa, 측면 400MPa) 3. 탈형 및 건조 4. 소결	- 다축 유압 프레스 - 전력 20-50kW 제어 시스템: PLC, 정확도 < 0.01mm	- 그린 밀도 : 85%-90% - 소결 후 경도 : HRA 92 - 기공율 : A00	- 다중 날 도구 블랭크(예: 밀링 커터 블랭크) - 예: WC-12%Co 밀링 커터 블랭크(직경 40mm)	장점 : 고밀도, 유연한 압력 단점 : 복잡한 장비, 높은 비용
롤포밍	- 연속 생산 - 조절 가능한 두께 (0.5-5mm) - 낮은 밀도(이론 밀도의 50%-60%)	1. 분말 공급 2. 압연(100MPa, 10rpm) 3. 절단 및 건조 4. 소결(1350~1450 °C)	- 롤링 머신 - 전력 10-20kW - 롤러: 카바이드(HRC 60)	- 녹색 밀도: 50%-60% - 소결 경도: HRA 89 - 기공율: A02	- 얇은 시트 블랭크(예: 내마모성 코팅 기판) - 예: WC-10%Co 얇은 시트(두께 2mm, 너비 100mm)	장점 : 연속 생산, 간단한 장비 단점 : 밀도가 낮고 복잡한 형상에는 적합하지 않음
폭발 억제	- 초고밀도(이론 밀도 90%-95%) - 즉각적인 성형 (<1 밀리초) - 높은 안전 요구 사항	1. 분말 용기 2. 폭발(TNT 0.5-1 kg) 3. 열처리 소결(1400 °C)	2. 용기 : 고강도 강철(두께 15mm) 4. 안전거리 >500m	- 그린 밀도 : 90%-95% - 소결 후 경도 : HRA 94 - 기공율 : A00	- 고성능 부품(예: PVD 타겟) - 예: WC-6%Co 타겟(직경 100mm, 두께 5mm)	장점 : 초고밀도, 고효율 단점 : 높은 안전 요구 사항, 높은 비용, 미세 균열을 수리하기 위해 열처리가 필요함
진동 억제	- 밀도 향상(이론 밀도 65%-75%) - 결합 감소 - 변환 비용 낮음	1. 분말 충전 2. 진동(50kHz) 가압(200MPa) 3. 탈형 및 건조 4. 소결	2. 진동기 : 2~5kW, 주파수 20~100kHz 다이 고경도강	- 녹색 밀도: 65%-75% - 소결 후 경도: HRA 91 - 기공율: A00-B00	- 소형 공구 블랭크(드릴 블랭크 등) - 예: WC-8%Co 드릴 블랭크(직경 10mm, 높이 15mm)	장점 : 밀도 결합 증가, 수정 비용 낮음 단점 : 대형 부품에 적합하지 않음, 주파수 최적화 필요

5.1.30 초경합금 프레스 공정의 종합 분석 및 요약

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

시멘트 카바이드 프레싱 공정(단방향 프레싱, 양방향 프레싱, 등방 프레싱, 압축 성형, 압출 성형, 사출 성형, 드라이백 프레싱, 다방향 프레싱, 다방향 비등방 프레싱, 롤 성형, 폭발 프레싱, 진동 프레싱)에 대한 특성, 공정 흐름, 장비 요구 사항, 성능 지표, 적용 제품, 장단점 등의 측면을 다룹니다.

1. 밀도 및 균일성

가장 높은 밀도 : 폭발 프레싱(이론 밀도 90%-95%)과 다방향 비등방 프레싱(이론 밀도 85%-90%)이 가장 좋은 성능을 보이며 고성능 요구 사항에 적합합니다.

균질성 : 등방성 압착(냉간/열간) 및 다방향 비등방성 압착은 최고의 균질성(밀도 구배 <2%)을 갖고 있어 복잡한 모양과 높은 품질 요구 사항에 적합합니다.

낮은 밀도 : 롤링 성형 및 사출 성형(이론 밀도 50%-60%)으로 후속 소결을 통해 보상해야 합니다.

2. 적용성 및 형상 복잡성

복잡한 모양 : 사출 성형(허용 오차 < 0.01 mm)과 등방성 압축 성형은 마이크로 기어와 복잡한 공구 블랭크와 같은 매우 복잡한 모양에 적합합니다.

가느다란 모양 : 압출 성형은 길이가 최대 몇 미터에 달하는 막대와 튜브를 위해 특별히 설계되었습니다.

얇은 시트/대형 영역 : 롤 성형은 정밀한 두께 제어(0.5-5mm)가 필요한 얇은 시트에 적합합니다.

간단한 모양 : 일방향 프레싱 및 압축 성형은 표준화된 부품에 적합하며 효율성은 높지만 모양이 제한적입니다.

3. 생산 효율성 및 비용

높은 효율성 : 롤 성형 및 압출 성형은 연속 생산을 지원하며 대량 생산에 적합합니다.

낮은 비용 : 일방향 프레싱, 압축 성형 및 롤 성형 장비는 간단하고 유지 보수 비용이 낮습니다.

높은 비용 : 폭발 프레싱과 열간 등방성 프레싱은 장비 및 안전 요구 사항으로 인해 비용이 많이 들고, 고부가가치 제품의 소량 생산에 적합합니다.

4. 버그 및 성능

결함이 가장 적습니다 . 열간 등방성 프레싱(기공률 <0.03%), 다방향 비등방성 프레싱 및 진동 프레싱(기공률 A00-B00)은 결함이 적고 높은 신뢰성 요구 사항에 적합합니다.

고성능 : 폭발 프레싱(경도 HRA 94) 및 열간 등방 프레싱(경도 HRA 92-94) 은 최고의 성능을 제공하며 극한의 작업 조건에 적합합니다.

5. 장비 및 공정 복잡성

간단한 장비 : 일방향 프레싱, 압축 성형 및 롤 성형 장비는 간단하고 홍보하기 쉽습니다.

복잡한 장비 : 다방향 비등방성 프레싱 및 폭발 프레싱은 다축 기계 또는 특수 폭발

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

설비가 필요하며 기술 장벽이 높습니다.

복잡한 공정 : 사출성형과 압출성형에는 탈지공정이 필요하므로 단계가 더 많습니다.

6. 적용분야 비교

항공/고 신뢰성 : 항공 도구, 타겟 등의 요구 사항을 충족하기 위한 열간 등방성 압축, 다방향 비등방성 압축, 폭발 압축.

산업용 배치 : 단방향 프레싱, 압축 성형, 롤 성형, 절단날, 내마모성 코팅 기관에 적합.

마이크로 정밀 : 사출 성형 및 진동 프레싱, 마이크로 기어 및 드릴 블랭크에 적합합니다.

시멘트 카바이드 프레싱 공정의 선택은 제품 형태, 성능 요구 사항, 생산 규모 및 비용 예산을 기반으로 해야 합니다.

고밀도/고성능 요구 사항 : 폭발 프레싱, 열간 등방성 프레싱, 다방향 비등방성 프레싱.

복잡한 모양/ 고정밀도 : 사출 성형, 등방성 압축, 다방향 압축.

대량/단순한 모양 : 단방향 프레싱, 압축 성형, 유동 성형.

가느다란 모양 : 압출형.

소형/높은 균일성 : 진동 프레싱, 드라이백 프레싱.

공정 매개변수(압력, 진동 주파수, 바인더 비율 등)와 장비(금형 설계, 제어 시스템 등)를 최적화하면 압착 효과와 제품 품질을 더욱 개선할 수 있습니다.

5.2 초경합금 소결 공정

시멘트 카바이드 소결 공정은 블랭크를 고밀도화(밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$, ISO 3369-2006), 미세 구조를 최적화(WC 입자 편차 $<5\% \pm 1\%$, Co 상 분포 $>95\% \pm 1\%$, ASTM B657-16)하고 고온($1350-1500^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, ISO 4489:2009, 소결은 분말 입자가 확산되고 고온에서 결합되어 밀도가 높은 재료를 형성하는 공정) 및 특정 분위기(진공 $<10^{-2}\text{Pa} \pm 10^{-3}\text{Pa}$, GB/T 1479.1-2011의 관련 공정 요구 사항, 진공 환경은 산화를 줄임; Ar 순도 $>99.99\%$)를 통해 높은 경도(HV 1500-2500 ± 30 , ISO 3369-2006)를 달성합니다. $\pm 0.01\%$, GB/T 4325-2018)로 미세구조를 최적화(WC 입자편차 $<5\% \pm 1\%$, Co 상분포 $>95\% \pm 1\%$, ASTM B657-16)하고 높은 경도(HV 1500-2500 ± 30 , ISO 3738-1:1982), 인성($K_{1c} 8-20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009) 및 강도($>4000\text{MPa} \pm 100\text{MPa}$, GB/T 3851-2015)를 달성합니다.

이 섹션에서는 시멘트 카바이드 진공 소결, 시멘트 카바이드 열간 등방성 가압 소결, 시멘트 카바이드 마이크로파 소결 및 시멘트 카바이드 스파크 플라즈마 소결(SPS)을 분석하고, 열역학 및 반응 속도론과 결합한 공정 최적화 및 응용에 대해 논의합니다.

5.2.0 전통적인 시멘트 카바이드 소결 공정

5.2.0.0 전통적인 초경합금 소결 공정의 역사

전통적인 초경합금 소결 공정은 20세기 초 분말 야금 기술의 급속한 발전과 함께

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시작되었습니다. 1909 년, 독일 학자 슈로터는 텅스텐 카바이드를 철 금속(예: 코발트)과 혼합하여 소결하는 초경합금의 원형을 처음 만들었습니다. 1923 년, 독일 오스나브뤼크의 크루프(Krupp)에서 산업 생산을 시작하여 초경합금의 탄생을 알렸습니다. 그 이후로 이 공정은 1930 년대와 1950 년대에 널리 사용되었으며, 특히 제 2 차 세계 대전 중에는 절삭 공구와 장갑재 제조에 사용되었습니다. 초기 공정은 간단한 저항로와 수동 작업에 의존했습니다. 1960 년대에 진공 기술과 수소 보호 기술이 도입되면서 공정이 점차 개선되었지만, 기본 틀은 전통적인 특성을 유지했으며 일부 중소기업에서 여전히 중요한 위치를 차지하고 있습니다.

5.2.0.1 전통적인 초경합금 소결 공정의 원리

전통적인 초경합금 소결 공정은 분말 야금의 액상 소결 원리를 기반으로 하며, 고온에서 분말 입자를 결합하여 고밀도 재료를 형성합니다. 핵심 메커니즘은 다음과 같습니다.

고체상 확산

가열 초기 단계($<1350^{\circ}\text{C}$)에서는 WC 입자 사이에서 원자 확산이 일어나고 예비 골격 구조가 형성됩니다.

액상 소결

온도가 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 에 도달하면 코발트가 용융되어 액상을 형성하고, 이 액상은 WC 입자 내부로 침투하여 기공을 채우고 입자 재배열을 촉진합니다. 액상 비율은 일반적으로 $10\sim 20\%$ (Co 함량에 따라 다름)이며, 이는 모세관 현상과 용해-침전 메커니즘을 통해 결합력을 향상시킵니다.

균질화와 성장

냉각 과정 동안 액상은 응고되고 WC 입자는 약간 성장($1\sim 3\mu\text{m}$) 하여 안정적인 미세 구조를 형성합니다.

대기 효과

진공 또는 수소 분위기는 산화물을 제거하고, 탈탄 또는 η 상 ($\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$) 형성을 방지하며, 균형 잡힌 탄소 함량($5\sim 6\%$ wt) 을 보장합니다.

5.2.0.2 전통적인 초경합금 소결 장비의 원리 및 구조

전통적인 소결 공정은 주로 다음 장비에 의존합니다.

전통적인 카바이드 소결 저항로

원리 : 전기 가열 요소(실리콘 탄소 막대 또는 몰리브덴 와이어 등)를 사용하여 고온을 발생시키고, 열은 복사 및 대류를 통해 블랭크로 전달됩니다.

구조 : 알루미나와 같은 내화성 재료로 제작된 노, 발열체, 단열재, 진공/가스 유입구로 구성됩니다. 노의 용적은 일반적으로 $0.5\sim 2\text{m}^3$ 이며, 온도 범위는 $600\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 입니다.

특징 : 구조가 간단하고 열효율이 낮음(약 $50\sim 60\%$), 발열체를 정기적으로 교체해야 함.

기존의 시멘트 카바이드 소결 진공 시스템

원리 : 기계식 펌프와 확산 펌프를 결합하면 용광로 내부의 압력이 $0.1\sim 1\text{Pa}$ 로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮아지고 산소와 수분이 제거됩니다.

구조 : 진공 펌프, 밸브, 압력 게이지가 포함되며, 용광로에 연결됩니다.

특징 : 유지관리 비용이 높고 밀봉 요구 사항이 엄격합니다.

전통적인 시멘트 카바이드 소결 수소 보호 시스템

원칙 : 공기를 수소 흐름($10\sim 20\text{ m}^3/\text{h}$)으로 대체하여 산화를 줄입니다.

구조 : 가스통, 유량계, 공기 흡입관, 간단한 배기장치 장착.

특징 : 작동 시 수소 안전에 주의하고 장비가 비교적 견고합니다.

트레이 및 몰드 : 흑연이나 세라믹으로 만들어졌으며, 고온에 강하고 화학적으로 불활성이며, 블랭크를 지지하고 열을 전달합니다.

5.2.0.3 전통적인 초경합금 소결의 특성

공정 특성 :

수동 작업에 의존하는 경우, 공정 매개변수(온도, 시간 등)는 대부분 경험에 따라 조정됩니다.

가열, 보온, 냉각 과정에 $6\sim 10$ 시간이 소요되며, 생산주기가 길다.

분위기 제어는 간단하며, 진공이나 수소가 주로 사용되며, 일부 공정은 공기 중에서 수행될 수 있습니다.

특징 :

밀도는 일반적으로 $13.5\sim 14.5\text{ g/cm}^3$ (이론 밀도의 95-98%)입니다.

입자 크기 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$, 기공률 A04 -B02, 경도 HRA 85-90.

미세구조에는 η 상이나 유리탄소가 포함될 수 있으며, 품질의 일관성이 좋지 않습니다.

5.2.0.4 전통적인 시멘트 카바이드 소결 공정의 장단점

장점 :

낮은 비용 : 설비 투자 비용이 적습니다(저항로의 경우 단위당 약 50,000-100,000 위안), 원자재 요구량이 적고, 유지관리가 간단합니다.

폭넓은 적용성 : 중소기업이나 간단한 칼, 내마모성 부품 등 저품질 제품 생산에 적합합니다.

성숙한 기술 : 이 공정은 수백 년 동안 실행되어 왔으며, 작업자가 복잡한 교육 없이도 쉽게 사용할 수 있습니다.

단점 :

효율성이 낮음 : 생산 주기가 길고(배치당 $24\sim 48$ 시간) 출력이 용광로에 의해 제한됨.

불안정한 품질 : 매개변수 제어는 수동 작업에 의존하고, 밀도와 다공성의 변동이 심하며, 고정밀 요구 사항을 충족시키기 어렵습니다.

환경 보호가 미흡함 : 폐가스(예: CO)가 처리되지 않은 채 그대로 배출되고, 용매의 휘발로 오염이 발생합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

안전 위험 : 수소를 사용하면 누출이 발생할 수 있으며, 기존 용광로의 불균일한 열 방출로 인해 쉽게 국부 과열이 발생할 수 있습니다.

전통적인 초경합금 소결 공정은 20 세기 초에 시작되었습니다. 이 공정은 액상 소결 원리를 기반으로 하며, 간단한 저항로와 진공/수소 시스템을 사용합니다. 이 장비는 구조가 복잡하지만 비용이 저렴합니다. 기술은 성숙되었지만 효율성과 품질이 제한적인 것이 특징입니다. 이 공정의 장단점은 현대 산업에서 과도기적인 위치를 분명히 보여줍니다.

5.2.0.5 시멘트 카바이드 수소소결로 소개

(1) 구조

로 본체 :

셸: 강판 용접, 두께 6-10mm, 내식성 코팅.

로: 고순도 흑연 또는 알루미늄, 0.5-2 m³, 내열성 >1600° C.

열 절연층: 내화섬유, 두께 50-150mm.

난방 시스템 :

가열 요소: 몰리브덴 또는 텅스텐 와이어가 내벽을 따라 분포되어 있으며 전력은 10~100kW 입니다.

가열 방식: 저항 복사 열전달, 최대 온도 1500° C.

수소 보호 시스템 :

가스 공급: 고순도 수소 실린더, 유량 10-50 m³ / h.

공기 흡입 및 배출: 하단 흡입, 상단 배출, 안전 밸브 포함.

밀봉 구조: 수냉식 또는 공냉식 밀봉 링, 압력 0.1-0.5bar.

트레이 및 지지대 :

재질: 흑연 또는 알루미늄 세라믹, 다층, 간격 5-10cm, 하중 지지력 50-300kg.

제어 시스템 :

온도 제어: 열전대 + PID 온도 컨트롤러, 정확도 ±10° C.

대기 모니터링: 산소 분석기 또는 유량계.

안전 장치: 수소 센서, 가스 차단 밸브, 화재 보호 인터페이스.

(2) 기존 사양

용광로 치수 : 길이 1-2m, 너비 0.5-1m, 높이 0.5-1m, 부피 0.5-2m³.

정격 전력 : 10-100kW, 전압 380V 3상 AC.

온도 범위 : 실온~1500° C, 일반적으로 1350~1450° C 가 사용됩니다.

수소 유량 : 10-50 m³ / h, 순도>99.9%, 압력 0.1-0.5 bar.

팔레트 크기 : 단일 레이어 길이 0.8-1.5m, 너비 0.4-0.8m, 하중 지지 용량 50-100kg/레이어, 3-5 레이어.

용광로 무게 : 2-5 톤.

냉각 시스템 : 수냉식 재킷, 유량 5-10 m³ / h, 수온 <40° C.

제어 정확도 : 온도 ±10° C, 압력 ±0.05 bar, 유량 ±2 m³ / h.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(3) 특성

공정 특성 :

온도: 600-1500° C, 액상소결 1350-1450° C.

사이클: 7-12 시간(가열 2-4 시간, 보온 1-2 시간, 식히는 데 4-6 시간).

분위기: 수소는 산화물을 감소시키고 탄소 함량을 5-6% 중량 으로 유지합니다 .

특징 :

밀도: 13.8-14.5 g/ cm³, 다공성 A02-B02.

입자 크기: 1-2.5 μm, 경도 HRA 88-92.

미세구조: η 상과 자유탄소가 적음.

작동 특징 :

수소와 온도는 수동으로 조절해야 하며, 열 분포가 고르지 않으면 보정이 필요합니다.

(4) 안전수칙

수소 관리 :

누출을 방지하기 위해 수소 순도가 99.9% 이상, 실린더 압력이 15MPa 미만인지 확인하세요.

운영 중에는 화기 사용을 엄격히 금지하고, 5m 이내에서는 흡연 및 화기 사용을 금지합니다.

셀과 파이프를 점검하세요. 누출률은 <0.01 Pa·m³/s 입니다.

보안 모니터링 :

수소 센서(검출 한계 0.05%), 농도 >0.4% 시 경보를 울리고 가스 공급을 차단합니다.

배기구를 10m 이상 높이에서 외부와 연결하여 배기가스를 안전하게 배출합니다.

작전 보호 :

정전기 방지 작업복, 고온에 강한 장갑과 고글을 착용하세요.

물 냉각 시스템을 점검하고 , 과열을 방지하기 위해 물 흐름이 5m³/h 이상이어야 합니다.

비상 조치 :

누출 시 수소를 차단하고 질소를 흘려보내는 차단밸브와 질소 대체장치를 장착하였습니다.

소화기(건조분말 또는 CO₂)와 소화전을 설치하고 통로 폭은 2m 이상이어야 합니다.

보안 유지 :

화상을 방지하기 위해 오븐을 열기 전에 50° C 미만으로 식히십시오.

발열체와 열전대에 단락이 있는지 확인하세요.

(5) 장점과 단점

장점 :

환원효과가 좋아 순도와 품질이 향상됩니다.

비용은 조절 가능하며(10 만~20 만 위안/대), 열효율은 60~70%입니다.

이 제품은 광범위한 분야에 적용 가능하며 다양한 제형에 적합합니다.

단점 :

안전 위험: 수소는 가연성이 있으므로 엄격하게 모니터링해야 합니다.

제어 정확도는 제한적이며 온도 편차는 ±10° C입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0 처리가 필요합니다 .
유지관리가 복잡하고 썰과 구성품이 마모되기 쉽습니다.

5.2.0.6 시멘트 카바이드 수소소결로에 사용되는 수소의 준비 및 요구 사항

1. 수소의 제조

전기분해에 의한 준비:

원리: 물(H_2O) 을 전기분해하여 H_2 와 O_2 를 생성합니다 .

공정: 탈이온수 + 10-20% KOH, 4-6V, 니켈/스테인리스 스틸 전극, 가스 세척을 통해 불순물을 제거합니다.

수율: 0.4-0.5 m^3 / kWh.

특징: 순도 99.8-99.9%, 저렴한 가격, 제한된 효율성.

천연가스 개질에 의한 제조:

원리: 니켈 촉매 하에서 $CH_4 + H_2O$ 가 $CO + 3H_2$ 를 생성한 후 $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ 로 전환됩니다.

공정: 500-1000° C, PSA 분리, 순도 99.99%.

출력: 수백 m^3 /h.

특징: 비용이 저렴하고 CO_2 처리가 필요합니다.

산업 부산물 회수:

염소알칼리 또는 정제로부터 얻은 H_2 .

공정: 압축 + 정제, 순도 99.5-99.9%.

특징: 자원 활용도가 높고 공급이 불안정합니다.

암모니아 분해법에 의한 제조:

원리: $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$, 고온에서 액체 암모니아의 분해.

공정: 액체 암모니아 가스화, 750-900° C, 철 기반/니켈 기반 촉매 분해, 분자체 정제를 통해 99.9%까지 정제합니다.

생산량: 액체 암모니아 1톤당 수소 1800~2000 m^3 .

특징: 장비가 소형이고, 액상 암모니아의 보관이 편리하며, 질소 함유 가스를 분리해야 합니다.

보관 및 운송:

운송 규정을 준수하여 15~20MPa 로 압축하여 40~50L 실린더나 튜브 번들 트럭에 보관합니다.

2. 수소 요구량

순도 요구 사항:

순도 $\geq 99.9\%$ (바람직하게는 99.99%), 불순물: $O_2 < 10$ ppm, $H_2O < 20$ ppm, $CO < 5$ ppm, $H_2S < 1$ ppm, $NH_3 < 5$ ppm, $N_2 < 100$ ppm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

이슬점 및 제어 데이터:

이슬점: $< -60^{\circ}\text{C}$ (바람직하게는 $< -70^{\circ}\text{C}$), 수증기 $< 20\text{ppm}$ (바람직하게는 $< 5\text{ppm}$).

이슬점 -60°C : 수증기 약 20ppm .

이슬점 -70°C : 수증기 약 5ppm .

이슬점 -80°C : 수증기 약 1ppm .

제어 방법:

분자체 건조기 (4A 분자체, 이슬점 $< -70^{\circ}\text{C}$) 또는 동결 건조기 (-80°C).

실시간 모니터링을 위한 온라인 이슬점 측정기 (냉거울 유형, 정확도 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$)

분자체는 1000 시간마다 재생되었습니다 (200°C , 질소 퍼지 4 시간).

영향: 이슬점이 -50°C (수증기 $> 50\text{ppm}$) 이상이면 산화 (WO_3) 가 일어나 η 상 발생 위험이 커집니다.

흐름 요구 사항:

작동 중 m^3/h , 공기 교체 시 $60\text{--}80\text{ m}^3/\text{h}$, 산소 $< 0.1\%$.

압력 요구 사항:

용광로 내부 $0.1\text{--}0.5\text{bar}$, 가스 실린더 내부 $15\text{--}20\text{MPa}$, 출력부 $< 0.6\text{bar}$.

온도 적응성:

실온 $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ 에서 공급되는 파이프라인은 $-20^{\circ}\text{C}\text{--}150^{\circ}\text{C}$ 까지 견딜 수 있습니다.

안전 및 보관 요구 사항:

통풍이 잘 되는 창고에 40°C 미만, 병 100 개 미만으로 보관하고 경보 장치를 설치하세요.

3. 사용 중 준비 및 관리

현장 준비:

소형 전기분해 또는 암모니아 분해 장치 + 정화기, 순도 $> 99.9\%$, 이슬점 $< -60^{\circ}\text{C}$.

가스 소스 전환:

두 개의 가스 실린더가 자동으로 전환되어 흐름을 안정적으로 유지합니다.

정기 테스트:

순도 (가스 크로마토그래피) 및 이슬점 (냉거울법) 은 매월 시험을 실시하고 있으며, 파이프라인 누출률은 $< 0.01\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 입니다.

이슬점이 비정상적일 경우 ($> -60^{\circ}\text{C}$), 건조제를 교체하거나 정화 시스템을 점검하세요.

4. 참고사항

준비 안전:

전기분해법은 단락을 방지하고, 개질법은 온도를 제어하며, 암모니아 분해법은 촉매 활성을 확인하기 위해 $750\text{--}900^{\circ}\text{C}$ 를 모니터링합니다.

사용 시 안전:

질소 보충은 30 분 이상, 보호복을 착용하고, 발화원을 금지하고 이슬점을 -60°C 미만으로 유지하세요.

환경 보호 처리:

배기가스는 알칼리로 세척하거나 연소시키고, $\text{CO} < 50\text{ ppm}$, 암모니아 분해로 인한

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

배기가스에는 N_2 가 포함되어 있어 회석이 필요합니다.

5.2.1 시멘트 카바이드 진공 소결의 기술적 매개변수 및 원리

시멘트 카바이드의 진공 소결은 진공로(압력 $<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$, 전력 $>100 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$, "ISO 4489:2009")에서 $1350\text{-}1500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 의 온도, $5\text{-}10^\circ \text{C}/\text{min} \pm 0.5^\circ \text{C}/\text{min}$ 의 가열 속도(가열 속도는 시간에 따라 온도가 변하는 속도로, 소결 균일성에 영향을 미침) 및 1-3시간 ± 0.1 시간의 유지 시간으로 수행됩니다. 빌릿은 액상 소결을 통해 밀도가 높아집니다(액상 소결은 바인더 상을 녹여 액상을 형성하고 입자 결합을 촉진하는 공정입니다). 밀도는 $14.0\text{-}14.8 \text{ g}/\text{cm}^3 \pm 0.1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 입니다(이론 밀도의 $>99.5\% \pm 0.1\%$, ISO 3369-2006).

5.2.2 시멘트 카바이드 진공 소결 공정 단계

탈지 ($300\text{-}500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)는

윤활제를 제거하고 탄소 잔류물을 방지합니다($<0.1\% \pm 0.01\%$, ASTM B657-16, 탈지는 재료 순도에 영향을 미치지 않도록 소결 전에 유기 첨가제를 제거하는 공정입니다).

고체상 소결 ($800\text{-}1200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)

입자 표면 확산 강화 결합(강도 $>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 고체상 소결은 입자 간의 고체 확산 결합 공정을 통해 기공률이 $20\% \pm 2\%$ 로 감소합니다(ASTM B657-16).

액상 소결 ($1350\text{-}1500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)

Co는 녹고, WC를 적시고, 입자 재배열과 용해 재침전을 촉진합니다(용해 재침전은 작은 입자가 용해되어 더 큰 입자에 다시 침전되어 입자 분포가 최적화되는 과정입니다).

5.2.3 시멘트 카바이드 진공 소결의 실제 사례

$\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, Co $10\% \pm 1\%$), 항공 공구용 다공성 $<0.1\% \pm 0.02\%$ (ASTM B657-16)로 $1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서 소결(절삭 속도 $>300 \text{ m}/\text{min} \pm 10 \text{ m}/\text{min}$, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 마모 $<0.08 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 수명 $>18 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$.

5.2.4 시멘트 카바이드 진공소결에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

의 소결 온도는

밀도와 입자 성장을 균형 있게 조절합니다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010). $1550^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 이상에서는 WC 성장($>1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, ASTM B657-16)이 유발되고 경도는 $5\% \pm 1\%$ 감소합니다(HV $<2100 \pm 30$, ISO 3738-1:1982).

의 유지 시간은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기공률이 $< 0.1\% \pm 0.02\%$ (ASTM B657-16)를 보장하고, 4시간 ± 0.1 시간이 지나면 Co 휘발이 증가하고(실험 데이터 $> 0.5\% \pm 0.1\%$) 인성이 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다 ($K_{1c} < 15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009).

진공도

$< 10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$ 는 산화를 감소시킵니다($0 < 0.03\% \pm 0.01\%$, GB/T 4325-2018). $> 10^{-1} \text{ Pa} \pm 10^{-2} \text{ Pa}$ 는 순도를 감소시키고($> 0.1\% \pm 0.02\%$, 실험 데이터) 강도는 $2\% \pm 0.5\%$ 감소합니다(GB/T 3851-2015).

녹색 질량

밀도 편차 $< 0.5\% \pm 0.1\%$ 는 균일한 소결을 보장합니다(경도 편차 $< \pm 30 \text{ HV}$, ISO 3738-1:1982). $> 1\% \pm 0.2\%$ 는 국소적 기공을 유도합니다($> 0.3\% \pm 0.05\%$, ASTM B657-16).

첨가제 $0.5\% \pm 0.01\%$

VC /Cr₃C₂는 입자 성장을 억제하고($< 0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010) 경도를 $5\% \pm 1\%$ 증가시킵니다(ISO 3738-1:1982). 과도한 양($> 1\% \pm 0.01\%$)은 취성 상(예: V₆C₅, 경도 HV $< 1500 \pm 50$, Acta Materialia, Vol. 58, 2010)을 생성합니다.

5.2.5 시멘트 카바이드 진공소결의 최적화 전략

정밀한 온도 제어($1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, ISO 4489:2009), 고진공($< 10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$, GB/T 1479.1-2011), $0.3\% - 0.5\% \pm 0.01\%$ VC 추가(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010) 및 균일한 빌렛(밀도 편차 $< 0.3\% \pm 0.1\%$, GB/T 3850-2015).

5.2.6 초경합금 진공소결 엔지니어링 응용 실습

항공 도구

$1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 진공 소결, 경도 HV 2300 ± 30 , "ISO 3738-1:1982", 고온 합금 가공($1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, "International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010"), 마모 $< 0.08 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 수명 > 18 시간 ± 1 시간.

1500° C ± 10° C 에서 소결한 광산용 드릴 비트 , 인성 $K_{1c} > 20$

$\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, "ISO 28079:2009", 화강암 드릴링(충격 주파수 $> 10^3 \text{ Hz} \pm 100 \text{ Hz}$, "International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 28, 2010"), 수명 $> 1500 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$.

내마모성

다이, 강도 $> 4200 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, "GB/T 3851-2015", 냉간 압출 > 10 배 ± 10 배, "마모, Vol. 267, 2009"), 변형 $< 0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$.

5.2.7 시멘트 카바이드의 열간 등방성 가압 소결의 기술적 매개변수 및 원리

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

초경합금의 열간정수압소결은 1350~1450° C ±10° C, 100~200MPa ±5MPa 에서 진행되며, 압력매체로 아르곤 (Ar , 순도>99.99% ±0.01%, GB/T 4325-2018; 유량 50L/min ±5L/min, 실험테이더)을 사용하고, 유지시간은 1~2 시간 ±0.1 시간이다. HIP 장비(내부 공동 > 200 mm ± 5 mm, 전력 > 150 kW ± 10 kW, ISO 13703:2000)는 등방성 압력(편차 < 1% ± 0.2%, 재료 과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010)을 통해 소결 기공을 제거하고 밀도는 14.8-15.0 g/ cm³ ± 0.1 g/ cm³ (이론 밀도 > 99.8% ± 0.1%, ISO 3369-2006)에 도달합니다.

5.2.8 초경합금의 열간등압가압소결기구

고압(변형률 속도 10⁻⁴ s⁻¹ ±10⁻⁵ s⁻¹ , Acta Materialia , Vol. 58, 2010) 및 확산 가속(계수 10⁻⁸ cm² /s ±10⁻⁹ cm² /s, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009) 하의 플라스틱 유동을 기반으로, 다공성이 상당히 감소(50% ±5% 이상 감소, Materials Science and Engineering A, Vol. 527, 2010)되어 신뢰성이 향상되었습니다.

5.2.9 초경합금의 열간 등방성 가압의 실제 사례 연구

1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, 1 시간 ±0.1 시간의 HIP 공정은 항공 공구(절삭 속도 >300 m/min ±10 m/ min, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 경도 HV 2300 ±30, 수명 >20 시간 ±1 시간에 대한 다공성 <0.03% ±0.01%(ASTM B657-16)을 갖는 시멘트 카바이드(WC 0.3 μm ±0.01 μm, GB/T 19077.1-2008; Co 10% ±1%, GB/T 5124-2017)를 생산합니다.

5.2.10 초경합금의 열간등방압소결에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

150MPa ±5MPa 의 압력은 기공을 효과적으로 제거합니다(<0.03% ±0.01%, ASTM B657-16). <100MPa ±5MPa 에서는 효과가 충분하지 않습니다(기공률 >0.1% ±0.02%). >200MPa ±5MPa 에서는 장비 비용이 증가합니다(>\$10 6 ±\$10 5 , 업계 추정).

온도

1400° C ±10° C 는 밀도화와 입자 성장을 균형 있게 조절합니다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010). 1500° C ±10° C 이상에서는 WC 성장(>0.5 μm ±0.01 μm , ASTM B657-16) 이 유발 되고 경도는 3% ±0.5% 감소합니다(HV <2100 ±30, ISO 3738-1:1982).

의 유지 시간

이면 충분합니다(밀도 > 99.8% ± 0.1%, ISO 3369-2006). 2 시간 ± 0.1 시간이 넘으면 에너지 소비가 증가합니다(500kW · h /t ± 50kW · h /t 이상, 산업 테이더).

빌렛 질량이

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<1% ±0.2%일 경우 HIP 효율이 향상됩니다(기공률은 0.02% ±0.005%로 감소, ASTM B657-16). 2% ±0.2% 이상일 경우 더 높은 압력이 필요합니다(>180 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000).

대기

Ar 순도 >99.99% ±0.01% (O <0.02% ±0.005%, GB/T 4325-2018); N₂ (순도 <99.9% ±0.01%)는 질화물을 증가시킵니다(>0.1% ±0.02%, 실험 데이터).

5.2.11 초경합금의 열간등방압소결 최적화 전략

공정은 1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, 1 시간 ±0.1 시간(ISO 13703:2000), 0.5% ±0.01% VC를 첨가(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)하고 고순도 Ar (>99.99% ±0.01%, GB/T 4325-2018)을 사용했습니다.

5.2.12 엔지니어링 분야에서 초경합금의 열간 등방압 소결 응용

항공 도구

HIP(1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000), 경도 HV 2300 ±30, ISO 3738-1:1982), 고온 합금 가공(1000° C ±10° C, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 수명 >20 시간 ±1 시간.

광산 드릴 비트

HIP(1450° C ±10° C, 200 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000), 인성 K_{1c} >18 MPa·m^{1/2} ±0.5, ISO 28079:2009), 단단한 바위 드릴링 수명 >1800 m ±100 m.

내마모성 다이

HIP(1400° C ±10° C, 150 MPa ±5 MPa, ISO 13703:2000), 강도 >4200 MPa ±100 MPa, GB/T 3851-2015), 냉간 압출 >10 배 ±10 배, 마모, Vol. 267, 2009).

5.2.13 시멘트 카바이드의 마이크로파 소결의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 마이크로파 소결은 마이크로파 오븐(주파수 2.45 GHz ±0.01 GHz, 전력 10-50 kW ±1 kW, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009), 온도 1300-1400° C ±10° C, 가열 속도 50-100° C/min ±5° C/min, 보온 시간 0.5-1 시간 ±0.05 시간을 사용합니다(마이크로파 소결은 마이크로파 에너지를 사용하여 재료 내부를 직접 가열하는 소결 기술입니다). 마이크로파는 WC 입자의 유전 손실(흡수율 >80% ±2%, 실험 데이터), 에너지 이용률 >90% ±2%(재료 가공 기술 저널, 제 210 권, 2010년)을 통해 직접 가열되며 밀도는 14.5-14.8 g/cm³ ±0.1 g/cm³ (>99.5% ±0.1%, "ISO 3369-2006")에 도달합니다.

5.2.14 초경합금의 마이크로파 소결 메커니즘

마이크로파 소결의 열역학적 장점은 균일한 가열(온도 편차 <±5° C, 재료 가공 기술

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

저널, 제 210 권, 2010 년)과 효율적인 가열을 통한 초미세 입자 구조(WC $0.3 \mu\text{m}$ $\pm 0.01 \mu\text{m}</math>, GB /T 19077.1-2008) 달성입니다.$

5.2.15 초경합금의 마이크로파 소결에 대한 실제 사례 연구

마이크로파 소결($1350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 0.5 시간 ± 0.05 시간)을 통해 항공 공구(절삭 속도 >300m / min $\pm 10\text{m}/\text{min}$, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010)에 사용되는 기공률 $0.1\% \pm 0.02\%$(ASTM B657-16)의 시멘트 카바이드(WC $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, GB/T 19077.1-2008; Co 10% $\pm 1\%$, GB/T 5124-2017)가 생성되며, 경도는 HV 2300 ± 30 , 수명은 >15 시간 ± 1 시간입니다.

5.2.16 초경합금의 마이크로파 소결에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

온도

$1350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 는 밀도화를 보장합니다(>99.5% $\pm 0.1\%$, ISO 3369-2006). $1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 는 입자 성장 (> $0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, ASTM B657-16)과 경도 감소 3% $\pm 0.5\%$ (HV 2100 ± 30, ISO 3738-1:1982)를 유발합니다.

가열 속도

$50-100^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 은 열 응력을 감소시킵니다($50 \text{MPa} \pm 5 \text{MPa}$, 재료 과학 및 공학 A, Vol. 527, 2010). $150^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이상은 균열을 유발합니다(>1% $\pm 0.2\%$, 실험 데이터).

빌릿 크기가

$50\text{mm} \pm 1\text{mm}$인 경우 열 구배(> $10^{\circ}\text{C}/\text{cm} \pm 1^{\circ}\text{C}/\text{cm}$, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 2010)를 피해야 합니다. 빌릿 크기가 > $100\text{mm} \pm 1\text{mm}</math>인 경우 구역 가열이 필요합니다(Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009).$

첨가제

0.3% $\pm 0.01\%$ VC는 입자 크기를 제어하고(< $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}\pm 1\%$ 증가시킵니다(ISO 3738-1:1982).

5.2.17 시멘트 카바이드의 마이크로파 소결을 위한 최적화 전략

온도는 $1350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $50^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)이고, 0.3% $\pm 0.01\%$ VC를 첨가하였다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010).

5.2.18 시멘트 카바이드의 마이크로파 소결의 공학적 응용

항공 공구

($1350^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), 경도 HV 2300 ± 30 , ISO 3738-1:1982), Ti 합금 가공($1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, International Journal of

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 수명 >15 시간 ±1 시간.

5.2.19 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결의 기술적 매개변수 및 원리

시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결(SPS)은 DC 펄스(전압 5-10V ±0.1V, 전류 1000-5000A ±100A, "Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009"), 온도 1200-1350° C ±10° C, 압력 50-100MPa ±5MPa, 유지 시간 5-10 분 ±0.1 분을 사용합니다(스파크 플라즈마 소결은 전기 펄스와 압력을 사용하여 재료를 빠르게 소결하는 기술입니다). SPS는 플라즈마 활성화(전기장 강도 >10³ V/m ± 100 V/m, 실험 데이터)와 줄 가열(전력 > 10kW ± 1kW, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)을 통해 확산을 가속화합니다(계수 ~ 10⁻⁸cm²/s ±10⁻⁹cm²/s, Acta Materialia, Vol. 58, 2010). 밀도 >99.8% ±0.1%(ISO 3369-2006) 및 입자 크기 <0.3 μm ± 0.01 μm (GB/T 19077.1-2008)로 유지됩니다.

5.2.20 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결 메커니즘

SPS는 고전압과 전기장을 통해 소결 온도를 약 100° C ±10° C 까지 낮추어 초미세 입자 구조와 효율적인 밀도화를 달성합니다.

5.2.21 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결의 실제 사례 연구

SPS(1300° C ±10° C, 50 MPa ±5 MPa, 5 분 ±0.1 분)는 PCB 드릴 비트(구멍 직경 <0.1 mm ±0.01 mm, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 45, 2009) 수명이 10 5 개 구멍 ±10 4 개 구멍 이상인 경도 HV 2400 ±30(ISO 3738-1:1982)의 시멘트 카바이드(WC 0.2 μm ±0.01 μm, GB/T 19077.1-2008; Co 10% ±1%, GB/T 5124-2017)를 생산합니다.

5.2.22 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

압력

50-100 MPa ±5 MPa는 밀도를 증가시킵니다(>99.8% ±0.1%, ISO 3369-2006); >150 MPa ±5 MPa는 곱팡이를 손상시킵니다(수명 <10³ 배 ±100 배, Wear, Vol. 267, 2009).

를 제어하기 위한 유지 시간 5-10 분 ± 0.1 분(<0.3

μm ± 0.01 μm, GB/T 19077.1-2008); 경도를 2% ± 0.5% 감소시키기 위한 유지 시간 >15 분 ± 0.1 분(ISO 3738-1:1982).

현재

3000 A ±100 A 균형 가열 효율(>90% ±2%, 실험 데이터) 및 장비 수명(>10 4 배 ±10³ 배, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금형 소재는

균일한 전류(편차 <5% ±1%, 실험 데이터)를 보장하기 위해 흑연 금형(전도도 >10⁴ S/m ±10³ S/m, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 2010)을 사용했습니다.

5.2.23 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결 최적화 전략

조건은 1300° C ±10° C, 50 MPa ±5 MPa, 5 min ±0.1 min(Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009)이고, 0.3% ±0.01% VC를 첨가하였다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010).

5.2.24 시멘트 카바이드의 스파크 플라즈마 소결의 공학적 응용

PCB 드릴 비트

SPS(1300° C ±10° C, 50 MPa ±5 MPa, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009), 경도 HV 2400 ±30, ISO 3738-1:1982), 10 5개 이상의 구멍 ±10 4개 구멍 드릴링, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 45, 2009), 정확도 <0.01 mm ±0.002 mm.

내마모성 코팅

SPS(1250° C ±10° C, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), WC 0.2 μm ±0.01 μm, GB/T 19077.1-2008), 분무 접합 강도 >70 MPa ±5 MPa, Surface and Coatings Technology, Vol. 204, 2010), 항공 터빈 블레이드 수명 >5000 시간 ±500 시간(산업 데이터).

5.3 초경합금 소결 메커니즘

시멘트 카바이드의 소결 메커니즘은 밀도 증가(밀도 >99.5% ±0.1%, ISO 3369-2006), 미세구조 변화(WC 입자 편차 <5% ±1%, ASTM B657-16) 및 특성 최적화(경도 HV 1500-2500 ±30, ISO 3738-1:1982)의 본질을 보여주는데, 여기에는 액상 소결의 확산 과정과 입자 성장의 제어가 포함됩니다.

5.3.1 시멘트 카바이드 액상소결의 기술적 매개변수 및 원리

시멘트 카바이드의 액상 소결은 Co의 녹는점 이상(1320° C ±5° C, CRC 화학 및 물리학 핸드북, 2024)에서 발생하고 Co는 액상(점도 10⁻³ Pa·s ±10⁻⁴ Pa·s, 재료 과학 저널, 제 45 권, 2010년)을 형성하고 WC 입자를 적시고(접촉각 <10° ±1°, Acta Materialia, 제 58 권, 2010년) 입자 재배열 및 확산을 촉진합니다.

5.3.2 초경합금 액상소결 공정 단계

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

입자 재배열(1350° C ±10° C)

Liquid Co(부피 분율 5%~30% ±1%, ASTM B657-16)가 입자 사이의 틈을 채우고, 입자가 미끄러집니다(기공률은 10% ±1%로 떨어짐, ASTM B657-16), 재배열 속도는 $\sim 10^{-3} \mu\text{m} / \text{s} \pm 10^{-4} \mu\text{m} / \text{s}$ (Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009).

용해 및 재침전(1400° C ±10° C)

WC는 Co에 부분적으로 용해되고(용해도 5% ±0.5%, 실험 데이터), 작은 입자는 용해되고(표면 에너지 $>1 \text{ J} / \text{m}^2 \pm 0.1 \text{ J} / \text{m}^2$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), 큰 입자는 침전되고(확산 계수 $10^{-9} \text{ cm}^2 / \text{s} \pm 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009), 다공성은 $<1\% \pm 0.2\%$ 로 감소합니다(ASM B657-16).

고체 확산(1450° C ±10° C)

Co 상은 응고되고 WC-Co 계면은 고체 확산에 의해 강화됩니다(계수 $\sim 10^{-11} \text{ cm}^2 / \text{s} \pm 10^{-12} \text{ cm}^2 / \text{s}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010, 고체 확산은 고체상에서 원자가 이동하는 과정입니다)(결합 강도 $>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 실험 측정), 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$ (ISO 3369-2006).

5.3.3 시멘트 카바이드의 액상소결 실제 사례 연구

10% ±1% Co를 함유한 시멘트 카바이드(1450° C ±10° C, 2시간 ±0.1시간, ISO 4489:2009)는 소결 후 기공률이 $<0.1\% \pm 0.02\%$ 이고(ASM B657-16), 경도는 HV 2300 ±30(ISO 3738-1:1982)이며 항공 공구에 사용되며(절삭 속도 $>300 \text{ m} / \text{min} \pm 10 \text{ m} / \text{min}$, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 사용 수명은 >18 시간 ±1시간입니다.

5.3.4 시멘트 카바이드 액상소결에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

의 Co 함량은

충분한 액상을 제공합니다($>5\% \pm 0.5\%$ 부피 분율, ASTM B657-16), 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$ (ISO 3369-2006). $<5\% \pm 1\%$ 액상은 불충분합니다(기공률 $>0.5\% \pm 0.1\%$, ASTM B657-16), 밀도 $<99\% \pm 0.2\%$ (ISO 3369-2006).

의 소결 온도는

확산을 최적화합니다($>10^{-9} \text{ cm}^2 / \text{s} \pm 10^{-10} \text{ cm}^2 / \text{s}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010). 1550° C ±10° C에서 Co 휘발이 촉발되고($>0.5\% \pm 0.1\%$, 실험 데이터), 강도가 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다(GB/T 3851-2015).

대기

진공($<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$, GB/T 1479.1-2011)은 산화를 감소시킵니다($0 < 0.03\% \pm 0.01\%$, GB/T 4325-2018); Ar(순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$, GB/T 4325-2018)은 HIP에 적합하며 탄화물 분해를 억제합니다($<0.1\% \pm 0.02\%$, ASTM B657-16).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC 입자 크기가

$<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 일 때 용해 속도가 증가하고($>10^{-9} \text{m/s} \pm 10^{-10} \text{m/s}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009) 경도가 $5\% \pm 1\%$ 증가합니다(ISO 3738-1:1982). $>1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 일 때 인성이 $3\% \pm 0.5\%$ 증가합니다 ($K_{1c} > 18 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009).

첨가제

$0.5\% \pm 0.01\%$ VC 는 계면 에너지를 감소시키고($<0.5 \text{J/m}^2 \pm 0.1 \text{J/m}^2$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), 밀도는 $0.2\% \pm 0.05\%$ 증가시켰습니다(ISO 3369-2006); Cr_3C_2 ($0.5\% \pm 0.01\%$)가 계면에 침전되었고(두께 $<3 \text{nm} \pm 1 \text{nm}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), 계면 결합이 강화되었습니다($> 60 \text{MPa} \pm 5 \text{MPa}$, 실험 데이터).

5.3.5 시멘트 카바이드 액상소결의 최적화 전략

Co $10\% \pm 1\%$ (GB/T 5124-2017), $1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ (ISO 4489:2009), 진공 $<10^{-2} \text{Pa} \pm 10^{-3} \text{Pa}$ (GB/T 1479.1-2011), $0.3\%-0.5\% \pm 0.01\%$ VC 첨가(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)가 선택되었습니다.

5.3.6 시멘트 카바이드 액상소결의 공학적 응용

항공 공구

($1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, Co $10\% \pm 1\%$, ISO 4489:2009), 경도 HV 2300 ± 30 , ISO 3738-1:1982), 고온 합금 가공($1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 50, 2010), 수명 >18 시간 ± 1 시간.

광산

드릴 비트($1500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, Co $12\% \pm 1\%$, ISO 4489:2009), 인성 $K_{1c} > 20 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009), 단단한 바위 드릴링 수명 $>1500 \text{m} \pm 100 \text{m}$.

내마모성 금형

액상 소결($1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, Co $8\% \pm 1\%$, ISO 4489:2009), 강도 $>4200 \text{MPa} \pm 100 \text{MPa}$, GB/T 3851-2015), 압출 >10 배 ± 10 배, 마모, Vol. 267, 2009).

5.3.7 초경합금 입자성장 및 억제기술의 매개변수 및 원리

카바이드 입자 성장은 오스트발트 숙성, 작은 입자(표면 에너지 $>1 \text{J/m}^2 \pm 0.1 \text{J/m}^2$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010, 입자 성장은 소결 중 입자 크기가 성장하는 과정이고, 표면 에너지는 원자 결합에 대한 입자 표면의 에너지 기여) 용해, 큰 입자 침전, 성장 속도 $\sim 10^{-9} \text{m/s} \pm 10^{-10} \text{m/s}$ (Acta Materialia, Vol. 58, 2010)를 통해 발생하며, 경도(HV 1500-2500 ± 30 , ISO 3738-1:1982)와 인성($K_{1c} < 8-20 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, ISO 28079:2009)에 영향을 미칩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.3.8 초경합금 입자 성장 및 억제 메커니즘

용해 및 재침전

: WC는 액체 Co에 용해되고(용해도 $5\% \pm 0.5\%$, 실험 데이터), 큰 입자는 표면 에너지가 낮고($<1 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010) 입자 크기가 $0.01 \mu\text{m}/\text{min} \pm 0.001 \mu\text{m}/\text{min}$ 씩 증가하면서 우선적으로 성장합니다 (Acta Materialia, Vol. 58, 2010).

계면 확산

WC/Co 계면(두께 $<5 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009)은 원자 이동(확산 계수 $\sim 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)을 제어하여 성장 속도에 영향을 미칩니다.

5.3.9 초경합금 입자 성장 및 억제 방법

첨가제

VC($0.3\% - 0.5\% \pm 0.01\%$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)는 Co 상에 용해되어(용해도 $\sim 5\% \pm 0.5\%$, 실험 데이터) 계면 에너지($<0.5 \text{ J/m}^2$)를 감소시킵니다. $\pm 0.1 \text{ J/m}^2$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009), 성장 속도는 $<0.005 \mu\text{m}/\text{min} \pm 0.001 \mu\text{m}/\text{min}$ 으로 떨어졌습니다 (Acta Materialia, Vol. 58, 2010); Cr_3C_2 ($0.5\% \pm 0.01\%$)가 계면에 침전되어(두께 $<3 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$, Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010), 확산을 방해합니다(계수 $<10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009).

저온 소결은

WC 용해를 감소시키고($<3\% \pm 0.5\%$, 실험 데이터) 입자 크기는 $<0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 유지됩니다 (GB/T 19077.1-2008).

의 단기간 열 보존은

성장을 제어합니다($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, "ASTM B657-16"); > 4 시간 ± 0.1 시간은 입자 크기를 $> 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 증가시킵니다 ("Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010").

5.3.10 시멘트 카바이드 입자 성장 및 억제의 실제 사례

$\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, GB/T 19077.1-2008)은 $0.5\% \pm 0.01\%$ VC를 함유하고 $1400^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 에서 1시간 ± 0.1 시간 동안 소결되었으며, 경도는 $\text{HV } 2400 \pm 30$ (ISO 3738-1:1982)이고 PCB 드릴 비트(구멍 직경 $<0.1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 45, 2009)에 사용되며, 수명은 >10 개 구멍 ± 10 개 구멍입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.3.11 시멘트 카바이드 입자 성장 및 억제에 영향을 미치고 최적화하는 요인

의 첨가량은

0.3%-0.5% ±0.01%(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010)이고, 0.8% ±0.01% 초과하면 V₆C₅(경도 HV <1500 ±50, Acta Materialia, Vol. 58, 2010)가 발생하고 인성은 10% ±2% 감소합니다(ISO 28079:2009).

소결 온도 1400°

C ±10° C는 입자 크기를 제어합니다(<0.3 μm ±0.01 μm, GB/T 19077.1-2008). 1500° C ±10° C는 입자 크기를 증가시킵니다(>1 μm ±0.01 μm, ASTM B657-16).

유지 시간

1 시간 ± 0.1 시간은 성장을 제어하고, > 4 시간 ± 0.1 시간은 입자 크기를 증가시킵니다.

5.3.12 초경합금 입자 성장 및 억제 최적화 전략

선택된 조건은 1400° C ±10° C, 1 시간 ±0.1 시간, 0.3%-0.5% ±0.01% VC였습니다(Journal of Materials Science, Vol. 45, 2010).

5.3.13 초경합금 입자 성장 및 억제 엔지니어링 응용 실습

PCB 드릴

SPS(1300° C ±10° C, 50 MPa ±5 MPa, Journal of the American Ceramic Society, Vol. 92, 2009), 경도 HV 2400 ±30, ISO 3738-1:1982), 10 5개 이상의 구멍 ±10 4개 구멍 드릴링, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 45, 2009), 정확도 <0.01 mm ±0.002 mm.

5.4 초경합금 후가공 기술

초경합금 후처리 기술은 표면 품질을 최적화하고 잔류응력을 제거하여 내마모성, 내부식성 및 피로수명을 향상시킵니다.

5.4.1 시멘트 카바이드 표면 연삭 및 연마의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 표면 연삭 및 연마는 기계적 작용을 통해 표면 결함을 제거하고, 거칠기를 감소시키고(Ra <0.05 μm ± 0.01 μm, GB/T 1031-2009, 연삭은 연마제를 사용하여 재료의 표면 결함을 제거하는 공정이고, 연마는 표면 마감을 개선하기 위한 추가 마무리 작업), 내마모성(마모 손실 <0.05 mm ±0.01 mm) 및 내부식성을 향상시킵니다.

5.4.2 초경 표면의 연삭 및 연마 메커니즘

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

를 개선(Ra <0.05 μm \pm 0.01 μm , GB/T 1031-2009)하고 내마모성을 향상시킵니다.

5.4.3 시멘트 카바이드 표면 연삭 및 연마의 실제 예

연마된 카바이드(Ra <0.05 μm \pm 0.01 μm)는 항공 도구에 사용되며, 마모는 <0.05 mm \pm 0.01 mm, "ASTM G65-04", 수명은 >20 시간 \pm 1 시간입니다.

5.4.4 시멘트 카바이드 표면 연삭 및 연마에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

연마 입자 크기

50-100 μm \pm 1 μm (연삭), 거칠기를 보장하기 위한 연마 입자 크기 <5 μm \pm 0.1 μm (연마)

속도

2000 rpm \pm 10 rpm은 효율성과 품질의 균형을 유지합니다. 속도 4000 rpm \pm 10 rpm 이상은 열 손상을 일으킵니다.

압력

0.3-0.5 MPa \pm 0.01 MPa는 균일한 분쇄를 보장합니다. 1MPa \pm 0.01 MPa 이상은 표면 손상이 증가합니다.

5.4.5 시멘트 카바이드 표면 연삭 및 연마를 위한 최적화 전략

3-5 μm \pm 0.1 μm 다이아몬드 페이스트, 0.3 MPa \pm 0.01 MPa 압력, 2000 rpm \pm 10 rpm 회전 속도를 사용합니다.

5.4.6 시멘트 카바이드 표면 연삭 및 연마의 엔지니어링 응용 실습

항공 도구

연마(Ra <0.05 μm \pm 0.01 μm , GB/T 1031-2009), 고온 합금 가공(1000° C \pm 10° C, 국제 공작 기계 및 제조 저널, 제 50 권, 2010 년), 수명 >20 시간 \pm 1 시간.

5.4.7 시멘트 카바이드 열처리의 기술적 매개변수 및 원리

초경합금의 열처리는 500~800° C \pm 10° C에서 2~4 시간 \pm 0.1 시간의 유지시간으로 실시합니다. (열처리란 온도와 시간을 조절하여 내부응력을 해소하거나 미세조직을 조절하는 공정입니다.) 잔류응력(<20MPa \pm 5MPa, "ASTM E837-13")을 제거하고 인성과 피로수명을 향상시킵니다.

5.4.8 초경합금 열처리 메커니즘

저온 어닐링은 내부 응력(<20 MPa \pm 5 MPa, ASTM E837-13)을 해소하고 미세 구조를 최적화하며 인성을 향상시키는 데 사용할 수 있습니다 (K_{1c} >15 MPa \cdot m^{1/2})

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

±0.5, ISO 28079:2009).

5.4.9 초경합금 열처리의 실제 사례

μm ±0.01 μm, Co 10% ±1%), 600° C ±10° C에서 열처리, 3시간 ±0.1 시간, 광산 드릴 비트용, 수명 >1800 m ±100 m.

5.4.10 초경합금의 열처리에 영향을 미치는 요인 및 최적화 전략

열처리 온도

600° C ±10° C는 응력을 효과적으로 완화하고, >900° C ±10° C는 Co 상변태를 유도합니다.

단열 시간을

3시간 ± 0.1시간으로 설정하면 응력 완화와 효율성이 균형을 이루고, 6시간 ± 0.1시간 이상으로 설정하면 비용이 증가합니다.

분위기

N₂ 분위기(O₂ < 10 ppm ±1 ppm)는 산화를 방지하고, 진공(<10⁻²Pa ± 10⁻³ Pa)은 고정밀 부품에 적합합니다.

5.4.11 초경합금 열처리 최적화 전략

사용된 조건은 600° C ±10° C, 3시간 ±0.1시간, N₂ 분위기(O₂ < 10 ppm ±1 ppm)였습니다.

5.4.12 초경합금 열처리 엔지니어링의 응용 실무

600° C ±10° C에서 열처리된 광산용 드릴 비트, 3시간 ±0.1시간, 인성 K_{1c} >18 MPa·m^{1/2} ±0.5, 수명 >1800 m ±100 m.

내마모성 금형

은 500° C ±10° C, 2시간 ±0.1시간, 강도>4200 MPa ±100 MPa, 압출>10 배 ±10 5 배로 열처리됩니다.

부록: 초경합금 프레스 방법 비교표

성형 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
단축 다이 프레스	시멘트 카바이드 분말(WC, Co 등)을 다이들 통해 축 방향으로 가하여	유압식 기계식 프레스, 블랭크로 강철	압력: 50200 MPa ±10 MPa, 가압 시간: 530 초 ±1 초, 분말 크기: 50200 μm ±10 μm, 그린바디 밀도:	장비가 간단하고 조작이 용이하며, 생산 효율이	불균일한 밀도 분포, 낮은 중심 밀도(±5%); 복잡한	치수가 <100mm ±1mm 간단한 모양의	가장 일반적으로 사용되는 초경합금 성형 공법으로,

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

성형 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
	압축하고, 다이 캐비티에서 수직력에 의해 분말이 압축되어 성형됩니다.	금형, 자동 공급 시스템; 금형 정확도 ±0.02mm.	50%70% 이론 밀도 ±2%	높아 대량 생산에 적합하며, 금형 비용이 저렴하고 유지 보수가 편리합니다.	형상이 제한되고 후속 가공이 필요함; 빌렛 강도가 낮고 균열이 발생하기 쉬움	인서트(예: 선삭 인서트), 막대, 디스크 등을 생산합니다.	중소형 빌렛에 적합합니다. 금형은 구배각(1° 2° ±0.5°)을 고려해야 합니다.
양방향 다이 프레스	위쪽과 아래쪽 편차가 동시에 압력을 가하고, 분말은 다이에서 양방향으로 압축되어 밀도 균일성을 개선하고 내부 응력을 줄입니다.	양방향 유압 프레스, 정밀 금형, 분말 충전 장치; 금형 경도 HRC 6065 ±1.	압력: 100250 MPa ±10 MPa, 압착 시간: 1040 초 ±1 초, 분말 수분 함량: <1% ±0.2%, 빌렛 밀도: 60%75% 이론 밀도 ±2%	더 균일한 밀도 (±2%), 안정적인 성능; 더 높은 빌렛, 적은 균열에 적합; 중간 및 복잡한 모양에 적합	장비가 복잡하고 비용이 많이 들며, 금형이 빨리 마모되고 유지보수가 자주 필요하며, 생산 효율이 낮습니다.	중간 크기 인서트(예: 밀링 인서트), 다이 블랭크, 높이 <150mm ±1mm 생산.	밀도 균일성에 대한 높은 요구 사항이 있는 제품에 적합하며, 상부 및 하부 압력을 동기적으로 제어해야 합니다(오차 <5 MPa).
냉간 등방압 가압(CIP)	분말을 탄성이 있는 틀(예: 고무 봉지)에 넣고 액체 매질(예: 물이나 기름) 속에서 전방위로 균일한 압력을 가해 빈칸으로 압축합니다.	냉간 등방성 프레스, 탄성 다이, 고압 펌프; 균일한 압력 정확도 ±5 MPa.	압력: 100300 MPa ±10 MPa, 유지 시간: 15 분 ±10 초, 분말 유동성: 양호(안식각 <30° ±2°), 빌렛 밀도: 70%85% 이론 밀도 ±1%	매우 균일한 밀도(±1%), 내부 응력 없음; 복잡한 형상 및 대형 빌렛에 적합; 높은 빌렛 강도 및 작은 가공 허용치	비싼 장비, 큰 투자; 긴 생산 주기, 낮은 효율성; 짧은 금형 수명, 자주 교체해야 함	복잡한 도구(드릴, 리머 등) 생산, 치수가 <500mm ±2mm 인 대형 금형 블랭크 생산.	분말 충전 균일성을 제어해야 하는(오차 <2%) 고성능 시멘트 카바이드 제품에 널리 사용됩니다.
사출 성형(PIM)	시멘트 카바이드 분말을 바인더(파라핀, 폴리머)와 혼합하여 금속에 주입하여 성형한 후 탈지하여 블랭크를 얻는다.	사출성형기, 금형, 탈지로; 금형 정확도 ±0.01 mm.	사출 압력: 50~150 MPa ±5 MPa, 사출 온도: 150~200° C ±5° C, 분말 부피 분율: 50~60% ±2%, 블랭크 수축률: 15~20% ±1%	고정밀 및 복잡한 형상에 적합, 높은 치수 정확도(±0.05mm), 자동화 및 대량 생산 가능	공정이 복잡하고 탈지 및 소결이 필요합니다. 바인더는 비싸고 오염되기 쉽습니다.	소형 정밀 공구(마이크로 블레이드 등), 복잡한 금형(크기 <50mm ±0.5mm) 생산.	고부가가치 제품에 적합하기 위해서는 바인더 배합을 최적화해야 합니다(점도 100~1000 Pa·s ±10 Pa·s).

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

성형 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
					블랭크의 수축은 정밀하게 제어되어야 합니다.		
압출 성형	분말과 바인더를 혼합하여 페이스트 형태로 만든 후, 압출기를 통해 다이로 밀어내어 긴 스트립 형태의 공백을 연속적으로 형성합니다.	압출기, 압출 다이, 진공 믹서; 다이 입구 정확도 ±0.05mm.	압출 압력: 20100 MPa ±5 MPa, 압출 속도: 0.11 m/min ±0.01 m/min, 바인더 함량: 10%20% ±1%, 빌렛 밀도: 50%65% 이론 밀도 ±2%	긴 빌렛(예: 막대)에 적합, 연속 생산, 효율성, 양호한 일관성, 폐기물 감소	단순한 단면 형상에 연속 강도가 낮고 건조가 필요함; 장비 유지 관리 비용이 높음	길이가 <1000mm ±5mm 인 카바이드 막대, 튜브 및 긴 블레이드 블랭크를 생산합니다.	단단한 초경 공구(엔드밀 등)의 경우, 빌렛의 변형을 방지하기 위해 압출 속도를 제어해야 합니다.
롤 압축	분말을 회전하는 롤러 한 쌍에 통과시키고 고압으로 얇은 시트나 스트립 형태로 압축한 후, 이를 원하는 모양으로 자릅니다.	롤링 머신, 롤러 다이, 분말 공급 장치; 롤러 경도 HRC 6570 ±1.	롤 압력: 50~150 MPa ±10 MPa, 롤러 속도: 0.55 rpm ±0.1 rpm, 분말 수분 함량: <2% ±0.2%, 블랭크 두께: 110 mm ±0.1 mm	얇은 시트 또는 스트립에 적합, 연속 생산, 효율성, 빌렛 밀도가 비교적 균일함(±3%)	제한된 형태, 낮은 복잡성; 대규모 장비 투자, 빠른 롤러 마모; 후속 절단 및 추가 공정 필요	두께가 <10 mm ±0.1 mm 인 카바이드 시트, 마모 스트립 및 스트립을 생산합니다.	내마모성 부품(예: 밀링) 블랭크에 적합하며 롤 겹 정확도를 제어해야 합니다(±0.05mm).
드라이백 등방성 프레스	금형 에 넣고, 유압 시스템을 통해 전방위로 압력을 가합니다. 프레스 후 바로 탈형하여 CIP 공정을 간소화합니다.	드라이백 등방성 프레스, 폴리우레탄 드라이백, 고압 펌프; 몰드 수명 >1000 회.	압력: 150400 MPa ±10 MPa, 유지 시간: 30120 초 ±5 초, 분말 충전 밀도: 23 g/cm ³ ± 0.1 g/cm ³ , 블랭크 밀도: 70%80% 이론 밀도 ±1%	균일한 밀도(±1%), 우수한 성능; 생산 효율이 CIP 보다 높음; 크기 빌렛에 적합	장비가 복잡하고 비용이 많이 들며, 금형 요구 사항이 높습니다. 중간 대형 블랭크에는 적합하지 않습니다.	중간 크기 인서트(예: 홈 인서트), 치수가 <200mm ±1mm 인 다이 블랭크 생산.	CIP의 장점과 성형 효율성을 결합하여 반자동 생산에 적합하며 정기적인 압력 교정(오차 <5 MPa)이 필요합니다.

초경합금 소결방법 비교표

소결 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
진공 소결	시멘트	진공소결로,	온도:	고밀도,	낮은 높은 장비	치수가	가장 일반적으로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
	카바이드 블랭크(WC, Co)를 진공 환경에서 가열하면 분말 입자가 결합하고 기공이 제거되어 고밀도 재료를 얻을 수 있습니다. 진공은 산화를 방지하고 Co 액상은 밀도를 높입니다.	저항가열 또는 유도가열기, 진공펌프(진공도 <math><10^{-2}</math> Pa);로 정확도 ± 0.1 mm.	1350~1500° C, $\pm 10^{\circ}$ C, 유지시간: 14 시간 ± 5 분, 진공도: 0.010.1 Pa ± 0.01 Pa, 빌렛 밀도: 98%99.5% 이론 밀도 $\pm 0.5\%$	다공성 (< 0.5%); 산화 없음, 안정적인 성능; 다양한 모양과 크기에 적합; 간단한 공정 제어	비용과 복잡한 유지 관리, 긴 생산 주기와 낮은 효율성, 대형 빌렛의 가열 균일성에 대한 높은 요구 사항	<200mm ± 1 mm 인서트(예: 선삭 인서트), 다이, 막대 생산.	사용되는 시멘트 카바이드 소결 방법은 균열을 방지하기 위해 제어된 가열 속도 (510 ° C/min $\pm 1^{\circ}$ C/min)가 필요합니다.
열간 등방압 가압(HIP)	고온, 고압에서 불활성 가스(예: Ar)를 사용하여 블랭크에 전방위 압력을 가하면 기공이 더욱 제거되고 밀도와 강도가 향상됩니다. 이 방법은 종종 후처리에 사용됩니다.	HIP 로, 고압 펌프, 불활성 가스 시스템; 압력 정확도 ± 0.1 MPa, 온도 정확도 $\pm 5^{\circ}$ C.	온도: 1300~1450° C, $\pm 10^{\circ}$ C, 압력: 100~200 MPa ± 0.1 MPa, 유지 시간: 13 시간 ± 5 분, 빌렛 밀도: 99.8~100% 이론 밀도 $\pm 0.2\%$	매우 높은 밀도, 이론값에 가깝다; 우수한 기계적 성질(굽힘 강도 +10%); 미세 기공 제거, 강한 내마모성; 고성능 제품에 적합	비싼 장비, 높은 운영 비용; 낮은 생산 효율성, 소량 배치; 블랭크의 초기 품질에 대한 높은 요구 사항	고성능 공구(밀링 커터, 드릴 등)와 내마모성 부품을 생산하며, 치수는 <math><300\text{mm}</math> $\pm 2\text{mm}</math>입니다.$	진공소결의 후처리로 성능을 개선하기 위해 자주 사용되며, 가스 순도가 보장되어야 합니다(>99.99%).
마이크로파 소결	블랭크는 마이크로파에 의해 직접 가열되며, 분말 입자는 마이크로파 에너지를 흡수하고 빠르게	마이크로파 소결로, 마이크로파 발생기(2.45GHz), 단열재; 온도 제어 정확도 $\pm 10^{\circ}$ C.	온도: 1300~1450° C, $\pm 10^{\circ}$ C, 가열 시간: 1060 분 ± 1 분, 전력: 110kW, 빌렛 밀도: ± 0.1 kW, 97%99% 이론 밀도	빠른 가열 속도(2050° C/분), 에너지 절약, 짧은 생산 주기(50%), 미세 입자(0.52 μm), 우수한 성능, 에너지 소비 감소	복잡한 장비, 대규모 투자; 제한된 크기(<math><100\text{mm}</math>); 분말 균일성에 대한 높은 요구 사항; 낮은 산업화 수준	금형, 치수 <math><100\text{mm}</math> $\pm 1\text{mm}</math> 생산.$	소량의 고정밀 제품에 적합한 새로운 기술은 마이크로파 흡수 소재의 최적화를 요구합니다.

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

소결 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
	가열되어 액상 소결 및 밀도화를 촉진합니다. 가열은 균일하고 시간이 짧습니다.		±0.5%				
스파크 플라즈마 소결 (SPS)	블랭크는 펄스 전류와 압력에 의해 빠르게 가열됩니다. 전류는 국소 방전을 유도하여 입자 결합 및 치밀화를 촉진합니다. 소결 시간은 매우 짧습니다.	SPS 로, 펄스 전원 공급 장치, 금형(혹은 WC); 전류 정확도 ±10 A, 압력 정확도 ±0.1 MPa.	온도: 1200~1400° C ±10° C, 압력: 30~100 MPa ±0.1 MPa, 소결 시간: 520 분 ±30 초, 온실 밀도: 98%99.5% 이론 밀도 ±0.5%	짧은 소결 시간(분), 낮은 입자 성장(0.51 μm), 높은 밀도, 우수한 성능, 소형 및 복잡한 형상에 적합	고가의 장비, 짧은 금형 수명, 제한된 크기(<50mm), 약한 대량 생산 능력, 복잡한 기술	치수가 <50mm ±0.5mm 인 고정밀 금형 생산.	100ms ± 10ms) 를 필요로 하는 실험실이나 고급 제품에 적합합니다 .
가스 보호 소결	불활성 가스(예: N ₂ , 액상 소결을 촉진하고 산화를 방지하기 위해 Ar) 또는 환원 가스(예: H ₂) 를 사용합니다. 가스 흐름은 분위기를 제어합니다.	분위기 소결로, 가스 공급 시스템, 가열 요소; 가스 순도 >99.9% ±0.01%.	온도: 1350~1480° C ±10° C, 유지 시간: 15 시간 ±5 분, 가스 유량: 110L/min ±0.1L/min, 빌렛 밀도: 97%99% 이론 밀도 ±0.5%	진공소결보다 비용이 저렴하고 대형 빌렛에 적합하며 조절이 가능하고 유연성이 높으며 장비 유지 보수가 쉽습니다.	밀도가 약간 낮음(1%); 가스 순도 요구 사항이 높음; 제어가 어려움; 진공 소결보다 성능이 약간 떨어짐	치수가 <500mm ±2mm 인 대형 막대, 다이, 마모 부품을 생산합니다.	기존 방법은 비용에 민감한 시나리오에 적합하며 오염을 방지하기 위해 가스 흐름을 모니터링해야 합니다.
저압 소결	저압 불활성 가스(예: Ar) 를 진공 및 약간의	저압소결로, 진공펌프, 가스제어시스템; 압력정확도	온도: 1350~1450° C ±10° C, 압력: 110MPa	고밀도, 저다공성 (< 0.3%); 장비비용은 HIP 보다 낮음;	긴 생산 주기; 복잡한 압력 제어; 블랭크의 초기	인서트(예: 밀링 인서트), 다이 블랭크	진공소결과 HIP 는 비용과 성능의 균형을 맞추며 정밀한 압력 구배

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

소결 방법	프로세스 원리	주요 장비	프로세스 매개변수	이점	결점	적용 가능한 시나리오	설명하다
	압력(<10 MPa) 과 결합하면 액상 소결이 촉진되어 밀도와 특성이 향상됩니다.	±0.05MPa .	±0.05MPa, 유지시간: 13 시간 ±5 분, 밀도: 98.5%~99.5% 이론밀도 ±0.3%	성능은 HIP 와 유사; 증대형 밀렛에 적합	밀도에 대한 높은 요구 사항; 높은 에너지 소비	생산, 치수 <250mm . 높은 ±1mm .	제어가 필요합니다.

참고문헌

- German, RM (2014). 초경합금의 소결. VK Sarin (편), 종합 경질 재료 (제 1 권, 191-110 쪽). Elsevier .
- 코나신, I., & Klyachko, L. (2018). 초경합금 소결의 최신 동향. 국제 내화 금속 및 경질 재료 저널, 74, 6571 .
- Schubert, WD, & Lassner, E. (2019). 텅스텐 카바이드 가공: 분말에서 소결 제품으로. Powder Metallurgy, 62(3), 145153.
- WCCo 초경합금 의 스파크 플라즈마 소결 . 일본분말야금학회지, 67 (5), 231238. Sakaguchi, S., & Kimura, Y. (2020). 미세 입자 크기의 WCCo 초경합금의 스파크 플라즈마 소결. 일본분말야금학회지, 67(5), 231238 .
- Garcia, J., & Ciprés, VC (2021). 초경합금 열간 등방성 성형의 발전. CIRP Annals, 70(1), 231234.
- Garcia, J., & Ciprés, VC (2021). 초경합금 열간 등방성 성형의 발전. CIRP Annals, 70(1), 231234.
- Rajput, SK, & Kumar, S. (2022). 초경합금의 마이크로파 소결: 공정 최적화 및 특성. Materials Today : 회의록, 56, 12341240.
- Lengauer, W., & Danninger, H. (2023). 초경합금의 액상 소결 메커니즘. Metallurgical and Materials Transactions A, 54(2), 567578. Lengauer, W., & Danninger, H. (2023). 초경합금의 액상 소결 메커니즘. Metallurgical and Materials Transactions A, 54(2), 567578. <https://doi.org/10.1007/s11661022069453>
- Schröter, M., & Böhm, A. (2022). Hartmetallen 의 Oberflächenbearbeitung : 뚫고 연마 하기 . 베르크스트로프테크닉, 48(3), 8997.
- Schröter, M., & Böhm, A. (2022). 초경합금의 표면 가공: 연삭 및 연마. 재료 기술, 48(3), 8997 .
- Wang, X., & Li, J. (2020). 초경합금의 냉간 등방성 성형: 그린 밀도 및 균일성에 미치는 영향. Powder Technology, 364, 456463 .
- Liu, H., & Zhang, Y. (2021). 초경합금용 프레스 기술의 발전. 중국 텅스텐 산업, 36(4), 4552 .
- Chen, Z., & Wang, T. (2022). 초경합금의 진공 소결 공정 최적화. 재료과학 및 공학 저널, 40(5), 678685.

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

- Miyake, T., & Nakahara, S. (2021). 초경합금의 마이크로파 소결에서의 미세조직 제어. *일본금속재료학회지*, 85(6), 201208.
- 액상 소결 중 초경합금의 입자 성장 억제. *Acta Materialia*, 245, 118612.
- Borg, I., & Hedstrom, P. (2023). 초경합금 액상소결 시 입자 성장 억제. *Acta Materialia Sinica*, 245, 118612.
- Zhang, Q., & Li, X. (2022). 열간 등압 성형 변수가 초경합금의 특성에 미치는 영향. *Powder Metallurgy Technology*, 40(3), 234241.
- Zhang, Q., & Li, X. (2022). 열간 등압 성형 변수가 초경합금의 특성에 미치는 영향. *Powder Metallurgy Technology*, 40(3), 234241.
- Rödel, J., & Franke, R. (2021). 초경합금 가공: 열처리 및 응력 완화. *재료 과학 및 공학 기술*, 52(4), 345353.
- Sun, Y., & Zhao, J. (2023). 초경합금 표면 연마 기술: 내마모성에 미치는 영향. *Ceramics International*, 49(8), 1234512353.
- Sun, Y., & Zhao, J. (2023). 초경합금 표면 연마 기술: 내마모성에 미치는 영향. *International Ceramics*, 49(8), 1234512353.
- Li, M., & Wang, H. (2020). 초경합금의 금형 설계 및 성형체 균일도에 관한 연구. *China Mechanical Engineering*, 31(6), 789796.
- Li, M., & Wang, H. (2020). 초경합금의 금형 설계 및 성형체 균일도에 관한 연구. *China Mechanical Engineering*, 31(6), 789796.
- Kato, M., & Fujii, H. (2022). 초경합금의 스파크 플라즈마 소결에서의 에너지 효율. *분말 기술 학회지*, 일본, 59(7), 321329.
- Wu, J., & Chen, H. (2024). 초경합금 냉간 등압 성형의 지능형 제어. *제조 공정 저널*, 112, 456465
- 액상 소결 속도론 연구. *재료 보고서*, 35(9), 15671574.
- 김정현 & 이성경 (2023). 표면 조도 향상을 위한 초경합금의 레이저 연마. *표면 및 코팅 기술*, 452, 129123.
- Jin Zhihao, & Li Shangji. (2023). 표면 조도 향상을 위한 초경합금의 레이저 연마. *표면 및 코팅 기술*, 452, 129123.
- Yang, L., & Zhang, Z. (2022). 초경합금 후가공 기술의 발전. *Materials China*, 41(5), 345352.
- 의 특성에 대한 성형 공정의 영향. *금속*, 74(8), 567574.
- Xu, W., & Liu, X. (2023). 초경합금의 저온 소결: 과제와 기회. *국제 내화 금속 및 경질 재료 저널*, 115, 106321.
- Tanaka, H., & Saito, T. (2023). 초경합금 표면처리 기술의 발전. *Materials Science Japan*, 60(4), 178185.
- Tanaka, H., & Saito, T. (2023). 초경합금 표면처리 기술의 발전. *Materials Science Japan*, 60(4), 178185.

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 프레스링 프레스에는 어떤 종류가 있나요?
산업용 사물 인터넷 (IIoT)과 스마트 제조에 적합한 장비는 무엇입니까?

초경합금 프레스의 종류, 가장 진보된 대표적인 프레스, 그리고 산업용 사물 인터넷(IIoT) 및 스마트 제조와의 연관성에 대해 다룹니다. 본 자료는 초경합금 프레스 공정의 기술적 특성, 장비 설계 세부 사항, 작동 매개변수, 성능 지표, 적용 사례, 유지보수 요건, 그리고 IIoT 및 스마트 제조와의 통합 가능성을 기반으로 최신 산업 데이터, R&D 동향 및 시장 동향을 종합적으로 분석하여 포괄적이고 상세하며 실용적인 내용을 담고자 노력했습니다.

1. 카바이드 프레스의 종류

초경합금 프레스는 분말야금 분야에서 초경합금(WC-Co, WC- TiC -Co 등) 블랭크를 성형하는 데 사용되는 핵심 장비입니다. 프레스의 종류는 프레스 방식, 압력 적용 형태, 공정 복잡성, 자동화 수준 및 적용 시나리오에 따라 다양합니다. 다음은 13 가지 주요 프레스 유형에 대한 자세한 설명으로, 기술 원리, 기계 구조, 핵심 구성 요소, 작동 매개변수, 성능 지표, 유지보수 요건 및 일반적인 적용 분야를 다룹니다. 각 프레스의 명칭은 괄호 안에 추가되었으며, 영문 번역도 함께 제공됩니다.

1.1. 단방향 프레스

기술 원리

압력(100~300 MPa)은 단일 수직 가압 헤드에 의해 가해지며, 분말 입자는 금형의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

구속에 의해 압축되고 치밀해집니다. 이 방식은 단순한 기하학적 형상의 성형체에 적합합니다. 가압력은 주로 단일 축을 따라 전달되며, 밀도 분포는 중력의 영향을 받습니다.

기계 구조

프레임: 강철 단축 프레임, 지지력 >500 kN .

압입자: 고경도 강철(Cr12MoV, HRC 58-60), 표면 경화됨.

금형 : 고정, 내벽은 $Ra < 0.2 \mu m$ 로 연마 , 내압성 300-400 MPa, 수명 500-1000 회.

구동 시스템: 유압 실린더 또는 기계식 캠, 전력 5-10kW.

주요 구성 요소

압력 센서: 정확도 ± 5 MPa, 압력 힘을 모니터링합니다.

변위 센서: 정확도 ± 0.1 mm, 압력 헤드의 스트로크를 제어합니다.

작동 매개변수

가압력: 200 MPa(일반적인 값).

누르는 시간: 5~10 초.

금형 온도: 20-40°C(정상 온도 작동).

전력 소비량: 5-10kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 50%-65%(약 $6.5-8.0 \text{ g/cm}^3$) .

소결 후 경도: HRA 88-90.

다공성: A02-B02(ISO 4505 표준에 따름).

유지 관리 요구 사항

매달 금형 마모 상태를 점검하세요(두께가 0.1mm 이상 감소하면 교체해야 합니다).

파우더가 달라붙는 것을 방지하려면 500 번 누를 때마다 프레스 헤드를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

시간당 200 개의 생산 효율을 갖춘 WC-8%Co 절삭 인서트 ($10 \times 10 \times 5 \text{ mm}$) 와 같은 간단한 기하학적 부품입니다 .

제한 사항 : 밀도 구배가 크고(>10%) 복잡하거나 대형 부품에는 적합하지 않습니다.

1.2. 양방향 프레스

기술 원리

상하 또는 상하 + 측면 이중 압력 헤드(200~400MPa)를 사용하여 양방향 힘 균형을 통해 밀도 기울기를 줄이므로 중간 복잡한 모양의 블랭크에 적합합니다.

기계 구조

프레임: 이축강구조, 지지력 >1000 kN .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압입기: 2-3 개(초경 또는 HRC 60 강), 표면은 TiN 으로 코팅됨 .
금형 : 이동식, 내벽 Ra<0.1 μ m , 내압성 500 MPa, 수명 1000-2000 회.
구동 시스템: 듀얼 유압 실린더, 출력 10-20kW.

주요 구성 요소 :

동기 제어 시스템: 압력 헤드 편차가 0.1mm 미만이 되도록 보장합니다.
압력 센서: 정확도 ± 2 MPa.

작동 매개변수 :

압축 압력: 300 MPa.
누르는 시간: 10~20 초.
금형 온도: 20-50° C.
전력 소비량: 10-20kW.

성과 지표 :

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 60%-75%(약 7.8-9.5 g/ cm³)
소결 후 경도: HRA 89-91.
다공성: A02(균일성이 단일 방향 압착보다 우수함).

유지 관리 요구 사항 :

1000 회마다 압입자의 동기화를 확인하고 편차를 <0.05mm 로 조정합니다.
시스템 오염을 방지하려면 분기별로 유압 오일을 교체하세요.

일반적인 적용 분야 : 중간 정도 복잡한 형상(예: WC-10%Co 밀링 커터 블랭크(직경 20mm), 생산 효율 150 개/시간)

제한 사항 : 여전히 매우 복잡한 모양에는 적합하지 않으며, 장비 유지 관리 비용이 약간 더 높습니다.

1.3. 냉간 등압 프레스(CIP)

기술 원리

분말백은 고압 액체 매질(예: 오일이나 물, 200~400MPa)에 의해 전방위적인 압력으로 압축되며, 압력이 균일하게 전달되어 복잡한 3 차원 형상에 특히 적합합니다.

기계 구조

고압용기: 스테인리스강 또는 티타늄 합금, 내압성 >500 MPa, 내경 300-1000 mm.
액체 순환 시스템: 오일 펌프 또는 워터 펌프, 유량 100-500 L/min.
금형 : 유연한 고무백(Shore A 70 \pm 5), 내압성 300MPa.
구동 시스템: 고압 펌프, 전력 50-100kW.

주요 구성 요소

압력 센서: 정확도 ± 5 MPa, 다중 지점 분포.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

온도 조절: 20-50° C, 정확도 $\pm 2^{\circ}$ C.

작동 매개변수

압축 압력: 300 MPa.

압축시간: 3-10 분.

작동 온도: 20-50° C.

전력 소비량: 50-100kW.

성과 지표

그린 밀렛 밀도: 이론 밀도의 75%-85%(약 9.7-10.8 g/cm³) .

소결 후 경도: HRA 90-92.

다공성: A00-B00.

유지 관리 요구 사항

500 시간마다 용기 밀봉을 점검하고 누출 압력은 0.1MPa 미만이어야 합니다.

순도 99% 이상을 유지하려면 분기별로 액체 매체를 교체하세요.

일반적인 응용 프로그램

생산 효율이 배치당 50 개인 WC-12%Co 항공우주 도구 블랭크(직경 50mm)와 같은 복잡한 형상의 부품입니다.

제한 사항 : 긴 사이클 타임과 높은 장비 비용(100 만 달러 이상).

1. 4. 열간 등압 프레스(HIP)

기술 원리

고온(1350~1450° C) 및 고압(100~200MPa)에서 압축물을 후처리하여 미세기공을 제거하고 결정립 구조를 최적화합니다.

기계 구조

오토클레이브: 내압성 >200 MPa, 내부 공동 직경 >200 mm, 고강도 강철로 제작.

가열 시스템: 저항로 또는 유도가열, 전력 >150kW.

가스 시스템: Ar 또는 N₂ , 순도>99.99%, 압력 제어 ± 1 MPa.

구동 시스템: 고압 펌프 + 히터, 전력 150-300kW.

주요 구성 요소

온도 센서: 정확도 $\pm 5^{\circ}$ C, 다중점 분포.

압력 센서: 정확도 ± 1 MPa.

작동 매개변수

압축 압력: 150 MPa.

작동 온도: 1400° C.

보온 시간: 1~4 시간.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전력 소비량: >150kW.

성과 지표

밀도: 이론 밀도의 99.8% 이상(약 12.5-13.0 g/cm³)

경도: HRA 92-94.

다공성: <0.03%.

유지 관리 요구 사항

주전자는 1000 시간 마다 청소해야 하며 균열은 0.1mm 이하이어야 합니다.

순도를 유지하려면 분기별로 가스 필터를 교체하세요.

일반적인 응용 프로그램

WC-10%Co 광산 드릴 비트와 같은 높은 신뢰성의 부품은 수명이 20 시간 이상입니다.

제한 사항 : 비용이 매우 많이 듭니다(500 만 달러 이상). 대부분 후처리 비용입니다.

1.5. 다이프레싱 머신

기술 원리

단방향 또는 양방향 프레싱(200MPa)을 위한 정밀 금형과 결합하면 금형 제약을 통해 효율적인 일괄 생산이 달성됩니다.

기계 구조

프레임: 강철, 지지력 >800 kN .

압입자: 고경도 강철(HRC 58), 표면 연마됨.

금형 : 교체 가능, 내벽 Ra<0.1 μm , 내압성 400 MPa, 수명 500-1000 회 .

구동 시스템: 유압, 출력 5-15kW.

주요 구성 요소

진동 충전 장치: 50Hz, 분말 압축을 강화합니다.

압력 센서: 정확도 ±5 MPa.

작동 매개변수

압축 압력: 200 MPa.

누르는 시간: 5~10 초.

전력 소비량: 5-15kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 60%-70%(약 7.8-9.0 g/cm³) .

소결 후 경도: HRA 90.

다공성: A02.

유지 관리 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

500 회마다 다이를 교체하고 마모가 0.1mm 이상인지 확인하세요.
파우더 잔여물이 남지 않도록 매달 프레스 헤드를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

(10 ×10×5 mm) 와 같은 표준화된 절단 블레이드 의 생산 효율은 시간당 300 개입니다.

제한 사항 : 제한된 형태, 빠른 금형 마모.

1.6. 압출 프레스

기술 원리

분말-바인더 혼합물(PVA 15%-25%)을 스크류 또는 피스톤으로 다이(300MPa)를 통해 압출하여 연속적인 길쭉한 본체를 형성했습니다.

기계 구조

압출 실린더: 내압성 >500 MPa, 내벽은 카바이드 코팅 처리됨.

금형 : 정밀 설계, 허용 오차 <0.01 mm, 내열성 80° C.

구동 시스템: 유압 + 나사, 전력 20-40kW.

절단 시스템: 자동 도구, 정확도 ±0.1mm.

주요 구성 요소

온도 제어 모듈: 50-80° C, 정확도 ±2° C.

압력 센서: 정확도 ±5 MPa.

작동 매개변수

압축 압력: 300 MPa.

압출 속도: 0.5-2m/분.

전력 소비량: 20-40kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 55%-65%(약 7.0-8.3 g/cm³) .

소결 후 경도: HRA 91.

다공성: A02.

유지 관리 요구 사항

500m 마다 금형 마모를 점검하고 허용 오차가 0.02mm 이상인 경우 교체하세요.

접착제 잔여물이 남지 않도록 매달 나사를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

생산 속도가 10m/시간인 WC-10%Co 막대(직경 5mm, 길이 300mm)와 같은 카바이드 막대.

한정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

탈지과정이 필요하고 그 과정이 복잡하다.

1.7. 사출 성형 프레스

기술 원리

분말-바인더(PP/POM 20%-30%) 혼합물을 가열(150-200° C)하고 금형(80MPa)에 주입한 후 냉각 후 탈형합니다.

기계 구조

배럴: 150~200° C로 가열, 전력 10~20kW.

금형: H13 강 또는 초경, 허용오차 <0.01mm, 수명 5000 회.

구동 시스템: 스크류 주입, 전력 20-50kW.

냉각 시스템: 물 순환, 온도 50-80° C.

주요 구성 요소

온도 센서: 정확도 $\pm 2^{\circ}$ C.

압력 센서: 정확도 ± 2 MPa.

작동 매개변수

사출 압력: 80 MPa.

사출 온도: 180° C.

금형 온도: 60° C.

전력 소비량: 20-50kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 50%-60%(약 6.5-7.6 g/cm³) .

소결 후 경도: HRA 92.

다공성: A00-B00.

유지 관리 요구 사항

1000 번마다 금형의 마모 여부를 점검하고, 허용 오차가 0.01mm 이상인 경우 금형을 교체하세요.

바인더의 탄화를 방지하기 위해 매달 배럴을 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

효율이 시간당 100 개인 WC-6%Co 기어(직경 3mm, 두께 1mm) 등의 마이크로 부품을 생산합니다 .

한정

과정이 많고 비용도 많이 듭니다.

1.8. 드라이백 프레스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술 원리

고정된 고무 틀(드라이백)을 사용하여 300MPa의 압력을 가하는 방식으로 등방성 압축과 유사하지만 더 효율적입니다.

기계 구조

고압용기: 내압성 >400 MPa, 내경 200-500 mm.

금형: 고무(Shore A 70±5), 벽 두께 5-10mm.

구동 시스템: 유압 펌프, 출력 30-60kW.

주요 구성 요소

압력 센서: 정확도 ±5 MPa.

변위 센서: 정확도 ±0.1mm.

작동 매개변수

압축 압력: 300 MPa.

압축 시간: 5-10 분.

전력 소비량: 30-60kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 70%-75%(약 9.0-9.5 g/cm³).

소결 후 경도: HRA 90.

다공성: A00-B00.

유지 관리 요구 사항

고무 몰드의 경도 변화를 500 회마다 점검하세요. 경도 변화가 5 이상일 경우 교체하세요.

매달 용기 내부를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

WC-8%Co 베어링 슬리브(직경 50mm)와 같은 중간 크기의 부품은 배치당 80 개의 속도로 생산될 수 있습니다.

L 모방

형태는 제한적이고, 비용은 중간 수준입니다.

1.9. 다방향 프레스

기술 원리

여러 개의 프레스 헤드(4-6)가 압력(수직 400MPa, 측면 300MPa)을 가해 3 차원 압축을 달성합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기계 구조

프레임: 다축 강철 구조, 지지력 >2000 kN .
압입기: 6 개(경질 합금, 내압성 800MPa).
금형 : 복합 디자인, 내벽 Ra< 0.1 μm .
구동 시스템: 다중 유압 실린더, 출력 15-30kW.

주요 구성 요소

동기 제어 시스템: 편차 <0.5 mm.
압력 센서: 정확도 ±5 MPa.

작동 매개변수

압축 압력: 400 MPa.
누르는 시간: 10~20 초.
전력 소비량: 15-30kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 75%-80%(약 9.7-10.2 g/cm³) .
소결 후 경도: HRA 91.
다공성: A00-B00.

유지 관리 요구 사항

압입자의 마모 여부를 1000 회마다 점검하세요. 두께가 0.1mm 이상 감소하면 압입자를 교체하세요.
매월 동기화 시스템을 교정합니다.

일반적인 응용 프로그램

WC-8%Co 다중 모서리 도구 블랭크(직경 30mm)와 같은 복잡한 도구 블랭크의 생산 효율은 시간당 120 개입니다.

한정

장비가 복잡하고 비용이 많이 든다.

1. 10. 다축 비등방 프레스

기술 원리

4 방향 또는 6 방향 독립적인 압력 적용(수직 500MPa, 측면 400MPa)으로 압력 분포를 최적화합니다.

기계 구조

프레임: 다축 서보 구조, 지지 용량 >3000 kN .
압입기: 6 개(경질 합금, 내압성 > 800 MPa).
금형 : 정밀 설계, 허용 오차 <0.01 mm, 수명 >10,000 회.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

구동 시스템: 서보 유압, 출력 20-50kW.

주요 구성 요소

CNC 제어 시스템: 정확도 <0.01mm.

다중점 센서: 압력 $\pm 2\text{MPa}$, 변위 $\pm 0.01\text{mm}$.

작동 매개변수

압축 압력: 500 MPa.

누르는 시간: 10~20 초.

전력 소비량: 20-50kW.

성과 지표

그린 밀렛 밀도: 이론 밀도의 85%-90%(약 10.8-11.4 g/cm³)

소결 후 경도: HRA 92.

다공성: A00.

유지 관리 요구 사항

서보 시스템을 2000 번마다 점검하고, 편차 > 0.01mm 교정을 실시합니다.

가루가 쌓이는 것을 방지하려면 매달 곱팡이를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

생산 효율이 시간당 100 개인 WC-12%Co 밀링 커터 블랭크(직경 40mm)와 같은 다중 날 도구 블랭크입니다.

한정

장비가 복잡하고 초기 투자 비용이 높습니다.

1. 11. 롤링 프레스

기술 원리

더블 롤러(100 MPa)에 의한 연속 프레스는 얇은 시트 블랭크에 적합합니다.

기계 구조

롤러: 초경 또는 HRC 60 강, 표면 Ra<0.2 μm , 직경 200-500 mm.

공급 시스템: 진동 장치, 주파수 50Hz.

구동 시스템: 전기 모터, 출력 10-20kW.

간격 조정: 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

주요 구성 요소

두께 센서: 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

속도 센서: 정확도 $\pm 0.5\text{rpm}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

작동 매개변수

가압력: 100 MPa.

롤러 속도 : 5-15 rpm.

간격: 0.5-5mm.

전력 소비량: 10-20kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 50%-60%(약 6.5-7.6 g/cm³) .

소결 후 경도: HRA 89.

다공성: A02.

유지 관리 요구 사항

μm 일 때 1000 롤링 사이클마다 연마 롤러 .

매달 사료의 균일성을 점검하세요.

일반적인 응용 프로그램

WC-10%Co 박판(두께 2mm, 폭 100mm) 등의 박판 블랭크 생산, 생산 효율 200m²/일.

한정

밀도가 낮아 복잡한 모양에는 적합하지 않습니다.

1.12. 폭발 압축 시스템

기술 원리

충격과(1000~5000MPa)를 이용해 폭발을 순간적으로 억제하기 위한 특수 시설이 필요합니다.

기계 구조

용기: 고강도 강철(40CrNiMoA, 두께 15-20mm), 내압성 >6000MPa.

폭발 시스템: TNT 0.5-1kg, 배치 정확도 ±1cm.

안전시설 : 방폭벽(두께>1m), 원격감시실

주요 구성 요소

압력 게이지: 순간 압력 모니터링, 정확도 ±50 MPa.

열처리로: 600-1000° C, 전력 20kW.

작동 매개변수

압축 압력: 3000 MPa.

억제 시간: <1ms .

전력 소비량: 폭발 에너지에 따라 다름.

성과 지표

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 90%-95%(약 11.5-12.0 g/ cm³)

소결 후 경도: HRA 94.

다공성: A00.

유지 관리 요구 사항

폭발이 10 번 일어날 때마다 용기의 완전성을 점검하고 균열이 0.1mm 이상인 경우 용기를 교체하세요.

환경 보호 기준을 충족하기 위해 매달 잔여물을 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

생산 효율이 배치당 10 개인 WC-6%Co PVD 타겟(직경 100mm, 두께 5mm) 등 고성능 부품입니다.

한정

안전 요구 사항이 높고, 비용이 많이 들며, 전문적인 운영이 필요합니다.

1.13. 진동 보조 프레스

기술 원리

고주파 진동(20~100kHz)과 압력(200MPa)을 결합하면 밀도와 균일성이 향상됩니다.

기계 구조

프레임: 강철, 지지력 >1000 kN .

압입자: 고경도 강철(HRC 58), 내압성 400 MPa.

진동기: 초음파, 전력 2-5kW, 주파수 50kHz.

구동 시스템: 유압, 출력 5-10kW.

주요 구성 요소

주파수 센서: 정확도 ±2 kHz.

밀도 센서: 정확도 ±0.5%.

작동 매개변수

압축 압력: 200 MPa.

진동 주파수: 50 kHz.

누르는 시간: 10~20 초.

전력 소비량: 5-10kW.

성과 지표

그린 빌렛 밀도: 이론 밀도의 65%-75%(약 8.5-9.5 g/ cm³)

소결 후 경도: HRA 91.

다공성: A00-B00.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

유지 관리 요구 사항

진동기의 마모 여부를 500 회마다 점검하세요. 주파수 편차가 5% 이상이면 교체하세요.

가루가 쌓이는 것을 방지하려면 매달 곰팡이를 청소하세요.

일반적인 응용 프로그램

WC-8%Co 드릴 블랭크(직경 10mm, 높이 15mm)와 같은 소형 도구 블랭크의 생산 효율은 시간당 200 개입니다.

한정

대형 부품에는 적합하지 않으며 주파수 최적화가 필요합니다.

2. 가장 진보된 전형적 카바이드 프레스

다음은 가장 진보적이고 대표적인 초경 압축 프레스입니다. 각 프레스의 기술 사양, 기능 모듈, 성능 데이터, 적용 사례, R&D 배경 및 시장 지위에 대한 자세한 설명이 포함되어 있으며, 이름 뒤에 괄호와 영어 번역이 추가되었습니다.

2.1 현대식 다축 서보 유압 프레스

대표 브랜드

Schuler AG(독일), Komatsu Industries(일본), SMS Group(독일), Cincinnati(미국).

기술 사양

압력 범위: 400-600 MPa.

압력 헤드 수: 4-6 개, 서보 모터로 구동, 변위 정확도 <0.01mm.

전력: 30-70kW.

제어 시스템: CNC(Siemens Sinumerik 또는 Fanuc 32i), 통합 IIoT 모듈.

금형: 카바이드 라이닝(HRA 88), 내압성 >800 MPa, 수명 >10,000 회.

센서: 다중점 압력(± 1 MPa), 온도($\pm 1^\circ$ C), 변위(± 0.01 mm).

기능 모듈

다축 제어 : 4 방향/6 방향 프레스링 지원, 압력 비율의 동적 조정(1:0.7:0.6), 편차 <1%.

스마트 모니터링 : 실시간 데이터 수집(100Hz), 클라우드로 전송, 최대 10TB 저장 용량.

AI 최적화 : 머신 러닝 모델은 최적의 매개변수를 예측하여 결함률을 1% 미만으로 줄입니다.

예측 유지 관리 : 진동 및 온도 분석을 기반으로 하며, 72 시간의 경고 시간을 제공합니다.

에너지 소비 관리 : 유압 시스템을 최적화하고 에너지 소비를 5~10% 줄입니다.

성능 데이터

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

그린 빌릿 밀도: 이론 밀도의 85%-90%.

소결 후 경도: HRA 92-93.

생산 효율: 120 개/시간(복잡한 부품).

적용 사례

Schuler SmartPress 600 은 2024 년에 에어버스 A350 구성품에 사용할 WC-12%Co 멀티 에지 밀링 커터 블랭크(직경 40mm)를 생산할 예정이며, 서비스 수명은 1000m 이상입니다.

R&D 배경 : 2019 년부터 2023 년까지 R&D 투자액은 1 억 5 천만 달러이며, 다축 동기화와 IIoT 통합에 중점을 두고 있습니다.

시장 지위 : 2024 년 글로벌 매출은 15% 증가하여 다축 프레스 시장의 50%를 차지할 전망이며, 주요 고객은 항공 및 자동차 산업입니다.

2.2 스마트 등압 프레스

대표 브랜드

Quintus Technologies(스웨덴), Avure Technologies(미국), Kobe Steel(일본), Bodycote(영국).

기술 사양

압력 범위: 200-400MPa(CIP), 100-200MPa(HIP).

온도 범위: 20-1450° C(HIP 모드).

전력: 50-150kW(CIP), 150-300kW(HIP).

제어 시스템: DCS(Honeywell 또는 ABB), OPC UA 지원.

용기: 티타늄 합금 또는 고강도 강철, 내압성 >500 MPa, 내부 공동 직경 300-1000 mm.

센서: 압력(± 1 MPa), 온도($\pm 2^\circ$ C), 가스 흐름(± 0.1 L/min).

기능 모듈

전방위 프레스 : 균일한 압력 분포, 밀도 75%-85%(CIP), >99.8%(HIP).

자동화된 적재 및 하역 : 로봇 팔 통합으로 효율성이 20% 향상됩니다.

데이터 분석 : IoT 모듈은 프로세스 매개변수를 기록하고, AI 최적화 편차는 <0.5%입니다.

원격 작업 : 5G 연결은 < 50ms 의 지연 시간으로 국경 간 협업을 지원합니다.

에너지 절약 설계 : 열 회수 시스템으로 에너지 소비를 10~15% 절감합니다.

성능 데이터

녹색 빌릿 밀도: 75%-85%(CIP), >99.8%(HIP).

소결 후 경도: HRA 90-94.

생산 효율: 50 개/배치(CIP), 20 개/배치(HIP).

적용 사례

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Quintus QIF 122 는 2023 년 GE Aviation 을 위해 밀도가 99.5%, 기공률이 <0.03%인 WC-10%Co 항공 공구 블랭크를 생산합니다.

R&D 배경 : 회사는 2018 년부터 2022 년까지 2 억 달러를 R&D 에 투자할 예정이며, 특히 HIP 고온 고압 기술 개발에 집중할 예정입니다 .

시장 지위 : 2023 년에는 글로벌 HIP 시장의 40%를 차지할 것이며, 2024 년에는 10% 성장할 것으로 예상되며, 주로 항공 및 의료 분야에 사용될 것입니다.

2.3 고정밀 사출 성형 프레스

대표 브랜드

아르부르크(독일), 엔겔(오스트리아), 스미토모 데막(일본), 비트만 바텐펠트(오스트리아).

기술 사양

압력 범위: 50-120 MPa.

온도 범위: 150-200° C(배럴), 50-80° C(금형).

전력: 20-50kW.

제어 시스템: 폐쇄 루프 제어(Beckhoff 또는 Bosch Rexroth), 정확도 $\pm 2^{\circ}$ C, ± 2 MPa.

금형 : H13 강 또는 초경, 허용오차 <0.01mm, 수명 5000~10,000 회.

센서: 온도($\pm 1^{\circ}$ C), 압력(± 1 MPa), 유량(± 0.1 L/min).

기능 모듈

고정밀 사출 : 허용오차 <0.01mm, 마이크로 부품에 적합.

자동화된 공정 : 통합 탈지 및 냉각 시스템, 수동 개입 <20%.

3D 금형 설계 : 적층 제조 금형을 지원하며, 라인 교체 시간은 30 분 이내입니다.

데이터 통합 : MES 인터페이스, 프로세스 데이터 추적성 99%.

에너지 절약 최적화 : 열 회수 시스템은 에너지 소비를 5%-10% 절감합니다.

성능 데이터

그린 빌릿 밀도: 이론 밀도의 50%-60%.

소결 후 경도: HRA 92.

생산 효율: 시간당 100~150 개.

적용 사례

Arburg Allrounder 570 은 2024 년에 허용 오차 <0.01mm 의 의료용 임플란트용 WC-6%Co 마이크로 기어(직경 3mm)를 생산합니다.

R&D 배경 : 2020 년부터 2023 년까지 마이크로 부품의 정밀도 향상에 중점을 두고 R&D 에 8,000 만 달러를 투자할 예정입니다.

시장 지위 : 2024 년에는 판매량이 12% 증가하여 사출성형 시장의 30%를 차지할 것으로 예상되며, 주요 고객은 의료 및 전자 산업입니다.

2.4 폭발 압축 시스템

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

대표 브랜드

맞춤형 장비 (러시아 의 Technodinamika , 중국의 North Industries, 미국의 Dyno Nobel).

기술 사양

압력 범위: 1000-5000 MPa(순간).

폭발 에너지: TNT 0.5-1kg, 조정 범위 0.3-2kg.

용기: 고강도 강철(40CrNiMoA, 두께 15-20mm), 내압성 >6000MPa.

안전시설 : 방폭벽(두께>1m), 원격감시실, 보호거리>500m

센서: 순간 압력(± 50 MPa), 온도($\pm 10^\circ$ C).

기능 모듈

충격과 억제 : 녹색 빌릿 밀도 90%-95%, 시간 <1 밀리초.

정확한 배치 : 폭발 밀도 1.5-1.7 g/cm³ , 에너지 제어 정확도 $\pm 5\%$.

열처리 통합 : 600-1000 $^\circ$ C, 미세균열 수리, 시간 2-3 시간.

안전 관리 : ISO 9001 및 군사 표준을 준수하고 원격 폭발을 실시합니다.

성능 데이터

그린 빌릿 밀도: 이론 밀도의 90%-95%.

소결 후 경도: HRA 94.

생산 효율: 10 개/배치.

적용 사례 : China North Industries 는 2023 년에 밀도 93%의 반도체 코팅용 WC-6%Co PVD 타겟(직경 100mm)을 생산할 예정입니다.

R&D 배경 : 2015 년부터 2020 년까지 R&D 에 1 억 달러를 투자했으며, 보안과 일관성에 중점을 두었습니다.

시장 지위 : 틈새 시장으로 2023 년에는 1%를 차지하고 2024 년에는 10% 성장할 것으로 예상되며, 주로 방위 및 고급 소재에 사용됩니다.

2.5 진동 지원 스마트 프레스

대표 브랜드

히타치(일본), 지멘스(독일), 보쉬렉스로스(독일), 미쓰비시 전기(일본).

기술 사양 :

압력 범위: 100~300MPa, 일반적으로 200MPa 가 사용됩니다.

진동 주파수: 20~100 kHz, 정확도 ± 2 kHz.

전력: 5-10kW(진동기) + 10-20kW(압력).

제어 시스템: PLC+IIoT 모듈(Siemens S7 또는 Rockwell Allen-Bradley), 주파수 안정성 <5%.

금형 : 고경도 강철(HRC 58), 내압성 400 MPa, 수명 5000 회.

센서: 주파수(± 2 kHz), 밀도($\pm 0.5\%$), 압력(± 5 MPa).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기능 모듈 :

진동 최적화 : 주파수 50kHz 는 밀도를 65%-75% 증가시키고 기공(A00)을 감소시킵니다.

지능형 모니터링 : 센서가 실시간 피드백을 제공하고 데이터는 엣지 컴퓨팅을 통해 처리됩니다.

예측 유지 보수 : 진동기 수명 예측 오차 <5%, 경고 시간 48 시간.

저렴한 업그레이드 : 기존 프레스와 호환, 투자 회수 기간 < 1년.

에너지 절약 설계 : 진동 에너지 소비가 최적화되어 5~8% 감소합니다.

성능 데이터 :

그린 빌릿 밀도: 이론 밀도의 65%-75%.

소결 후 경도: HRA 91.

생산 효율: 시간당 200 개.

적용 사례

지멘스 시누메릭은 진동 프레스를 개조하여 2024년에 석유 굴착을 위한 WC-8%Co 드릴 비트 블랭크(직경 10mm)를 생산할 예정이며, 해당 제품의 수명은 1200m 이상입니다.

R&D 배경 : 2019년부터 2022년까지 5,000만 달러를 투자하여 진동 효율성 개선에 중점을 둔 R&D를 진행합니다.

시장 지위 : 2024년까지 8% 성장, 중소 제조업체의 침투율은 15% 증가할 전망입니다.

3. 사물인터넷 산업 및 지능형 제조에 적합한 초경합금 프레스 장비

산업용 사물 인터넷 (IIoT)과 스마트 제조는 장비 상호 연결, 데이터 기반, 자동화, 예측 유지보수, 그리고 친환경 생산을 강조합니다. 다음 유형의 프레스 프레스는 기술적 특성과 업그레이드 잠재력을 고려하여 이러한 추세에 적합합니다. IIoT 특성과 스마트 제조의 장점을 자세히 분석하고, 초경합금 산업에 적용된 기술 세부 사항과 적용 사례를 제공합니다.

3.1 다축 서보 유압 프레스

사물인터넷 특징 :

센서 네트워크 : 다중 지점 압력(± 1 MPa, 100 Hz), 온도($\pm 1^\circ$ C), 변위(± 0.01 mm) 센서, 5G 또는 TSN을 통해 데이터 전송.

통신 프로토콜 : OPC UA, MQTT 및 EtherCAT을 지원하고 MES/ERP와 완벽하게 통합됩니다.

데이터 저장 및 분석 : 10TB의 클라우드 스토리지, AI 모델이 생산 데이터를 분석하며 예측 편차는 <1%입니다.

예측 유지관리 : 진동 및 온도 데이터를 기반으로 조기 경고 시간은 72시간이며, 가동 중지 시간은 20% 감소합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제조 의 장점 :

- 적용형 제어 : CNC 는 수동 개입 <10%로 압력과 변위를 동적으로 조정합니다.
- 유연한 생산 : 빠른 금형 교체(<15 분), 소량 생산 맞춤형 제작에 적합합니다.
- 에너지 소비 최적화 : 유압 시스템 효율성이 10% 증가하고 탄소 배출량이 5~10% 감소합니다.
- 품질 관리 : 온라인 검사, 폐기율 <1%.

기술적 세부 사항 :

- 엣지 컴퓨팅 장치: 10 GFLOPS, 처리 지연 시간 < 20ms .
- 보안 보호: IP67 방화벽, AES-256 암호화.
- 적용 사례 : 2024 년 에어버스 A350 생산에 사용되는 Schuler SmartPress 600 은 효율성을 15% 높이고 에너지 소비를 8% 줄입니다.

3.2 스마트 등압 프레스

사물인터넷 특징 :

- 센서 네트워크 : 압력(± 1 MPa), 온도($\pm 2^\circ$ C), 가스 흐름(± 0.1 L/min), 샘플링 주파수 50 Hz.
- 통신 프로토콜 : OPC UA, 5G 연결, 지연 시간 < 50ms .
- 데이터 저장 및 분석 : 엣지 디바이스는 1TB 를 저장하고, AI 는 프로세스 매개변수를 최적화하며 편차는 <0.5%입니다.
- 예측 유지관리 : 48 시간 이내에 오류 경고를 보내면 유지관리 비용이 15% 절감됩니다.

제조 의 장점 :

- 자동화된 생산 : 로봇 팔로 적재 및 하역하여 사이클 시간을 10%-15% 단축했습니다.
- 자원 최적화 : ERP 와 연계하여 원자재 활용률이 5% 증가하고, 에너지 소비량이 10% 감소하였습니다.
- 품질 관리 : AI 가 밀도 균일성을 감지하고 폐기율은 0.5% 미만입니다.
- 녹색 제조 : 열 회수 시스템은 탄소 배출량을 10%-15% 줄입니다.

기술적 세부 사항 :

- 엣지 컴퓨팅: 20 GFLOPS, 실시간에 최적화됨.
- 보안 보호: ISO 27001 을 준수하는 산업용 방화벽.
- 적용 사례 : GE 항공에서 2023 년에 사용할 Quintus QIF 122 는 밀도 균일성을 3% 향상시키고 생산 주기를 12% 단축합니다.

3.3 고정밀 사출 성형 프레스

사물인터넷 특징 :

- 센서 네트워크 : 온도($\pm 1^\circ$ C, 1Hz), 압력(± 1 MPa), 유량(± 0.1 L/min), 데이터는 실시간으로 업데이트됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

통신 프로토콜 : MQTT, 산업용 이더넷 전송.
데이터 저장 및 분석 : MES 통합, 99% 프로세스 데이터 추적성, AI 최적화 매개변수.
예측 유지관리 : 금형 수명 예측 오차 <5%, 경고 시간 24 시간.

제조 의 장점 :

자동화된 공정 : 탈지 및 냉각이 자동화되어 있으며, 수동 개입은 20% 미만입니다.
유연한 생산 : 3D 프린팅 금형, 라인 교체 시간 <30 분.
품질 관리 : 폐쇄 루프 피드백, 허용 오차 <0.01mm, 폐기율 <1%.
자원 관리 : 지능형 창고 통합, 원자재 낭비 <2%.

기술적 세부 사항 :

엣지 컴퓨팅 : 5 GFLOPS, 처리 지연 시간 < 30ms .
보안 보호 : IP65, 데이터 암호화.
적용 사례 : Arburg Allrounder 570 은 2024 년 의료용 임플란트에 사용되며 허용 오차는 <0.01mm 이고 효율성은 10% 더 높습니다.

3.4 진동 지원 스마트 프레스

사물인터넷 특징 :

센서 네트워크 : 주파수(± 2 kHz), 밀도($\pm 0.5\%$), 압력(± 5 MPa), 샘플링 주파수 50 Hz.
통신 프로토콜 : MQTT, 엣지 디바이스 전송.
데이터 저장 및 분석 : 500GB 로컬 스토리지, AI 로 최적화된 진동 매개변수.
예측 유지 보수 : 진동기 수명 예측 오차 <5%, 경고 시간 48 시간.

제조 의 장점 :

저렴한 업그레이드 비용 : 기존 장비와 호환되며, 투자 회수 기간은 1 년 미만입니다.
효율성 향상 : 밀도가 5~10% 증가하고, 생산 효율성이 15% 증가했습니다.
품질 관리 : 기공 감소, 기공률 A00, 폐기율 <2%.
에너지 절약 설계 : 진동 에너지 소비가 최적화되어 5~8% 감소합니다.

기술적 세부 사항 :

엣지 컴퓨팅 : 2GFLOPS, 실시간 피드백.
보안 보호 : IP54, 기본 암호화.
적용 사례 : Siemens Sinumerik 개조 기계를 2024 년 드릴 생산에 사용, 수명 > 1200m, 폐기율 2%로 감소.

3.5 롤링 스마트 프레스

사물인터넷 특징 :

센서 네트워크 : 두께(± 0.01 mm), 속도(± 0.5 rpm), 압력(± 5 MPa), 샘플링 주파수 20 Hz.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

통신 프로토콜 : OPC UA, 산업용 이더넷 전송.
데이터 저장 및 분석 : 1TB의 엣지 스토리지, AI에 최적화된 검색 속도.
예측 유지관리 : 롤러 마모 경고, 시간 36시간.

제조 의 장점 :

온라인 검사 : 두께 균일도 <0.05mm, 폐기율 <1%.
자동화된 생산 : 공급 및 절단이 자동화되어 효율성이 20% 향상되었습니다.
자원 최적화 : 지능형 물류와 통합되어 원자재 활용률이 98% 이상입니다.
녹색 생산 : 에너지 소비 최적화, 5%-10% 감소
기술적 세부 사항 :
엣지 컴퓨팅: 5 GFLOPS, 실시간으로 확장 가능.
보안 보호: IP67, 데이터 암호화.

응용 프로그램 예제

2024년 내마모성 코팅 기관용 맞춤형 롤러 프레스, 출력이 10% 더 높고 두께 균일도가 0.02mm 미만입니다.

4. 지능형 제조를 위한 초경합금 프레스 장비의 기술 동향 및 요구 사항

센서 및 데이터 수집 : 고정밀 센서(압력 ± 1 MPa, 온도 $\pm 1^\circ$ C, 변위 ± 0.01 mm), 샘플링 주파수 50-100 Hz, 5G 또는 TSN 전송, 데이터 무결성 >99.9%.
엣지 컴퓨팅 : 엣지 컴퓨팅 장치 내장, 처리 능력 10-20 GFLOPS, 실시간 최적화 매개변수, 지연 시간 < 20ms .
AI 최적화 : 심층 학습 모델을 통합하여 과거 데이터를 기반으로 최적의 매개변수를 예측하고, 1주일 미만의 교육 주기로 정확도를 5~10% 향상시킵니다.
표준화된 프로토콜 : OPC UA, MQTT, EtherCAT 및 PROFINET을 지원하고, 스마트 팩토리 생태계와 호환되며, 프로토콜 변환 효율은 95% 이상입니다.
보안성 : 산업용 방화벽(IP67, 보호 레벨 6), AES-256 암호화를 갖추고 있으며, ISO 27001 및 NIST 800-53 표준을 준수하며, 공격 방지 성공률 <0.1%입니다.
녹색 제조 : 에너지 소비 최적화 모듈은 ISO 14001 및 탄소 중립 목표(2030년까지 순 제로 배출)에 따라 탄소 배출량을 5~15% 줄입니다.
인간-컴퓨터 상호작용 : AR/VR 인터페이스를 갖추고 원격 조작 및 교육을 지원하며, 인적 오류를 20% 이상 줄입니다.

5. 지능형 제조를 위한 초경합금 프레스 장비의 과제와 전망

도전 :

초기 투자 : 스마트 장비는 비용이 많이 듭니다(예: 다축 프레스 > 200만 달러, HIP > 500만 달러). 따라서 중소기업은 단계적으로 업그레이드해야 합니다.
기술적 임계값 : IIoT 통합에는 전문가 팀이 필요하며, 6~12개월의 교육 기간이 필요하고 기술 인력이 10~15% 부족합니다.
데이터 보안 : 사이버 공격의 위험이 증가하고 있으며, 예산의 5~10%를 보안에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

투자해야 합니다.

호환성 : 기존 장비를 업그레이드하는 것이 어렵고, 인터페이스 적응률은 70% 미만입니다.

전망 :

시장 성장 : 2025년부터 2030년까지 IIoT 장비 시장은 연평균 10~12% 성장할 것으로 예상되며, 지능형 프레스 수요도 연평균 15%씩 증가할 것으로 예상됩니다. 시장 규모는 2025년 50억 달러, 2030년 80억 달러에 이를 것으로 예상됩니다.

기술 통합 : 적층 제조(3D 프린팅), 디지털 트윈, 블록체인 기술과 결합하면 전체 프로세스가 2026년까지 디지털화되어 효율성이 20~30% 향상될 것입니다.

정책 지원 : 중국의 "제 14차 5개년 계획"은 20~30%의 보조금을 제공하고, EU의 "산업 4.0"은 스마트 제조에 대한 투자를 장려하기 위해 10억 유로를 배정했습니다.

산업 동향 : 2025년까지 전 세계 프레스 장비의 50%가 IIoT 기능을 갖추게 되고, 2030년까지 스마트 제조가 제조업 산출 가치의 60%를 차지하게 될 것입니다.

요약하다

시멘트 카바이드 압축 프레스는 단일 방향 프레스에서 폭발성 압축 시스템까지 13가지 유형을 포괄하는 광범위한 종류가 있으며, 각각 고유한 기술적 장점과 적용 시나리오를 가지고 있습니다. Modern Multi-Axis Servo-Hydraulic Press 및 Smart Isostatic Press 와 같은 고급 대표 제품은 고정밀, 자동화 및 지능을 통합하여 그린 밀릿 밀도 85%-95% 및 경도 HRA 92-94 에 도달하는 성능을 제공합니다. 산업용 사물 인터넷 및 스마트 제조에 적합한 장비(예: Schuler SmartPress 및 Quintus QIF)는 센서, AI 최적화 및 데이터 상호 연결을 통해 생산 효율성(15%-20%), 품질(불량률 <1%) 및 유연성을 크게 향상시키고 향후 항공, 자동차 및 의료 분야의 고급 제조를 촉진할 것입니다. 2025 년에서 2030 년까지 시장 규모가 80 억 달러로 성장하고 지능화율이 70% 이상에 도달할 것으로 예상됩니다.

카바이드 프레스 비교표

장비 이름 (장비명)	기술 원리 (기술 원리)	압력 범위 (압력 범위)	녹색 밀도	시간이 다가오고 있습니다	생산 효율성 (생산 효율성)	일반적인 응용 프로그램 (일반적 인 응용 프로그램)	유지 관리 요구 사항 (유지관리 요구 사항)	환경 제한 사항	지능적 잠재력 스마트 메뉴. 잠재력
단일 방향 프레스	단축 수직 프레스	100~300MPa	50%-65%	5~10 초	200 개/시간	WC-8%Co 절삭 인서트와	매달 마모를 점검하고	금형 큰 구배 (>10%) 로 복잡한	낮음 IIoT 를 지원하기 위해

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

			8.0 g/cm ³)			같은 간단한 형상 부품	500 회마다 프레스 헤드를 청소하십시오.	모양에는 적합하지 않음	상당한 업그레이드가 필요합니다.
더블 디렉션 프레스	위아래 또는 여러 방향으로 가하세요	200~400MPa	60%-75% 이론 밀도 (7.8-9.5 g/cm ³)	10~20 초	150 개/시간	WC-10%Co 밀링 커터 블랭크와 같은 복잡한 모양	1000 회마다 압력 동기화를 확인하고 분기마다 오일을 교체하세요.	매우 복잡한 모양에는 적합하지 않습니다.	IIoT 를 지원하도록 부분적으로 업그레이드 가능
냉간 등압 프레스 (CIP)	전방위 액체 억제	200~400MPa	75%-85% 이론 밀도 (9.7-10.8 g/cm ³)	3~10 분	50 개/배치	WC-12%Co 항공우주 도구 블랭크와 같은 복잡한 형상 부품	500 시간마다 설을 점검하고 분기마다 유체를 교체하십시오.	긴 사이클과 높은 장비 비용	높음 - 산업용 IoT 및 스마트 제조에 적합
열간 등방성 프레스 (HIP)	고온 고압 후처리	100~200MPa	>99.8% 이론 밀도 (12.5-13.0 g/cm ³)	1~4 시간	20 개/배치	WC-10%Co 주전자는 광산 드릴 비트 등 고신뢰성 부품	주전자는 1000 시간마다 교체하고 필터는 분기마다 교체하세요.	매우 비싸고 주로 후처리에 사용됨	높음 - 산업용 IoT 및 스마트 제조에 적합
다이 프레스 머신	다이 제한 싱글/더블 프레스	200MPa	60%-70% 이론 밀도 (7.8-9.0 g/cm ³)	5~10 초	300 개/시간	WC-8%Co 인서트와 같은 표준화된 절삭 인서트	금형은 500 회마다 교체하고, 압력헤드는 매달 청소하십시오.	제한된 형태, 빠른 금형 마모	낮음 - 사물 인터넷 (IoT) 을 지원하도록 업그레이드해야 함
압출 프레스	스크류 압출	300MPa	55%-65% 이론 밀도 (7.0-8.3 g/cm ³)	0.5-2m/분 (속도)	10m/시간	WC-10%Co 막대와 같은 가느다란 막대	500m 마다 금형을 점검하고 매달 나사를 청소하십시오.	탈지공정이 필요하며 공정이 복잡하다	중간 - IIoT 를 부분적으로 지원할 수 있음
사출 프레스	성형 분말 바인더 사출 성형	50~120MPa	50%-60% 이론 밀도	사이클 시간: 약	100 개/시간	WC-6%Co 기어 등	1000 번마다 금형을	많은 프로세스와	높음 - 산업용 IoT 및

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

			밀도(6.5-7.6 g/cm ³)	1 분		마이크로 부품	점검하고 매달 통을 청소하세요	높은 비용	스마트 제조에 적합
드라이백 프레스	고정고무몰드프레스	300MPa	70%-75% 이론 밀도(9.0-9.5 g/cm ³)	5~10 분	80 개/배치	WC-8%Co 베어링 슬리브와 같은 중간 크기 부품	곰팡이 노화를 회피하고 확인하고 매달 용기를 청소하세요.	제한된 형태, 중간 비용	중간 - IIoT 를 부분적으로 지원할 수 있음
다방향 프레스	멀티헤드 3D 압축	수직 400MPa, 측면 300MPa	75%-80% 이론 밀도(9.7-10.2 g/cm ³)	10~20 초	120 개/시간	WC-8%Co 다중 모서리 도구 블랭크와 같은 복잡한 도구 블랭크	1000 회마다 압입자를 점검하고 매월 시스템을 교정합니다.	장비가 복잡하고 비용이 많이 든다	높음 - 산업용 IoT 스마트 제조에 적합
다축 비등방 프레스	4 방향/6 방향 독립 압력	수직 500MPa, 측면 400MPa	85%-90% 이론 밀도(10.8-11.4 g/cm ³)	10~20 초	100 개/시간	WC-12%Co 밀링 커터 블랭크와 같은 다중 날 도구 블랭크	2,000 회마다 서보를 점검하고 매달 금형을 청소하세요.	복잡한 장비와 높은 초기 투자	높음 - 산업용 IoT 및 스마트 제조에 적합
롤링 프레스	더블 롤러 연속 프레스	100MPa	50%-60% 이론 밀도(6.5-7.6 g/cm ³)	5-15 rpm(속도)	200m ² / 일	WC-10%Co 박판과 같은 박판 블랭크	롤러는 1000 회 정도 닦아주시고, 매달 공급 상태를 체크해주세요	밀도가 낮아 복잡한 모양에는 적합하지 않음	높음 - 산업용 IoT 및 스마트 제조에 적합
폭발성 압축 시스템	폭발 충격과 억제	1000~5000MPa	90%-95% 이론 밀도(11.5-12.0 g/cm ³)	< 1ms	10 개/배치	WC-6%Co PVD 다갯 등 고성능 부품	10 회에 한 번씩 용기를 점검하고, 매달 잔여물을 청소하세요.	높은 보안 요구 사항과 높은 비용	낮음 - 산업용 IoT 와 통합하기 어려움

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

진동 보조 프레스	고주파 진동 압력	200MPa	65%-75%	10`20 초	200 개/시간	WC-8%Co	진동기는 500 회	대형 부품에는 적합하지 않습니다.	높음 - 산업용 IoT 및 스마트 제조에 적합
			이론 밀도 (8.5- 9.5 g/ cm ³)			드릴 블랭크와 같은 소형 도구 블랭크			

en.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

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



참수:

ISO 4489:2009

초경합금

소결 공정 가이드

1. 범위

이 국제 표준은 절삭 공구, 연마재, 내마모성 부품 등에 사용되는 고성능 초경합금 제품 생산에 적합한 초경합금(주로 WC-Co 합금과 같은 텅스텐 카바이드 기반 소재)의 소결 공정 지침을 규정합니다. 이 표준은 원자재 선택, 공정 매개변수, 품질 관리, 안전 및 환경 보호 요구 사항을 다루지만 구체적인 장비 설계나 생산 규모는 포함하지 않습니다.

2. 규범적 참조

- ISO 4505:1978, 시멘트 카바이드 - 물리적 특성 측정.
- ISO 3327:2009, 시멘트 카바이드 - 밀도 측정 방법.
- ISO 3738:2001, 시멘트 탄화물 - 경도(HRA) 측정 방법.
- ISO 4506:1979, 시멘트 카바이드 - 미세구조 분석 방법.

3. 용어 및 정의

시멘트 카바이드: 내화성 금속 카바이드(예: WC)와 결합상(예: Co)을 사용하여 분말 야금 공정으로 소결한 고경도, 내마모성 소재입니다.

소결: 진공소결, 열간정수압가압 등을 포함하여 고온에서 분말입자를 치밀한 물체로 결합시키는 방법입니다.

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

형성체로서 정식 소결 전에 예비적으로 응고시킨다.

다공성: 소결체의 채워지지 않은 부분의 부피 백분율로, A, B, C의 세 가지 등급으로 나뉜다(A02가 가장 높은 품질 등급이다).

4. 프로세스 요구 사항

4.1 원자재 요구 사항

μm 범위에 있어야 하며, 순도 $\geq 99.5\%$, 산소 함량 $< 300\text{ ppm}$ 이어야 합니다.

결합상(예: Co): 입자 크기 $1-3\ \mu\text{m}$, 순도 $\geq 99.5\%$, 불순물(예: Fe, Ni) 함량 $< 100\text{ ppm}$.

순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 $< 1\ \mu\text{m}$.

4.2 믹싱

혼합 과정에서는 균일성과 입자 크기 분포 편차가 5% 미만인 되도록 보장해야 합니다. 습식 또는 건식 분쇄 방법을 사용할 수 있으며, 권장되는 볼과 재료 비율은 5:1~10:1입니다.

성형제(파라핀 등)를 사용하는 경우 첨가량은 1-3 중량 %로 조절해야 하며, 예비소결 과정에서 완전히 제거해야 합니다.

4.3 형성

압축 압력 범위: 100-200 MPa, 빌렛 밀도는 이론 밀도의 50-60%에 도달해야 합니다.

사출성형 온도: 150-180°C, 금형온도 50-70°C.

치수 편차는 $\pm 0.5\text{mm}$ 이내로 관리되어야 합니다.

4.4 예비소결

온도 범위: 300-800°C, 분위기: 수소 또는 불활성 가스, 유량: 10-30 m^3 / h .

탈랍 시간: 3-5 시간, 잔류 탄소 함량 $< 0.1\%$.

예비소결된 블랭크의 강도는 $\geq 5\text{ MPa}$ 이어야 합니다.

4.5 소결

진공소결: 온도 1350-1500°C, 진공도 $\leq 0.01\text{ Pa}$, 유지시간 0.5-2 시간.

열간 등방성형(HIP): 온도 1300~1450°C, 압력 80~150 MPa, 유지시간 20~60 분.

권장 밀도 $\geq 99\%$ 이론 밀도, 다공성 $\leq \text{A02}$ 등급.

4.6 후처리

냉각 속도: 열 응력 균열을 방지하기 위해 2-5°C/분입니다.

표면처리: 연삭 또는 연마, 표면조도 $Ra \leq 0.8\ \mu\text{m}$.

5. 품질 관리

5.1 화학적 조성

텅스텐 카바이드 함량: 85-95% 중량 (조리법에 따라 조정됨).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결합상 함량: 5-15% wt .

불순물: Fe<50 ppm, O<200 ppm, N<300 ppm.

5.2 물리적 특성

밀도: 체형에 따라 범위는 14.0-15.0 g/cm³입니다 (ISO 3327).

경도: HRA 88-94(ISO 3738).

굽힘 강도: >2000 MPa(ISO 4505).

5.3 미세구조

입자 크기: ≤1 μm (바람직하게 는 0.5-0.8 μm) .

다공성: ≤A02(ISO 4506).

η 상이나 자유탄소가 없습니다(X 선 회절계로 검출).

5.4 검출 방법

입자 크기: 레이저 입자 크기 분석기(ISO 13320).

밀도: 아르키메데스 방법 또는 수은 침투 방법.

경도 : 로크웰 경도계.

미세구조: 광학현미경 또는 주사전자현미경(SEM).

6. 보안 요구 사항

가스 사용 : 수소 작업 구역에는 방폭벽(두께 ≥ 0.3m), 환기 시스템(공기 교환 속도 ≥ 10 회/시간), 누출 경보기(검출 한계 0.05%)가 설치되어야 합니다.

고온 보호: 소결로 작업 구역에는 단열 차폐 장치를 갖추어야 하며, 온도 모니터링 범위는 50~1500° C입니다.

개인 보호 장비: 작업자는 고온에 강한 의복, 방진 마스크, 고글을 착용해야 합니다.

7. 환경 요구 사항

폐가스 처리: 연소 테일가스 중 CO 함량은 <50ppm 이며, 효율 ≥95%의 테일가스 정화탑에서 처리됩니다.

폐수 관리: 형성제 폐액은 재활용 또는 처리가 필요하며, COD 는 100 mg/L 미만입니다.

소음 제어: 장비 작동 소음 <85 dB(A).

8. 문서화 및 기록

각 생산 배치에서는 원자재 배치 번호, 공정 매개변수(온도, 압력, 시간), 테스트 결과 및 작업자 정보를 기록해야 합니다.

품질 기록 보관 기간: 최소 5년.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 4505-2008

초경합금

샘플링 및 표본 준비 방법

머리말

본 표준은 중화인민공화국 표준화법의 규정에 따라 제정되었습니다. 본 표준은 GB/T 4505-1996 초경합금의 샘플링 및 시편 준비 방법의 개정판입니다. 본 개정판은 초경합금 생산 및 응용 분야의 최신 기술 개발을 기반으로 하며, 국제 표준 ISO 4505:1978(초경합금 금속조직학에서 기공률 및 유리탄소 측정) 및 ISO 3326:2013(초경합금의 샘플링 및 시편 준비 방법)을 참조합니다. 국내 산업의 요구 사항을 반영하여 샘플링 균일성 요건, 시편 준비 중 미세조직 관리 방법, 환경 관리 요건 및 다양한 시험 시나리오에 적용 가능한 시편 준비 사양을 추가했습니다.

본 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안 및 관리합니다. 중국초경합금산업협회(China Cemented Carbide Industry Association)가 본 표준의 해석을 담당합니다. 본 표준의 초안 작성 기관은 중국과학원 금속연구소, 베이징과학기술대학교, 주저우초경합금그룹(Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd.), 청두공구연구소입니다.

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

본 표준은 2008년 12월 1일부터 시행되며, 기존 GB/T 4505-1996은 동시에 폐지됩니다.

1 범위

TiC와 같은 다른 카바이드와 복합 시멘트 카바이드 포함)의 샘플링 및 샘플 준비 방법을 지정합니다. TaC 등) 생산, 품질 검사 및 과학 연구 과정에서 샘플링 원리, 샘플링 방법, 샘플 선정, 준비 과정, 품질 관리 요건, 샘플 보관 및 관련 시험 검증을 포함한 모든 관련 규정을 준수합니다. 본 표준은 초경합금 블랭크, 소결 제품 및 가공 제품의 샘플링 및 샘플 준비에 적용되며, 주로 다음과 같은 시험에 사용됩니다.

금속학적 구조 분석(예: 입자 크기, 기공률, 상 분포).

기계적 성질 시험(경도, 파괴인성, 굽힘강도 등)

화학적 성분 분석(WC, Co, 첨가제 함량 등)

이 표준은 다음 상황에는 적용되지 않습니다.

특수 표면 코팅(예: TiN, CrN, Al₂O₃).

WC-Co 기반이 아닌 복합재료(예: 세라믹)

초미립자(입자 크기 < 0.1 μm) 시멘트 카바이드 에 대한 특수 제조 요구 사항.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

2 규범적 참조

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

GB/T 1997-2008 초경합금 용어

GB/T 2007.1-1987 대량 광물 샘플링 및 샘플 준비에 대한 일반 규칙

GB/T 2597-2008 초경합금의 기공률 시험 방법

GB/T 3489-2008 초경합금 미세구조 측정 방법

GB/T 5248-2008 초경합금의 화학 분석 방법

GB/T 5313-2008 초경합금 금속조직 시험방법

GB/T 7997-2008 초경합금의 비커스 경도 시험 방법

GB/T 18376-2008 초경합금 입자 크기 측정 방법

ISO 4505:1978 초경합금의 기공률 및 자유 탄소의 금속학적 측정

ISO 3326:2013 시멘트 카바이드 시편 샘플링 및 준비 방법

3 용어 및 정의

본 표준은 다음의 용어와 정의를 채택하고 GB/T 1997-2008 을 참조합니다.

3.1 샘플링 부분(Position)

시멘트 카바이드 블랭크, 소결 제품 또는 가공 제품에서 후속 샘플 준비를 위해 절단한 대표적인 부분입니다.

3.2 샘플:

분석이나 테스트를 위해 기계적 또는 수동적 방법을 통해 준비된 최종 형태의 재료(드릴 커팅, 분쇄 칩, 슬라이스 또는 블록 샘플 등).

3.3 입자 크기

시멘트 카바이드에서 WC 상의 평균 입자 크기는 일반적으로 μm 로 측정되며, 단면법이나 선형 차단법으로 측정합니다.

3.4 기공률

샘플 내 기공의 부피 분율로, 백분율(%)로 표현되며, 일반적으로 금속 조직 현미경이나 밀도법으로 측정합니다.

3.5 자유탄소:

금속과 탄화물을 형성하지 않는 시멘트 카바이드 내의 탄소로, C상 형태로 존재하며, 일반적으로 금속현미경으로 관찰됩니다.

3.6 Co 분리

시멘트 카바이드의 미세 구조에서 Co 상의 불균일한 분포는 Co 풀(크기 $> 5 \mu\text{m}$) 을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

형성하여 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

3.7 표면 거칠기

샘플 표면의 평탄도는 일반적으로 Ra(산술 평균 거칠기)로 μm 단위로 표현됩니다.

4 샘플링 원칙

4.1 샘플링의 목적

샘플링의 목적은 시멘트 카바이드의 화학적 조성, 미세 구조, 기계적 특성 및 기타 물리적 특성을 시험하기 위한 대표적인 시편을 얻어 시험 결과가 재료의 전반적인 특성을 반영할 수 있는지 확인하는 것입니다.

4.2 표본 대표성

샘플링된 부분은 재료 배치의 전반적인 특성을 반영해야 하며 표면 결함(균열, 산화층, 화상 등)이나 가장자리 효과 영역(가장자리에서 5mm 이상)을 선택하지 않도록 해야 합니다.

샘플링 지점은 제품 단면의 주요 부분(최소 80%)을 포함하여 균등하게 분포되어야 합니다. 특수 형상 부품의 경우, 주요 응력 지지 영역과 기하학적 중심을 포함해야 합니다.

4.3 샘플링 타이밍

그린 바디 샘플링: 소결 공정으로 인한 미세 구조 변화를 방지하기 위해 프레스 후 소결 전에 수행됩니다.

소결 제품의 샘플링: 샘플링은 소결 공정이 실온($20\sim 25^{\circ}\text{C}$)으로 식은 후에 수행해야 하며, 고온($>200^{\circ}\text{C}$)이 미세 구조에 영향을 미치는 것을 방지해야 합니다.

가공된 제품의 샘플링: 이 작업은 최종 가공(연삭 및 연마 등)이 완료된 후에 수행해야 하며, 샘플링된 부분에 가공 응력($<50\text{ MPa}$)이 없는지 확인해야 합니다.

4.4 샘플링 수량

배치 $\leq 100\text{ kg}$: 2-3 인분을 샘플링합니다.

100-500kg 배치: 4-6 인분을 샘플링합니다.

500-1000kg 배치: 6-8 인분을 샘플링합니다.

배치 $> 1000\text{kg}$: 제품의 복잡성과 형태에 따라 8~12 개 부품을 샘플링합니다.

특수한 모양의 부품이나 복잡한 구조(예: 도구 및 드릴 비트)의 경우 각 기하학적 특징 영역마다 최소한 하나의 부품을 샘플링해야 합니다.

4.5 샘플링 환경

샘플링 환경 온도: $15\sim 25^{\circ}\text{C}$, 습도 $<60\%$, 물이나 기름 오염을 피하세요.

샘플링 구역은 공기 중 먼지 입자 농도가 $<10^3\text{ particles/m}^3$ 인 먼지 없는 환경이어야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 샘플링 방법

5.1 샘플링 도구 및 장비

절삭 공구: 다이아몬드 톱날(직경 100-150mm, 두께 0.5-1mm) 또는 초경 공구(경도 HV>1800).

드릴링 도구: 카바이드 드릴 비트(직경 2-5mm, 경도 HV 1800), 드릴링 속도 50-100rpm.

세척 장비: 초음파 세척기(전력 100-150W, 주파수 40kHz).

보호 조치: 샘플링 중에는 냉각수(5% 수용성 절삭유)를 사용하여 입자 성장(>2 μm)을 일으킬 수 있는 고온(>200° C)을 피하십시오.

5.2 샘플링 절차

표면 준비:

사포(그릿 크기 800-1200#) 또는 다이아몬드 연삭 휠(그릿 크기 1000#)을 사용하여 표면 산화층(두께 <0.1mm)을 제거합니다.

초음파 세척(주파수 40kHz, 시간 10 분, 탈이온수)을 사용하여 표면 오일과 입자(입자 크기 > 0.01mm)를 제거했습니다.

샘플링 위치를 표시하세요:

제품의 형상 및 응력 영역에 따라 샘플링 지점을 표시하고, 샘플링 위치를 기록합니다(제품 중심을 원점으로 하고, 좌표 편차가 <0.5mm).

샘플링 지점은 결함 영역(균열 길이 > 0.05mm, 기공률 > 1%)을 피해야 합니다.

샘플링 부분 절단:

다이아몬드 톱날을 사용하여 제품의 세로 또는 가로 방향으로 절단합니다. 샘플링 부분의 크기는 금속 조직 분석 시 10mm × 10mm × 5mm, 기계적 시험 시 20mm × 10mm × 5mm입니다.

절삭 속도: 2000-3000 rpm, 이송 속도: 0.5-1 mm/min.

절개 부드러움: 편차 <0.02mm, 뚜렷한 화상이나 찢어짐 없음(화상 깊이 <0.05mm).

시추공 샘플링(화학 분석):

샘플링 부분에 샘플을 뚫기 위해 카바이드 드릴을 사용하는데, 드릴 칩 길이는 5-10mm, 질량은 5g 이상입니다.

드릴링 깊이: 5-10mm, 구멍 직경 편차 <0.1mm.

녹음 및 패키징:

샘플링 위치, 날짜, 환경 조건(온도 15-25° C, 습도 <60%), 작업자를 기록합니다.

채취한 부분을 밀폐된 봉지(방습, 방진)에 넣고 번호를 표시하세요.

5.3 보안 요구 사항

작업자는 보호 안경, 방진 마스크, 장갑을 착용해야 합니다.

고온(>200° C)으로 인해 미세 구조가 변화되는 것을 방지하기 위해 절단 및 드릴링

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시 냉각수를 사용하세요.

먼지 흡입을 피하고 작업 구역에 환기 장비(풍속 > 0.5m/s)를 갖추세요.

5.4 샘플링 품질 관리

샘플링된 부분에는 눈에 띄는 결함이 없었습니다(균열 길이 <0.05mm, 기공률 <1%).

샘플링 부분의 표면 거칠기: Ra < 0.5 μm .

샘플링된 부분의 무게 편차: <0.2g(화학 분석용 샘플).

6. 샘플 준비

6.1 표본 유형 및 목적

금속조직 분석 시편 : 미세조직(결정립 크기, 기공률, Co 분포)을 관찰하는데 사용하며, 크기는 10mm×10mm×5mm 이다.

기계적 성질 시편: 경도, 인성 및 굽힘 강도 시험에 사용되며 크기는 20mm × 10mm × 5mm(경도, 인성) 또는 40mm × 5mm × 5mm(굽힘 강도)입니다.

화학분석용 시료 : 성분분석에 사용, 질량 > 5 g, 입자크기 < 0.5 mm.

6.2 샘플 준비 과정

6.2.1 거친 가공

다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 150-200#)을 사용하여 표면 처리층(두께 0.2-0.5mm)을 연삭하고 제거합니다.

분쇄 속도: 500-1000 rpm, 압력: 20-30 N.

표면 거칠기: Ra < 1 μm .

6.2.2 마무리

다이아몬드 연마 디스크(그릿 크기 800-1200#)를 사용하여 연마하고, 연마 시간은 5-10 분입니다.

연마액 : 다이아몬드 현탁액(입자 크기 1-3 μm), 농도 5%.

표면 거칠기: Ra < 0.1 μm , 평탄도 편차 < 0.01 mm.

6.2.3 열처리(선택 사항)

샘플을 금속조직 분석에 사용하려면 내부 응력을 제거해야 합니다. 진공로(진공도 <10⁻² Pa) 에서 600° C 까지 가열하고, 이 온도에서 1 시간 동안 유지한 후, 3-5° C/분의 속도로 식힙니다.

내부응력: <50 MPa(X 선 회절로 측정, 피크 폭 편차 <0.2°).

6.2.4 부식(금속조직 시편)

Murakami 시약(10 g K₃ [Fe(CN)₆] + 10 g KOH + 100 ml H₂ O) 을 5~10 초간 처리하면 WC 상과 Co 상이 드러났습니다.

부식 온도: 20-25° C, 부식 깊이: 0.5-1 μm .

탈이온수(pH 6-8)로 세척하고 건조합니다(50° C, 10 분).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2.5 화학분석 시료 분쇄

카바이드 모르타르(경도 HV 1800) 또는 진동 분쇄기(주파수 30Hz, 시간 10 분)를 사용하여 샘플의 입자 크기를 0.5mm 미만으로 분쇄했습니다.

오염 방지: 모르타르 세척(초음파, 40kHz, 10 분), 분말 체질(200 메시 체, 기공 크기 < 0.074mm).

6.3 품질 관리

금속조직 표본:

기공률: $\leq 1\%$, 금속현미경(배율 500 배)으로 측정.

입자 크기: 편차 < 0.02 μm , 단면법을 사용하여 계산(시야당 입자 수 > 100 개).

표면 평탄도: 편차 < 0.01mm, 표면 프로파일러를 사용하여 감지됨.

Co 분포 균일성: 편차 < 0.5%, 에너지 분산 분광법(EDS)으로 검출.

기계 시편:

치수 편차: < 0.05 mm, 버니어 캘리퍼스로 측정.

표면 거칠기: $Ra < 0.1 \mu\text{m}$.

미세균열 없음: 길이 < 0.05 mm, 현미경(배율 200 배)으로 확인됨.

화학 분석 샘플:

입자 크기: < 0.5 mm, 레이저 입자 크기 분석기를 사용하여 측정(편차 < 0.02 μm).

오염 없음: 스펙트럼 분석을 통해 Fe, Al 및 기타 불순물 함량이 0.01% 미만으로 검출되었습니다.

7 테스트 및 검증

7.1 미세구조 검사

방법: 광학 현미경(배율 100-1000 배)이나 주사 전자 현미경(SEM, 분해능 < 1 nm)을 사용하여 표본 구조를 조사합니다.

테스트 내용:

입자 크기: 범위 0.2-2 μm , 편차 < 0.02 μm (GB/T 18376-2008 에 따름).

기공률: $\leq 1\%$, A 형 기공 < 0.02mm(GB/T 2597-2008 에 따름).

자유탄소: C 형 결합 < 0.5%(ISO 4505:1978 에 따름).

Co 분포: 편차 < 0.5%, 에너지 분산 분광법(EDS)으로 검출됨.

7.2 기계적 성질 시험

경도: GB/T 7997-2008 에 따라 비커스 경도 시험기를 사용(하중 10~30kg, 압입 시간 10~15 초), 시험 값 편차는 < 2%입니다.

파괴인성 (K_{1c}): GB/T 5248-2008 에 따라, 단일 모서리 노치 빔 방법(SENB)을 사용하여, 샘플 크기는 40mm \times 5mm \times 5mm, 편차는 < 0.3MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ 입니다.

굽힘 강도: GB/T 5248-2008 에 따라 3 점 굽힘 방법을 사용하고, 샘플 크기는 40mm \times

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5mm × 5mm, 하중 속도는 0.5mm/min, 편차는 <5%입니다.

7.3 화학 성분 분석

방법: GB/T 5248-2008 에 따라 유도 결합 플라즈마 광학 방출 분광법(ICP-OES) 또는 화학 적정법을 사용합니다.

테스트 내용:

WC 함량: 편차 <0.1%.

Co 함량: 편차 <0.05%.

TaC 등) : 편차 <0.02%.

불순물(Fe, Al 등): 함량 <0.01%.

7.4 검증 기록

시험 번호, 시험 날짜, 시험 장비 모델, 작업자를 기록합니다.

시험 결과를 표준값과 비교하고, 범위를 벗어나는 편차가 있는 샘플은 다시 샘플링하여 준비해야 합니다.

8 샘플 보관

8.1 보관 조건

샘플은 밀봉된 비닐 봉지나 진공 용기에 담아 빛이 들어오지 않는 곳에 보관했습니다.

주변 온도: 15-25° C, 습도 <50%, 산화 방지(O₂ 함량 <0.5 ppm).

산성 또는 알칼리성 물질(pH 6-8)과의 접촉을 피하세요.

8.2 유통기한

테스트 샘플: 6 개월간 보관.

중재 샘플: 12 개월 동안 보관됩니다.

장기 연구를 위한 표본: 24 개월 동안 보관하며, 표면 상태를 정기적으로(6 개월마다) 점검해야 합니다.

8.3 기록 보관

샘플 번호, 보관일자, 보관 조건, 담당자를 기록하세요.

보관 환경이 비정상적인 경우(예: 습도 > 60%) 샘플을 다시 준비해야 합니다.

9 부록 A (정보 부록)

A.1 샘플링 장비에 권장되는 매개변수

다이아몬드 톱날: 직경 150mm, 두께 1mm, 회전 속도 3000rpm, 냉각수 유량 5L/min.

카바이드 드릴 비트: 직경 3mm, 경도 HV 1800, 드릴링 속도 80rpm.

초음파 세척기: 전력 120W, 주파수 40kHz, 세척 시간 10 분.

A.2 샘플 준비의 일반적인 문제 및 해결 방법

문제 1: 비정상적인 입자 성장(2 μm 이상) . 해결책 : 열처리 온도를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮추거나(600° C

미만) 유지 시간을 단축(1 시간 미만)하거나, 입자 억제제(예: VC 0.2%-0.5%)를 증가시킵니다.

문제 2: 기공률이 기준치(>1%)를 초과합니다.

해결책: 성형 압력을 높이고(>200 MPa), 소결 진공을 최적화하고($<10^{-2}$ Pa), 소결 시간을 늘리세요(2~3 시간).

문제 3: Co 분리(Co 풀 크기 $> 5 \mu\text{m}$).

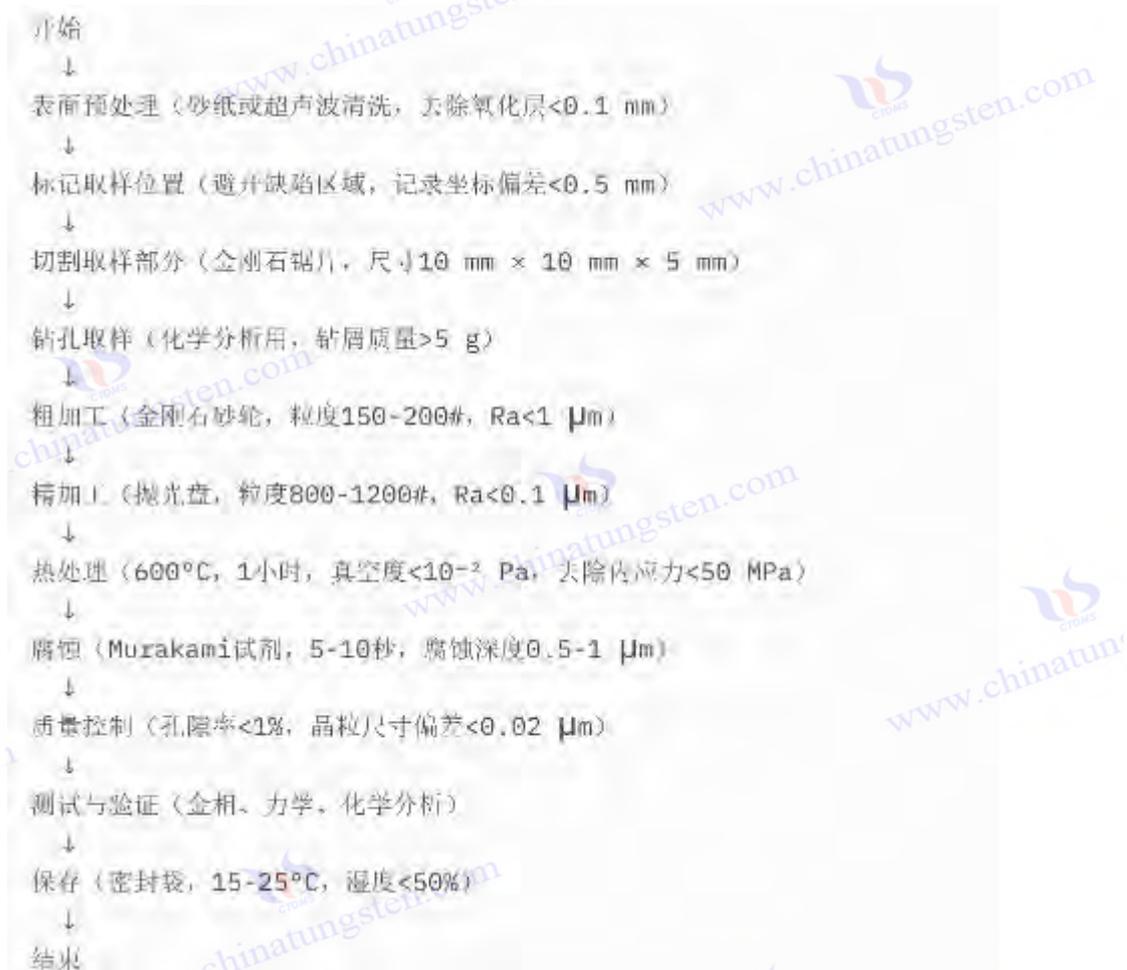
해결책: 소결 온도 구배(편차 $< \pm 5^\circ \text{C/cm}$)를 조절하고, 냉각 속도를 낮춥니다(3-5° C/분).

문제 4: 표면 거칠기가 기준($Ra > 0.1 \mu\text{m}$)을 충족하지 않습니다.

해결책: 연마 시간을 늘리세요(10~15 분). 입자가 더 미세한 연마액(입자 크기 $< 1 \mu\text{m}$)을 사용하세요.

10 부록 B (규범 부록)

B.1 샘플링 및 샘플 준비 흐름도



B.2 샘플링 지점 분포의 예

원통형 블랭크: 3~5 개의 샘플링 지점이 축 방향을 따라 균등하게 분포되어 상단, 중간 및 하단을 덮습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

공구 제품: 샘플링 지점에는 절삭 날(고경도 영역), 클램핑 부분(고인성 영역) 및 기하학적 중심이 포함됩니다.

특수 모양의 부품: 샘플링 지점은 주요 응력 지지 영역(응력 집중 계수 $K_t > 1.5$)과 기하학적 특징 영역을 포함합니다.

11 부록 C (정보 부록)

C.1 샘플 준비 환경 제어에 대한 권장 사항

온도 조절: 15-25° C, 편차 $< \pm 2^\circ$ C, 항온 장비 사용.

습도 조절 : $< 50\%$, 제습기 사용(습도 편차 $< 5\%$).

청결도: 공기 중 먼지 농도 $< 10^3$ 입자/ m^3 , 공기 청정기를 사용하세요.

C.2 샘플 준비 장비 유지 관리에 대한 권장 사항

다이아몬드 톱날: 100 회 절단할 때마다(두께 감소 $< 0.1mm$) 마모 여부를 확인하고 필요한 경우 교체합니다.

연마 패드: 입자가 쌓이는 것을 방지하기 위해 50 회 사용(탈이온수, 40kHz, 5 분)할 때마다 세척하세요.

진공로: 매월 진공도($< 10^{-2}$ Pa)를 점검하고 밀폐성(누설률 $< 10^{-3}$ Pa·L /s)을 확보하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 1997-2008

초경합금

용어

머리말

본 표준은 중화인민공화국 표준화법의 규정에 따라 제정되었습니다. 본 표준은 GB/T 1997-1998 초경합금 용어집의 개정판입니다. 본 개정판은 국제 표준 ISO 3252:2019 "분말 야금 - 용어집"을 참조하며, 초경합금 산업의 발전 요구를 반영하고, 경사 구조 초경합금 및 초미립자 초경합금과 같은 새로운 용어를 추가하고, 미세조직 및 성능 관련 정의를 개선했으며, 국제 용어 체계와의 일관성을 유지했습니다.

본 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안 및 관리합니다. 중국초경합금산업협회(China Cemented Carbide Industry Association)가 본 표준의 해석을 담당합니다. 본 표준의 초안 작성 기관은 중국과학원 금속연구소, 주저우 초경합금그룹(Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd.), 베이징과학기술대학교, 청두공구연구소입니다.

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

본 표준은 2008 년 12 월 1 일부터 시행되며, 기존 GB/T 1997-1998 은 동시에 폐지됩니다.

1 범위

본 표준은 초경합금(주로 WC-Co 초경합금 및 그 복합재) 분야에서 일반적으로 사용되는 용어와 정의를 명시하며, 초경합금의 조성, 미세구조, 제조 공정, 성능, 시험 방법 및 적용 분야를 다룹니다. 본 표준은 초경합금의 생산, 검사, 연구, 교육 및 기술 교류에 적용됩니다.

세라믹) 또는 시멘트 카바이드 코팅(예: TiN) 의 용어에는 적용되지 않습니다. CrN) .

2 규범적 참조

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

GB/T 2007.1-1987 대량 광물 샘플링 및 샘플 준비에 대한 일반 규칙

GB/T 2597-2008 초경합금의 기공률 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

GB/T 3489-2008 초경합금의 미세구조 측정 방법

GB/T 5248-2008 초경합금의 화학 분석 방법

GB/T 5313-2008 초경합금 금속조직 시험방법

ISO 3252:2019 분말 야금 - 용어

3 용어 및 정의

다음 용어와 정의는 시멘트 카바이드 분야의 논리적 분류에 따라 정리되었으며, 기본 용어, 구성 및 구조, 제조 공정, 성능 및 시험, 응용 분야 관련 및 기타 범주로 나뉩니다.

3.1 기본 용어

3.1.1 경합금은

내화성 금속 탄화물(예: WC, TiC)로 만들어진 복합 재료입니다. 경질상(TaC)과 금속(예: Co, Ni, Fe)을 분말야금법으로 접합하여 높은 경도, 높은 내마모성, 그리고 일정한 인성을 갖습니다.

3.1.2 분말야금은

분말 제조, 혼합, 성형, 소결 및 후가공과 같은 공정을 통해 금속이나 복합 재료를 제조하는 방법입니다.

3.1.3 WC-Co 경질 합금은

텅스텐 카바이드(WC)를 주경질상으로 하고 코발트(Co)를 결합상으로 하는 경질 합금입니다. 절삭 공구, 광산 공구, 내마모성 부품 등에 널리 사용됩니다.

3.2 구성 및 구조

3.2.1 경질상

시멘트 초경합금에서 높은 경도와 내마모성을 제공하는 성분은 일반적으로 초경합금(예: WC, TiC, TaC)이고, 부피 분율은 일반적으로 >70%입니다.

3.2.2 결합상:

시멘트 카바이드에서 인성을 제공하고 단단한 상을 결합하는 금속 성분으로, 일반적으로 Co, Ni 또는 Fe이며 부피 분율이 5~30%입니다.

3.2.3 입자 크기

초경합금 내 경질상(일반적으로 WC)의 평균 입자 크기(μm)로, 일반적으로 단면 법 또는 선형 교차법으로 측정합니다. 일반적인 범위는 $0.2 \sim 5 \mu\text{m}$ 입니다.

3.2.4 초미립 경질 합금: 입자 크기가 $0.5 \mu\text{m}$ 미만인 시멘트 탄화물은

더 높은 경도 ($HV > 1800$)와 강도(굽힘 강도 $> 4000\text{MPa}$)를 갖습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2.5 경사 구조 경질 합금:

초경합금의 조성(예: Co 함량) 또는 미세 구조(예: 입자 크기)가 특정 방향(예: 표면에서 내부)을 따라 경사 변화를 보이는 재료로, 경도와 인성의 종합적 성능을 최적화하는 데 사용됩니다.

3.2.6 기공률

초경합금 내 기공의 부피 분율(%)로 표시되며, 일반적으로 금속현미경이나 밀도법으로 측정합니다. 기공 직경은 A형(기공 직경 $< 10 \mu\text{m}$), B형($10\text{--}25 \mu\text{m}$), C형(유리 탄소)으로 구분됩니다.

3.2.7 자유탄소(Free Carbon):

초경합금 내 탄소 중 금속과 탄화물을 형성하지 않고 C 상 형태로 존재하는 탄소. 일반적으로 금속현미경으로 관찰되며, 함량은 0.5% 미만이다.

3.2.8 Co 분리

시멘트 카바이드의 미세 구조에서 Co 상의 불균일한 분포는 Co 풀(크기 $> 5 \mu\text{m}$)을 형성하여 성능에 영향을 미칠 수 있습니다.

3.2.9 첨가제:

소량의 물질(예: VC, Cr_3C_2 , TaC)는 초경합금에 첨가하여 입자 성장을 억제하거나 성능을 향상시킵니다. 일반적으로 TaC 함량은 1% 미만입니다.

3.3 준비 과정

3.3.1 혼합 분말

초경합금 생산에서는 경질상 분말(예: WC), 결합상 분말(예: Co) 및 첨가제를 특정 비율로 혼합하여 분말을 제조합니다.

3.3.2 볼 밀링

시멘트 카바이드 원료 분말을 볼 밀링으로 혼합, 정제 및 활성화하는 공정으로, 일반적으로 시멘트 카바이드 볼(볼 대 분말 비율 5:1~10:1)과 200~500rpm의 회전 속도를 사용합니다.

3.3.3 프레싱은

일반적으로 냉간 등방성 프레싱(CIP, 압력 200~300 MPa) 또는 단축 프레싱(압력 50~100 MPa)을 사용하여 혼합된 분말을 금형을 통해 녹색 본체로 압축하는 공정입니다.

3.3.4 소결은

초경합금 소재를 고온(보통 $1350\sim 1500^\circ\text{C}$)에서 가열하여 치밀화하는 공정입니다. 고상 소결과 액상 소결로 구분됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.5 액상 소결:

결합제 상(예: Co)의 녹는점(약 1320° C) 이상에서 수행되는 소결 공정입니다. Co가 녹으면 WC 입자를 적셔 밀도를 높입니다.

3.3.6 열처리

시멘트 카바이드의 후속 열처리(예: 어닐링(550-650° C) 또는 담금질)는 미세조직을 조정하거나 내부응력(<50 MPa)을 제거하는 데 사용됩니다.

3.3.7 표면 개질: 탄화, 이온 주입 또는 코팅(예:

TiN)을 통해 시멘트 카바이드의 표면 특성을 개선하는 프로세스입니다. CrN).

3.4 성능 및 테스트

3.4.1 경도

시멘트 카바이드의 소성 변형 저항 능력은 일반적으로 비커스 경도(HV)로 표현되며, 일반적인 값은 1200~2000 HV입니다.

시멘트 초경합금이 균열 전파를 저항하는 능력은

K_{Ic} 로 표현되며, 단위는 $MPa \cdot m^{1/2}$ 이고 일반적인 값은 $8-16 MPa \cdot m^{1/2}$ 입니다.

3.4.3 횡파단강도(TRS)

3점 굽힘 시험에서 시멘트 카바이드의 최대 저항성을 MPa로 표현하며, 일반적인 값은 2000~4000 MPa입니다.

3.4.4 내마모성 시멘트 카바이드가 마모에 저항하는 능력으로, 일반적으로

마모율($mm^3 / N \cdot m$)로 측정하며, 일반적인 값은 $<0.1 mm^3 / N \cdot m$ 입니다.

3.4.5 열충격 저항성

고온(>800° C)에서 급속 냉각(예: 수냉) 후 균열을 저항하는 시멘트 카바이드의 능력으로, 일반적으로 열충격 횟수(> 10³ 회)로 평가합니다.

3.4.6 금속조직 분석:

현미경으로 시멘트 카바이드의 미세조직을 관찰하여 결정립 크기, 기공률, 상분포 등을 분석합니다.

3.4.7 Hall-Petch 관계

描述硬质合金强度或硬度与晶粒尺寸关系的理论: $\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2}$, 其中 σ_y 为屈服强度, σ_0 为单晶强度, k 为常数, d 为晶粒尺寸.

3.5 응용 프로그램 관련

3.5.1 절삭 공구:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금속 절삭에 사용되는 시멘트 카바이드로 만든 공구로, 선삭 공구, 밀링 커터, 드릴 비트 등이 있으며, 일반적으로 경도가 1500HV 이상이다.

3.5.2 광산용 공구:

암반 드릴 비트, 석탄 채굴용 픽 등 광산 또는 시추 작업에 사용되는 초경합금 공구. 파괴인성은 일반적으로 $12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 이상이다.

3.5.3 내마모성 부품 내마모성이 $<0.1 \text{ mm}^3 / \text{N} \cdot \text{m}$

인 금형, 노즐, 쇄과 같은 내마모성 적용을 위한 시멘트 카바이드로 만든 부품입니다.

3.5.4 항공우주 공구 항공

우주 분야에 사용되는 초경 절삭 공구는 높은 경도($\text{HV}>1700$)와 열충격 저항성($>800^\circ \text{C}$)을 가져야 합니다.

3.5.5 심해 드릴 비트

심해 환경(압력 $> 80 \text{ MPa}$, 충격 $> 500 \text{ Hz}$)에서 사용되는 카바이드 드릴 비트는 높은 인성 ($K_{1c} > 14 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) 이 필요합니다.

4. 용어 색인

쉽게 검색할 수 있도록 주요 용어를 아래에 알파벳순으로 정리했습니다.

공동 분리: 3.2.8

홀-페치 관계: 3.4.7

경도: 3.4.1

경질 합금: 3.1.1

입자 크기: 3.2.3

황파단강도(TRS): 3.4.3

다공성: 3.2.6

경사 구조 경질 합금: 3.2.5

내마모성: 3.4.4

소결: 3.3.4

첨가제: 3.2.9

액상소결: 3.3.5

자유 탄소: 3.2.7

5 부록 A (정보 부록)

A.1 용어 사용에 대한 참고 사항

입자 크기

입자 크기를 측정할 때는 측정 방법(단면법이나 선형 절편법 등)을 명확히 정의해야 하며, 통계적 정확성을 보장하기 위해 시야에 있는 입자 수(>100)를 기록해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

다공성

A형, B형, C형 기공의 분류는 GB/T 2597-2008을 참조하고, 유리탄소와 기공을 구별하는 데 주의해야 합니다.

경사 구조 초경합금

기울기 구조를 설명할 때 기울기 방향(표면에서 내부로)과 매개변수 변화(Co 함량이 4%에서 12%로 변경되는 것과 같은)를 명확하게 기술해야 합니다.

A.2 일반적인 오해와 설명

수축 초경합금의 성능이 향상됩니다.

설명: 경도가 높을수록(예: HV>1800) 인성이 낮아질 수 있습니다 ($K_{1c} < 8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^1 / ^2$). 따라서 절삭이나 채광 등 적용 상황에 따라 경도와 인성의 균형을 맞춰야 합니다.

오해 2: Co 함량이 높을수록 인성이 우수합니다.

설명: Co 함량이 너무 높으면(>15%) 경도(HV<1200)가 감소하고 내마모성이 저하되므로, 이를 종합적으로 고려해야 합니다.

6 부록 B (정보 부록)

B.1 용어 대응표(중국어 및 영어)

중국어 용어	영어 용어	품목 번호
초경합금	경질 합금	3.1.1
입자 크기	입자 크기	3.2.3
다공성	다공성	3.2.6
경사 구조 초경합금	경사 구조 경질 합금	3.2.5
액상 소결	액상 소결	3.3.5
경도	경도	3.4.1
파괴인성	파괴인성	3.4.2
내마모성	내마모성	3.4.4

위 내용은 초경합금 산업 관행 및 관련 표준을 기반으로 작성된 GB/T 1997-2008 초경합금 용어집의 내용입니다. 본 문서는 초경합금 분야의 핵심 용어를 다루며, 기본 용어, 조성 및 구조, 제조 공정, 성능 및 시험, 응용 분야 관련의 다섯 가지 범주로 구분됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3252:2019

분말 야금

어휘

(분말 야금학 - 어휘)

머리말

이 국제 표준 ISO 3252:2019는 기술위원회 ISO/TC 119(분말야금), 분과위원회 SC 1(용어 및 분류)에서 작성되었습니다. 이번 제 4 판은 분말야금 기술의 발전을 반영하여 기술적으로 개정된 제 3 판(ISO 3252:1999)을 폐지하고 대체합니다. 기존 개정판은 새로운 공정(예: 분말야금 적층 제조) 도입 및 기존 용어 정의 업데이트를 포함하여 분말야금 기술의 발전을 반영합니다. 또한, 최신 업계 관행을 반영하고 전 세계 이해관계자들의 의견을 반영했습니다.

이 국제 표준 ISO 3252:2019는 기술위원회 ISO/TC 119(분말야금) 분과위원회 SC 1(용어 및 분류)에서 작성되었습니다. 이번 제 4 판은 기존 제 3 판(ISO 3252:1999)을 폐지하고 대체하며, 분말야금 기술의 발전을 반영하여 기술적으로 개정되었습니다. 여기에는 새로운 공정(예: 분말야금 적층 제조) 도입 및 기존 용어 정의 업데이트가 포함됩니다. 또한, 최신 업계 관행을 반영하고 전 세계 이해관계자들의 의견을 반영했습니다.

ISO 3252:2019는 성형 및 소결 공정을 통해 비금속 첨가물 유무에 관계없이 금속 분말 및 그 분말로 제조된 제품의 제조에 적용되는 분말 야금에 대한 포괄적인 용어를 제공합니다. 이 표준은 분말 야금 분야의 제조업체, 연구자, 엔지니어 및 교육자를 위해 마련되었습니다.

ISO 3252:2019는 압축 및 소결 공정을 통한 금속 분말 제조와 이러한 분말로 제조된 제품(비금속 첨가제 유무와 관계없이)에 적용되는 분말 야금에 대한 포괄적인 용어를 제공합니다. 이 표준은 분말 야금 분야의 제조업체, 연구자, 엔지니어 및 교육자를 위해 마련되었습니다.

목차

- 1 범위
- 2 개의 규범적 참조(2 개의 규범적 참조)
- 3 용어 및 정의
- 4 알파벳 색인
- 부록 A (정보)
- 부록 B (정보)

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

1 범위

이 국제 표준은 분말 야금과 관련된 용어를 정의합니다. 분말 야금은 금속 분말의 생산뿐만 아니라, 이러한 분말을 단독으로 또는 비금속 분말을 첨가하여 성형, 소결, 그리고 필요한 경우 후가공 기술(예: 열처리, 기계 가공) 등의 공정을 통해 제품을 제조하는 야금의 한 분야입니다.

이 표준은 다음과 관련된 용어를 다룹니다.

분말 생산 및 특성화.

압축 및 성형 공정.

소결 및 고밀도화.

분말 야금 제품의 특성 및 테스트.

응용 프로그램 및 관련 기술.

본 표준은 다음과 관련된 용어를 다룹니다.

분말 생산 및 특성화.

압축 및 성형 공정.

소결 및 고밀도화.

분말 야금 제품의 특성 및 테스트.

분말 야금 공정과 직접 관련이 없는 한, 응용 분야 및 관련 기술(예: 세라믹) 또는 코팅 기술은 제외됩니다.

2 개의 규범적 참조(2 개의 규범적 참조)

다음 문서는 본문에서 일부 또는 전체 내용이 본 문서의 요건을 충족하도록 참조됩니다. 날짜가

표시된 참고문헌은 인용된 판본만 적용됩니다. 날짜가 표시되지 않은 참고문헌은 참조된 문서의 최신 판본(모든 수정 사항 포함)을 적용합니다.

ISO 3923-1:2018, 금속 분말 - 겉보기 밀도 측정 - 파트 1: 깔때기법

ISO 3927:2017, 금속 분말 - 단축 압축 시 압축성 측정

ISO 4490:2018, 금속 분말 - 입자 크기 분포 결정

ISO 5755:2012, 소결 금속 재료 - 사양

ISO 3923-1:2018, "금속 분말 - 겉보기 밀도 측정 - 1 부: 깔때기법"

ISO 3927:2017, 금속 분말 - 단축 압축 하의 압축성 결정

ISO 4490:2018, 금속 분말 - 입자 크기 분포 결정

ISO 5755:2012, 소결 금속 재료 - 사양

3 용어 및 정의

용어와 정의는 분말 야금 분야에서의 이해와 응용을 용이하게 하기 위해 논리적인 범주로 그룹화되었습니다.

3.1 일반 약관

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1.1 분말야금 (PM)

분말 야금 (PM)은 금속 분말을 생산하고 성형 및 소결과 같은 공정을 통해 비금속 첨가물이 있거나 없는 분말로 제품을 제조하는 야금의 한 분야입니다.

3.1.2 금속 분말 일반적으로 크기

가 1 μm 에서 500 μm 사이 인 개별 금속 입자의 집합체로, 분무 , 환원 또는 기타 방법을 통해 생성되며 분말 야금의 원료로 사용됩니다.

3.1.3 소결

주요 구성 요소의 녹는점 이하의 온도에서 수행되는 열처리 공정으로, 분말 입자를 응집성 있는 고체 덩어리로 결합하는 데 사용되며, 종종 확산과 밀도화가 수반됩니다 .

3.2 분말 생산 및 특성화

3.2.1

분무 고압 가스 또는 액체를 사용하여 용융 금속 흐름을 미세한 물방울로 분해하여 금속 분말을 생산하는 공정으로, 이 물방울이 응고되어 입자가 됩니다.

3.2.2 결보기 밀도 분말

의 질량을 압축되지 않은 느슨한 상태에서 차지하는 부피로 나눈 값으로, 일반적으로 g/cm^3 단위로 측정하며 분말의 포장 효율성을 반영합니다 .

3.2.3 입자 크기 분포 분말

샘플 내의 입자 크기 범위와 빈도로, 일반적으로 특정 크기 간격(예: D10, D50, D90) 내의 입자 백분율로 표현됩니다 .

3.2.4 흐름 속도 분말의

특정 질량이 표준화된 깔때기를 통과하는 데 걸리는 시간으로 , 50g 당 초 단위로 측정하며 분말의 흐름성을 나타냅니다.

3.3 압축 및 성형

3.3.1 압축 분말

덩어리에 압력을 가해 응집력 있는 녹색 압축체를 형성하는 공정으로 , 일반적으로 단축 압축이나 냉간 등방 압축(CIP)을 사용합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.2 그린 콤팩트 금속

분말을 압축하여 만든 성형체이지만 소결되지 않은 본체
취급에 충분한 강도를 가지고 있지만 최종 특성을 위해서는 소결이 필요합니다.

3.3.3 냉간 등방성 압축(CIP)

유체 매체를 사용하여 분말로 채워진 유연한 금형에 모든 방향에서 균일한 압력을
가하는 압축 방법으로, 일반적으로 압력은 100~300MPa 입니다.

3.4 소결 및 고밀도화

3.4.1 액상소결

액상이 형성되는 소결 공정 (예 :
소결 온도에서 코발트와 같은 바인더로부터 고체 입자의 밀도와 결합을 향상시킵니다.

3.4.2 밀도화 소결

중 분말 압축체의 기공률이 감소하고 밀도가 증가하는 현상으로, 일반적으로 이론
밀도의 백분율로 측정합니다(예 : 90-99%).

3.4.3 소결 밀도

소결 후 재료의 밀도는 완전히 밀도가 높은 재료의 이론 밀도에 대한 백분율로
표현되며 일반적으로 85-99%입니다 .

3.5 속성 및 테스트

3.5.1

경도 소결된 재료의 소성 변형에 대한 저항성으로, 일반적으로 비커스(HV) 또는
로크웰(HR) 경도 척도를 사용하여 측정합니다.

3.5.2 횡파단강도(TRS) 소결 시험편이 3점 굽힘 시험에서 견딜 수 있는

최대 응력

으로, MPa 단위로 표현하며 재료의 기계적 강도를 나타냅니다.

3.5.3 기공률

소결체 내의 공극의 부피 분율로 백분율로 표현되며 기계적 특성에 영향을 미치고
유형(예 : 경금속 의 경우 A, B, C) 으로 분류됩니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.6 응용 프로그램 및 관련 기술

3.6.1 경금속

일반적으로 텅스텐 카바이드(WC)와 금속 바인더(예 : 코발트)로 구성된 분말 야금 제품으로, 절삭 공구와 내마모성 부품에 사용됩니다.

3.6.2 금속 사출 성형(MIM) 금속

분말과 바인더를 결합하여 원료를 형성하고, 이를 사출 성형한 후 소결하여 복잡한 모양을 생산하는 분말 야금 공정입니다.

3.6.3 PM 에서의 적층 제조(AM)

선택적 레이저 소결(SLS)이나 바인더 분사와 같은 분말 기반 적층 제조 공정으로, 금속 분말을 겹겹이 쌓고 융합시켜 3차원 물체를 만듭니다.

4 알파벳 색인

PM 에서의 적층 제조(AM): 3.6.3

겉보기 밀도: 3.2.2

원자화: 3.2.1

냉간 등방압 성형(CIP): 3.3.3

압축: 3.3.1

밀도화: 3.4.2

유량: 3.2.4

녹색 협약: 3.3.2

하드메탈 : 3.6.1

경도: 3.5.1

액상소결: 3.4.1

금속 사출 성형(MIM): 3.6.2

입자 크기 분포: 3.2.3

다공성: 3.5.3

분말야금(PM): 3.1.1

금속 분말: 3.1.2

소결 밀도: 3.4.3

소결: 3.1.3

횡과단강도(TRS): 3.5.2

분말 야금의 적층 제조(AM): 3.6.3

겉보기 밀도: 3.2.2

원자화: 3.2.1

냉간 등방압 가압(CIP): 3.3.3

압축: 3.3.1

밀도화: 3.4.2

이식률: 3.2.4

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

녹색: 3.3.2
초경합금: 3.6.1
경도: 3.5.1
액상소결: 3.4.1
금속 사출 성형(MIM): 3.6.2
입자 크기 분포: 3.2.3
다공성: 3.5.3
분말야금(PM): 3.1.1
금속 분말: 3.1.2
소결 밀도: 3.4.3
소결: 3.1.3
횡과단강도(TRS): 3.5.2

부록 A (정보)

A.1 용어 업데이트에 대한 참고 사항

2019년 개정판에서는 분말 야금 분야에서 AM 기술이 점차 통합되고 있음을 반영하여 적층 제조와 관련된 용어(예: 3.6.3)를 도입했습니다.

2019년 개정판에서는 분말 야금 분야에서 AM 기술이 점차 통합되고 있음을 반영하여 적층 제조와 관련된 용어(예: 3.6.3)를 도입했습니다.

소결(3.1.3) 및 액상 소결(3.4.1)에 대한 정의는 마이크로파 소결과 같은 최신 공정 변형을 포함하도록 세분화되었습니다.

소결(3.1.3) 및 액상 소결(3.4.1)의 정의는 마이크로파 소결과 같은 최신 공정 변형을 포함하도록 세분화되었습니다.

경금속“(3.6.1)이라는 용어에는 이제 여러 카바이드 상(예: WC-TiC-TaC)이 포함된 복합 경금속이 명시적으로 포함됩니다.

“경화탄화물”(3.6.1)이라는 용어는 이제 두 개 이상의 카바이드 상(예: WC-TiC-TaC)을 포함하는 복합 경화탄화물을 명시적으로 포함합니다.

A.2 신청 지침

실험실 간 일관성을 보장하기 위해 표준화된 방법(예: ISO 4490)을 사용하여 측정해야 합니다.

입자 크기 분포(3.2.3): 실험실 간 일관성을 보장하기 위해 표준화된 방법(예: ISO 4490)을 사용하여 측정해야 합니다.

다공성(3.5.3): A, B, C 유형으로의 분류는 경금속 에 따라 다르며 자세한 분석을 위해 ISO 4505와 상호 참조해야 합니다.

다공성(3.5.3): A, B, C 유형의 분류는 시멘트 카바이드에 특화되어 있으며 ISO 4505를 참조하여 자세히 분석해야 합니다.

부록 B (정보)

B.1 이전 판과의 교차 참조

ISO 3252:1999 용어는 사소한 업데이트와 함께 유지됨: “소결”(3.1.3), “경도”(3.5.1).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ISO 3252:1999 용어는 유지되고 약간 업데이트되었습니다: “소결”(3.1.3), “경도”(3.5.1).

새로운 용어가 추가되었습니다: “PM 에서의 적층 제조”(3.6.3), “금속 사출 성형(MIM)”(3.6.2).

새로운 용어가 추가되었습니다: “분말 야금에서의 첨가 제조”(3.6.3), “금속 사출 성형(MIM)”(3.6.2).

현재 관련성이 부족하여 수동 분말 생산 방식(예: “망치 밀링”)과 관련된 더 이상 사용되지 않는 용어입니다.

삭제된 용어: 수동 분말 생산 방식과 관련된 더 이상 사용되지 않는 용어(예: “망치 밀”)는 현재와 관련이 없으므로 삭제되었습니다.

총수:

GB/T 2597-2008

초경합금

다공성 시험 방법

머리말

본 표준은 초경합금(주로 WC-Co 초경합금)의 기공률 시험 방법을 규정하며, 초경합금(주로 WC-Co 초경합금)의 기공률 시험에 대한 통일된 기술 규격을 제공하는 것을 목표로 합니다. 본 표준은 초경합금 생산, 품질 관리, 연구 및 응용 분야에서 기공률 측정에 적용됩니다.

본 표준은 국제 표준 ISO 4505:1978 "초경합금의 금속조직 검사" 및 ASTM B276 "초경합금의 겔보기 기공률 시험 방법"을 참조하며, 국내 초경합금 산업의 실제 요구에 따라 개정되었습니다. 본 표준은 기존 관련 표준을 대체합니다.

이 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안하고 중국초경합금공업협회(China Cemented Carbide Industry Association)에서 관리합니다. 이 표준의 초안 작성 기관은 주저우 초경합금그룹(Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd.), 중국과학원 금속연구소, 청두공구연구소입니다. 이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다. 이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

- 1 범위
 - 2 규범적 참조
 - 3 용어 및 정의
 4. 시험 방법
 - 5 테스트 보고서
- 부록 A (정보 부록) 다공성 등급 차트

1 범위

본 표준은 초경합금의 기공률 시험 방법을 규정합니다. 초경합금의 기공률은 금속현미경 관찰을 통해 측정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합재(예: 코발트)를 함유하는 초경합금에 적용됩니다.

이 방법은 주로 초경합금의 기공, 유리 탄소 및 비금속 개재물을 포함한 겔보기 기공률을 측정합니다. 이 표준은 초경합금 제품의 품질 관리, 성능 평가 및 연구에 적용됩니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 다공성 측정에는 적용되지 않습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 3489-2008 초경합금의 미세구조 측정 방법

GB/T 3849-2008 초경합금의 기공률 측정

GB/T 5313-2008 초경합금 금속조직 시험방법

GB/T 1997-2008 초경합금 용어

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 다공성

시멘트 카바이드의 기공 부피 분율은 백분율(%)로 표현되며, 일반적으로 금속현미경으로 연마된 표면을 관찰하여 결정됩니다.

3.2 겉보기 다공성

시멘트 카바이드의 연마되었지만 에칭되지 않은 표면에서 금속학적 현미경으로 관찰한 기공, 자유 탄소 및 비금속 개재물의 합계입니다.

3.3 모공

시멘트 카바이드에 가스, 수축 또는 기타 원인으로 형성되는 공극은 A형(직경 <math>< 10 \mu\text{m}</math>) 과

B형(직경 $10 \sim 25 \mu\text{m}$)

3.4 자유 탄소

초경합금 내의 탄소 중 금속과 탄화물을 형성하지 않는 탄소는 C 상의 형태로 존재하며, 이는 일반적으로 금속현미경으로 관찰되며 C형으로 표시됩니다.

3.5 비금속 함유물

시멘트 카바이드 내의 산화물이나 황화물과 같은 비금속 물질은 원료나 공정에서 발생하며, 일반적으로 점이나 띠 형태로 존재합니다.

3.6 다공성 등급

기공은 기공의 수와 분포, 유리 탄소 및 비금속 개재물에 따라 여러 등급(예: A00, A02, C04 등)으로 나뉩니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

시멘트 카바이드의 연마된 표면에 있는 기공, 유리 탄소 및 비금속 개재물을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금속현미경으로 관찰하였고, 기공률 등급은 그 양과 분포를 기준으로 표준 도해에 따라 평가하였다.

4.2 계측기 및 장비

분해능 우수($<1 \mu\text{m}$).

연마 장비: 샘플 표면을 연마하는 데 사용되며 연마 디스크 속도는 200-300 rpm 이고 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 1-3 μm) 입니다.

세척 장비: 초음파 세척기, 세척제로 에탄올이나 아세톤을 사용합니다.

표준 다공성 등급 차트: 부록 A에 제공된 차트는 비교 평가에 사용됩니다.

4.3 샘플 준비

4.3.1 표본의 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 표본을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ 입니다.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료 표면을 사포(그릿 크기 400, 800, 1200)로 순차적으로 연마한 후, 다이아몬드 페이스트로 표면에 눈에 띄는 흠집이 없을 때까지 연마한다(거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$).

4.3.4 초음파 세척기로 시편을 세척합니다(세척 시간 5분). 표면의 먼지와 광택제 잔여물을 제거하고 먼지 없는 천으로 닦아 말립니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 샘플을 금속현미경 아래에 놓고 광원을 균일한 조명으로 조정하고 배율을 200 배로 선택합니다(또는 필요에 따라 100~500 배로 조정).

4.4.2 시편 표면에서 무작위로 5개의 시야(각 시야의 면적은 약 0.1mm^2)를 선택하여 기공, 유리 탄소 및 비금속 개재물의 분포를 관찰합니다.

4.4.3 부록 A의 표준 다공성 등급 차트와 비교하여 각 시야의 다공성 등급(유형 A, 유형 B, 유형 C)을 평가합니다.

4.4.4 각 시야의 다공성 등급을 기록하고 5개 시야의 평균값을 계산하여 최종 다공성 등급을 구한다.

4.4.5 유리탄소(C형) 함량이 상당할 경우(예: C04 이상), 분포 특성(예: 농축 또는 분산)을 기록해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.5 노트

기공이나 자유 탄소의 실제 형태를 가리지 않으려면 표본 표면을 에칭해서는 안 됩니다.

시편의 가장자리 부분은 절단이나 연마 작업으로 인해 영향을 받을 수 있으므로 관찰하지 마십시오.

불균일한 빛으로 인한 잘못된 판단을 피하기 위해 현미경 광원은 균일해야 합니다.

시야마다 다공성 등급이 크게 다르다면(예: A00 과 A06), 정확도를 높이기 위해 관찰 시야 수를 늘려야 합니다(10 개까지).

5 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)

시험 날짜와 시험 인원.

시험 조건: 현미경 배율, 시야 수.

시험 결과: 다공성 등급(A형, B형, C형)에는 평가 결과와 각 시야에 대한 평균값이 포함됩니다.

자유탄소 분포 특성(있는 경우).

비정상적인 조건에 대한 설명(시편 표면 결함, 평가의 어려움 등)

테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 다공성 등급 다이어그램

다음은 A형, B형, C형 다공성을 평가하기 위한 다공성 등급의 참고 차트입니다.

A형 기공(직경 < 10 μm) :

A00: 눈에 보이는 모공이 없습니다.

A02: 시야당 기공의 개수는 5 개 미만이며, 기공 면적은 0.02% 미만을 차지합니다.

A04: 기공의 개수는 시야당 5~10 개이며, 기공 면적은 0.02%~0.05%를 차지합니다.

A06: 시야당 기공의 개수는 10~20 개이며, 기공 면적은 0.05%~0.1%를 차지합니다.

A08: 기공 수 > 20/시야, 기공 면적 비율 > 0.1%.

(직경 10-25 μm) :

B00: 눈에 보이는 모공이 없음.

B02: 시야당 기공의 개수가 3 개 미만이며, 기공 면적은 0.01% 미만을 차지합니다.

B04: 시야당 기공의 개수는 3~5 개이며, 기공 면적은 0.01%~0.03%를 차지합니다.

B06: 기공의 개수는 시야당 5~10 개이며, 기공 면적은 0.03%~0.05%를 차지합니다.

B08: 기공 수 > 10/시야, 기공 면적 비율 > 0.05%.

C형 자유 탄소:

C00: 눈에 보이는 자유탄소가 없음.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

C02: 자유탄소 영역은 <0.02%를 차지하며 균일하게 분포되어 있습니다.
C04 : 자유탄소 영역은 0.02%-0.05%이며 국부적으로 집중되어 있습니다.
C06 : 자유탄소 면적은 0.05%-0.1%를 차지하며 집중적으로 분포합니다.
C08: 자유탄소 면적은 0.1% 이상을 차지하며 넓은 지역에 분포합니다.

A.2 사용 설명서

다공성 등급은 가장 가까운 표준 지도집을 기준으로 평가해야 합니다.
샘플에 A 형과 B 형 기공이 모두 있는 경우, 각각을 평가하고 기록해야 합니다.
유리탄소(C 형)를 평가할 때는 분포 특성에 주의를 기울여야 하며, 이는 재료 특성(예: 내마모성 감소)에 영향을 미칠 수 있습니다.

위 내용은 GB/T 2597-2008 초경합금 기공률 시험 방법의 중국어 전문이며, 범위, 용어, 시험 방법 및 부록을 포함하여 표준의 모든 필수 부분을 포괄하여 내용의 포괄성과 실용성을 보장합니다. 추가 조정이나 보완이 필요한 경우 더 구체적인 정보를 제공해 주시기 바랍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

총수:

GB/T 3489-2008

초경합금

미세조직 측정 방법

머리말

본 표준은 초경합금(주로 WC-Co 초경합금)의 미세조직 분석에 대한 통일된 기술 규격을 제공하는 것을 목표로 초경합금 미세조직 측정 방법을 규정합니다. 본 표준은 초경합금 생산, 품질 관리, 연구 및 응용 분야의 미세조직 측정에 적용됩니다.

본 표준은 국제 표준 ISO 4497:1983 "초경합금의 금속조직 검사"를 참조하며, 국내 초경합금 산업의 실제 요구에 따라 개정되었습니다. 본 표준은 기존 관련 표준을 대체합니다.

이 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안하고 중국초경합금공업협회(China Cemented Carbide Industry Association)에서 관리합니다. 이 표준의 초안 작성 기관은 주저우 초경합금그룹(Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd.), 중국과학원 금속연구소, 청두공구연구소입니다.

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

1 범위

2 규범적 참조

3 용어 및 정의

4 시험 방법

5 테스트 보고서

부록 A (정보 부록) 미세 구조 특성 다이어그램

1 범위

본 표준은 금속현미경 관찰을 통해 초경합금의 결정립 크기, 상 분포, 기공률 및 기타 미세조직 특성을 분석하여 초경합금 미세조직을 측정하는 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합재(예: 코발트)를 함유하는 초경합금에 적용됩니다.

이 방법은 주로 초경합금의 미세조직적 특성, 즉 WC 입자 크기, 코발트 상 분포, 기공률, 유리 탄소, 비금속 개재물 및 비정상 구조(예: η 상)를 측정합니다. 이 표준은 초경합금 제품의 품질 관리, 성능 평가 및 연구에 적용됩니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 미세구조 결정에는 적용할 수 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

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 2597-2008 초경합금의 기공률 시험 방법

GB/T 3849-2008 초경합금의 기공률 측정

GB/T 5313-2008 초경합금 금속조직 시험 방법

GB/T 1997-2008 초경합금 용어

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 미세구조

금속현미경으로 관찰한 시멘트 카바이드의 미세조직은 경질상(WC), 결합상(Co), 기공, 유리탄소 및 비금속 개재물의 분포와 형태를 포함한다.

3.2 입자 크기

초경합금의 WC 입자의 평균 입자 크기는 일반적으로 단면법이나 선형 절편법을 사용하여 마이크로미터 (μm) 단위로 측정합니다.

3.3 바인더 단계

초경합금에서 인성을 제공하고 경질상을 결합하는 금속 성분은 일반적으로 코발트(Co)이며, 그 분포 특성은 재료 특성에 영향을 미칩니다.

3.4 다공성

초경합금의 기공 부피 분율은 백분율(%)로 표현되며, A형(직경 $<10\ \mu\text{m}$), B형(직경 $10-25\ \mu\text{m}$) 및 C형(자유탄소)으로 구분됩니다.

3.5 자유 탄소

금속과 탄화물을 형성하지 않는 시멘트 카바이드 내의 탄소는 C 상의 형태로 존재하며, 일반적으로 금속현미경을 통해 관찰됩니다.

3.6 비금속 함유물

시멘트 카바이드 내의 산화물이나 황화물과 같은 비금속 물질은 원료나 공정에서 발생하며, 일반적으로 점이나 락 형태로 존재합니다.

3.7 에타상

시멘트 카바이드에 탄소 함량이 부족하여 형성된 $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ 는 일반적으로 어두운 삼각형이나 불규칙한 모양으로 나타나 재료 특성에 영향을 미칩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 시험 방법

4.1 원칙

연마 및 에칭된 초경합금의 표면을 금속현미경으로 관찰하여 WC 입자 크기, 코발트 상 분포, 기공률, 유리 탄소, 비금속 개재물 및 비정상 구조(예: η 상)를 분석하고, 미세조직적 특성은 표준 맵 또는 계산 방법에 따라 평가합니다.

4.2 계측기 및 장비

분해능 우수($<0.5 \mu\text{m}$).

연마 장비: 샘플 표면을 연마하는 데 사용되며 연마 디스크 속도는 200-300 rpm 이고 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 1-3 μm) 입니다.

에칭 장비: 무라카미 시약(10% KOH + 10% $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 수용액) 또는 5% 염산-질산 혼합물을 사용합니다.

세척 장비: 초음파 세척기, 세척제로 에탄올이나 아세톤을 사용합니다.

표준 미세구조 특성 다이어그램: 부록 A에 제공된 다이어그램에 따라 비교 평가에 사용됩니다.

4.3 샘플 준비

4.3.1 시편의 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm \times 10mm \times 5mm 입니다.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료 표면을 사포(그릿 크기 400, 800, 1200)로 순차적으로 연마한 후, 다이아몬드 페이스트로 표면에 눈에 띄는 흠집이 없을 때까지 연마한다(거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$).

4.3.4 초음파 세척기로 시편을 세척합니다(세척 시간 5 분). 표면의 먼지와 광택제 잔여물을 제거하고 먼지가 없는 천으로 닦아 말립니다.

4.3.5 무라카미 시약을 사용하여 샘플 표면을 에칭합니다(에칭 시간 10~20 초). 그러면 WC 입자와 코발트 상 경계가 시각화됩니다. 그런 다음 증류수로 헹구고 건조합니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 다공성 측정

4.4.1.1 에칭되지 않은 연마 표면에서 금속현미경(배율 200 배)을 사용하여 기공, 유리 탄소 및 비금속 개재물을 관찰합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4.1.2 무작위로 5 개의 시야를 선택하여(각 시야의 면적은 약 0.1 mm^2) GB/T 2597-2008 에 따라 다공성 등급(유형 A, 유형 B, 유형 C)을 평가합니다.

4.4.1.3 각 시야의 다공성 등급과 유리탄소 분포 특성을 기록합니다.

4.4.2 입자 크기 결정

4.4.2.1 금속현미경(배율 500 배)을 사용하여 에칭된 샘플 표면의 WC 입자를 관찰합니다.

4.4.2.2 무작위로 세 개의 시야를 선택하고 선형 절편법을 사용하여 입자 크기를 결정합니다.

시야 내에서 길이가 μm 입니다 .

각 직선과 WC 결정립 경계의 교차점 수(N)를 기록했습니다.

计算平均截距长度 L $\frac{\text{总直线长度}}{\text{相交点数}}$

4.4.2.3 세 시야의 평균 입자 크기를 μm 단위 로 계산합니다 .

4.4.3 코발트 상분포 결정

금속현미경(배율 200 배)을 이용하여 에칭된 시료 표면의 코발트상 분포를 관찰한다 .

4.4.3.2 무작위로 5 개의 시야를 선택하여 코발트상이 균일하게 분포되어 있는지, 코발트 풀(크기 $> 5 \mu\text{m}$)이 존재하는지 관찰합니다.

4.4.3.3 코발트 상 분포 특성(균일, 국부 분리, 코발트 풀)을 기록합니다.

4.4.4 비정상 조직 검사

4.4.4.1 η 상 확인: η 상은 일반적으로 어두운 삼각형이나 불규칙한 모양으로 나타나며 탄소 함량이 부족한 샘플에서 종종 발견됩니다.

4.4.4.2 비금속 함유물을 확인합니다. 모양(점, 줄무늬)과 분포를 기록합니다.

4.4.4.3 비정상 조직이 발견되면 현미경 사진을 촬영하고 그 면적 백분율(%)을 기록해야 합니다.

4.5 노트

에칭 시간은 엄격하게 관리해야 합니다. 너무 길면 결정립계가 흐릿해지고, 너무

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

짧으면 구조가 드러나지 않을 수 있습니다.

입자 크기를 관찰할 때 통계적 정확도를 높이기 위해 시야에 있는 입자 수가 100 개 이상인지 확인하세요.

코발트 상 분포를 평가할 때, 잘못된 판단을 피하기 위해 코발트 풀과 기공을 구별하는 데 주의해야 합니다.

샘플에 비정상적인 구조(예: η 상 비율 > 1%)가 있는 경우, 그 원인을 분석해야 합니다(예: 탄소 함량 부족, 소결 온도 초과).

5 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)

시험 날짜와 시험 인원.

시험 조건: 현미경 배율, 시야 수, 에칭제 및 에칭 시간.

테스트 결과:

다공성 등급(A형, B형, C형).

입자 크기 (평균값 및 범위, μm)

코발트상 분포 특성.

비정상적 구조(η 상 및 비금속 개재물 등)에 대한 설명 및 비율.

현미경 사진(가능한 경우).

비정상적인 조건에 대한 설명(시험 표면 결함, 평가의 어려움 등)

테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 미세조직 특성

다음은 시멘트 카바이드의 미세구조를 평가하는 데 사용되는 미세구조 특성의 참고 자료입니다.

WC 입자 크기:

초미립자: 평균 입자 크기 < 0.5 μm .

미세립자: 평균 입자 크기 0.5-1.0 μm .

중결정: 평균 입자 크기 1.0-2.0 μm .

조립립: 평균 입자 크기 > 2.0 μm .

코발트 상 분포:

균일한 분포: 코발트 상의 명확한 분리가 없고, 시야당 코발트 풀이 1 미만입니다.

국소 분리: 시야당 1~3 개의 코발트 풀, 크기 5 ~ 10 μm .

: 코발트 풀 >3/시야, 크기 > 10 μm .

η 단계:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

η 위상 없음: 시야에 어두운 삼각형이나 불규칙한 구조가 없습니다.

소량의 η 상 함유: 면적비율 <1%, 분산되어 분포함.

η 상이 다량 존재: 면적 점유율 >1%, 집중 분포.

A.2 사용 설명서

입자 크기 평가는 선형 절편법을 기반으로 해야 합니다. 다른 방법(예: 이미지 분석)을 사용하는 경우, 그 이유를 설명해야 합니다.

코발트 상 분포를 분석하려면 재료 특성(인성, 내마모성 등)과 결합된 포괄적인 분석이 필요합니다.

η 상이 존재한다는 것은 일반적으로 탄소 함량이 부족하다는 것을 나타내며, 화학 성분과 공정 매개변수에 대한 추가 분석이 권장됩니다.

위 내용은 GB/T 3489-2008 초경합금 미세조직 측정법의 중국어 전문입니다. 본 표준의 범위, 용어, 시험 방법 및 부록을 포함한 모든 필수 내용을 포괄하여 내용의 포괄성과 실용성을 보장합니다. 추가 수정이나 보완이 필요한 경우, 더 구체적인 정보를 제공해 주시기 바랍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 5248-2008

초경합금

화학 분석 방법

머리말

본 표준은 초경합금(주로 WC-Co 초경합금)의 화학 성분 분석에 대한 통일된 기술 규격을 제공하기 위해 초경합금의 주요 원소 및 불순물 원소에 대한 화학 분석 방법을 규정합니다. 본 표준은 초경합금 생산, 품질 관리, 연구 및 응용 분야의 화학 성분 분석에 적용됩니다.

본 표준은 국제 표준 ASTM E352 "공구강 및 기타 중합금강 및 고합금강의 화학 분석 방법"을 참조하며, 국내 초경합금 산업의 실제 요구에 따라 개정되었습니다. 본 표준은 기존 관련 표준을 대체합니다.

이 표준은 중국기계공업연합회(China Machinery Industry Federation)에서 제안하고 중국초경합금공업협회(China Cemented Carbide Industry Association)에서 관리합니다. 이 표준의 초안 작성 기관은 주저우 초경합금그룹(Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd.), 중국과학원 금속연구소, 청두공구연구소입니다.

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

- 1 범위
 - 2 규범적 참조
 - 3 용어 및 정의
 - 4 일반 요구 사항
 - 5 가지 분석 방법
 - 6 테스트 보고서
- 부록 A (정보 부록) 분석 방법의 적용 범위

1 범위

본 표준은 초경합금에서 텅스텐(W), 코발트(Co), 탄소(C), 티타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 니오븀(Nb) 및 일반적인 불순물 원소(예: Fe, Ni, Cr, Mo, Si, Al, S, P)에 대한 화학 분석 방법을 규정합니다. 본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합재(예: 코발트)를 함유하는 초경합금의 화학 조성을 측정하는 데 적용됩니다.

이 방법에는 다음 요소를 결정하는 것이 포함됩니다.

주요 원소: 텅스텐, 코발트, 총 탄소, 유리 탄소.

미량 원소: 티타늄, 탄탈륨, 니오븀.

불순물 원소: 철, 니켈, 크롬, 몰리브덴, 실리콘, 알루미늄, 유황, 인.

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

이 표준은 시멘트 카바이드 제품의 품질 관리, 성능 평가 및 연구에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항들은 본 표준에서 참조됨으로써 본 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우, 참조된 버전만 적용됩니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우, 최신 버전(모든 개정 사항 포함)이 본 표준에 적용됩니다.

GB/T 1997-2008 초경합금 용어

GB/T 223.5-2008 강철 및 합금에 대한 화학 분석 방법 - 환원 증류 - 유황 함량 측정을 위한 메틸렌 블루 광도법

GB/T 223.9-2008 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법 - 크롬 아주롤 S 알루미늄 함량 측정을 위한 광도 측정 방법

GB/T 223.11-2008 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법 - 크롬 함량 측정을 위한 황산암모늄-황산철암모늄 체적법

GB/T 223.23-2008 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법 - 니켈 함량 측정을 위한 디메틸글리옥심 분광 광도법

GB/T 223.59-2008 철, 강 및 합금의 화학 분석 방법 - 아비산 나트륨 - 인 함량 측정을 위한 아질산나트륨 적정 방법

GB/T 4698.1-2008 티타늄 스펀지, 티타늄 및 티타늄 합금에 대한 화학 분석 방법 제 1 부: 일반

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 경질 합금

텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합제(코발트 등)를 함유한 분말 야금 제품은 일반적으로 절삭 공구, 내마모성 부품 등에 사용됩니다.

3.2 총 탄소

시멘트 카바이드의 모든 형태의 탄소 함량에는 결합 탄소(WC의 탄소)와 자유 탄소가 포함됩니다.

3.3 자유 탄소

금속과 탄화물을 형성하지 않는 초경합금의 탄소는 C 상의 형태로 존재합니다.

3.4 화학 분석

시멘트 카바이드에 함유된 각 원소의 함량을 화학적 또는 계측적 방법을 통해 측정하는 과정입니다.

3.5 불순물 원소

시멘트 카바이드에 함유된 미량 원소는 원료나 공정에서 유래하며, Fe, Ni, Cr, Mo, Si, Al, S, P 등이 포함됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4 일반 요구 사항

4.1 샘플 요구 사항

4.1.1 대표성을 확보하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 시편의 질량은 일반적으로 0.5g 에서 2.0g 입니다.

4.1.2 시편 표면에는 스케일, 기름 또는 기타 불순물이 없어야 합니다. 필요한 경우 사포로 연마하고 에탄올로 세척해야 합니다.

4.1.3 불순물의 유입을 방지하기 위해 시료는 0.15mm(100 메시) 이하의 입자 크기로 분쇄되어야 합니다.

4.2 시약 요구 사항

4.2.1 모든 시약은 분석 등급 이상의 순도를 가져야 하며, 사용하는 물은 증류수 또는 탈이온수여야 합니다.

불순물의 간섭이 없는지 확인하기 위해 산성 용액(예: HCl, HNO₃, HF)은 지정된 농도로 준비해야 합니다.

4.3 계측기 요구 사항

4.3.1 분석용 저울: 감도 0.0001g.

4.3.2 고주파 유도로 : 탄소 및 유황의 연소 분석에 사용됩니다.

4.3.3 분광광도계: 원소 함량의 광도 측정에 사용됩니다.

4.3.4 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광기(ICP-AES): 여러 원소를 동시에 분석하는데 사용됩니다.

4.4 보안 요구 사항

4.4.1 작업 중에는 산이 튀거나 유해 가스를 흡입하지 않도록 보호 안경과 장갑을 착용하세요.

4.4.2 고주파 유도로를 작동할 때는 화상을 방지하기 위해 고온 보호에 주의하십시오.

5 가지 분석 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 텅스텐(W)의 측정

5.1.1 방법의 원리

시료를 HCl-HNO₃ 혼합산으로 분해하여 텅스텐을 텅스텐산 형태로 침전시키고, 황산제일철암모늄 적정법으로 텅스텐 함량을 측정하였다.

5.1.2 시약

염산(1+1).

HNO₃ (1 +1).

황산제일철암모늄 표준용액(0.1 mol/L).

타르타르산 용액(10%).

5.1.3 단계

5.1.3.1 샘플 0.5g(정확도 0.0001g)을 달아 250mL 비이커에 넣습니다.

5.1.3.2 20 mL HCl (1+1)과 5 mL HNO₃ (1 +1)을 첨가하고 시료가 완전히 분해될 때까지 가열합니다.

5.1.3.3 타르타르산 용액(10%) 5mL 를 첨가하고 고르게 저은 후 실온으로 식힌다.

5.1.3.4 표준 황산제일철

암모늄 용액으로 종말점까지 적정한다(용액이 노란색에서 무색으로 변한다).

5.1.3.5 텅스텐 함량 계산:

$$W(\%) = \frac{(V \times c \times M_{W}) \times 100}{m \times 1000}$$

式中:

- V: 硫酸亚铁铵标准溶液消耗体积 (mL) ;
- c: 硫酸亚铁铵标准溶液浓度 (mol/L) ;
- M_W: 钨的摩尔质量 (183.84 g/mol) ;
- m: 试样质量 (g) .

5.2 코발트(Co)의 측정

5.2.1 방법의 원리

HCl-HNO₃로 분해되었고, 코발트는 디메틸글리옥심 분광광도법으로 측정되었습니다.

5.2.2 시약

염산(1+1).

HNO₃ (1 +1).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

디메틸글리옥심 용액(1%).
암모니아수(1+1).

5.2.3 단계

5.2.3.1 샘플 0.5g 을 달아 250mL 비이커에 넣습니다(정확도는 0.0001g).

5.2.3.2 20 mL HCl (1+1)과 5 mL HNO₃ (1+1)을 첨가하고 가열하여 분해시킨다.

5.2.3.3 식힌 후 디메틸글리옥심 용액(1%) 5mL 를 첨가하고 암모니아수를 사용하여 pH 를 8~9 로 조절한다.

5.2.3.4 분광광도계로 510nm 파장에서 흡광도를 측정합니다.

5.2.3.5 표준곡선에 따라 코발트 함량을 계산합니다.

5.3 총탄소(C) 및 유리탄소(C) 측정

5.3.1 방법의 원리

총탄소량은 고주파 유도로 연소법으로 측정하고, 유리탄소량은 산가수분해법으로 분리한 후 측정하며, 결합탄소량은 총탄소량에서 유리탄소량을 빼서 계산한다.

5.3.2 계측기

고주파 유도로.

적외선 흡수 탄소 및 유황 분석기.

5.3.3 단계

5.3.3.1 총탄소 측정 :

0.2g 의 샘플을 달아서(정확도 0.0001g) 고주파 유도로에 넣습니다.

생성된 CO₂의 탄소 함량은 적외선 흡수 법을 통해 측정됩니다.

5.3.3.2 자유탄소 측정:

샘플 1.0g 을 달아 250mL 비이커에 넣고 HCl(1+1) 50mL 를 첨가한 후 유리탄소가 완전히 분리될 때까지 가열합니다.

잔류물을 여과하고 세척하고 건조시킨 후, 고주파 유도로를 사용하여 유리탄소 함량을 측정합니다.

5.3.3.3 결합 탄소량 계산:

$$C_{\text{結合}} = C_{\text{總}} - C_{\text{遊離}}$$

5.4 티타늄(Ti), 탄탈륨(Ta) 및 니오븀(Nb)의 결정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.4.1 방법의 원리

샘플은 HCl-HF 로 분해되었고, 원소는 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광법(ICP-AES)으로 결정되었습니다.

5.4.2 단계

5.4.2.1 샘플 0.5g 을 달아 폴리테트라플루오로에틸렌 비이커에 넣고 10mL 의 HCl(1+1)과 5mL 의 HF(40%)를 첨가한 후 가열하여 분해시킨다.

5.4.2.2 식힌 후 100mL 로 만든다 .

5.4.2.3 Ti, Ta, Nb 의 방출 스펙트럼 세기는 ICP-AES 로 측정되었다. 파장은 다음과 같다.

티타늄: 334.941nm;

Ta: 240.063nm;

참고: 316.340nm.

5.4.2.4 표준곡선에 따라 각 원소의 함량을 계산합니다.

5.5 불순물 원소 측정(Fe, Ni, Cr, Mo, Si, Al, S, P)

5.5.1 방법의 원리

불순물 원소는 ICP-AES 로 측정하였고, 황은 고주파 유도로 연소법으로 측정하였으며, 인은 아비산 나트륨 -아질산나트륨 적정법으로 측정하였다.

5.5.2 단계

5.5.2.1 Fe, Ni, Cr, Mo, Si 및 Al 측정:

5.4.2 단계와 동일하게 파장은 다음과 같습니다.

철: 238.204nm;

니켈 : 231.604nm;

크롬: 267.716nm;

몰리브덴: 202.030nm;

Si: 251.611nm;

알루미늄: 396.152nm.

5.5.2.2 유황 측정:

5.3.3.1 단계와 동일하게 적외선 흡수법으로 유황 함량을 결정합니다.

5.5.2.3 인의 측정:

나트륨 -아질산나트륨 적정법 으로 측정합니다 .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)

시험 날짜와 시험 인원.

시험 조건: 기기 모델, 분석 방법.

시험 결과: 텅스텐, 코발트, 총 탄소, 유리 탄소, 티타늄, 탄탈륨, 니오븀 및 불순물 원소를 포함한 각 원소의 함량(%)입니다.

비정상적인 조건(예: 고르지 않은 샘플, 분석 간섭 등)에 대한 설명입니다.

테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 분석 방법의 적용 범위

텅스텐(W): 50%-95%, 황산제일철암모늄 적정법.

코발트(Co): 1%-30%, 디메틸글리옥심 분광광도법.

총탄소(C): 4%-7%, 고주파 유도로 연소방식.

유리탄소(C): 0.01%-0.5%, 산가수분해법.

티타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 니오븀(Nb): 0.1%-10%, ICP-AES 방법.

불순물 원소(Fe, Ni, Cr, Mo, Si, Al): 0.001%-1%, ICP-AES 방법.

유황(S): 0.001%-0.05%, 고주파 유도로 연소방법.

인(P): 0.001%-0.05%, 아비산 나트륨-아질산나트륨 적정법.

A.2 참고사항

텅스텐 함량이 높으므로 텅스텐산의 불완전한 침전을 피해야 하며, 필요한 경우 침전을 반복할 수 있습니다.

코발트 함량의 경우, 디메틸글리옥심 방법은 Ni에 의해 방해받을 수 있으므로 측정 전에 분리해야 합니다.

ICP-AES로 측정할 경우, 매트릭스 매칭을 보장하기 위해 기기를 교정해야 합니다.

위 내용은 GB/T 5248-2008 초경합금 화학 분석법의 중국어 전문입니다. 본 표준의 범위, 용어, 분석 방법 및 부록을 포함한 모든 필수 내용을 포괄하여 내용의 포괄성과 실용성을 보장합니다. 추가 수정이나 보완이 필요한 경우, 더 구체적인 정보를 제공해 주시기 바랍니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 5313-2008

초경합금

금속조직 검사 방법

머리말

본 규격은 시멘트 카바이드의 금속조직에 대한 검사방법을 규정하여 그 목적을 달성하고자 한다.

본 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리에 적용됩니다.

연구 및 응용 분야에서의 금속조직 분석.

이 표준은 국제 표준 ISO 4499-1:2008 "경화탄화물의 금속조직 검사 방법 1부: 일반 원칙"을 참조합니다.

본 표준은 국내 초경합금 산업의 실제 수요에 따라 개정되었으며, 기존 관련 표준을 대체합니다.

이 표준은 중국기계산업연합회에서 제안하였으며, 중국초경합금산업협회에서 관리합니다.

제도 단위에는 다음이 포함됩니다: Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd., 중국 과학 아카데미 금속 연구소, 청두 공구 연구소

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

- 1 범위 3
- 2 규범적 참조 3
- 3 용어 및 정의 3
 - 3.1 금속조직 구조 3
 - 3.2 WC 입자 크기 3
 - 3.3 코발트 상 분포 3
 - 3.4 다공성 3
 - 3.5 자유 탄소 3
 - 3.6 비금속 함유물 4
 - 3.7 에타
- 4 시험 방법 4
 - 4.1 원칙

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.2 계측기 및 장비

4.3 시험편의 준비

4.4 테스트 절차

4.4.1 다공성 시험

4.4.2 WC 입자 크기 검사

4.4.3 코발트 상분포 시험

4.4.4 비정상 조직 검사

4.5
참고사항 5

5. 시험 결과 평가 6

5.1 다공성 평가 6

5.2 입자 크기 평가 6

5.3 코발트 상 분포 평가 6

5.4 비정상 조직 평가 6

6 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 시멘트 카바이드의 금속조직 검사방법을 규정한다.
WC 입자 크기, 코발트 상 분포, 기공률, 유리 탄소, 비금속 개재물 및 이상을 포함한 미세 구조적 특성
본 규격은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합제(코발트 등)를 함유하는 제품에 적용됩니다.
시멘트 카바이드.
이 방법은 시멘트 카바이드 제품의 연구에서 품질 관리, 성능 평가 및 금속 조직 검사에 적합합니다.
이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 금속조직 검사에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.
날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.
이 표준.

- GB/T 1997-2008 시멘트 카바이드 용어
- GB/T 2597-2008 시멘트 카바이드의 기공률 시험 방법
- GB/T 3489-2008 초경합금 미세구조 측정 방법
- GB/T 5248-2008 시멘트 카바이드에 대한 화학 분석 방법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 금속조직

금속현미경으로 관찰한 시멘트 카바이드의 미세조직은 경질상(WC), 결합상(Co), 기공 등으로 구성되어 있다.

자유 탄소와 비금속 개재물의 분포와 형태.

3.2 WC 입자 크기

시멘트 카바이드에서 텅스텐 카바이드(WC)의 평균 입자 크기는 일반적으로 선형 절편법이나 마이크로미터(μm) 단위로 측정됩니다.

이미지 분석을 통한 결정.

3.3 코발트 상 분포

초경합금 내 코발트(Co) 결합재상의 분포상태는 균일분포, 국부편석 및 코발트 풀의 분포형태로 구분된다.

3.4 다공성

시멘트 카바이드에 존재하는 기공의 부피 분율을 백분율(%)로 표시하면 A형(직경 $<10\ \mu\text{m}$), B형(직경 $<10\ \mu\text{m}$)으로 구분된다.

직경 $10\text{--}25\ \mu\text{m}$) 및 C형(자유탄소).

3.5 자유 탄소

금속과 탄화물을 형성하지 않는 초경합금의 탄소는 C 상 형태로 존재하며, 일반적으로 검은색 입자의 형태입니다.

3.6 비금속 함유물

원료나 공정에서 얻은 시멘트 카바이드 내의 산화물이나 황화물과 같은 비금속 물질로, 일반적으로 점이나 띠 형태입니다.
존재.

3.7 에타상

초경합금의 탄소함량이 부족하여 형성되는 CoWC)는 일반적으로 검은색 삼각형 또는 규칙적인 모양.

4. 시험 방법

4.1 원칙

연마 및 에칭 후 시멘트 카바이드 표면을 금속현미경으로 관찰하여 WC 결정립 크기, 코발트 상 분포, 기공 등을 분석하였다.

다공성, 유리 탄소, 비금속 개재물 및 비정상 구조(상 등)를 파악하고 이를 표준 지도와 비교하여 평가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.2 계측기 및 장비

- 금속현미경 : 배율 100 배 ~ 1000 배, 접안렌즈와 대물렌즈 장착, 분해능 우수($<0.5 \mu\text{m}$).
- 연마 장비: 샘플 표면 연마에 사용되며 연마 디스크 속도는 200-300 rpm 이고 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자)입니다.
직경 1-3 μm).
- 에칭 장비 : 무라카미 시약(10% KOH + 10% K[Fe(CN)] 수용액) 또는 5% 염산-질산 혼합물.
- 세척 장비: 에탄올이나 아세톤을 세척제로 사용하는 초음파 세척기.
- 표준 금속조직 특성도: 부록 A 에 제시된 도표에 따라 비교평가에 활용됩니다.

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.

mm.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료의 표면을 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드 페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마하였다.
눈에 띄는 흠집 없음(거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$).

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.
먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.3.5 Murakami 시약을 사용하여 샘플 표면을 에칭하여 WC 입자와 코발트 상을 드러냅니다(에칭 시간 10-20 초)
그런 다음 테두리를 증류수로 헹구고 말렸습니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 다공성 시험

4.4.1.1 에칭되지 않은 연마된 표면에서 금속현미경(배율 200 배) 을 사용하여 기공, 자유탄소를 관찰합니다.
비금속성 내포물.

4.4.1.2 무작위로 5 개의 시야를 선택(각 시야의 면적은 약 0.1mm^2) 하고 GB/T

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2597-2008 에 따라 다공성을 평가합니다.
등급(A 형, B 형, C 형).

4.4.1.3 각 시야의 다공성 등급과 유리탄소 분포 특성을 기록합니다.

4.4.2 WC 입자 크기 검사

배) 을 이용하여 에칭된 시료 표면의 WC 입자를 관찰한다 .

4.4.2.2 무작위로 세 개의 시야를 선택하고 선형 절편법을 사용하여 입자 크기를 결정합니다.

시야 내에 길이가 약 $100\mu\text{m}$ 인 10 개의 무작위 직선을 그립니다 .

- 각 선이 WC 결정립계와 교차하는 횟수(N)를 기록합니다.

- 평균 절편 길이 $L = \text{총 직선 길이} / N$ 를 계산합니다.

총 교차점.

- 입자 크기 $d = 1.56 \times L$.

4.4.2.3 세 시야의 평균 입자 크기를 μm 단위로 계산합니다 .

4.4.3 코발트 상분포 시험

배) 을 이용하여 에칭된 시료 표면의 코발트상 분포를 관찰한다 .

4.4.3.2 무작위로 5 개의 시야를 선택하여 코발트상이 균일하게 분포되어 있는지, 코발트 풀(크기 $> 5\mu\text{m}$)이 존재하는지 관찰합니다.

4.4.3.3 코발트 상 분포 특성(균일, 국부 분리, 코발트 풀)을 기록합니다.

4.4.4 비정상 조직 검사

4.4.4.1 검사 단계: 이 단계는 일반적으로 어두운 삼각형이나 불규칙한 모양으로 나타나며 탄소 함량이 부족한 샘플에서 종종 발견됩니다.

4.4.4.2 비금속 함유물을 확인합니다. 모양(점, 줄무늬)과 분포를 기록합니다.

4.4.4.3 비정상 조직이 발견되면 현미경 사진을 촬영하고 그 면적 백분율(%)을 기록해야 합니다.

4.5 노트

- 에칭 시간은 엄격하게 관리해야 합니다. 시간이 너무 길면 결정립계가 흐릿해지고, 시간이 너무 짧으면 구조가 드러나지 않을 수 있습니다.
- 입자 크기를 관찰할 때 통계적 정확도를 높이기 위해 시야에 있는 입자 수가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

100 개 이상인지 확인하세요.

- 코발트 상 분포를 평가할 때 잘못된 판단을 피하기 위해 코발트 풀과 기공을 구별하는 데 주의해야 합니다.
- 샘플에 비정상적인 구조(예: 상비 >1%)가 있는 경우 원인을 분석해야 합니다(예: 탄소 함량 부족, 소결 불량)
온도가 너무 높습니다).

5. 시험 결과 평가

5.1 다공성 평가

GB/T 2597-2008 에 따르면 다공성은 A 형, B 형, C 형으로 구분됩니다. 평가 결과는 5 개 시야를 기반으로 합니다.
표시된 평균 등급입니다.

5.2 입자 크기 평가

WC 입자 크기는 다음과 같은 등급으로 분류됩니다.

- 초미립자: < 0.5 μm
- 미세 입자: 0.5-1.0 μm
- 중립 : 1.0-2.0 μm
- 조립질: >2.0 μm .

5.3 코발트 상분포 평가

코발트 상 분포는 다음과 같이 구분됩니다.

- 균일한 분포: 명확한 분리 없음, 코발트 풀 <1/시야;
- 국소 분리: 시야당 1-3 코발트 풀, 크기 5-10 μm
- 심각한 분리: 코발트 풀 >3/필드, 크기 > 10 μm .

5.4 비정상 조직 평가

상 및 비금속 개재물의 면적비는 1% 미만이어야 하며, 1%를 초과하는 경우 불합격으로 표시하고 그 원인을 분석해야 합니다.

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 현미경 배율, 시야 수, 에칭제 및 에칭 시간.
- 테스트 결과:
 - 다공성 등급(A 형, B 형, C 형).
 - WC 입자 크기(평균값 및 범위, μm).
 - 코발트상분포특성.
 - 비정상적 구조(예: 상, 비금속 내포물)의 설명 및 비율.
- 현미경 사진(가능한 경우).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 비정상적인 조건에 대한 설명(시편 표면 결함, 평가의 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 금속조직 특성

다음은 초경합금의 미세조직을 평가하는 데 사용되는 금속조직 특성에 대한 참고 자료입니다.

• WC 입자 크기:

- 초미립자: 평균 입자 크기 $<0.5 \mu\text{m}$.
- 미세 입자: 평균 입자 크기 $0.5-1.0 \mu\text{m}$.
- 중결정: 평균 입자 크기 $1.0-2.0 \mu\text{m}$.
- 조립질: 평균 입자 크기 $>2.0 \mu\text{m}$.

• 코발트 상 분포 :

- 균일한 분포: 코발트 상의 명확한 분리가 없고 시야 당 코발트 풀이 1 미만입니다.
- 국소 분리: 시야당 1~3 개의 코발트 풀, 크기 $5 \sim 10 \mu\text{m}$.
- 심각한 분리: 코발트 풀 >3 /시야, 크기 $> 10 \mu\text{m}$.

• 상호적으로:

- 위상 없음: 시야에 어두운 삼각형이나 불규칙한 구조가 보이지 않습니다.
- 소규모 단계: 면적 점유율 $<1\%$, 분산된 분포.
- 대량 단계: 면적의 1% 이상을 차지하며 집중적으로 분포됩니다.

A.2 사용 설명서

- 입자 크기 평가는 주로 선형 절편법을 기반으로 해야 합니다. 이미지 분석을 사용하는 경우, 해당 내용을 명시해야 합니다.
- 코발트 상 분포 평가에는 재료 특성(인성, 내마모성 등)과 결합된 포괄적인 분석이 필요합니다.
- 상이 존재한다는 것은 일반적으로 탄소 함량이 부족하다는 것을 나타내며, 화학 성분과 공정 매개변수에 대한 추가 분석이 권장됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 7997-2008

초경합금

비커스 경도 시험 방법

머리말

본 규격은 시멘트 카바이드(주로 WC-Co 경합금)를 대상으로 하는 시멘트 카바이드의 비커스 경도 시험 방법을 규정합니다.

이 표준은 시멘트 카바이드의 생산, 품질 관리 및 연구에 적용됩니다.

응용 분야에서의 비커스 경도 측정.

본 규격은 국제 규격 ISO 3878:1987 "초경합금에 대한 비커스 경도 및 록웰 경도 시험"을 참조하며 이를 결합합니다.

국내 초경합금 산업. 이 표준은 기존 관련 표준을 대체합니다.

이 표준은 중국기계산업연합회에서 제안하였으며, 중국초경합금산업협회에서 관리합니다.

제도 단위에는 다음이 포함됩니다: Zhuzhou Cemented Carbide Group Co., Ltd., 중국 과학 아카데미 금속 연구소, 청두 공구 연구소
장소.

이 표준의 주요 초안 작성자는 다음과 같습니다.

이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

1 범위 2

2 규범적 참조 2

3 용어 및 정의 2

3.1 비커스 경도 2

3.2 들어쓰기 2

3.3 로드 2

3.4 체류 시간 2

4 시험방법 2

4.1

원칙 2

4.2 계측기 및 장비 .

4.3 시험편의 준비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4 시험 조건	
4.5	테스트
절차	
.	3
4.6	
참고사항	
.	3
5 결과 계산 및 발표 4	
5.1 경도 계산	
5.2 결과의 표현	
6 테스트 보고서 4	

1 범위

(WC)를 주성분으로 하고, 텅스텐 카바이드를 함유하는 초경합금에 적용 가능한 초경합금의 비커스 경도 시험방법을 규정한다.

금속 결합체(예: 코발트)를 함유한 초경합금. 시험 방법에는 시편 준비, 시험 조건 선택, 압입 측정 등이 포함됩니다.

경도값 계산.

이 표준은 시멘트 카바이드 제품의 품질 관리, 성능 평가 및 연구 분야에서의 비커스 경도 시험에 적용됩니다.

세라믹) 의 경도 측정에는 적용되지 않습니다 .

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.

날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.

이 표준.

- GB/T 1997-2008 시멘트 카바이드 용어
- GB/T 4340.1-2009 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험 제 1 부: 시험 방법

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 비커스 경도

다이아몬드 사면체 피라미드 압입자를 샘플 표면에 압입하고, 지정된 하중 하에서 압입의 대각선 길이를 측정하여 계산합니다.

경도 값은 HV 로 표현됩니다.

3.2 들어쓰기

비커스 경도 시험에서 다이아몬드 사각형 피라미드 압입자는 샘플 표면에 정사각형 압입 자국을 남깁니다.

3.3 부하

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압입자에 가해지는 힘은 뉴턴(N) 단위로 시편의 경도와 두께에 따라 선택됩니다.

3.4 체류 시간

압입자가 하중을 가한 후 하중을 유지하는 시간으로, 보통 10~15 초이며 초(s) 단위로 측정합니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

비커스 경도계를 사용하여 다이아몬드 사각뿔 압입자(꼭짓점 각도 136°)를 지정된 하중 하에 샘플 표면에 눌러 경도를 측정합니다.

압입의 대각선 길이는 공식에 따라 경도 값을 계산하는 데 사용됩니다.

4.2 계측기 및 장비

• 비커스 경도 시험기: GB/T 4340.1-2009 에 따라 하중 범위는 1kgf ~ 120kgf (9.807N) 입니다.

최대 1177N), 측정 정확도는 0.5 μm 입니다 .

• 연마 장비: 샘플 표면을 연마하는 데 사용되며 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 1-3 μm)입니다.

• 세척 장비: 에탄올이나 아세톤을 세척제로 사용하는 초음파 세척기.

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.

압입 깊이를 곱합니다.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 <100mm/min 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료의 표면을 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드 페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마하였다.

눈에 띄는 흠집 없음(거칠기 Ra < 0.1 μm) .

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.

먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.4 테스트 조건

4.4.1 하중 선택: 시편의 경도와 두께에 따라 하중을 선택합니다. 부록 A 를 참조하세요.

- 미립자 시멘트 카바이드(입자 크기 <1 μm): 5 kgf-10 kgf .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 중결정 탄화물(입자 크기 1-2 μm): 10 kgf-30 kgf .
- 조립 초경합금(입자 크기 > 2 μm): 30 kgf-120 kgf .

4.4.2 유지시간: 10~15 초.

4.4.3 시험환경 : 온도(23(5) °C), 상대습도 <65%, 진동 및 강한 빛 간섭을 피한다.

4.5 테스트 단계

4.5.1 준비된 시편을 비커스 경도 시험기 작업대에 고정합니다.

4.5.2 적절한 하중과 유지시간을 선택하여 시편 표면에 하중을 가한다.

4.5.3 하중을 제거한 후 현미경을 사용하여 압입부의 두 대각선 길이(d1 과 d2)를 측정하고 평균값 d를 취합니다.

4.5.4 시험을 반복하고 시편에 대해 최소 5 번의 측정을 실시합니다. 이때 측정 지점 사이의 거리는 압입 대각선의 최소 3 배 이상이어야 합니다. 서로의 영향을 피하세요.

4.6 참고사항

- 샘플 표면은 평평해야 하며 균열, 긁힘 또는 오염이 없어야 합니다. 그렇지 않으면 측정 결과가 부정확해질 수 있습니다.
- 하중이 너무 크면 압입이 너무 깊어져 샘플 구조에 영향을 줄 수 있고, 하중이 너무 작으면 측정 오류가 발생할 수 있습니다. 샘플의 특성에 맞게 조정하세요.
- 대각선 길이를 측정할 때는 움푹 들어간 부분이 깨끗한지 확인하고 빛 반사로 인한 방해물을 피하세요.

5 결과 계산 및 발표

5.1 경도 계산

비커스 경도 값은 다음 공식에 따라 계산됩니다.

$$HV = 1.8544 \times P$$

d 2 , 여기서:

- HV : 비커스 경도값 (단위: kgf / mm²)
- P: 적용하중(단위 : kgf)
- d: 압입부의 평균 대각선 길이(단위: mm)
- 1.8544: 비커스 경도계 상수(136° 피라미드 각도와 관련됨).

5.2 결과

경도 값은 소수점 둘째 자리까지 HV 로 표시됩니다. 예: HV 1600.25. 경도 값을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

보고할 때는 다섯 번 측정된 값을 사용합니다.

산술 평균값, 허용 편차는 하중 크기에 따라 결정됩니다.

- 하중 <10 kgf : 편차 5%;
- 하중 10-30 kgf : 편차 3%;
- 하중 > 30 kgf : 편차 2%.

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 시험 조건: 하중 (kgf), 유지 시간(초), 주변 온도 및 습도.
- 테스트 결과:
 - 각 측정에 대한 압입의 대각선 길이(mm).
 - 평균 경도값(HV).
 - 편차 범위(%)
- 비정상적인 조건에 대한 설명(샘플 표면 결함, 측정 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

초경합금 종류 입자 크기 범위(μm) 권장 하중 (kgf) 유지 시간(초) 비교
초미립 초경합금 <0.5 5-10 10-15 고경도 재료에 적합
세립 초경합금 0.5-1.0 10-20 10-15 균형 잡힌 경도와 인성
중결정 카바이드 1.0-2.0 20-50 10-15 일반용 카바이드
조립초경 >2.0 50-120 10-15 내마모성 부품에 적합

표 1: 테스트 조건 참조 표

부록 A (정보 부록)

A.1 시험 조건 참조 표

A.2 사용 설명서

- 하중 선정은 시편 두께에 따라 조정해야 합니다. 두께가 1mm 미만인 경우, 하중은 5kgf 를 초과해서는 안 됩니다.
- 시편의 경도가 크게 다를 경우, 서로 다른 부위에서 측정하여 결과를 별도로 보고하는 것이 좋습니다.
- 시험 중 불규칙한 압입흔적이 발견되는 경우 시편의 표면품질을 점검하거나 하중을 조정해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 18376-2008

초경합금

입자 크기 측정 방법

머리말

본 규격은 초경합금의 입자 크기를 측정하는 방법을 규정하고 있으며, 초경합금(주로 WC-Co 초경합금)을 대상으로 합니다.

본 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리에 적용됩니다.

연구 및 응용 분야에서의 입자 크기 결정.

이 표준은 국제 표준 ISO 4499-2:2008 "초경합금의 금속 조직 검사 방법 2부: 입자 크기"를 참조합니다.

새로운 표준은 기존의 관련 표준을 대체합니다.

허용하다.

본 표준은 중국기계공업연합회에서 제안하였으며, 중국초경합금공업협회에서 통일적으로 관리하고 있습니다.

이 표준의 초안 작성 기관은 다음과 같습니다: 주저우 초경 그룹 유한회사, 중국과학원 금속연구소, 청두 공구연구소 장소.

이 표준의 주요 초안 작성자

이 표준은 2008년 12월 1일부터 시행됩니다.

목차

- 범위 2
- 규범적 참조
- 용어 및 정의
 - 입자 크기
 - 선형 절편법
 - 이미지 분석 방법
 - 평균 입자 크기
- 시험 방법
 - 원칙
 - 계측기 및 장비
 - 샘플 준비
 - 테스트 단계
 - 선형 절편법
 - 이미지 분석
 - 노트
- 결과 계산 및 발표
 - 입자 크기 계산

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

5.2 결과

6 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 금속현미경 관찰법을 이용하여 초경합금 중 텅스텐 카바이드(WC)의 입자 크기를 측정하는 방법을 규정한다.

그리고 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합제(예: 코발트) 초경합금.

이 방법은 시멘트 카바이드 제품의 품질 관리, 성능 평가 및 입자 크기 측정에 적합합니다.

세라믹)의 입자 크기를 결정하는 데는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.

날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.

이 표준.

- GB/T 1997-2008 시멘트 카바이드 용어
- GB/T 3489-2008 초경합금 미세구조 측정 방법
- GB/T 5313-2008 초경합금 금속조직 시험 방법

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 입자 크기

시멘트 카바이드 내 텅스텐 카바이드(WC) 입자의 평균 입자 크기는 마이크로미터(μm) 단위로 일반적으로 단면법으로 측정됩니다.

선형 절편법에 의해 결정됩니다.

3.2 선형 절편법

금속현미경으로 시료의 단면에 무작위 직선을 그은 후, 그 직선과 결정립계가 교차하는 점의 수를 세었다.

평균 입자 크기를 계산하는 방법.

3.3 이미지 분석 방법

이미지 처리 소프트웨어를 사용하여 금속현미경으로 샘플의 단면 이미지를 분석하여 결정립 크기를 자동으로 식별하고 측정하는 방법입니다.

3.4 평균 입자 크기

샘플의 모든 WC 입자 크기의 산술 평균은 재료 미세 구조의 일반적인 특성을 나타냅니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 시험 방법

4.1 원칙

연마 및 에칭된 시멘트 카바이드의 단면을 금속현미경으로 관찰하고 선형절편법 또는 영상분석법을 사용하여 측정하였다.
WC 입자 크기를 결정합니다.

4.2 계측기 및 장비

- 금속현미경 : 배율 100 배 ~ 1000 배, 접안렌즈와 대물렌즈 장착, 분해능 우수($<0.5 \mu\text{m}$).
- 연마 장비: 샘플 표면 연마에 사용되며 연마 디스크 속도는 200-300 rpm 이고 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자)입니다.
1-3 μm).
- 에칭장비 : 무라카미시약(10% KOH + 10% K[Fe(CN)] 수용액)을 사용한다.
- 세척 장비: 에탄올이나 아세톤을 세척제로 사용하는 초음파 세척기.
- 이미지 분석 시스템(옵션): 이미지 수집 및 처리 소프트웨어 장착.

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.

mm.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료의 표면을 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드 페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마하였다.

눈에 띄는 흠집 없음(거칠기 $R_a < 0.1 \mu\text{m}$).

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.

먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.3.5 무라카미 시약을 사용하여 샘플 표면을 에칭하여(에칭 시간 10~20 초) WC 결정립 경계를 드러냅니다.

그런 다음 증류수로 헹구고 말립니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 선형 절편법

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4.1.1 샘플을 금속현미경 아래에 놓고 배율(일반적으로 500 배) 을 조정하여 결정립 경계가 명확하고 보이도록 합니다.
보다.

4.4.1.2 무작위로 3 개의 시야를 선택합니다(각 시야의 면적은 약 0.1 mm^2 입니다) .

각 시야에 10 개의 무작위 직선(각각 길이가 약 $100 \mu\text{m}$)을 그리고 각 직선과 WC 사이의 거리를 기록합니다.
결정립 경계의 교차점의 수(N).

4.4.1.4 평균 절편 길이를 계산합니다.

$L = \text{총 직선 길이} / \text{총 교차점}$

4.4.1.5 입자 크기: $d = 1.56 \times L$

최종 결과 로 3 개 시야의 평균 입자 크기를 계산합니다 .

4.4.2 이미지 분석

4.4.2.1 시료를 금속현미경 아래에 놓고 배율을 조정(보통 500 배) 한 후, 세 개의 시야를 사진으로 찍습니다.

미세 사진.

4.4.2.2 이미지 분석 소프트웨어를 사용하여 WC 결정립계를 자동으로 식별하고 각 시야에서 최소 100 개의 결정립 크기를 측정합니다 .

인치.

4.4.2.3 각 시야의 평균 입자 크기를 계산하고 세 시야의 산술 평균을 최종 결과 로 취합니다 .

4.5 노트

- 에칭 시간은 엄격하게 관리해야 합니다. 너무 길면 결정립계가 흐릿해지고, 너무 짧으면 결정립계가 드러나지 않을 수 있습니다.
- 관찰하는 동안 통계적 정확도를 높이기 위해 시야에 충분한 입자(>100)가 있는지 확인하세요.
- 선형 절편법에서는 선택 편향을 피하기 위해 선을 무작위로 분포해야 합니다.
- 이미지 분석 방법에서는 측정 정확도를 보장하기 위해 소프트웨어 매개변수를 보정해야 합니다.

5 결과 계산 및 발표

5.1 입자 크기 계산

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 선형 절편법: 입자 크기 $d = 1.56 \times L$, 여기서 1.56 은 보정 계수입니다.
- 이미지 분석 방법: 소프트웨어가 계산한 평균 입자 크기를 직접 가져옵니다.

5.2 결과

입자 크기는 소수점 둘째 자리까지 마이크로미터(μm) 단위로 표시됩니다. 예: $0.85\mu\text{m}$. 보고 시

방법(선형 절편법 또는 이미지 분석법)과 측정 횟수는 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 또는 $\pm 10\%$ (둘 중 큰 값) 의 편차를 가질 수 있습니다.

(해당되는 사항에 따라).

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 현미경 배율, 시야 수, 에칭제 및 에칭 시간.
- 테스트 결과:

각 측정에 대한 입자 크기(μm).

- 평균 입자 크기(μm).
- 측정 방법(선형 절편법 또는 이미지 분석).
- 비정상적인 조건에 대한 설명(샘플 표면 결함, 측정 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 입자 크기 등급표

입자 크기 범위(μm) 등급 일반적인 응용 분야

<0.5 초미립 고경도 절삭공구

0.5-1.0 미세립 일반용 절삭 및 내마모 부품

1.0-2.0 중간 입자 균형 경도 및 인성

>2.0 조립질 고하중 내마모성 부품

표 1: 입자 크기 등급표

A.2 사용 설명서

• 입자 크기 등급은 재료 성능 분류의 기준으로 사용할 수 있지만 실제 적용 요구 사항과 결합해야 합니다.

대표성을 높이기 위해 필드 수를 늘리는 것이 좋습니다(5~10 개).

• 두 방법의 결과가 크게 다를 경우 선형 절편법을 표준값으로 사용해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 4505:1978

초경합금

기공률 및 자유 탄소의 금속학적 결정

머리말

이 표준은 시멘트 카바이드의 기공률 및 자유 탄소의 금속학적 측정 방법을 지정하고 이를 제공하기 위한 것입니다.

이 표준은 WC-Co 시멘트 카바이드의 품질 관리 및 성능 평가를 위한 통합 기술 사양을 제공합니다.

합금 생산, 연구 및 응용 분야에서의 기공률과 자유 탄소 분석.

이 표준은 국제 표준화 기구(ISO)에서 개발하여 1978년에 처음 발표되었습니다. 이 표준은 텅스텐 카바이드(WC)에 적용됩니다.

니켈을 주성분으로 하고 금속 결합제(코발트 등)를 함유한 시멘트 탄화물입니다.

목차

- 범위
- 규범적 참조
- 용어 및 정의
 - 다공성
 - 자유 탄소
 - 금속조직 검사
- 시험 방법
 - 원칙
 - 계측기 및 장비
 - 샘플 준비
 - 테스트 단계
 - 노트
- 결과 평가
 - 다공성 평가
 - 무효 탄소 평가
- 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 금속현미경 관찰법을 이용한 시멘트 카바이드 내 기공률 및 유리탄소 함량 측정 방법을 규정하고 있다.

텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합제(예: 코발트)를 함유하는 초경합금의 경우, 이 방법에는 다음 시료가 포함됩니다.

준비, 현미경 관찰 및 결과 평가.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

이 표준은 시멘트 카바이드 제품의 품질 관리 및 성능 평가에서 기공률과 유리 탄소를 결정하는 데 적용됩니다.

세라믹)의 분석에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

이 표준은 다른 국제 표준을 직접 참조하지 않지만 ISO 4499 시리즈 표준 "경화탄화물의 금속 조직 검사"와 관련이 있습니다. 최신 버전을 참고로 사용할 수 있습니다.

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 다공성

시멘트 카바이드에 존재하는 기공의 부피 분율을 백분율(%)로 표시하면 A형(직경 $<10\ \mu\text{m}$), B형(직경 $<10\ \mu\text{m}$)으로 구분된다.

직경 $10\text{--}25\ \mu\text{m}$) 및 C형(자유 탄소 관련 기공).

3.2 자유 탄소

금속과 탄화물을 형성하지 않는 초경합금의 탄소는 C 상 형태로 존재하며, 일반적으로 검은색 입자의 형태입니다.

3.3 금속조직 검사

금속현미경으로 시멘트 카바이드를 에칭한 후 또는 연마된 표면의 미세구조를 관찰하여 기공과 유리 탄소를 확인합니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

금속현미경으로 시멘트 카바이드의 연마된 표면을 관찰하고 기공 및 유리탄소를 식별하고 분류합니다.

양적 평가나 질적 평가는 수치적 방법을 사용하여 수행할 수 있습니다.

4.2 계측기 및 장비

- 금속현미경 : 배율 100 배 ~ 500 배, 접안렌즈와 대물렌즈 장착, 분해능 우수($<0.5\ \mu\text{m}$).
- 연마 장비: 샘플 표면을 연마하는 데 사용되며 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 $1\text{--}3\ \mu\text{m}$)입니다.
- 세척장비 : 에탄올이나 아세톤을 사용하고, 초음파 세척기를 장착한 세척기를 사용합니다.

4.3 샘플 준비

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.

mm.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 <100mm/min 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료 표면을 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드 페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마한다.

눈에 띄는 흠집 없음(거칠기 Ra < 0.1 μm).

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.

먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.3.5 시료 표면은 에칭할 필요가 없으며 다공성 및 유리탄소 관찰에 직접 사용할 수 있습니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 샘플을 금속현미경 아래에 놓고 배율(보통 200 배) 을 조정하여 기공과 유리탄소가 깨끗한지 확인합니다.

확실히 보입니다.

4.4.2 무작위로 5 개의 시야를 선택(각 시야의 면적은 약 0.1 mm²) 하고 기공과 유리탄소의 분포를 관찰하고 기록합니다.

4.4.3 다음 범주로 식별하세요.

- A형 기공: 직경 <10 μm , 모양이 둥글거나 불규칙합니다.
- B형 기공: 직경 10~25 μm , 더 큰 구멍처럼 보입니다.
- C형 기공: 자유 탄소와 결합되어 있으며 검은색 입자 형태로 분포됩니다.

4.4.4 각 시야에서 기공과 자유 탄소의 수를 세거나 표준 스펙트럼과 비교 평가합니다.

4.5 노트

- 시편 표면은 평평해야 하며 긁힘이나 오염이 없어야 합니다. 그렇지 않으면 다공성을 잘못 판단할 수 있습니다.
- 관찰 중 빛 반사로 인한 간섭을 피하고 기공과 자유 탄소 사이의 경계를 명확히 하세요.
- 시료 표면의 기공 분포가 고르지 않을 경우, 대표성을 높이기 위해 필드 수를 10 개로 늘립니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5 결과 평가

5.1 다공성 평가

ISO 4505:1978 에 따르면 다공성은 다음 수준으로 분류됩니다.

- A00: A형 모공 없음
- A02: A형 모공 <2 / 시야;
- A04: 2-4 A형 기공/필드;
- B00: B형 모공 없음
- B02: B형 모공 <2 / 시야;
- C00: C형 기공 없음
- C02: C형 기공 <2 / 시야.

5.2 무료 탄소 평가

자유 탄소는 C형 기공의 형태로 존재하며, 등급은 C형 기공의 등급과 일치합니다.

- C00: 자유탄소 없음
- C02: 유리 탄소 <2 / 시야.

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 현미경 배율, 시야 수.
- 테스트 결과:
 - 다공성 등급(A형, B형, C형).
 - 자유탄소 분포에 대한 설명.
- 비정상적인 조건에 대한 설명(시편 표면 결함, 관찰의 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 다공성 및 자유탄소 특성도

다음은 다공성과 자유탄소에 대한 참고 그래프입니다.

- A형 기공: 직경 <10 μm , 둥글거나 불규칙한 모양으로 분산되어 있습니다.
- B형 기공: 직경 10~25 μm , 크고 고립된 구멍처럼 보입니다.
- C형 기공(자유탄소): 검은색 과립으로 A형 또는 B형 기공과 연관되어 있습니다.

A.2 사용 설명서

- 다공성 및 자유탄소 평가는 5개 시야의 평균을 기준으로 해야 합니다.
- C형 기공이 더 많이 발견되면 탄소 함량이 부족한지 확인하기 위해 추가적인 화학 성분 분석을 권장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

ISO 3326:2013

초경합금 샘플링 및 시편 준비 방법

머리말

이 표준은 시멘트 카바이드에 대한 샘플링 및 시편 준비 방법을 지정하며, 고품질 합금의 후속 성능 테스트(금속 조직 검사, 경도 측정 및 입자 크기 분석 등)에 대한 균일한 기술 사양을 제공합니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리, 연구 및 응용 분야의 샘플링 및 시편 준비에 적용됩니다.

이 표준은 국제 표준화 기구(ISO)에서 개발했으며, 2013년에 처음 발표되어 ISO 3326:1975를 대체했습니다.

여기에는 현대 시멘트 카바이드 산업의 요구와 시험 기술의 개발이 결합되었습니다.

내용물

- 1 범위
- 2 규범적 참조
- 3 용어 및 정의
 - 3.1 샘플링
 - 3.2 시험편
 - 3.3 광택 표면
 - 3.4 대표성
- 4 샘플링 방법
 - 4.1 샘플링 원칙
 - 4.2 샘플링 절차
 - 4.3 참고사항
- 5 샘플 준비 방법
 - 5.1 준비 원칙
 - 5.2 준비 단계
 - 5.3 적용성
 - 5.4 참고사항
- 6 품질 요구 사항
- 7 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하는 초경합금에 적용되는 초경합금의 샘플링 및 샘플 준비 방법을 규정합니다.

코발트와 같은 금속 결합체를 함유하는 초경합금. 이 방법은 초경합금 제품 또는 원료에서 샘플을 채취하여

금속조직, 경도, 밀도 및 입자 크기를 측정하기 위한 시편입니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 생산 공정 동안의 품질 관리, 성능 테스트 및 연구에 적용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

세라믹)의 샘플링 및 준비에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다. 이 표준.

- ISO 4499-1:2008 시멘트 카바이드에 대한 금속 조직 검사 방법 제 1부: 일반
- ISO 4505:2017 시멘트 카바이드의 기공률 및 자유 탄소의 금속학적 결정
- ISO 3327:2009 초경합금 밀도 측정

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 샘플링

후속 성능 테스트를 위해 시멘트 카바이드 제품이나 원자재에서 대표적인 부품을 선택합니다.

3.2 시험편

샘플링과 준비 과정을 거친 시멘트 카바이드 시편은 특정 시험 요건을 충족합니다.

3.3 광택 표면

기계적 또는 화학적 처리 후, 샘플 표면은 눈에 띄는 긁힘이나 결함이 없이 매끄러워서 금속학적 관찰에 적합합니다. 관찰하다.

3.4 대표성

표본이 크기, 구조, 구성 측면에서 모재의 전반적인 특성을 반영하는 정도입니다.

4 샘플링 방법

4.1 샘플링 원칙

4.1.1 샘플링은 샘플이 대표성을 갖고 제품이나 원재료의 균질성과 잠재적 결함을 포괄하는지 확인해야 합니다.

4.1.2 샘플링 위치는 가장자리 효과나 처리에 영향을 받는 지역을 피해야 합니다.

4.2 샘플링 절차

4.2.1 완제품 샘플링:

1~2 개의 시편을 길이 방향과 횡 방향으로 측정합니다. 시편의 길이는 제품 직경과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

직경 또는 두께의 배이고, 너비는 5mm 이상입니다.

- 복잡한 모양의 제품의 경우 대표적인 단면을 선택하여 10mm × 10mm × 5mm 크기로 잘라냅니다.

건본.

4.2.2 원자재 샘플링:

- 무게가 50g 이상인 분말 또는 예비 소결된 녹색체에서 무작위로 선택하여 잘 혼합하고 작은 시험편을 준비합니다.

샘플 .

4.2.3 절삭 공구: 열 손상이나 균열이 발생하지 않도록 절삭 속도가 100mm/min 미만인 다이아몬드 절삭 블레이드를 사용하세요.

4.3 참고사항

- 샘플링하는 동안 오염(예: 오일이나 먼지)을 방지하세요.
- 제품의 경도가 크게 다를 경우 샘플링 포인트 수를 5~10 개로 늘려주세요 .

5. 샘플 준비 방법

5.1 준비 원칙

5.1.1 시편은 후속 시험 요구 사항에 적합하도록 평평하고 결함 없는 표면으로 준비되어야 합니다.

5.1.2 준비 과정에서는 균열이나 구조적 변형과 같은 재료 손상을 최소화해야 합니다.

5.2 준비 단계

5.2.1 초기 절단:

- 다이아몬드 커팅 디스크를 사용하여 두께가 최소 5mm 인 필요한 크기로 샘플을 대략적으로 자릅니다.

5.2.2 거친 분쇄:

- 사포(그릿 400, 800)로 시편 표면을 연마하여 절단 흔적을 제거합니다.

5.2.3 미세 연삭 및 연마:

- 1200 그릿 사포로 추가 연마 후 연마기에서 다이아몬드 페이스트(1-3 μm 그릿)로 연마

Ra < 0.1 μm 의 거칠기로 연마합니다.

5.2.4 청소:

- 초음파 세척기(에탄올 또는 아세톤, 5 분)로 시편을 세척하여 남아 있는 광택제를 제거합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

천으로 닦아 말리세요.

5.2.5 에칭(선택 사항):

- 금속조직학적 관찰이 필요한 경우 무라카미시약(10% KOH + 10% K[Fe(CN)] 수용액)을 사용하세요.

표면을 에칭한 후(10~20 초) 증류수로 행구고 말립니다.

5.3 적용성

- 금속조직 검사: 거울처럼 광택을 내야 하며, 필요한 경우 에칭을 해야 합니다.
- 경도 시험 : 두께는 압입 깊이의 최소 1.5 배 이상이어야 하며 표면은 평평해야 합니다.
- 밀도 측정: 샘플은 규칙적인 모양(예: 육면체 또는 원통형)을 가지고 있으며 기공이 없습니다.

5.4 참고사항

- 구조적 변화를 방지하기 위해 연마 작업 중 과열을 피하세요.
- 균열 확산을 방지하기 위해 시편의 가장자리를 모따기해야 합니다.
- 시편 표면에 굵은 자국이 생기면 다시 광택을 내야 합니다.

6 품질 요구 사항

- 6.1 시편 표면에는 눈에 띄는 긁힘, 균열 또는 오염이 없어야 합니다.
- 6.2 시편 크기 허용 오차는 $\pm 0.1\text{mm}$ 이고 평탄도는 $< 0.05\text{mm}$ 입니다.
- 6.3 연마 후 표면 거칠기는 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ 로 고정밀 시험에 적합합니다.

7 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 샘플을 채취한 날짜와 샘플을 준비한 사람.
- 샘플링 방법: 위치, 수량, 도구.
- 준비 과정: 절단, 분쇄, 연마, 세척 조건.
- 표본 품질: 크기, 표면 상태.
- 비정상적인 상황에 대한 설명(손상, 오염 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 샘플링 및 준비 예

• 막대 샘플링: 20mm 직경 막대에서 길이 방향으로 10mm 두께의 시편 2 개를 절단하여 10mm 로 준비했습니다.

× 10mm × 5mm.

• 판 샘플링: 두께 5mm 의 판에서 무작위로 10mm × 10mm 크기의 시편 4 개를 채취합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 연마 공정 : 400 그릿 사포 2 분, 800 그릿 사포 2 분, 1200 그릿 사포 3 분, 다이아몬드 페이스트 연마 5 분
최소

A.2 사용 설명서

- 쉽게 추적할 수 있도록 샘플링 지점을 기록해야 합니다.
- 다상 시멘트 초경합금의 경우, 제조 과정에서 각 상의 분포가 균일하도록 주의하세요.
- 후속 테스트 요구 사항이 다를 경우 연마 정도를 조정할 수 있습니다.

총수:

ASTM B657-16

초경합금 미세구조 분석

머리말

본 표준은 시멘트 카바이드 미세구조의 분석 방법을 규정하여 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리에 적용됩니다.

연구 및 응용 분야에서의 미세구조 분석.

이 표준은 미국재료시험학회 (ASTM)에서 개발하여 2016년에 발표되었으며 ASTM B657-11을 대체합니다.

현대 시멘트 카바이드 산업의 요구와 미시분석 기술의 개발을 결합한 버전입니다.

내용물

1 범위

2 규범적 참조

3 용어 및 정의

3.1 초경합금

3.2 미세구조

3.3 바인더 단계

3.4 다공성

3.5 자유 탄소

4 시험 방법

4.1 원칙

4.2 측정기 및 장비

4.3 샘플 준비

4.4 테스트 단계

4.5 노트

5 결과 평가

5.1 미세구조적 특성

5.2 영향 요인

6 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 금속현미경 관찰법을 이용한 초경합금 미세조직 분석방법을 규정하며, 텅스텐 카바이드에 적용 가능하다.

(WC)를 주성분으로 하고 금속 결합체(예: 코발트)를 함유합니다. 이 방법에는 시료 준비, 현미경 관찰이 포함됩니다.

미세구조적 특징의 관찰 및 식별.

본 표준은 시멘트 카바이드 제품의 연구에서 품질 관리, 성능 평가 및 미세 조직

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

분석에 적용할 수 있습니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 미세 구조 분석에는 적용할 수 없습니다.

참고: 이 표준은 안전 문제를 포함하지 않습니다. 사용자는 실험 조건에 따라 필요한 안전 조치를 취해야 합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.

날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.

이 표준.

- ASTM E3 금속 재료의 금속 조직 시편 제조 방법
- ASTM E7 금속학 표준 용어
- ASTM E112 평균 입자 크기 결정 방법

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 초경합금

분말 야금법을 이용하여 텅스텐 카바이드(WC) 입자와 금속 바인더(코발트 등)를 사용하여 만든 복합 재료입니다.

3.2 미세구조

금속현미경으로 관찰한 시멘트 카바이드의 구조적 특성에는 WC 입자, 결합상 및 결합(기공 등)이 포함됩니다.
(자유탄소).

3.3 바인더 단계

초경합금에서 WC 입자를 연결하는 금속상은 일반적으로 코발트(Co)이며 연속적 또는 반연속적으로 분포됩니다.

3.4 다공성

시멘트 카바이드의 작은 구멍은 크기에 따라 A형($<10\mu\text{m}$), B형($10\text{--}25\mu\text{m}$), C형으로 구분됩니다.

(자유탄소와 관련됨).

3.5 자유 탄소

초경합금 속의 탄소 중 금속과 탄화물을 형성하지 않는 탄소는 검은색 입자 형태로 분포되어 있습니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시멘트 카바이드의 연마 및 에칭된 단면을 금속현미경으로 관찰하여 WC 입자, 결합제 상, 기공을 확인하였다.

자유 탄소와 같은 미세 구조적 특성.

4.2 계측기 및 장비

- 금속현미경: 배율 100 배 ~ 1000 배, 분해능 $<0.5 \mu\text{m}$.
- 연마 장비: 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 1-3 μm)입니다.
- 에칭제: Murakami 시약(물에 10% KOH + 10% K[Fe(CN)]).
- 세척 장비: 에탄올이나 아세톤을 사용하는 초음파 세척기.

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.

mm.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료 표면은 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드 페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마하였다.

거칠기 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$.

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.

먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.3.5 Murakami 시약을 사용하여 샘플 표면을 에칭하여 WC 결정립 경계를 드러냅니다(에칭 시간 10-20 초).

그런 다음 미세 구조적 특징을 증류수로 행구고 건조했습니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 시료를 금속현미경 아래에 놓고 배율을 조정(보통 500 배) 하여 미세조직을 관찰한다.

4.4.2 무작위로 5 개의 시야를 선택하고(각 시야의 면적은 약 0.1mm^2) 다음 특성을 기록합니다.

- WC 입자 크기 및 분포.
- 바인더상의 분포 및 형태.
- 모공의 종류와 양(A 형, B 형, C 형)
- 자유탄소의 존재 및 분포.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.4.3 표준 미세구조도와 비교하고 미세구조적 특성을 평가합니다.

4.5 노트

- 에칭 시간은 엄격하게 관리해야 합니다. 너무 길면 결정립계가 흐릿해지고, 너무 짧으면 구조적 특징이 드러나지 않을 수 있습니다.
- 통계적 정확도를 높이기 위해 시야에 충분한 그레인(>100)이 있는지 확인하세요.
- 미세구조가 고르지 않게 분포되어 있는 경우 필드 수를 10으로 늘립니다.

5 결과 평가

5.1 미세구조적 특성

- WC 입자: 입자 크기 평가(초미립자 <0.5 μm , 미세립자 0.5-1.0 μm , 중립자 1.0-2.0 μm)
조립립 >2.0 μm) 및 분포 균일성.
- 결합제 상: 코발트 상의 연속성(균질, 불연속 또는 응집)을 설명합니다.
- 기공률: A형, B형, C형으로 구분하여 평가(A00: A형 기공 없음, A02: <2 필드; B00: B형 기공 없음; C00: C형 기공 없음).
- 자유 탄소: 존재 및 분포를 평가합니다(C00: 자유 탄소 없음, C02: 시야당 <2).

5.2 영향 요인

미세구조는 시멘트 초경의 기계적, 물리적 특성에 영향을 미칩니다.

- 입자 크기가 작을수록 일반적으로 경도와 내마모성이 증가하지만 인성은 감소할 수 있습니다.
- 다공성이 증가하면 강도와 내구성이 감소할 수 있습니다.
- 과도한 자유탄소는 재료 취성을 일으킬 수 있습니다.

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 현미경 배율, 시야 수, 에칭 조건.
- 테스트 결과:
 - WC 입자 크기 및 분포에 대한 설명.
 - 바인더상 형태학.
 - 다공성 및 자유탄소 등급.
- 비정상적인 조건에 대한 설명(시편 표면 결함, 관찰의 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 미세조직 특성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 초미립자 구조: 입자 크기 <math><0.5 \mu\text{m}</math>, 균일하게 분포, 연속적인 결합 단계.
- 기공 유형: A형(<math><10 \mu\text{m}</math>), B형(10-25 $\mu\text{m}</math>), C형(검은색 과립).$
- 유리탄소: 검은색 과립으로, 종종 C형 기공이 있음.

A.2 사용 설명서

- 이 표준은 미세 구조 식별에만 사용되며 시멘트 카바이드 등급에 대한 허용 사양으로 의도된 것이 아닙니다.
- 제조업체와 사용자는 미세 구조 정보를 기반으로 자체 사양을 개발할 수 있습니다.

총수:

ISO 4489:2009

초경합금 소결 공정 가이드

머리말

본 표준은 시멘트 카바이드(주로 WC-Co 시멘트 카바이드)를 대상으로 시멘트 카바이드 소결 공정에 대한 지침을 제공합니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 생산 시 소결 공정 최적화 및 품질 관리에 적용할 수 있습니다.

제어 및 성능 개선.

이 표준은 국제 표준화 기구(ISO)에서 개발하여 2009 년에 발표되었으며, ISO 4489:1978 버전을 대체합니다.

이는 현대 소결 기술의 발전과 산업적 요구를 결합한 것입니다.

내용물

- 1 범위
- 2 규범적 참조
- 3 용어 및 정의
 - 3.1 소결
 - 3.2 액상소결
 - 3.3 녹색 협약
 - 3.4 소결 밀도
- 4 소결 공정 개요
 - 4.1 프로세스 원리
 - 4.2 프로세스 흐름
- 5 소결 공정 매개변수
 - 5.1 온도
 - 5.2 분위기
 - 5.3 시간
 - 5.4 압력(선택 사항)
 - 5.5 노트
- 6 공정 제어 및 품질 보증
 - 6.1 온라인 모니터링
 - 6.2 품질 검사
 - 6.3 예외 처리
- 7 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 시멘트 카바이드 소결 공정에 대한 지침 방법을 규정하고 있으며, 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 이를 함유하는 시멘트 카바이드에 적용한다.

금속 결합제(예: 코발트)를 함유한 초경합금. 이 방법은 소결 전 준비, 소결 공정 제어 및 소결 후 특성 평가를 포함합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평가하다.

본 표준은 시멘트 카바이드 생산 공정에서의 소결 공정 최적화, 품질 관리 및 연구에 적용할 수 있습니다.

이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 소결 공정에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.

날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.

이 표준.

- ISO 3326:2013 시멘트 카바이드용 시험편 샘플링 및 준비 방법
- ISO 4505:2017 시멘트 카바이드의 기공률 및 자유 탄소의 금속학적 결정
- ISO 4499-1:2008 시멘트 카바이드에 대한 금속 조직 검사 방법 제 1부: 일반

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 소결

경질 합금 분말을 가열하고 압축하여 입자 사이에 금속 결합을 형성하는 공정입니다. 온도는 일반적으로 다음과 같습니다.

주성분의 녹는점.

3.2 액상소결

소결 과정에서 바인더의 일부(예: 코발트)가 액상으로 녹아 입자 재배열과 밀도 증가가 촉진됩니다.

3.3 녹색 협약

소결되지 않은 녹색 본체는 일정한 초기 강도를 갖는다.

3.4 소결 밀도

소결 후 시멘트 카바이드의 실제 밀도는 일반적으로 이론 밀도의 백분율로 표현됩니다.

4 소결 공정 개요

4.1 프로세스 원리

소결은 녹색 빌렛을 WC의 녹는점(약 2870°C) 이하의 온도로 가열하여 코발트 바인더를 녹이고 형성함으로써 수행됩니다.

액상은 WC 입자 사이의 확산과 결합을 촉진하고, 최종적으로 치밀한 시멘트 카바이드 구조를 형성합니다.

4.2 프로세스 흐름

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.2.1 분말 제조: WC 분말과 코발트 분말을 혼합하고, 입자 크기는 $0.5-5\mu\text{m}$ 로 조절하고, 코발트 함량은 일반적으로 6%-15%입니다.

4.2.2 프레싱: 분말은 $100\sim 400\text{MPa}$ 의 압력 범위에서 녹색 블랭크로 압축됩니다.

4.2.3 탈랍: 저온($300-600^\circ\text{C}$)에서 압착 윤활제를 제거하는 것.

진공이나 보호 분위기(예: H_2 또는 Ar) 에서 $1350\sim 1500^\circ\text{C}$ 로 가열 하고 $30\sim 60$ 분 동안 따뜻하게 유지합니다.

4.2.5 냉각: 열응력 균열을 방지하기 위해 냉각 속도($5\sim 20^\circ\text{C}/\text{분}$)를 조절합니다.

5 소결 공정 매개변수

5.1 온도

- 소결 온도 범위: $1350-1500^\circ\text{C}$, 코발트 함량 및 WC 입자 크기에 따라 다름.
- 액상 형성 온도 : 약 1300°C (코발트의 용점), 액상 비율은 20%-40%가 되도록 보장해야 합니다.

5.2 분위기

- 진공소결: 산화를 방지하기 위해 압력 $<10\text{sup} -2\text{P aH}_2$ 또는 Ar , 이슬점 $<-40^\circ\text{C}$.

5.3 시간

- 보온 시간: $30\sim 60$ 분. 너무 오래 두면 입자가 커질 수 있습니다.
- 전체 사이클: 가열 및 냉각을 포함하여 $4\sim 6$ 시간.

5.4 압력(선택 사항)

- 열간 등방압 성형(HIP): 소결 후 $100\sim 200\text{MPa}$ 의 압력을 가해 밀도를 98%~99%까지 더욱 높입니다.

5.5 노트

- WC 분해나 과도한 탄화를 일으킬 수 있는 과도한 온도를 피하세요.
- 산화나 탈탄을 방지하기 위해 대기 습도를 조절합니다.

6 공정 제어 및 품질 보증

6.1 온라인 모니터링

- 온도 제어 정확도 $\pm 5^\circ\text{C}$, 대기압 모니터링.
- 밀도 측정: 그린 빌렛 밀도 $>50\%$ 이론 밀도, 소결 밀도 $>90\%$.

6.2 품질 검사

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 금속조직 분석: 기공률(A00-B00)과 유리탄소(C00)를 확인합니다.
- 경도 테스트: HRA88(브랜드에 따라 다름).

6.3 예외 처리

- 밀도가 부족하면 코발트 함량을 조절하거나 HIP 처리를 추가하세요.
- 입자가 너무 거칠다면 소결 온도를 낮추거나 유지 시간을 줄이세요.

7 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 소결 날짜 및 작업자.
- 공정 매개변수: 온도, 분위기, 시간, 압력.
- 소결 결과: 밀도, 경도, 금속조직.
- 비정상적인 상태(균열, 기공 등)에 대한 설명.
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 소결 공정 예

- 브랜드 : YG6 (코발트 6% 함유)
 - 가압력 : 200MPa
 - 소결 온도: 1420° C
 - 분위기 : 진공(10sup -3P a40min
 - - 밀도: 14.8 g/c3m (이론 밀도 98%)
- 브랜드: YG15(코발트 15% 함유)
 - 가압력 : 300MPa
 - 소결 온도: 1450°C
 - 분위기: H2(이슬점 -50°C)
 - 보유 시간: 50 분
 - 밀도: 13.9 g/c³ m (이론 밀도의 97%)

A.2 사용 설명서

- 소결 매개변수는 특정 등급 및 장비에 따라 조정되어야 합니다.
- 밀도와 성능을 개선하기 위해 HIP 치료와 병행하는 것이 좋습니다.

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:

ASTM B657-16

초경합금 미세구조 분석

머리말

본 표준은 시멘트 카바이드 미세구조의 분석 방법을 규정하여 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리에 적용됩니다.

연구 및 응용 분야에서의 미세구조 분석.

이 표준은 미국재료시험학회 (ASTM)에서 개발하여 2016년에 발표되었으며 ASTM B657-11을 대체합니다.

현대 시멘트 카바이드 산업의 요구와 미시분석 기술의 개발을 결합한 버전입니다.

내용물

- 1 범위
- 2 규범적 참조
- 3 용어 및 정의
 - 3.1 초경합금
 - 3.2 미세구조
 - 3.3 바인더 단계
 - 3.4 다공성

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

- 3.5 자유 탄소
- 4. 시험 방법
 - 4.1 원칙
 - 4.2 측정기 및 장비
 - 4.3 샘플 준비
 - 4.4 테스트 단계
 - 4.5 노트
- 5 결과 평가
 - 5.1 미세구조적 특성
 - 5.2 영향 요인
- 6 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 금속현미경 관찰법을 이용한 초경합금 미세조직 분석방법을 규정하며, 텅스텐 카바이드에 적용 가능하다. (WC)를 주성분으로 하고 금속 결합체(예: 코발트)를 함유합니다. 이 방법에는 시료 준비, 현미경 관찰이 포함됩니다. 미세구조적 특성의 관찰 및 식별.

본 표준은 시멘트 카바이드 제품의 연구에서 품질 관리, 성능 평가 및 미세 조직 분석에 적용할 수 있습니다. 이 표준은 시멘트 카바이드 코팅이나 비 WC 기반 시멘트 카바이드(예: 세라믹)의 미세 구조 분석에는 적용할 수 없습니다. 참고: 이 표준은 안전 문제를 포함하지 않습니다. 사용자는 실험 조건에 따라 필요한 안전 조치를 취해야 합니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다. 날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다. 이 표준.

- ASTM E3 금속 재료의 금속 조직 시편 제조 방법
- ASTM E7 금속학 표준 용어
- ASTM E112 평균 입자 크기 결정 방법

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 초경합금

분말 야금법을 이용하여 텅스텐 카바이드(WC) 입자와 금속 바인더(코발트 등)를 사용하여 만든 복합 재료입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.2 미세구조

금속현미경으로 관찰한 시멘트 카바이드의 구조적 특성에는 WC 입자, 결합상 및 결합(기공 등)이 포함됩니다.
(자유탄소).

3.3 바인더 단계

초경합금에서 WC 입자를 연결하는 금속상은 일반적으로 코발트(Co)이며 연속적 또는 반연속적으로 분포됩니다.

3.4 다공성

시멘트 카바이드의 작은 구멍은 크기에 따라 A형($<10\mu\text{m}$), B형($10\text{--}25\mu\text{m}$), C형으로 구분됩니다.
(자유탄소와 관련됨).

3.5 자유 탄소

초경합금 속의 탄소 중 금속과 탄화물을 형성하지 않는 탄소는 검은색 입자 형태로 분포되어 있습니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

시멘트 카바이드의 연마 및 에칭된 단면을 금속현미경으로 관찰하여 WC 입자, 결합상, 기공을 확인하였다.
자유 탄소와 같은 미세 구조적 특성.

4.2 계측기 및 장비

- 금속현미경: 배율 100 배 ~ 1000 배, 분해능 $<0.5\mu\text{m}$.
- 연마 장비: 연마제는 다이아몬드 페이스트(입자 크기 $1\text{--}3\mu\text{m}$)입니다.
- 에칭제: Murakami 시약(물에 10% KOH + 10% K[Fe(CN)]).
- 세척 장비: 에탄올이나 아세톤을 사용하는 초음파 세척기.

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ 입니다.
mm.

4.3.2 균열이나 열 손상이 발생하지 않도록 다이아몬드 절단 블레이드를 사용하여 절단 속도 $<100\text{mm}/\text{min}$ 로 시편을 절단합니다.

4.3.3 시료 표면은 사포(400, 800, 1200 그릿)로 순차적으로 연마한 후 다이아몬드

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

페이스트로 표면이 연마될 때까지 연마하였다.

거칠기 $Ra < 0.1 \mu m$.

4.3.4 초음파 세척기로 샘플을 세척하여(세척 시간 5 분) 표면 먼지와 광택제 잔여물을 제거합니다.

먼지를 닦는 천으로 말리세요 .

4.3.5 Murakami 시약을 사용하여 샘플 표면을 에칭하여 WC 결정립 경계를 드러냅니다(에칭 시간 10-20 초).

그런 다음 미세 구조적 특징을 증류수로 헹구고 건조했습니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 시료를 금속현미경 아래에 놓고 배율을 조정(보통 500 배) 하여 미세조직을 관찰한다.

4.4.2 무작위로 5 개의 시야를 선택하고(각 시야의 면적은 약 $0.1 mm^2$) 다음 특성을 기록합니다.

- WC 입자 크기 및 분포.
- 바인더상의 분포 및 형태.
- 모공의 종류와 양(A 형, B 형, C 형)
- 자유탄소의 존재 및 분포.

4.4.3 표준 미세구조도와 비교하고 미세구조적 특성을 평가합니다.

4.5 노트

- 에칭 시간은 엄격하게 관리해야 합니다. 시간이 너무 길면 결정립계가 흐릿해지고, 시간이 너무 짧으면 구조적 특징이 드러나지 않을 수 있습니다.
- 통계적 정확도를 높이기 위해 시야에 충분한 그레인(>100)이 있는지 확인하세요.
- 미세구조가 고르지 않게 분포되어 있는 경우 필드 수를 10 으로 늘립니다.

5 결과 평가

5.1 미세구조적 특성

• WC 입자: 입자 크기 평가(초미립자 $< 0.5 \mu m$, 미세립자 $0.5-1.0 \mu m$, 중립자 $1.0-2.0 \mu m$)

조립립 $> 2.0 \mu m$) 및 분포 균일성.

• 결합체 상: 코발트 상의 연속성(균질, 불연속 또는 응집)을 설명합니다.

• 기공률 : A 형, B 형, C 형으로 구분하여 평가 (A00: A 형 기공 없음, A02: <2 필드 ; B00: B 형 기공 없음; C00: C 형 기공 없음).

• 자유 탄소: 존재 및 분포를 평가합니다(C00: 자유 탄소 없음, C02: 시야당 <2).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 영향 요인

미세구조는 시멘트 초경의 기계적, 물리적 특성에 영향을 미칩니다.

- 입자 크기가 작을수록 일반적으로 경도와 내마모성이 증가하지만 인성은 감소할 수 있습니다.
- 다공성이 증가하면 강도와 내구성이 감소할 수 있습니다.
- 과도한 자유탄소는 재료 취성을 일으킬 수 있습니다.

6 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 현미경 배율, 시야 수, 에칭 조건.
- 테스트 결과:
 - WC 입자 크기 및 분포에 대한 설명.
 - 바인더상 형태학.
 - 다공성 및 자유탄소 등급.
- 비정상적인 조건에 대한 설명(시편 표면 결함, 관찰의 어려움 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 미세조직 특성

- 초미립자 구조: 입자 크기 $< 0.5 \mu\text{m}$, 균일하게 분포, 연속적인 결합 단계.
- 기공 유형: A형($< 10 \mu\text{m}$), B형($10\text{--}25 \mu\text{m}$), C형(검은색 과립).
- 유리탄소: 검은색 과립으로, 종종 C형 기공이 있음.

A.2 사용 설명서

- 이 표준은 미세 구조 식별에만 사용되며 시멘트 카바이드 등급에 대한 허용 사양으로 의도된 것이 아닙니다.
- 제조업체와 사용자는 미세 구조 정보를 기반으로 자체 사양을 개발할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 3850-2015

초경합금의 이론 밀도 측정

머리말

본 표준은 시멘트 카바이드의 이론 밀도를 결정하는 방법을 규정하며, 본 표준은 시멘트 카바이드 생산, 품질 관리에 적용됩니다.

연구 및 응용 분야에서의 이론적 밀도 결정.

이 표준은 중국 표준화 관리국에서 개발하여 2015 년에 발표되었으며 GB/T 3850-1983 을 대체합니다.

현대 초경합금 산업의 요구와 이론 밀도 계산 기술의 발전을 결합한 버전입니다.

내용물

- 1 범위
- 2 규범적 참조
- 3 용어 및 정의
 - 3.1 이론 밀도
 - 3.2 초경합금
 - 3.3 결정 구조
 - 3.4 질량 분율
- 4 시험 방법
 - 4.1 원칙
 - 4.2 측정기 및 장비
 - 4.3 샘플 준비
 - 4.4 테스트 단계
 - 4.5 노트
- 5 계산 방법
 - 5.1 계산식
 - 5.2 각 상의 이론 밀도
 - 5.3 계산 단계
- 6 결과 평가
- 7 테스트 보고서

1 범위

본 규격은 초경합금의 이론밀도를 측정하는 방법을 규정하고 있으며, 주성분이 텅스텐카바이드(WC)이고,

코발트와 같은 금속 결합체가 첨가된 초경합금. 이 방법은 조성 분석과 결정 구조 데이터를 이용하여 이론 밀도를 계산하는 과정을 포함합니다.

정도와 보조적인 방법을 실험으로 검증하였다.

이 표준은 시멘트 카바이드 생산 과정에서 품질 관리, 성능 평가 및 이론적 밀도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

측정 연구에 적용할 수 있습니다.
세라믹)의 이론 밀도를 결정하는 데는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.
날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.
이 표준.

- GB/T 3848-2015 초경합금의 화학성분 결정
- GB/T 4499-2008 시멘트 카바이드에 대한 금속 조직 검사 방법
- GB/T 3327-2009 초경합금의 밀도 측정

3 용어 및 정의

다음은 이 표준에 적용되는 용어와 정의입니다.

3.1 이론 밀도

이상적인 밀도는 시멘트 카바이드의 화학적 조성 및 결정 구조를 기반으로 계산되며 단위는 g/cm^3 입니다.

3.2 초경합금

분말 야금법을 이용하여 텅스텐 카바이드(WC) 입자와 금속 바인더(코발트 등)를 사용하여 만든 복합 재료입니다.

3.3 결정 구조

시멘트 카바이드에서 각 상(WC 및 Co 등)의 원자 배열은 일반적으로 X 선 회절(XRD)을 통해 결정됩니다.

3.4 질량 분율

시멘트 카바이드에서 특정 구성 요소의 질량이 전체 질량에 차지하는 비율을 %로 나타낸 값입니다.

4. 시험 방법

4.1 원칙

이론 밀도는 초경합금의 화학적 조성 및 각 상의 결정 구조 데이터로부터 계산됩니다.
각 상의 밀도는 알려진 결정 구조 매개변수에 기초하여 결정됩니다.

4.2 계측기 및 장비

- X 선 회절계(XRD): 결정 구조 매개변수를 결정하는 데 사용됩니다.
- 화학 분석 장비: 시멘트 카바이드의 구성(WC 및 Co의 질량 분율 등)을 결정하는 데 사용됩니다.
- 컴퓨팅 장비: 이론 밀도 계산에 사용됨.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3 샘플 준비

4.3.1 대표성을 보장하기 위해 초경합금 제품에서 시편을 채취해야 합니다. 크기는 일반적으로 10mm × 10mm × 5mm 입니다.
mm.

4.3.2 시편 표면은 깨끗해야 하며 기름이나 기타 오염 물질이 없어야 합니다.

4.3.3 XRD 분석이 필요한 경우, 샘플 표면을 Ra < 0.1 μm의 거칠기로 연마해야 합니다.

4.4 테스트 단계

4.4.1 구성 요소 분석:

- 시멘트 카바이드(WC, Co 및 그 등)의 각 성분의 질량 분율을 결정합니다. 기타 미량 원소).
- 각 성분의 질량 분율을 0.01%의 정확도로 기록합니다.

4.4.2 결정 구조 결정:

- XRD는 시멘트 카바이드에서 WC와 Co의 결정 구조 매개변수(단위 셀 부피 등)를 결정하는 데 사용되었습니다.
- WC의 육각형 구조(a=2.906 Å, c=2.837 Å)와 Co의 면심입방 구조를 확인합니다. (a=3.544 Å).
- 다른 상(예: 상)이 존재하는 경우 해당 상들의 결정 구조도 결정해야 합니다.

4.4.3 이론 밀도 계산:

- 구성 및 결정 구조 데이터를 기반으로 이론 밀도를 계산합니다(자세한 내용은 섹션 5 참조).

4.5 노트

- 구성 분석은 최소 3회 이상 반복하여 평균을 구해야 정확도가 높아집니다.
- XRD 측정은 샘플 처리로 인한 격자 왜곡을 방지하기 위해 응력 없는 조건에서 수행해야 합니다.
- 시멘트 카바이드에 미량 불순물이 있는 경우 이론 밀도에 미치는 영향을 평가해야 합니다.

5 계산 방법

5.1 계산식

초경합금의 이론 밀도(ρ)는 다음 공식에 따라 계산됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

$$\rho = \frac{\sum(w_i \cdot \rho_i)}{\sum w_i}$$

안에:

- ρ : 시멘트 카바이드의 이론 밀도 (g/cm³)
- w_i : i 번째 질량 분율 구성 요소, 단위: %
- ρ_i : i 번째의 이론 밀도 성분 (g/cm³)

5.2 각 상의 이론 밀도

- WC의 이론 밀도: 15.63 g/cm³(육각형 단위 셀 매개변수 기반).
 - Co의 이론 밀도: 8.90 g/cm³(면심입방 단위 셀 매개변수 기반).
- CoWC와 같은 상)이 존재하는 경우, 해당 상들의 이론 밀도는 결정 구조를 기반으로 계산되어야 합니다.

5.3 계산 단계

각 구성요소 의 w_i)

i) 각 구성요소의 .

5.3.3 공식에 대입하여 시멘트 카바이드의 이론 밀도를 계산합니다.

6 결과 평가

6.1 계산된 이론 밀도는 0.01 g/cm³의 정확도를 가져야 합니다.

6.2 실제 밀도(GB/T 3327-2009에 따라 측정)가 이론 밀도(>2%)와 크게 다를 경우, 제품을 점검해야 합니다.
분석 또는 결정 구조 데이터.

6.3 이론 밀도는 재료의 치밀성과 품질 안정성을 평가하는 데 사용할 수 있습니다.

7 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 실험 조건: 조성 분석 방법, XRD 매개변수.

• 테스트 결과:

- 각 성분의 질량 분율.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 각 상의 결정 구조 매개변수.
- 이론 밀도 계산 결과.
- 비정상 상황(불순물 영향, 데이터 편차 등)에 대한 설명
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 이론 밀도 계산의 예

- 브랜드 : YG8 (코발트 8% 함유)
 - 구성 : WC 92%, Co 8% (질량분율).
 - WC 이론 밀도: 15.63 g/cm³.
 - 이론 밀도: 8.90 g/cm³.
- 계산:

$$\rho = \frac{(92 \times 15.63) + (8 \times 8.90)}{92 + 8} = \frac{1437.96 + 71.20}{100} = 15.09 \text{ g/cm}^3$$

结果: 理论密度为15.09 g/cm³.

- 결과: 이론 밀도는 15.09 g/cm³입니다.
- 브랜드: YG15(코발트 15% 함유)
 - 구성 : WC 85%, Co 15% (질량분율).
 - WC 이론 밀도: 15.63 g/cm³.
 - 이론 밀도: 8.90 g/cm³.
- 계산:

计算:

$$\rho = \frac{(85 \times 15.63) + (15 \times 8.90)}{85 + 15} = \frac{1328.55 + 133.50}{100} = 14.62 \text{ g/cm}^3$$

- 결과: 이론 밀도는 14.62 g/cm³입니다.

A.2 사용 설명서

- 성분 분석의 정확성을 보장하기 위해서는 이론적인 밀도 계산이 필요합니다.
- 초경합금에 미량상(상 등)이 존재하는 경우 결정구조를 바탕으로 계산을 보완하여야 한다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

GB/T 1031-2009

표면 거칠기 측정

머리말

본 표준은 표면 거칠기 측정 방법을 명시하고 있으며, 금속, 비금속 및 복합재료의 표면 거칠기를 평가하기 위한 것입니다.

생산, 품질 관리, 연구 및 응용 분야에서 표면 거칠기 측정에 적용 가능합니다.

수량.

이 표준은 중국 표준화 관리국에서 개발하여 2009 년에 발행되었으며 GB/T 1031-1995 를 대체합니다.

최신 표면 측정 기술과 ISO 4287:1997 과 같은 국제 표준의 요구 사항을 결합한 버전입니다.

내용물

- 1 범위
- 2 규범적 참조
- 3 용어 및 정의
 - 3.1 표면 거칠기
 - 3.2 산술 평균 편차(Ra)
 - 3.3 최대 높이(Rz)
 - 3.4 샘플링 길이
- 4 측정 방법
 - 4.1 측정 원리
 - 4.2 계측기 및 장비
 - 4.3 측정 단계
 - 4.4 참고사항
- 5 측정 조건
 - 5.1 환경 조건
 - 5.2 측정 매개변수
 - 5.3 계측기 설정
- 6 결과 평가
- 7 테스트 보고서

1 범위

이 표준은 표면 거칠기 측정 방법을 규정하고 있으며, 금속(경합금, 강철 등), 비금속 재료 및 코팅에 적용할 수 있습니다.

층 표면의 거칠기 매개변수를 측정합니다. 측정 방법에는 접촉식 프로파일로미터와 비접촉식 측정 기술이 있으며, Ra, Rz 를 포함합니다.

Rp 와 같은 매개변수

본 표준은 생산 공정의 품질 관리, 표면 성능 평가, 연구 분야의 거칠기 측정에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적용할 수 있습니다.

달리 명시되지 않는 한, 이 표준은 상당한 주름이나 거시적인 기하학적 편차가 있는 표면에는 적용되지 않습니다.

2 규범적 참조

다음 문서의 조항은 이 표준에서의 참조를 통해 이 표준의 조항이 됩니다.

날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 수정 사항 포함)이 적용됩니다.

이 표준.

- GB/T 6060.1-1996 표면 거칠기 용어, 정의 및 매개변수
- GB/T 6062-2006 표면 거칠기 비교 시편
- ISO 4287:1997 기하학적 제품 사양(GPS) - 표면 질감: 프로파일 방법 - 용어, 정의 및 매개변수

3 용어 및 정의

다음 용어와 정의는 이 표준에 적용됩니다. 자세한 내용은 GB/T 6060.1-1996 을 참조하세요.

3.1 표면 거칠기

가공 방법에 의해 발생하는 표면 미세기하학적 편차는 작은 피치와 높이 변화로 나타납니다.

3.2 산술 평균 편차(Ra)

프로파일의 산술 평균 편차는 표면 거칠기의 주요 매개변수이며 단위는 μm 입니다.

3.3 최대 높이(Rz)

프로파일의 최대 높이는 표면 거칠기의 보충 매개변수이며 단위는 μm 입니다.

3.4 샘플링 길이

거칠기 측정에 사용되는 기준 길이로, 일반적으로 0.25mm, 0.8mm 또는 2.5mm입니다.

4 측정 방법

4.1 측정 원리

접촉식 프로파일로미터나 비접촉식 광학 장비를 사용하여 표면 프로파일을 측정하고 거칠기 매개변수(예: Ra, Rz)를 분석합니다.

4.2 계측기 및 장비

- 접촉식 프로파일로미터: 프로브 팁 반경 $< 2 \mu\text{m}$, 분해능 $0.01 \mu\text{m}$.
- 비접촉 측정 장비: 레이저 스캐너나 백색광 간섭계와 같이 분해능이 $0.1 \mu\text{m}$ 미만인 장비.
- 표준 샘플: GB/T 6062-2006 에 따라 제공되며 계측기 교정에 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3 측정 단계

4.3.1 샘플 준비:

- 시편 표면은 깨끗해야 하며 기름이나 먼지가 없어야 합니다.
- 가공 잔여물이 남아 있을 경우 사포나 용제로 제거해야 합니다.

4.3.2 기기 교정:

- 표준 샘플을 사용하여 기기를 교정하여 측정 오차가 5% 미만이 되도록 합니다.

4.3.3 측정 실행:

- 표면 특성에 따라 샘플링 길이(0.25mm, 0.8mm 또는 2.5mm)를 결정합니다.
- 시편에 5개 이상의 측정점을 두고 가공 방향이나 수직 방향으로 측정합니다.
- Ra, Rz 등의 매개변수를 기록하고, 각 지점을 3번씩 측정하여 평균값을 구합니다.

4.4 참고사항

- 표면 손상을 방지하려면 프로브에 과도한 압력을 가하지 마십시오.
- 측정 지점은 가장자리나 눈에 띄는 결함 영역을 피해야 합니다.
- 표면이 코팅된 경우 측정 깊이를 확인하세요.

5 측정 조건

5.1 환경 조건

- 온도: $20 \pm 2^\circ\text{C}$.
- 습도: 30%-70%.
- 진동이나 공기 흐름 장애를 피하세요.

5.2 측정 매개변수

- 샘플링 길이 : Ra 값 범위에 따라 선택 ($Ra < 0.1 \mu\text{m}$: 0.25 mm ; $0.1 \mu\text{m} < Ra < 10 \mu\text{m}$: 0.8 mm ; $Ra > 10 \mu\text{m}$: 2.5 mm) .
- 평가 길이: 샘플링 길이의 5 배.
- 차단 파장: 0.25mm, 0.8mm 또는 2.5mm, 샘플링 길이와 일치합니다.

5.3 계측기 설정

- 프로브 속도: 0.1-1 mm/s.
- 측정력: $< 0.75 \text{ mN}$ (접촉).

6 결과 평가

- 6.1 거칠기 매개변수는 $0.01 \mu\text{m}$ 의 정확도를 가져야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 Ra 및 Rz 값의 허용 편차는 $\pm 10\%$ 또는 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ (둘 중 큰 값)입니다.

6.3 여러 측정 결과의 차이가 허용 편차를 초과하는 경우, 시료의 표면 상태나 기기의 교정을 점검해야 합니다.

7 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

- 표본 번호 및 출처(재료 브랜드, 생산 배치 등)
- 테스트 날짜와 테스트를 실시한 사람.
- 측정 조건: 기기 유형, 샘플링 길이, 환경 조건.
- 측정 결과:
 - 각 측정 지점의 Ra 및 Rz 값.
 - 평균과 편차.
- 비정상적인 조건에 대한 설명(표면 결함, 장비 고장 등)
- 테스트 부서와 담당자의 서명.

부록 A (정보 부록)

A.1 측정 매개변수 예

- 시편 : 초경합금 YG6
 - 측정 방법: 접촉식 프로파일로미터.
 - 샘플링 길이: 0.8mm.
 - 측정 지점: 5 개.
 - 결과: Ra = 0.32 μm , Rz = 2.15 μm (평균값).
- 샘플 : 스테인리스 스틸 표면
 - 측정 방법: 비접촉 레이저 스캐너.
 - 샘플링 길이: 2.5mm.
 - 측정점: 6 개.
 - 결과: Ra = 1.25 μm , Rz = 8.90 μm (평균값).

A.2 사용 설명서

- 표면 특성에 맞게 적절한 샘플링 길이와 차단 파장을 선택합니다.
- 높은 정밀도가 필요한 경우 측정 지점 수를 10 개까지 늘릴 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시멘트 카바이드 프레싱 기술이란 무엇입니까 ?

초경합금의 프레싱 기술은 분말 야금 공정의 핵심 요소 중 하나입니다. 텅스텐 카바이드(WC)와 코발트(Co)와 같은 분말 원료를 특정 압력 하에서 성형하여 초기 강도와 형상을 가진 그린 블랭크를 제조하고, 이를 통해 후속 소결 및 완제품 가공의 기반을 마련합니다. 프레싱 공정은 그린 블랭크의 밀도, 균일성 및 결함률에 직접적인 영향을 미치며, 이는 소결된 재료의 특성(경도, 내마모성, 인성 등)을 결정합니다. 다음은 초경합금 프레싱 기술과 그 기술적 세부 사항을 자세히 분류한 것으로, 전통적인 방법과 현대적인 혁신 기술을 포괄하며, 실제 적용 분야와 최신 동향을 종합적으로 설명합니다.

1. 단축 프레싱

원칙

단방향 프레스는 단방향 유압 프레스 또는 기계식 프레스를 사용하여 상부 가압 헤드를 통해 수직으로 압력을 가하여 강성 금형에 적재된 분말을 성형체로 압축합니다. 압력은 주로 한 축을 따라 전달되며, 성형은 분말 입자와 금형 벽의 구속력 사이의 마찰을 통해 이루어집니다.

장비:

유압 프레스: 압력 범위 100-400 MPa, 정밀 압력 센서와 변위 모니터링 시스템 장착.
금형 : 일반적으로 고경도 강철(Cr12MoV 등)이나 시멘트 카바이드로 만들어지며, 마찰을 줄이기 위해 내벽을 $Ra < 0.2 \mu m$ 로 연마해야 합니다 .

특징:

원통형 도구 블랭크나 직사각형 블록 등 간단한 기하학적 모양을 생산하는 데 적합합니다.

밀도 분포는 고르지 않으며, 압력 헤드 부근의 밀도가 높고(이론적 밀도의 최대 60~70%) 바닥으로 갈수록 밀도가 낮아집니다(50% 미만일 수 있음). 이로 인해 소결 후 수축이 고르지 않을 수 있습니다.

압착 시간은 일반적으로 분말 입자 크기와 압력에 따라 5~15 초입니다.

애플리케이션:

드릴 블랭크, 절삭 인서트 프리폼과 같은 소형 카바이드 부품.

저비용 대량 생산으로 특히 중소기업에 적합합니다.

기술적 세부 사항:

분말제조: WC 입자크기는 일반적으로 $0.5-2 \mu m$ 이고 , Co 함량 은 6%-15%이며, 유동성을 개선하기 위해 윤활제로 1%-3%의 파라핀 또는 스테아르산을 첨가해야 합니다.

압력 조절: 초기 예비 압력을 $10 \sim 50$ MPa 로 유지하여 공기를 제거한 후, 주 압력을 $100 \sim 400$ MPa 로 유지하십시오. 분말의 층화를 방지하기 위해 너무 빨리 주입하지

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

마십시오.

메모:

금형 벽 마찰로 인해 측면 밀도가 부족해질 수 있습니다. 분말 입자 크기 분포를 최적화하거나 측면 진동 지원을 늘리는 것이 좋습니다.
탈형할 때는 균열을 방지하기 위해 압력을 천천히 풀어야 합니다.

2. 복동 프레스

원칙:

양방향 프레스는 상하 두 개의 압력 헤드를 사용하여 동시에 압력을 가하고, 분말은 금형 내에서 상하 운동을 통해 압축됩니다. 상하 압력 헤드는 단방향 프레스에서 밀도 구배를 줄이기 위해 상호 작용합니다.

장비:

복동 유압 프레스: 압력 범위 150-500 MPa, 동기 제어 시스템 장착.
금형 : 양방향 이동 설계로 상단 및 하단 압력 헤드와 금형 내벽 사이의 간격이 0.01mm 미만이 되도록 보장합니다.

특징:

그린 바디의 밀도 분포가 더 균일하며, 중간 부분의 밀도는 이론 밀도의 65%~75%에 도달할 수 있습니다. 전체적인 조도는 단방향 압착보다 우수합니다.
관이나 막대 등 더 크거나 중간 크기의 복잡한 모양을 가진 부품에 적합합니다.
프레스 주기는 블랭크의 높이에 따라 10~20 초입니다.

애플리케이션:

철삭 공구와 내마모성 부품을 제조하는 데 사용되는 카바이드 막대와 시트를 생산합니다.
효율성과 품질을 모두 고려한 중간 규모 생산입니다 .
기술적 세부 사항:
압력 분포: 상부 및 하부 압력 헤드 사이의 압력 비율은 일반적으로 1:1 이며, 균일성을 보장하기 위해 최대 편차는 <5%입니다.
금형 윤활: 내벽은 흑연이나 MoS₂ 윤활층으로 코팅되어 마찰을 0.1~0.2로 줄입니다.

메모:

불균형 하중을 피하기 위해 압력 헤드의 동기화는 고정밀 서보 시스템으로 제어되어야 합니다.
Co 함량이 높은 (>12%) 분말의 경우, 기공을 제거하기 위해 사전 압착 시간을 늘려야 합니다.

3. 냉간 등방압 가압 (CIP)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원칙:

냉간 등압 성형은 물이나 오일과 같은 액체 매체를 사용하여 고압 용기에 분말을 채운 유연한 금형에 모든 방향으로 동일한 압력을 가합니다. 압력은 액체를 통해 균등하게 전달되어 블랭크의 모든 부분에 균일한 힘이 가해지도록 합니다.

장비:

냉간 등방성 프레스: 압력 범위 200-600 MPa, 작업 온도는 실온에서 50° C 까지입니다.
금형 : 고무 또는 폴리머 소재로 만들어지며, 내압성은 작동 압력의 1.5 배에 도달해야 합니다.

특징:

그린 바디 밀도는 매우 균일하여 이론 밀도의 70%-80%에 이르며, 복잡한 기하학적 모양에 적합합니다.

압착 시간은 블랭크 크기와 압력에 따라 5~15 분 정도 소요됩니다.

그린 밀렛은 강도가 더 높고 소결 수축률이 일정합니다.

애플리케이션:

특수 모양의 공구 및 정밀 금형 등 복잡한 모양의 시멘트 카바이드 제품.

특히 항공우주 분야에서 고성능 부품을 생산합니다.

기술적 세부 사항:

분말 충전: 분말 충전 밀도는 40%-50%로 제어되며, 거품이 발생하지 않고 진공 탈기가 필요합니다.

압력 곡선: 내부 응력을 줄이기 위해 점진적으로 압력을 증가시킵니다(예: 50MPa 의 사전 압력 후 400MPa 로 증가).

메모:

금형의 견고성은 매우 중요하며, 누출로 인해 압력이 부족해질 수 있습니다.

압착 후, 여분의 고무 소재를 잘라내야 하므로 이후의 가공 단계가 더 많아집니다.

4. 열간 등방압 가압(HIP)

원칙

열간 등방성 가압은 불활성 가스(아르곤 등)를 사용하여 고온(1350~1450° C)과 고압(100~200MPa)에서 등방성 압력을 가해 소결 후 그린바디의 미세 기공을 제거하는 공정입니다.

장비:

열간 등압 프레스: 가열로와 고압 가스 시스템을 갖추고 있으며 정확도는 ±5° C 및 ±5MPa 이내로 제어됩니다.

특징:

밀도는 이론 밀도의 99%에 도달할 수 있어 경도와 내마모성이 크게 향상됩니다.

기공을 A00-B00 수준으로 제거하기 위한 소결 후 처리에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사이클은 4~8 시간으로 더 길며, 가열, 가압, 냉각 과정을 포함합니다.

애플리케이션:

터빈 블레이드 등 항공우주용 고성능 시멘트 카바이드 부품.

정밀 절삭 공구에는 매우 높은 밀도가 필요합니다.

기술적 세부 사항:

온도 조절: 열 응력 균열을 피하기 위해 가열 속도를 5-10° C/분으로 유지합니다.

가스 순도: 아르곤 순도 >99.99%, 산화 방지.

메모:

비용이 많이 들기 때문에 고급 제품에 적합합니다.

변형을 방지하기 위해 냉각 속도를 정밀하게 제어해야 합니다(5~15° C/분).

5. 다이 프레스

원칙

분말은 고정된 단단한 금형에 넣고 금형의 기하학적 모양에 따라 단방향 또는 양방향 압축을 통해 형성됩니다.

장비:

성형기: 압력 범위 100-300 MPa, 자동 공급 시스템 장착.

금형: 맞춤형 설계, HRC 58 이상의 경도.

특징:

간단한 모양의 블랭크를 대량 생산하고, 효율성이 높으며, 사이클 시간은 5~10 초입니다.

밀도 균일성은 금형 설계에 따라 달라지며, 일반적인 밀도는 이론 밀도의 60%-70%입니다.

애플리케이션:

절삭 인서트 및 밀링 커터 블랭크와 같은 표준화된 카바이드 부품.

저비용 생산.

기술적 세부 사항:

금형 유지관리: 500 회 프레스할 때마다 마모 여부를 점검하고 필요한 경우 재연마하거나 교체합니다.

분말 충전: 진동 충진을 채택하였으며, 밀도 편차는 <2%입니다.

메모:

금형의 복잡한 모양은 가공하기 어려우며, 응력 분포를 미리 시뮬레이션해야 합니다.

6. 압출 프레스

원칙:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분말은 바인더와 혼합되어 페이스트 형태로 된 후 압출기와 맞춤형 다이를 통해 긴 스트립이나 모양의 본체로 압출됩니다.

장비:

압출기: 압력 200-400 MPa, 가열 시스템(50-80° C) 장착.

특징:

막대(직경 2~20mm), 튜브 등 길고 얇은 모양에 적합합니다.
밀도는 이론 밀도의 약 55%-65%이며 이후 탈지가 필요합니다.
압출 길이에 따라 사이클 시간은 10~30 분입니다.

애플리케이션:

카바이드 롱 커터와 드릴 로드.
맞춤형 긴 부품.

기술적 세부 사항:

바인더 비율: PVA 또는 PMMA 가 15%-25%를 차지하며 균일하게 분산되어야 합니다.
압출 속도: 0.5~2m/분. 너무 빠르면 표면 균열이 발생할 수 있습니다.
참고사항: 탈지온도는 300~500° C 로 조절해야 하며, 가열속도는 <5° C/분이어야 합니다.

7. 사출 성형

원칙:

분말을 열가소성 바인더와 혼합하고, 150~200° C로 가열한 후, 고정밀 금형에 주입한 후 냉각하여 형태를 만듭니다.

장비:

금속 사출성형기: 압력 50-100MPa, 사출시스템 장착.

특징:

초기 밀도가 50%-60%이고 소결 후 최대 98%까지 높아 복잡하고 작은 크기의 부품에 적합합니다.
주기는 10~20 분/항목으로 더 깁니다.

애플리케이션:

정밀 기어 및 마이크로 공구와 같은 마이크로 카바이드 부품.

기술적 세부 사항:

바인더 제거: 2 단계, 200~400° C 에서의 열적 탈지 와 400~600° C 에서의 화학적 탈지 .
금형 정확도: 허용오차 <0.01mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

메모:

바인더 잔류물은 소결 결함을 일으킬 수 있으므로 엄격하게 관리해야 합니다.

8. 드라이백 프레싱

원칙:

분말을 고정된 고무 금형에 넣고 액체 매체를 통해 압력을 가하는데, 이는 CIP 와 비슷 하지만 금형이 고정되어 있습니다.

장비:

드라이백 등방성 프레스: 압력 200-400 MPa.

특징:

밀도 균일성이 우수하고 이론 밀도는 70%-75%입니다.
주기는 5~10 분입니다.

애플리케이션:

베어링 슬리브와 같은 중간 크기의 카바이드 부품.
기술적 세부 사항: 금형은 압력 저항성을 정기적으로 점검해야 합니다.

메모:

곰팡이 노화로 인한 압력 불균형을 방지하세요.

9. 다방향 프레싱(측면 프레싱)

원칙:

를 기반으로 2~4 개의 측면 압력 헤드가 수평 방향으로 압력을 가하여 다방향 압축을 형성합니다. 이 압력은 정밀 제어 시스템을 통해 조절되어 배아의 모든 부분이 균형을 이루도록 합니다.

장비:

다방향 프레스 기계: 압력 범위 200-500MPa, 4-6 개의 조절 가능한 압력 헤드 장착.
금형 : 다방향으로 이동 가능한 설계, 카바이드 라이닝, 내마모성 HRA 88 이상.

특징:

밀도 분포는 양방향 압축보다 현저히 우수하며, 평균 밀도는 이론 밀도의 75%-80%에 도달할 수 있습니다.
중간 정도의 복잡한 모양에 적합하며 내부 다공성과 응력 집중을 줄입니다.
압착 시간은 압착 헤드의 개수와 배아의 크기에 따라 10~20 초입니다.

애플리케이션:

복잡한 도구 블랭크, 금형 블랭크 및 높은 균일성이 요구되는 부품.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술적 세부 사항:

압력 분포: 수직 압력은 50%-60%, 측면 압력은 40%-50%를 차지하며 편차는 <3%입니다.
분말 최적화: 입자 크기 1-2 μm , 0.5 % -1% 흑연 윤활제 추가.

메모:

측면 압력 헤드 동기화는 오차가 0.5mm 미만인 서보 모터로 제어해야 합니다.
금형의 내벽은 마찰을 0.15로 줄이기 위해 코팅이 필요합니다.

10. 다축 비등방성 프레스(예: 4 방향 및 6 방향 프레스)

원칙:

비등방성 압력은 4 개 또는 6 개의 압력 헤드(수직 및 여러 수평 방향 포함)를 통해 가해지며, 압력 분포는 완전히 등방성인 대신 제어 시스템에 의해 최적화됩니다. 각 압력 헤드는 배아의 다양한 부위에 적응형 압력을 가하기 위해 독립적으로 힘을 조절할 수 있습니다.

장비:

다축 프레스: 압력 범위 300-600MPa, 6 축 유압 시스템 및 실시간 압력 센서 장착.
금형 : 다방향 복합 구조, 내부는 초경, 외부는 고강도 강철, 최대 800MPa의 내압성.

특징:

이 방식은 양방향 압착 방식보다 더 많은 압력 방향을 제공하며, 밀도 균일성은 다방향 압착 방식보다 우수하여 이론 밀도의 85%-90%에 도달할 수 있습니다.

비등방성이기 때문에 특정 형상 최적화에 적합하며, 밀도는 CIP에 가깝지만 비용은 낮습니다.

압축 주기는 압력 헤드 조정의 복잡성에 따라 15~30 초입니다.

애플리케이션:

다날 절삭 공구와 정밀 금형에는 높은 밀도와 복잡한 형상이 필요합니다.

중간 규모 생산으로 성능과 경제성의 균형을 이룹니다.

기술적 세부 사항:

압력 구성: 4 방향 압축(수직 + 3 방향 측면), 압력 비율 1:0.8:0.7:0.7; 6 방향 압축(수직 + 5 방향 측면), 압력 비율 1:0.7:0.6:0.6:0.6:0.6.

분말 입자 크기: 1-3 μm , 밀도를 개선하기 위해 나노 스케일 첨가제(예: WC-Co 복합 분말)를 미량 첨가합니다.

제어 시스템: PLC 및 폐쇄 루프 피드백을 채택하고, 압력 편차는 <1%, 변위 정확도는 <0.01mm입니다.

메모:

국부 과압으로 인한 미세균열을 방지하기 위해 고정밀 보정이 필요합니다.

금형 설계에는 다방향 응력을 시뮬레이션하고 내구성을 최적화하기 위한 유한 요소 해석(FEA)이 필요합니다.

분말 혼합에는 등방성 일관성을 보장하기 위해 고전단 혼합이 필요합니다.

관련 표준 참조

ISO 4489:2009 시멘트 카바이드 소결 공정 가이드: 프레스 기술이 그린 바디 밀도와 소결 특성에 미치는 영향을 강조하고, 복잡한 형상 최적화를 위해 다방향 프레스를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

권장합니다.

GB/T 3850-2015 시멘트 카바이드의 이론 밀도 측정: 다방향 및 다축 프레싱은 그린 빌렛의 밀도를 크게 증가시키고 소결 후 밀도 편차를 줄일 수 있습니다(<1%).

GB/T 1031-2009 표면 거칠기 측정: 프레스 후 그린 빌렛의 표면 거칠기($Ra < 1.0 \mu m$)는 소결 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 다방향 프레스는 표면 평탄도를 향상시킬 수 있습니다.

기술적 요점 및 최적화

분말 특성:

WC 입자 크기는 $0.5-5 \mu m$ 이고, Co 함량은 6%-15%이며, 미세 분말($< 1 \mu m$)은 다방향 프레스에 적합합니다.

혼합 공정에서는 균일성을 보장하기 위해 12~24 시간 동안 볼 밀링이나 행성 밀링을 사용합니다.

윤활제 및 접착제:

윤활제(파라핀 1~3%)는 마찰을 줄이고, 나노흑연(0.5%)을 첨가하면 다방향 프레싱을 더욱 최적화할 수 있습니다.

바인더(PVA 등)는 압출이나 사출 성형에 사용되며 열적 탈지 제어가 필요합니다.

금형 설계:

다방향 프레스 다이는 내마모성 층 두께가 2~3mm 인 세그먼트 구조를 채택해야 합니다.

유한요소해석은 다방향 응력 분포를 시뮬레이션하고 압입 각도(일반적으로 $45^\circ - 60^\circ$)를 최적화합니다.

후가공 처리:

그린 블랭크는 습기 흡수를 방지하기 위해 $50-80^\circ C$ 에서 건조해야 합니다.

예비소결($600-800^\circ C$)을 통해 바인더를 제거하고 소결 결함을 줄일 수 있습니다.

실제 적용 사례

사례 1: 다중 날 도구 생산을 위한 4 방향 프레싱

재질: WC-10%Co, 입자 크기 $1.5 \mu m$.

압력: 수직 400MPa, 측면 300MPa.

결과: 그린 빌렛 밀도는 이론 밀도의 88%이고, 소결 후 기공률은 A00이며, 경도는 HRA 92입니다.

사례 2: 정밀 금형 생산을 위한 6 방향 프레싱

재질: WC-12%Co, 입자 크기 $2 \mu m$.

압력: 수직 500MPa, 측면 350-400MPa.

결과: 그린 빌렛 밀도는 이론 밀도의 90%이고, 소결 후 밀도는 99%이며, 내마모성이 15% 향상되었습니다.

현대적 트렌드와 혁신

자동화 및 지능화: 다축 프레싱 기계는 AI 알고리즘을 통합하여 편차 <0.5%로 실시간으로 압력 분포를 조정합니다.

하이브리드 공정: 다방향 프레싱과 CIP를 결합한 공정으로, 먼저 성형하고 나중에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀도를 높이면 밀도가 95% 이상에 도달할 수 있습니다.

그린 프레싱: 유기 용매의 사용을 줄이고 환경 보호 요구 사항을 충족하기 위해 수성 윤활제를 개발합니다.

나노기술: 6 방향 프레싱을 통해 나노 WC 분말(<100 nm)을 사용하여 경도 HRA 94 이상의 초미립자 시멘트 카바이드를 생산합니다.

총수:

이 장에서 다루는 시멘트 카바이드 제품 시멘트 카바이드 항공 공구의 종류, 특성 및 용도

(WC +Ni /Co, 입자 크기 <0.5 μm) 을 기본소재로 하여 첨단코팅기술(TiAlN 등)을 결합한 고성능 절삭공구입니다. AlCrN, DLC) 및 정밀 가공 기술을 기반으로 합니다. 이 공구는 항공우주 분야를 위해 설계되었으며 고강도, 고온 합금(예: Inconel 718, Ti6Al4V), 스테인리스강 및 복합 재료(예: 탄소 섬유 강화 복합 재료 CFRP)를 가공하는 데 사용됩니다. 항공 공구는 고속 절삭(500~2000m/min), 높은 이송 속도(0.10.5mm /rev) 및 긴 수명(>60 분)의 엄격한 요구 사항을 충족하기 위해 매우 높은 경도(1800~2200HV), 강도(2.2~5GPa), 내마모성(마찰 계수 <0.3), 고온 저항성(>1000° C) 및 초고도 기하학적 정밀도(±0.010.05mm, GB/T 345052017 에 따름)를 가져야 합니다. 본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 79972017 등)과 업계 관행(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)을 결합하여 시멘트 카바이드 항공 공구의 유형, 특성 및 응용 분야를 자세히 분석합니다.

1. 카바이드 항공 공구의 종류

초경 항공 공구는 가공 기능, 가공 소재, 기하학적 형상에 따라 다음 다섯 가지 범주로 구분됩니다. 각 공구는 항공 부품(예: 엔진 블레이드, 동체 연결 구멍, 복합 소재 구조물)의 특정 가공 요구에 맞춰 설계되었습니다. 전문성을 강조하기 위해 "Carbide Aviation"으로 시작하는 명칭을 사용합니다.

카바이드 항공 밀링 커터 유형

초경 항공용 솔리드 엔드 밀 : 평면, 측면 및 슬롯 가공에 사용되며 일반 밀링 작업에 적합합니다.

초경 항공 볼 엔드 밀링 커터 : 블레이드 모양과 같은 복잡한 표면 및 3차원 윤곽 가공에 사용됩니다.

초경 항공용 원형 밀링 커터 : 평면 및 곡면 가공을 모두 고려하여 준가공에 적합합니다.

초경 항공파형 밀링 커터 : 과동 절삭 날, 진동 감소, 복합 재료 가공에 적합.

카바이드 항공 밀링 커터 모양

멀티 에지(48 에지), 직경 Ø 550mm, 길이 50~150mm, 에지 길이 1050mm, 생크는 HSK 또는 BT 표준 인터페이스를 채택하여 높은 강성을 보장합니다.

카바이드 항공 밀링 커터 등급

YN8N(Ni 8 wt %, 입자 <0.5 μm, 내식성, 고온 합금에 적합), YG6X (Co 6 wt %, 입자 <0.5 μm, 높은 인성, 복합 재료에 적합).

카바이드 항공 드릴 비트 유형

카바이드 항공용 트위스트 드릴 : 티타늄 합금 및 스테인리스 스틸에 적합한 표준

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

드릴링 도구입니다.

초경 항공기용 스텝 드릴 : 여러 단계의 구멍 가공을 한 번에 완료하며, 동체 연결 구멍 가공에 적합합니다.

초경 항공용 심공 드릴 : 중횡비 >5:1, 엔진 부품의 심공 가공에 적합합니다.

재료 용 특수 초경 드릴 : 절삭 저항이 낮고 CFRP 박리를 방지합니다.

카바이드 항공 드릴 비트 모양

나선형 플루트(나선 각도 30-40°, 최적화된 칩 배출), Ø 320mm, 길이 50-200mm, 포인트 각도 118-140° (재료에 맞게 조정).

등급 : YG6X(고경도, 내마모성), YN10(Co/Ni 610 wt %, 내식성, 습식 가공에 적합).

초경 항공 리머 :

카바이드 항공 드릴 비트 :

초경 항공용 스트레이트 홈 리머 : 고정밀 구멍 가공, 티타늄 합금 등 금속 소재에 적합합니다.

카바이드 항공용 스파이럴 플루트 리머 : 칩 배출이 개선되어 깊은 구멍과 끈적끈적한 재료에 적합합니다.

초경 항공우주 복합 리머 : 절삭 저항이 낮고 CFRP 박리 및 버를 방지합니다.

모양 : 다날(46 개 모서리), 직경 Ø 530mm, 길이 50100mm, 칼날 길이 2040mm.

등급 : YN6(Ni 6 중량 %, 입자크기 0.51.5 µm, 내마모성 우수), YG8(Co 8 중량 %, 입자크기 0.51.5 µm, 인성 양호).

카바이드 항공 선삭 공구 유형

초경 항공 외부 원통형 선삭 공구 : 터빈 샤프트와 같은 샤프트 부품의 외부 표면을 가공합니다.

초경 항공용 홈 가공 커터 : 좁은 홈 가공 및 절단에 적합하며 복잡한 부품에 적합합니다.

초경 항공용 나사 커터 : 항공 부품의 고정밀 나사산 가공.

초경 항공 선삭 공구 유형 및 모양

인덱서블 인서트(사각형, 삼각형, 마름모), 크기 10×10× 5mm ~ 20×20× 6mm, 팁 반경 0.20.8mm.

시멘트 카바이드 항공 선삭 공구의 종류 및 등급

YN8N(고온 저항성, 고온 합금에 적합), YG6X(고강도, 내 파손성) .

카바이드 항공 성형 도구의 유형

카바이드 항공기용 맞춤형 윤곽 커터 : 날개 가장자리와 같은 복잡한 표면을 처리합니다.

초경 항공 복합 가공 도구 : 드릴링과 밀링 기능을 하나로 결합하여 효율적인 가공에 적합합니다.

모양 : 복잡한 기하학(다중 곡면, 특수 모양의 홈), 크기 Ø 1050mm, 맞춤형.

등급 : YN8N(내식성, 복합재료에 적합), YG6X(높은 인성, 다기능 가공에 적합).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 초경 항공공구의 특성

2.1 시멘트 카바이드 항공 공구의 재료 특성

카바이드 항공 공구 기판

WC(텅스텐 카바이드) : 8594 중량 %, 경도 >2000HV 로 우수한 내마모성과 절삭성을 제공합니다.

Ni/Co(바인더상) : 615 중량 %, Ni (YN8N, 610 중량 %)는 내식성을 향상시키고 고온 합금 및 습한 환경을 처리하는 데 적합합니다. Co (YG6X, 615 중량 %)는 인성을 향상시키고 복합재료 및 충격 조건에 적합합니다.

입자 크기 : 초미립자(<0.5 μm) 는 경도(1800~2200 HV)와 굽힘 강도(2.2~2.5 GPa) 를 크게 향상시키고 모서리 균열을 줄입니다.

첨가제 : Cr3C2/VC(0.10.5 중량 %)는 입자성장을 억제하고, η 상(유해탄화물, 함량 <0.5%)을 감소시키며, 재료의 안정성을 향상시킵니다.

카바이드 항공 공구 코팅

티알인 (티타늄 알루미늄 질화물) : 고온 내구성(>1000° C), 두께 24 μm , 고온 합금의 고속 절삭에 적합, 공구 수명을 2030% 연장합니다.

AlCrN (알루미늄 크롬 질화물) : 내마모성이 우수하고 두께가 35 μm 로 복합 재료 및 경금속 가공에 적합합니다.

DLC(다이아몬드 유사 탄소 코팅) : 마찰 계수가 낮음(<0.1), 두께가 13 μm 로 CFRP 가공 중 칩 고착 및 박리를 줄입니다.

시멘트 카바이드 항공 공구의 준비

혼합: 고에너지 볼 밀링(2436 시간, 볼 대 재료 비율 15:1, 300-400rpm), 분말 입자 크기 D50 <100 μm , 산소 함량 <0.03% 보장 (GB / T 345052017 에 따름).

결합제: 폴리에틸렌 글리콜(PEG, 0.10.2 중량 %) 또는 파라핀(0.51 중량 %)을 사용하여 분말 유동성을 최적화합니다.

2.2 시멘트 카바이드 항공 공구의 성능 특성

경도 : 18002200 HV(GB/T 79972017), 우수한 내마모성 보장, 마모율 <0.1 mm^3 / 분(일반 초경합금보다 50% 낮음).

강도 : 2.22.5 GPa (GB/T 38512015), 칩핑에 대한 강한 저항성, 고속 이송 가공에 적합함.

인성 : 파괴인성 KIC 912 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 고속 절삭 시 충격과 진동을 견딜 수 있습니다.

고온 저항성 : >1000° C, 절단 성능 유지, 건식 또는 최소 윤활 가공에 적합(절삭 속도 500~2000m/min).

내식성 : Ni 기반 등급(예: YN8N)은 산 및 알칼리 부식에 강하며 습식 가공 및 부식성 물질에 적합합니다.

기하학적 정확도 : 절삭날 반경 <10 μm , 표면 거칠기 Ra <0.2 μm , 치수 편차

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

±0.010.05 mm, 항공 부품의 허용 오차 요구 사항(±0.02 mm)을 충족합니다.

코팅 접착력 : 접착 강도 >100N(ISO 26443 에 따라)으로 고속 절단 시 코팅이 벗겨지지 않습니다.

2.3 초경 항공 공구의 가공 특성

고속 절단 : 500-2000m/min 의 절단 속도(예: Inconel 718 밀링 800m/min, CFRP 드릴링 200m/min)를 지원하여 처리 효율을 30-50% 향상시킵니다.

높은 이송 속도 : 이송 속도 0.10.5 mm/rev, 대형 항공 부품의 효율적인 가공에 적합합니다.

긴 수명 : 공구 수명이 60~80 분(일반 공구보다 50% 더 길다)으로 공구 교체 빈도가 줄어듭니다.

낮은 표면 거칠기 : 가공 표면의 Ra <0.8 μm (금속) 또는 Ra <0.4 μm (CFRP)로 항공 부품의 표면 품질 요구 사항을 충족합니다.

환경 적 적응성 : 건식, 최소 윤활(MQL) 또는 습식 가공을 지원하며 다양한 가공 환경에 적응합니다.

3. 초경 항공 공구의 적용

카바이드 항공 밀링 커터

시멘트 카바이드 항공 밀링 커터의 적용 시나리오

복잡한 표면의 정확성을 보장하기 위해 항공기 엔진 블레이드와 터빈 디스크(Inconel 718, Ti6Al4V)를 가공합니다.

박리와 버 발생을 방지하기 위해 날개와 객실 구조 등의 복합재료(CFRP)를 가공합니다.

성능 :

절삭 속도: 800-2000m/min (Inconel 718 800m/min, CFRP 1500m/min).

이송 속도: 0.20.5 mm/rev.

수명: 80 분(초합금), 100 분(CFRP).

표면 거칠기: Ra < 0.8 μm .

예시 :

초경 항공용 볼 엔드밀 (YN8N, Ø 10 mm, TiAlN 코팅):

Inconel 718 블레이드 가공, 절삭 속도 800m/min, 이송 속도 0.2mm/rev.

결과: 프로파일 허용 오차 ±0.02mm, 표면 Ra 0.6 μm , 공구 수명 80 분(Sandvik, 2023).

초경 항공과형 밀링 커터 (YG6X, Ø 12 mm, AlCrN 코팅):

CFRP 날개 패널 가공, 절삭 속도 1500m/min, 이송 속도 0.3mm/rev.

없음 , 표면 Ra 0.4 μm , 수명 100 분.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시멘트 카바이드 항공 드릴 비트의 적용 시나리오

티타늄 합금(Ti6Al4V) 동체 연결 구멍을 가공하여 높은 정밀도와 낮은 버 발생을 보장합니다.

박리 및 재료 찢어짐을 방지하기 위한 CFRP/알루미늄 적층 구조 처리.

성능

절삭 속도: 50200m/min(Ti6Al4V 50m/min, CFRP 200m/min).

이송 속도: 0.10.2 mm/rev.

수명: 60 분(금속), 80 분(CFRP).

조리개 정확도: $\pm 0.02\text{mm}$.

예시 :

초경 항공용 트위스트 드릴 (YG6X, $\varnothing 6\text{ mm}$, AlCrN 코팅):

Ti6Al4V 연결 구멍을 가공합니다. 구멍 깊이 50mm, 절삭 속도 50m/min, 이송 속도 0.1mm/rev.

결과: 구멍 직경 편차 $\pm 0.02\text{mm}$, 버 없음, 공구 수명 60 분.

항공 복합재료용 초경 드릴 (YN10, $\varnothing 8\text{ mm}$, DLC 코팅):

CFRP/알루미늄 스택 가공, 절삭 속도 200m/min, 이송 속도 0.15mm/rev.

결과: 박리 없음, 홀 벽 Ra $0.3\text{ }\mu\text{m}$, 수명 80 분.

시멘트 카바이드 항공 리머의 적용 시나리오

높은 정밀도와 낮은 거칠기를 보장하기 위해 CFRP/알루미늄 스택 구멍의 마무리 가공을 실시합니다.

베어링 시트 구멍 등 엔진 부품의 고정밀 구멍을 가공합니다.

성능 :

절삭 속도: 100300m/min(CFRP 200m/min, 티타늄 합금 100m/min).

이송 속도: 0.150.3 mm/rev.

수명: 50 분(금속), 70 분(CFRP).

표면 거칠기: Ra $< 0.4\text{ }\mu\text{m}$.

예시 :

카바이드 항공용 나선형 플루트 리머 (YN6, $\varnothing 8\text{ mm}$, DLC 코팅):

절삭 속도 200m/min, 이송 속도 0.15mm/rev 로 CFRP 구멍을 가공합니다.

결과: 조리개 허용 오차 $\pm 0.01\text{ mm}$, 표면 Ra $0.3\text{ }\mu\text{m}$, 수명 70 분.

카바이드 항공용 스트레이트 플루트 리머 (YG8, $\varnothing 10\text{ mm}$, TiAlN 코팅):

Ti6Al4V 베어링 시트 구멍 가공, 절삭 속도 100m/min, 이송 속도 0.2mm/rev.

결과: 조리개 편차 $\pm 0.015\text{ mm}$, Ra $0.4\text{ }\mu\text{m}$, 수명 50 분.

시멘트 카바이드 항공 선삭 공구의 적용 시나리오

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

터빈 샤프트와 같은 고온 합금 샤프트 부품의 외경 가공.
엔진 연결부 등 나사산이나 좁은 홈 가공.

성능 :

절삭 속도: 200-600m/min (Inconel 718 200m/min, 스테인리스 스틸 600m/min).
이송 속도: 0.2-0.4 mm/rev.
수명: 70 분(고온 합금), 90 분(스테인리스 스틸).
표면 거칠기: Ra < 0.8 μm .

예시 :

초경 항공 외부 선삭 공구 (YG6X, 블레이드 12×12× 5 mm, TiAlN 코팅):
Inconel 718 터빈 샤프트 가공, 절삭 속도 200m/min, 이송 속도 0.2mm/rev.
결과: 표면 Ra 0.7 μm , 허용 오차 ±0.03 mm, 수명 70 분.
초경 항공용 나사 커터 (YN8N, 블레이드 16×16×5 mm, TiAlN 코팅):
스테인리스 스틸 나사산 가공, 절삭 속도 400m/min, 이송 속도 0.3mm/rev.
결과: 나사산 정확도 IT6, Ra 0.6 μm , 수명 90 분.

시멘트 카바이드 항공 성형 공구의 적용 시나리오

날개 가장자리와 선체 구조와 같은 복잡한 복합 윤곽의 기계 가공.
엔진 케이스 홈 등 특수 모양의 티타늄 합금 홈을 가공합니다.

성능 :

절삭 속도: 200-500m/min(CFRP 500m/min, 티타늄 합금 200m/min).
이송 속도: 0.15-0.3 mm/rev.
수명: 60 분(CFRP), 50 분(티타늄 합금).
윤곽 정확도: ±0.03mm.

예시 :

카바이드 항공 맞춤형 윤곽 커터 (YN8N, Ø 20 mm, AlCrN 코팅):
CFRP 날개 가장자리 가공, 절삭 속도 500m/min, 이송 속도 0.2mm/rev.
결과: 프로파일 허용 오차 ±0.03mm, 박리 없음, 수명 60 분.
초경 항공 복합 가공 공구 (YG6X, Ø 15 mm, DLC 코팅):
Ti6Al4V 특수 형상 홈 가공, 절삭 속도 200m/min, 이송 속도 0.15mm/rev.
홈 깊이 허용 오차 ±0.02 mm, Ra 0.5 μm , 수명 50 분.

4. 카바이드 항공 공구 비교

도구 유형	상표	모양	코팅	절삭 속도 분당 미터	삶 분	정확도 mm	일반적인 프로그램	응용
카바이드 항공 솔리드	YN8N,	멀티	TiAlN , AlCrN	500-2000	80-100	±0.02	블레이드,	CFRP

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

도구 유형	상표	모양	코팅	절삭 속도 분당 미터	삶 분	정확도 mm	일반적인 프로그램	응용
엔드밀	YG6X	블레이드 직경 550mm					평면	
카바이드 항공 볼 엔드 밀링 커터	YN8N, YG6X	볼 헤드 직경 550mm	TiAlN , AlCrN	8001500	80100	±0.02	블레이드 표면	
카바이드 항공 트위스트 드릴	YG6X, YN10	나선 직경 320mm	AlCrN , DLC	50200	6080	±0.02	티타늄 합금 구멍	
항공 복합 재료용 시멘트 카바이드 드릴	YG6X, YN10	나선 직경 320mm	다운로드 가능 콘텐츠	100200	80	±0.02	CFRP 적층 홀	
카바이드 항공용 스퀘어릴 플루트 리머	YN6, YG8	멀티 블레이드 직경 530mm	DLC, TiAlN	100300	5070	±0.01	CFRP 홀 마감	
초경 항공 외부 선삭 공구	YN8N, YG6X	있 1020mm	티알인	200600	7090	±0.03	터빈 샤프트	
카바이드 항공 맞춤형 컨투어 나이프	YN8N, YG6X	복잡한 직경 1050mm	AlCrN , DLC	200500	5060	±0.03	날개 프로파일	

5. 최적화 제안

재료 선택 :

고온 합금 가공 : YN8N(Ni 8 wt % , 입자 <0.5 μm) 을 선택하면 경도가 5% 증가하고 내식성이 20% 증가합니다.

복합소재 가공 : YG6X(Co 6 wt %)를 사용하여 인성을 10% 높이고 박리 위험을 줄입니다.

첨가제 : Cr3C2 (0.2 중량 %), 내마모성을 15% 향상시킵니다.

코팅 최적화 :

TiAlN (3 μm) : 고온합금 가공 시, 내열성이 20% 증가하고, 수명이 30% 증가했습니다.

AlCrN (4 μm) : 복합소재와 티타늄 합금을 사용하여 내마모성이 25% 향상되었습니다.

DLC (2 μm) : CFRP 가공으로 마찰계수가 0.1 미만으로 낮아지고, 점착성이 50% 감소합니다.

기하학 :

최첨단 최적화 : 최첨단 반경 <10 μm , 절삭 열 을 20% 줄이고 표면 품질을 개선합니다.

나선 각도 조정 : 복합 소재 도구의 나선 각도는 3540°로 칩 배출을 개선하고 박리를 줄입니다.

강화된 백 각도 : 백 각도가 1015°로 절삭력을 15% 줄이고 공구 수명을 연장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

처리 매개변수 :

고속 절삭 : Inconel 718 절삭 속도 800-1000m/min, 이송 속도 0.2-0.3mm/rev.

저속 및 고정밀 : CFRP 절삭 속도 100200m/min, 이송 속도 0.10.15mm/rev.

최소량 윤활(MQL) : 절삭 열을 30% 줄이고 공구 수명을 20% 연장합니다.

후 처리 :

연삭 : Ra <0.4 μm , 응력 집중을 30% 감소시킵니다.

연마 : Ra <0.2 μm , 칩 접촉력을 50% 감소시키고 표면 품질을 향상시킵니다.

쇼트 피닝 : 표면 경도가 5% 증가하고, 피로 저항성이 20% 증가했습니다.

6. 표준

GB/T 345052017 : 치수 정확도 $\pm 0.2\text{mm}$, 허용 오차 편차 $\pm 5\%$.

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

GB/T 38502015 : 밀도 검증, 밀도 >99% 보장.

GB/T 51692013 : 다공성 등급 A02B00C00.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.5 GPa .

GB/T 79972017 : 경도 14002200 HV.

7. 결론

초경합금 항공 공구는 초경합금 항공 밀링 커터, 드릴, 리머, 선삭 공구, 성형 공구 등 다섯 가지 범주로 구성됩니다. 초미립 초경합금(YN8N, YG6X)과 고급 코팅(TiAlN, AlCrN, DLC)을 사용하여 항공우주 고온 합금 및 복합 소재의 가공 요구를 충족합니다.

초경 항공 밀링 커터 : 복잡한 표면과 복합 재료에 적합, 절삭 속도 800-2000m/min, 수명 80-100 분.

초경 항공 드릴 : 고정밀 구멍 가공, 절삭 속도 50200m/min, 구멍 직경 편차 $\pm 0.02\text{mm}$.

초경 항공 리머 : 마무리 구멍, 표면 Ra <0.4 μm , 허용 오차 $\pm 0.01\text{mm}$.

초경 항공기 선삭 공구 : 샤프트 및 나사산 가공, 수명 7090 분.

초경 항공기 성형 공구 : 복잡한 윤곽 가공, 정확도 $\pm 0.03\text{mm}$.

이러한 공구는 높은 경도, 고온 내구성, 초고정밀성으로 항공 부품의 가공 효율성과 품질을 크게 향상시키며, 엔진, 동체, 복합 구조물 제조에 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

이 장에서 다루는 시멘트 카바이드 제품 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 종류, 특성 및 용도

(WC +Co /Ni, 입자 크기 $0.52\mu\text{m}$) 를 기본 소재로 하고 내마모성 코팅 기술(예: TiN) 을 결합한 고성능 도구입니다 . TiCN) 및 정밀 가공 기술을 기반으로 합니다. 이 드릴 비트는 채굴, 터널링 및 지질 탐사용으로 설계되었으며, 화강암, 현무암 등 경암(압축 강도 200MPa 이상), 석탄층 및 광석 가공에 사용됩니다. 채굴용 드릴 비트는 높은 경도(1400~1800HV), 굽힘 강도($1.8\sim 2.5\text{GPa}$) , 뛰어난 내마모성(마모량 $<0.2\text{mm}^3/\text{h}$), 내충격성(KIC $912\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) , 치수 정확도($\pm 0.20.5\text{mm}$, GB/T 345052017 기준)를 갖춰야 하며, 높은 충격(1050kN), 고속($100\sim 500\text{rpm}$) 및 혹독한 환경(먼지, 습기)에도 견딜 수 있어야 합니다 . 본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 79972017 등)과 업계 관행(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)을 결합하여 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 종류, 특성, 용도를 자세히 분석하고, 독자의 명확한 이해를 보장하기 위해 설명을 다듬어 성능 비교, 일반적인 사례, 최적화 제안을 보완했습니다.

1. 카바이드 광산 드릴 비트의 종류

카바이드 채굴용 드릴 비트는 기능, 암석 유형, 그리고 기하 구조에 따라 다음 세 가지 범주로 나뉩니다. 각 유형의 드릴 비트는 암석 시추, 석탄 채굴, 광석 굴착 등 특정 채굴 작업의 필요에 맞춰 설계되었습니다. 전문성을 강조하기 위해 "카바이드 채굴(Carbide Mining)"로 시작하는 명칭으로 변경되었습니다.

카바이드 마이닝 롤러 드릴 비트 유형

카바이드 채굴용 3 원추형 드릴 비트

단단하고 중간 단단함의 암석 굴착에 사용되며, 대규모 노천 광산에 적합합니다.

카바이드 채굴용 단일 콘 드릴 비트

높은 유연성을 갖추고 있어 소규모 또는 복잡한 지질학에 사용됩니다.

모양

원뿔형 또는 구형 이빨, 이빨 수 10-30, 드릴 직경 \emptyset 100-400mm, 길이 200-600mm, 연결 API 표준 나사산.

상표

YN10(Co 10 wt % , 입자 $0.51.5\mu\text{m}$, 내충격성), YG8(Co 8 wt % , 입자 $0.51.5\mu\text{m}$, 내마모성).

초경 채굴 DTH 드릴 비트 유형

카바이드 채굴 표준 DTH 드릴 비트

중간 정도의 단단함과 연약한 암석에 사용되며, 폭과공에 적합합니다.

카바이드 채굴 고압 다운더홀 드릴 비트

깊은 구멍과 단단한 바위에서 높은 효율로 사용됩니다.

모양

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원통형, 구형 또는 총알 모양의 초경 이빨, 이빨 수 820 개, 드릴 직경 \varnothing 80-200mm, 길이 150-300mm.

등급 : YG8(높은 경도), YN10(내식성, 습식 드릴링에 적합).

카바이드 채굴 픽 유형

카바이드 마이닝 원뿔형 픽

석탄층과 연약암에서 사용 가능하며 로드헤더 에 적합합니다 .

카바이드 채굴 원통형 픽

중간 정도의 단단한 암석에 사용되며 종합적인 채굴에 적합합니다.

모양

원뿔형 또는 원통형 헤드, 헤드 직경 \varnothing 1030 mm, 길이 50100 mm, 고강도 강철(예: 42CrMo)로 만든 베이스 바디.

상표

YG6(Co 6 wt %, 입자 크기 $1.52 \mu\text{m}$, 내 충격성), YN10(높은 인성).

2. 초경 채굴 드릴 비트의 특성

2.1 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 재료 특성

카바이드 광산 드릴 비트 본체

WC(텅스텐 카바이드) : 8592 중량 %, 경도 $>2000\text{HV}$ 로 우수한 내마모성과 절삭성을 제공합니다.

Co/Ni(결합제 상) : 815 중량 %, Co(YG8, 815 중량 %)는 인성을 향상시키고 충격이 큰 조건에 적합합니다. Ni(YN10, 610 중량 %)는 내식성을 향상시키고 습한 석탄층과 산성 환경에 적합합니다.

입자 크기 : 중간 미세 입자($0.51.5 \mu\text{m}$, YN10/YG8) 는 경도($1400\sim 1800 \text{HV}$)와 인성($\text{KIC } 912 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ / 2) 의 균형을 이루고 , 조립 입자($1.52 \mu\text{m}$, YG6)는 충격 저항성 을 더욱 향상시킵니다.

첨가제 : Cr_3C_2 (0.10.5 중량 %)는 입자성장을 억제하고, η 상(유해탄화물, 함량 $<0.5\%$)을 감소시키며, 재료의 안정성을 향상시킵니다.

카바이드 광산 드릴 비트 코팅 (선택 사항)

TiN (질화티타늄) : 내마모성, 두께 $24 \mu\text{m}$, 단단한 바위 드릴링에 적합, 서비스 수명 을 1520% 연장합니다.

TiCN (탄질화티타늄) : 내충격성, $35 \mu\text{m}$ 두껍고 석탄층과 연약한 암석에 적합하며 마모를 25% 줄여줍니다.

카바이드 채굴 드릴 비트 준비

혼합: 고에너지 볼 밀링(1624 시간, 볼 대 재료 비율 10:1, $200\sim 300\text{rpm}$), 분말 입자 크기 $D_{50} \ 50\sim 150 \mu\text{m}$, 산소 함량 $<0.03\%$ (GB/T 345052017 에 따름)을 보장 합니다.

결합제: 폴리에틸렌 글리콜(PEG, 0.10.2 중량 %) 또는 파라핀(0.51 중량 %)을 사용하여 분말 유동성을 최적화합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 성능 특성

경도 : 14001800 HV(GB/T 79972017), 우수한 내마모성, 마모율 $<0.2 \text{ mm}^3 / \text{h}$ (일반 초경합금보다 40% 낮음).

강도 : 1.82.5 GPa (GB/T 38512015), 파손 방지, 충격이 큰 환경에 적합함.

인성 : 파괴인성 KIC 912 MPa·m^{1/2}, 고주파 충격(1050 kN) 및 진동에 강함.

내마모성 : 마모 $<0.2 \text{ mm}^3 / \text{h}$, 공구 수명 80-120 시간(일반 드릴보다 50-100% 더 길다).

내식성 : Ni 기반 등급(예: YN10)은 습기와 산성 환경에 강하며 습식 드릴링에 적합합니다.

기하학적 정확도 : 치수 편차 $\pm 0.20.5\text{mm}$, 표면 거칠기 Ra $<1.6 \mu\text{m}$, 드릴링 허용 오차 요구 사항($\pm 0.5\text{mm}$) 충족.

코팅 접착력 : 접착 강도 $>80\text{N}$ (ISO 26443 에 따라)으로 강한 충격에도 코팅이 벗겨지지 않습니다.

2.3 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 가공 특성

고충격 드릴링 : 1050kN 의 충격력을 지원합니다 (예: 다운더홀 드릴링의 경우 30kN). 단단한 바위와 광석 채굴에 적합합니다.

고속 : 100-500rpm(롤러 비트의 경우 200rpm, 꺾의 경우 300rpm), 드릴링 효율이 20-30% 증가합니다.

긴 수명 : 공구 수명이 80~120 시간으로 교체 빈도와 가동 중지 비용이 줄어듭니다.

환경 적 적응성 : 먼지, 습기, 고온($>200^\circ \text{C}$)에 강하고 건식 또는 습식 드릴링을 지원합니다.

낮은 유지관리 비용 : 높은 내마모성과 견고성으로 인해 치아 마모가 줄어들고 유지관리 주기가 50% 연장됩니다.

3. 시멘트 카바이드 광산 드릴 비트의 적용

시멘트 카바이드 광산 회전 드릴 비트의 적용 시나리오

단단한 암석 드릴링(화강암, 현무암 등)은 노천 채굴과 심갱 채굴에 사용됩니다.

지질 탐사, 대구경 구멍 가공 ($\varnothing 200-400 \text{ mm}$).

성능 :

회전 속도: 150, 200 rpm.

충격력: 2040 kN .

수명: 100-120 시간.

드릴링 정확도: 구멍 직경 편차 $\pm 0.5\text{mm}$.

예시 :

카바이드 채굴용 3 원추형 드릴 비트 (YN10, $\varnothing 250 \text{ mm}$, TiN 코팅):

화강암 가공(압축강도 220MPa), 회전속도 200rpm, 충격력 30kN .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결과: 구멍 깊이 500m, 구멍 직경 편차 $\pm 0.5\text{mm}$, 수명 120 시간 (ScienceDirect, 2021).

카바이드 채굴용 단일 원뿔 드릴 비트 (YG8, $\emptyset 150\text{ mm}$, TiCN 코팅):

중간 경질 암석(압축강도 150MPa), 회전속도 180rpm, 충격력 25kN 의 가공 .

결과: 굴착 깊이 300m, 수명 100 시간.

카바이드 채굴용 다운더홀 드릴 비트 :

적용 시나리오 :

철광석 및 구리 채굴, 발파공 가공 ($\emptyset 80\text{--}200\text{ mm}$).

중간-단단한 암석과 부드러운 암석에서 터널을 파는 모습.

성능 :

회전 속도: 100-150 rpm.

충격력: 2030 kN .

수명: 80~100 시간.

드릴링 정확도: 구멍 직경 편차 $\pm 0.4\text{mm}$.

예시 :

카바이드 채굴 표준 다운더홀 드릴 비트 (YG8, $\emptyset 120\text{ mm}$, TiCN 코팅):

철광석(압축강도 180MPa) 가공, 회전속도 150rpm, 충격력 25kN .

결과: 구멍 깊이 100m, 구멍 직경 편차 $\pm 0.4\text{mm}$, 수명 100 시간.

카바이드 채굴 고압 다운더홀 드릴 비트 (YN10, $\emptyset 100\text{ mm}$, TiN 코팅):

현무암(압축강도 200MPa) 가공, 회전속도 120rpm, 충격력 30kN .

결과: 굴착 깊이 150m, 수명 90 시간.

카바이드 채굴 픽스 :

적용 시나리오 :

석탄층 채굴, 로드헤더 및 통합 석탄 채굴 장비.

사암(압축 강도 100~150 MPa)과 같은 중간 경도의 암석 발굴.

성능 :

회전 속도: 200-300 rpm.

충격력: 1020 kN .

수명: 80~100 시간.

: Ra < 1.6 μm .

예시 :

카바이드 광산 콘 픽 (YG6, $\emptyset 20\text{ mm}$, 코팅되지 않음):

석탄층 가공(압축강도 50MPa), 회전속도 300rpm, 충격력 10kN .

결과: 5000m 굴착, 80 시간 사용 수명, 마모 < 0.15mm³ /h.

초경 채굴 원통형 피크 (YN10, $\emptyset 25\text{ mm}$, TiN 코팅):

사암 가공(압축강도 120MPa), 회전속도 250rpm, 충격력 15kN .

결과: 굴착 4000m, 수명 100 시간.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4. 카바이드 채굴 드릴 비트 유형 비교

드릴 비트 유형	상표	모양	코팅	속도 분당 회전수	삶 시간	정확도(mm)	일반적인 응용 프로그램
카바이드 채굴용 3 원추형 드릴 비트	YN10, YG8	원뿔형/구형 이빨, 100400mm	TiN, 티엔(TiCN)	150200	100120	±0.5	하드록, 탐험
카바이드 채굴 표준 DTH 드릴 비트	YG8, YN10	구형 이빨, Ø 80200 mm	티엔(TiCN)	100150	80100	±0.4	철광석, 터널
카바이드 마이닝 원뿔형 픽	YG6, YN10	원뿔형, Ø 1030 mm	없음/ TiN	200300	80100	±0.3	석탄층, 연암

5. 최적화 제안

재료 선택 :

경암 드릴링 : YN10(Co 10 wt %, 입자 크기 0.5-1.5 μm) 을 사용하면 경도가 5% 증가하고 충격 저항성이 15% 증가합니다.

석탄 채굴 : YG6(Co 6 wt %, 입자 크기 1.52 μm) 를 선택하여 인성과 파괴 저항성이 20% 증가했습니다.

첨가제 : Cr3C2(0.2 중량 %), 내마모성이 15% 증가했습니다.

코팅 최적화 :

TiN (3 μm) : 단단한 바위 드릴링의 경우 내마모성이 20% 증가하고 사용 수명은 15% 증가합니다.

TiCN (4 μm) : 석탄층과 연약한 암석의 경우 충격 저항성이 20% 증가했습니다.

기하학 :

최적화된 이빨 모양 : 구형 이빨(단단한 바위) 또는 원뿔형 이빨(연한 바위)로 마모를 20% 줄였습니다.

치아 배열 : 비대칭 배열로 진동을 15% 줄이고 드릴링 효율을 향상시킵니다.

매트릭스 강화 : 42CrMo 강 매트릭스, 피로 저항성이 30% 증가했습니다.

처리 매개변수 :

단단한 암석 : 회전 속도 150,200 rpm, 충격력 2030 kN .

연약 암 : 회전속도 200-300 rpm, 충격력 1015 kN .

습식 드릴링 : 물 유량 1020 L/min, 마모 25% 감소.

후 처리 :

연삭 : Ra <1.6 μm , 응력 집중 을 20% 감소시킵니다.

쇼트 피닝 : 표면 경도가 5% 증가하고, 피로 저항성이 25% 증가했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. 표준

GB/T 345052017 : 치수 정확도 $\pm 0.2\text{mm}$, 허용 오차 편차 $< \pm 5\%$.

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

GB/T 38502015 : 밀도 검증.

GB/T 51692013 : 다공성 등급 A02B00C00.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.5 GPa .

GB/T 79972017 : 경도 14001800 HV.

7. 결론

카바이드 광산용 드릴 비트는 카바이드 광산용 롤러 드릴 비트, 다운더홀 드릴 비트, 그리고 픽의 세 가지 종류로 나뉩니다. 중미립자 카바이드(YN10, YG8, YG6)와 내마모성 코팅 (TiN , TiCN) 으로 제작되어 경암, 탄층, 광석 채굴의 요구를 충족합니다.

카바이드 채굴 롤러 드릴 비트 : 단단한 바위 드릴링, 속도 150-200rpm, 수명 100-120 시간.

카바이드 채굴용 굴착 드릴 비트 : 광석 및 터널, 속도 100-150rpm, 수명 80-100 시간.

초경 채굴 곡괭이 : 석탄층과 연암, 속도 200-300rpm, 수명 80-100 시간.

이 드릴 비트는 높은 경도, 내충격성, 긴 수명으로 채굴 효율성과 경제성을 크게 개선하며, 노천 광산, 지하 광산 및 터널 프로젝트에서 널리 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

이 장에서 다루는 시멘트 카바이드 제품 초경합금 내마모성 금형의 종류, 특성 및 용도

초경합금 내마모성 금형은 중미립 초경합금 (WC +Co /Ni, 입자크기 $0.52\mu\text{m}$) 을 기본 소재로 하여 정밀가공기술과 선택적 코팅기술(TiN 등) 을 결합하여 제작한 고성능 공구입니다 . CrN) . 이 금형은 산업용 성형, 스탬핑 및 압출용으로 설계되었으며, 금속(강철, 알루미늄 등), 플라스틱, 세라믹 및 기타 소재 가공에 사용됩니다. 초경합금 내마모성 금형은 고압($500\sim 2000\text{MPa}$), 고주파(10 회 이상) 및 복잡한 작업 조건(고온, 부식)에 견딜 수 있도록 높은 경도($1400\sim 1800\text{HV}$), 고강도($1.8\sim 2.5\text{GPa}$) , 뛰어난 내마모성(마모 손실 $<0.1\text{mm}^3/\text{h}$), 내식성 및 치수 정확도($\pm 0.01\sim 0.05\text{mm}$, GB/T 345052017 기준)를 가져야 합니다. 본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 79972017 등)과 업계 관행(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)을 결합하여 초경합금 내마모성 금형의 종류, 특성, 용도 등을 세부적으로 분석하고, 독자의 명확한 이해를 돕기 위해 설명을 다듬고, 성능 비교, 일반적인 사례, 최적화 제안 등을 보충하였으며, "초경합금 내마모성 + 특정 금형명" 형태로 제품명을 자세히 설명하였습니다.

1. 초경 내마모성 금형의 종류

초경 내마모성 금형은 성형 기능, 가공 소재, 기하학적 형상에 따라 다음 세 가지 범주로 나뉩니다. 각 금형은 산업 제조(예: 금속 스탬핑, 플라스틱 성형, 세라믹 압출)의 특정 요구 사항을 충족하도록 설계되었으며, 전문성을 강조하기 위해 "초경 내마모성"으로 시작하는 명칭을 사용합니다.

카바이드 내마모성 스탬핑 다이 유형

경질 합금 내마모성 냉간 편칭 다이

금속판의 편칭 및 굽힘 가공에 사용되며 자동차 부품에 적합합니다.

경질 합금 내마모성 핫 스탬핑 다이

항공기 단조품 등 고온 금속 성형에 사용됩니다.

모양 : 복잡한 캐비티(편치, 다이), 크기 $50\times 50\times 20\text{mm} \sim 200\times 200\times 50\text{mm}$, 모서리 반경 $0.10.5\text{mm}$.

등급 : YG8(Co 8 wt % , 입자 $0.51.5\mu\text{m}$, 내마모성), YN10(Co/Ni 10 wt % , 입자 $0.51.5\mu\text{m}$, 내식성).

초경 내마모성 인장 다이 타입

카바이드 내마모성 와이어 드로잉 다이

구리선, 강철선 등 금속선을 늘리는 데 사용됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

카바이드 내마모성 압출 다이

금속이나 플라스틱 파이프와 프로파일의 압출에 사용됩니다.

모양 : 원형 또는 특수 모양의 구멍 (\varnothing 0.150 mm), 금형 외경 \varnothing 20100 mm, 길이 30150 mm.

등급 : YG6(Co 6 wt %, 입자 크기 1.52 μ m, 충격 저항성), YG8(고경도).

카바이드 내마모성 성형 다이 유형

초경 내마모성 플라스틱 성형 금형

휴대폰 케이스 등 사출성형에 사용됩니다.

경질합금 내마모성 분말야금 금형

세라믹과 시멘트 카바이드 블랭크를 압착하는 데 사용됩니다.

모양 : 복잡한 곡선형 공동, 크기 20×20×10 mm ~ 150×150×50 mm, 표면 거칠기 $Ra < 0.4 \mu$ m.

등급 : YN10(부식 방지), YG8(고강도).

2. 초경합금 내마모성 금형의 특성

2.1 재료 특성

행렬

WC(텅스텐 카바이드) : 8592 중량 %, 경도 >2000HV 로 우수한 내마모성과 내압축성을 제공합니다.

Co/Ni(바인더상) : 615 중량 %, Co(YG8, 815 중량 %)는 인성을 향상시키고 고압 조건에 적합합니다. Ni(YN10, 610 중량 %)는 내식성을 향상시키고 산성 또는 습한 환경에 적합합니다.

입자 크기 : 중간 미세 입자(0.51.5 μ m, YN10/YG8)는 경도(14001800 HV)와 인성(KIC 912 MPa·m^{1/2})의 균형을 이루고, 조립 입자(1.52 μ m, YG6)는 충격 저항성을 향상 시킵니다.

첨가제 : Cr3C2(0.10.5 중량 %)는 입자성장을 억제하고, η 상(유해탄화물, 함량 <0.5%)을 감소시키며, 재료의 안정성을 향상시킵니다.

코팅 (선택사항)

TiN (질화티타늄) : 내마모성, 두께 24 μ m, 금속 스탬핑에 적합, 수명을 2030% 연장합니다.

CrN (질화크롬) : 내식성, 두께 35 μ m, 플라스틱 성형 및 습식 가공에 적합.

준비

혼합: 고에너지 볼 밀링(1624 시간, 볼 대 재료 비율 10:1, 200~300rpm), 분말 입자 크기 D50 50~150 μ m, 산소 함량 <0.03%(GB/T 345052017 에 따름)을 보장 합니다.

결합제: 폴리에틸렌 글리콜(PEG, 0.10.2 중량 %) 또는 파라핀(0.51 중량 %)을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

사용하여 분말 유동성을 최적화합니다.

2.2 성능 특성

경도 : 14001800 HV(GB/T 79972017), 우수한 내마모성, 마모율 $<0.1 \text{ mm}^3 / \text{h}$ (일반 초경합금보다 50% 낮음).

강도 : 1.82.5 GPa (GB/T 38512015), 강력한 압축 저항성, 5002000 MPa 견딤.

인성 : 파괴인성 KIC $912 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 고주파 충격에 강함 ($>10^6$ 회).

내마모성 : 마모 $<0.1 \text{ mm}^3 / \text{h}$, 금형 수명 $10^6 \sim 10^7$ 배 (고속강 금형보다 510 배 더 길다).

내식성 : Ni 기반 등급(예: YN10)은 산과 알칼리에 대한 내성이 뛰어나 습식 가공 및 부식성 물질에 적합합니다.

기하학적 정확도 : 치수 편차 $\pm 0.010.05 \text{ mm}$, 표면 거칠기 $Ra <0.4 \mu\text{m}$, 고정밀 성형 요구 사항을 충족합니다.

코팅 접착력 : 접착 강도 $>80\text{N}$ (ISO 26443에 따라)으로 고압에서도 코팅이 벗겨지지 않습니다.

2.3 처리 특성

고압 성형 : 500~2000MPa의 성형압력을 지원합니다(예: 냉간편칭 1000MPa, 압출 1500MPa).

고주파 : 10^6 회 이상의 연속 스탬핑/성형을 지원하므로 대량 생산에 적합합니다.

긴 수명 : 금형수명이 $10^6 \sim 10^7$ 배로 교체빈도를 줄이고 생산비용을 3050% 절감합니다.

높은 표면 품질 : 성형품의 표면은 $Ra <0.8 \mu\text{m}$ 로 정밀 부품의 요구 사항을 충족합니다.

환경 적 적응성 : 고온($>300^\circ \text{C}$), 습기 및 부식에 강하며 다양한 가공 환경에 적합합니다.

3. 초경합금 내마모성 금형의 적용

카바이드 내마모성 스탬핑 다이 :

적용 시나리오 :

자동차 부품(차체 강판, 알루미늄 합금 패널 등)의 편칭 및 굽힘 가공.

항공기 단조품(티타늄 합금 커넥터 등)의 고온 성형.

성능 :

성형 압력: 8001200 MPa.

스트로크 횟수: $>10^6$ 회.

수명: $10^6 \sim 10^7$ 배.

정확도: $\pm 0.02\text{mm}$.

예시 :

경질 합금 내마모성 냉간 편칭 다이 (YG8, $100 \times 100 \times 30 \text{ mm}$, TiN 코팅):

두께 1mm의 스테인리스 강판을 가공하고, 압력 1000MPa, 스트로크 횟수 1.5×10^6 회.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결과: 부품 허용 오차 $\pm 0.02\text{mm}$, 표면 $Ra\ 0.6\ \mu\text{m}$, 수명 1.5×10^6 배 (Sandvik, 2023).

경질 합금 내마모성 핫 스템핑 다이 (YN10, $150 \times 150 \times 40\ \text{mm}$, CrN 코팅):

1200 MPa 압력과 800°C 온도에서 Ti6Al4V 단조품을 가공합니다.

결과: 허용오차 $\pm 0.03\text{mm}$, 수명은 10 6 배.

초경 내마모성 인장 다이 :

적용 시나리오 :

금속선의 늘어남(예: 구리선 $\varnothing\ 0.1\ \text{mm}$, 강철선 $\varnothing\ 1\ \text{mm}$).

알루미늄 합금 또는 플라스틱 파이프 압출(자동차 파이프 피팅 등).

성능 :

인장/압출 압력: 10001500 MPa.

수명: $10^5 \times 10^6$ 회.

정확도: 조리개 편차 $\pm 0.01\text{mm}$.

표면 거칠기: $Ra < 0.4\ \mu\text{m}$.

예시 :

초경 내마모성 와이어 드로잉 다이 (YG6, $\varnothing\ 0.5\ \text{mm}$ 구멍, TiN 코팅):

구리선 스트레칭 ($\varnothing\ 0.5\ \text{mm}$), 압력 1200 MPa, 선형 속도 10 m/s.

편차 $\pm 0.01\ \text{mm}$, 표면 $Ra\ 0.3\ \mu\text{m}$, 수명 3×10^6 회.

초경 내마모성 압출 다이 (YG8, $\varnothing\ 20\ \text{mm}$ 구멍, CrN 코팅):

압출 알루미늄 합금 튜브 ($\varnothing\ 20\ \text{mm}$), 압력 1500 MPa.

결과: 튜브 벽 허용 오차 $\pm 0.02\ \text{mm}$, 수명은 10 6 배.

경질 합금 내마모성 성형 금형 :

적용 시나리오 :

사출성형(휴대폰 케이스, 자동차 플라스틱 부품 등)

분말야금 프레싱(세라믹 부품, 시멘트 카바이드 빌렛 등)

성능 :

성형 압력: 5001000 MPa.

: $2 \times 10^6 10^7$ 배.

정확도: $\pm 0.010.03\text{mm}$.

표면 거칠기: $Ra < 0.4\ \mu\text{m}$.

예시 :

초경 내마모성 플라스틱 성형 다이 (YN10, $80 \times 80 \times 20\ \text{mm}$, CrN 코팅):

ABS 휴대폰 케이스의 사출성형, 압력 800 MPa, 사이클 2×10^6 회.

결과: 부품 허용 오차 $\pm 0.01\ \text{mm}$, 표면 $Ra\ 0.2\ \mu\text{m}$, 수명 2.5×10^6 배.

시멘트 카바이드 내마모성 분말 야금 금형 (YG8, $50 \times 50 \times 15\ \text{mm}$, TiN 코팅):

1000 MPa의 압력으로 세라믹 블랭크를 압축합니다.

결과: 허용오차 $\pm 0.02\text{mm}$, 수명 10^7 배.

4. 초경합금 내마모성 금형 종류 비교

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금형 유형	상표	모양	코팅	압력 (MPa)	수명(회)	정확도(mm)	일반적인 프로그램	응용
경질 합금 내마모성 냉간 편칭 다이	YG8, YN10	캠버, 50200mm	TiN 크르노	8001200	10^6 10^7	± 0.02	자동차 강판	
카바이드 내마모성 와이어 드로잉 다이	YG6, YG8	구멍, \varnothing 0.150 mm	주석	10001500	10^6 5×10^6	± 0.01	구리선, 강철선	
초경 내마모성 플라스틱 성형 금형	YN10, YG8	곡면, 20150mm	크르노	5001000	2×10^6 10^7	± 0.01	휴대폰 케이스	

5. 최적화 제안

재료 선택 :

금속 스탬핑 : YG8(Co 8 wt %, 입자 크기 $0.5 \sim 1.5 \mu m$) 을 사용하여 경도가 5% 증가하고, 내마모성이 20% 증가했습니다.

플라스틱 성형 : YN10(Ni 10 wt %)을 사용하여 내식성을 25% 증가시킵니다.

첨가제 : Cr3C2(0.2 중량 %), 내마모성이 15% 증가했습니다.

코팅 최적화 :

TiN ($3 \mu m$) : 금속 스탬핑, 내마모성이 20% 증가하고, 수명이 30% 증가했습니다.

CrN ($4 \mu m$) : 플라스틱 성형, 내식성이 20% 증가하고, 금형 불음이 감소했습니다.

기하학 :

최첨단 최적화 : 최첨단 반경 $< 0.2mm$, 응력 집중을 20% 감소시킵니다.

캐비티 연마 : Ra $< 0.2 \mu m$, 접착력 30% 감소.

전환 반경 : R0.51 mm, 균열 저항성이 15% 증가했습니다.

처리 매개변수 :

냉간 편칭 : 압력 800-1000 MPa, 편칭 속도 100-200 회/분.

압출 : 압력 1200~1500 MPa, 온도 $< 300^\circ C$.

사출 성형 : 압력 600~800 MPa, 사이클 시간 510 초.

후 처리 :

연삭 : Ra $< 0.4 \mu m$, 마모 20% 감소.

연마 : Ra $< 0.2 \mu m$, 부품 표면 품질이 30% 향상됩니다.

쇼트 피닝 : 표면 경도가 5% 증가하고, 피로 저항성이 25% 증가했습니다.

6. 표준

GB/T 345052017 : 치수 정확도 $\pm 0.01mm$, 허용 오차 편차 $< \pm 5\%$.

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

GB/T 38502015 : 밀도 검증.

GB/T 51692013 : 다공성 등급 A02B00C00.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.5 GPa.

GB/T 79972017 : 경도 1400~1800 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7. 결론

초경합금 내마모성 금형은 초경합금 내마모성 스탬핑 금형, 인발 금형, 성형 금형의 세 가지 범주로 나뉩니다. 이러한 금형은 중립 및 미립 초경합금(YG8, YN10, YG6)과 내마모성 코팅(TiN, CrN)을 사용하여 금속, 플라스틱, 세라믹의 가공 요구를 충족합니다.

초경 내마모성 스탬핑 다이 : 자동차 부품 및 항공기 단조품, 압력 800~1200 MPa, 수명 $10^6 \sim 10^7$ 배.

초경 내마모성 인장 다이 : 와이어 및 튜브, 압력 1000~1500 MPa, 정확도 ± 0.01 mm.

초경 내마모성 성형 금형 : 사출 성형 및 분말 야금, 수명 $2 \times 10^6 \sim 10^7$ 배, 표면 $Ra < 0.4 \mu m$.

이러한 금형은 높은 경도, 내마모성, 초고정밀성으로 산업용 성형 효율성과 제품 품질을 크게 향상시키며 자동차, 전자, 항공 및 세라믹 산업에서 널리 사용됩니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경합금의 다양한 프레스 공정의 특성, 적용성 및 장단점

초경합금(니켈계 또는 코발트 계 초경합금 등)의 프레스 공정은 텅스텐 카바이드(WC) 분말, 바인더상(Ni, Co 등) 분말 및 기타 첨가제(Cr₃C₂, VC 등)를 혼합하여 블랭크(테스트 바, 공구 블랭크 등)로 프레스하여 균일하고 밀도가 높은 블랭크(밀도 50% 이론 밀도, 기공률 <0.01%)를 만든 후 이를 소결하는 것입니다. 프레스 공정은 블랭크의 치수 정확도($\pm 0.1\text{mm}$), 밀도 균일성(>95%), 기계적 특성(굽힘 강도 1.82.5 GPa, 경도 1400-2200 HV) 및 최종 테스트 바 품질(GB/T 38512015, GB/T 79972017에 따름)에 직접적인 영향을 미칩니다. 일반적인 프레스 공정에는 다이 프레스, 냉간 등방성 프레스(CIP), 열간 등방성 프레스(HIP, 프레스 + 소결), 압출, 금속 사출 성형(MIM) 등이 있습니다. 아래에서는 다양한 프레스 공정의 특성, 적용 가능성, 장단점을 자세히 설명하고, 명확한 비교를 위한 표를 제시합니다. 국가 표준(예: GB/T 345052017, GB/T 183762014) 및 최신 연구(예: Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021)를 참고하여 분석했습니다.

1. 초경합금의 다양한 프레스 공정 개요

시멘트 카바이드 프레스 공정의 목표는 소결 후 시험 막대의 성능 요구 사항(예: 굽힘 강도 1.8-2.5 GPa, 경도 1400-2200 HV, 내식성 <0.005 mm/년)을 충족하기 위해 높은 밀도(이론 밀도의 50-70%), 균일성(>95%) 및 치수 정확도($\pm 0.1\text{mm}$)를 갖춘 빌릿을 생산하는 것입니다.

압축 과정에서는 다음 사항을 고려해야 합니다.

분말 특성

WC 입자 크기(0.12 μm), 유동성(<25 s/50 g, GB/T 14822010), 바인더상 비율(615 wt %).

빌릿 모양

간단한 것(예: 5×5×35mm 테스트 막대) 또는 복잡한 것(예: 도구, 금형).

생산 효율성

대량 배치(시간당 1000 개 이상) 또는 소량 배치(100 개 미만).

비용

설비(5억 500만 위안), 금형(110만 위안), 에너지 소비량(0.55kWh/kg).

본 논문에서는 GB/T 345052017(분말 제조) 및 GB/T 38512015(강도) 등의 표준에 따라 5가지 주요 프레스 공정의 특성, 적용 가능성, 장점 및 단점을 분석합니다.

2. 초경합금 프레스 공정의 특성, 적용성 및 장단점

다음은 5가지 프레스 공정에 대한 자세한 설명이며, 공정 매개변수, 장비, 적용 가능한 시나리오, 장단점을 함께 설명합니다.

2.1 다이 프레스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

다이 프레싱 공정 특성

다이 프레싱 원리

혼합된 재료 (WC +Ni /Co, D50 50150 μm) 를 강철 금형에 넣고 유압 프레스로 한 방향 또는 두 방향으로 블랭크로 압축합니다.

매개변수 누르기

압력: 100300 MPa.

대기시간: 530 초.

금형 : 고강도강(HRC 6065), 표면 Ra < 0.4 μm .

공백 밀도: 이론 밀도의 50-60% ($\sim 810 \text{ g/cm}^3$) .

다이 프레싱 장비

독일 Dorst TPA 시리즈와 같은 자동 유압 프레스(101,000 톤) .

다이 프레싱 공정

혼합(습식분쇄, PEG 12 중량 %).

성형 (자동 충전, 균질성 >90%).

프레싱(100300 MPa, 530 초).

탈형 (틸리츠제 분사, 접착력 <0.1N).

다이 프레싱 카바이드 블랭크의 후처리

가장자리를 다듬고 치수를 확인합니다($\pm 0.1 \text{ mm}$).

다이 프레싱 적용성

모양

테스트 막대($5 \times 5 \times 35 \text{ mm}$), 원통, 큐브와 같은 간단한 기하학적 모양.

상표

YN6, YG15(정상 입자 크기 0.52 μm) .

생산하다

대량(시간당 1000 개 이상), 예: 인서트, 드릴 블랭크.

다이 프레싱의 장점

높은 효율성: 단일 모드 1020 개/분, 높은 수준의 자동화(>90%).

저렴한 비용: 장비(5억 100 만 위안), 금형(15 만 위안/세트).

높은 치수 정확도: $\pm 0.1 \text{ mm}$, 표면 Ra < 0.8 μm .

다이 프레싱의 단점

밀도 구배: 단방향으로 누르면 중앙 밀도가 510% 감소합니다(양방향으로는 <3%로 개선).

복잡한 모양은 제한적입니다. 금형이 복잡하고 비용이 50~100% 증가합니다.

금형 마모: 1,050 만회 사용 후 교체 필요(비용 12 만 위안).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

다이 프레싱 예 :

YN6 시험 막대(5×5×35 mm): 200 MPa, 10 초, 밀도 ~9 g/cm³, 강도 1.8 GPa (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 345052017: 공백 밀도 편차 <±5%.

GB/T 3851:2015: 시험 막대 강도 검증.

2.2 냉간 등압 가압(CIP)

냉간 등방압 압축(CIP) 공정 특징 :

원리 : 혼합된 재료를 유연한 금형(예: 고무 봉지)에 넣고 고압 액체(오일/물)에 넣은 후 모든 방향으로 균일한 압력을 가합니다.

냉간 등방압 가압(CIP) 매개변수 :

압력: 200400 MPa.

대기시간: 30120 초.

금형 : 고무/PU(내압성 > 500 MPa).

공백 밀도: 이론 밀도의 6070% (~9.511 g/cm³).

냉간 등압 가압(CIP) 장비

Quintus QIC 시리즈와 같은 CIP 기계(100-1000 MPa).

냉간 등방압 가압(CIP) 공정 :

혼합(고에너지 볼 밀링, 1624 시간).

포장(진공 밀봉, 공기 누출율 <0.01%).

압축(200400 MPa, 30120 초).

탈형(세척, 80° C에서 건조).

냉간 등방압 가압(CIP) 적용성 :

형태 : 막대 (Ø 1050 mm), 판 등 중형에서 대형 빌릿입니다.

등급 : YN10, YG8(입자 크기 0.51.5 μm).

생산량 : 중간 규모 배치(시간당 100~500 개), 예: 광산 도구.

냉간 등방압 가압(CIP) 의 장점 :

균일한 밀도: 모든 방향에서 압력이 동일하고 밀도 편차가 <1%(성형의 경우 35%)입니다.

대형 크기에 적합: 블랭크 Ø 100 mm, 길이 500 mm.

결함 감소: 미세균열을 50% 감소, 기공률 <0.005%.

) 의 단점 :

효율성이 낮습니다. 단일 배치를 만드는 데 15분이 걸리고, 출력은 성형보다 50%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮습니다.

높은 비용: 장비(2005 백만 위안), 에너지 소비(23kWh/kg).

치수 정확도는 $\pm 0.20.5\text{mm}$ 로 약간 낮으며 2 차 가공이 필요합니다.

냉간 등방압 가압(CIP) 예 :

YN10 막대 ($\emptyset 20 \times 330 \text{ mm}$): 300 MPa, 60 초, 밀도 $\sim 10 \text{ g/cm}^3$, KIC $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ (ScienceDirect, 2021).

냉간 등방압 가압(CIP) 표준 :

GB/T 183762014: 공백 다공성 $< 0.01\%$.

GB/T 38502015: 밀도 검증.

2.3 열간 등압 가압(HIP, 프레싱+소결)

열간 등방성형(HIP, 프레싱+소결) 공정 특징 :

원리 : 분말을 고온, 고압 (Ar 분위기) 에서 직접 압착 및 소결하여 성형 및 고밀도화를 모두 고려합니다 .

열간 등방성 압축(HIP, 압축 + 소결) 매개변수 :

온도: $1350 \sim 1450^\circ \text{ C}$.

압력: 100200 MPa.

분위기: Ar ($> 99.99\%$), 압력 50150 MPa.

빌렛 밀도: 이론 밀도의 99.9% 이상 ($\sim 14.515 \text{ g/cm}^3$) .

장비 : Quintus HIP 시리즈와 같은 HIP 로.

프로세스 :

혼합 재료(초미립자, $D_{50} 30100 \mu\text{m}$) .

포장(스틸/티타늄 캔, 진공 $< 10^{-3} \text{ Pa}$) .

HIP($1350 \sim 1450^\circ \text{ C}$, $100 \sim 200 \text{ MPa}$, 24 시간).

탈탄소화 (기계적 박리, $R_a < 0.8 \mu\text{m}$) .

열간 등방성 가압(HIP, 프레싱+소결) 적용성 :

모양 : 항공 도구 및 금형과 같은 복잡하고 큰 부품입니다.

등급 : YN8N (초미립자 $< 0.5 \mu\text{m}$) .

생산량 : 소량 생산(< 50 개/배치), 고부가가치 제품.

열간 등방성형(HIP, 프레싱+소결) 의 장점 :

고밀도: $> 99.9\%$, 다공성 $< 0.001\%$, 강도가 1015% 증가했습니다.

복잡한 모양: 금형이 필요 없으며, 특수 모양의 부품에 적합합니다(정확도 $\pm 0.1\text{mm}$).

우수한 성능: 입자 제어 $< 0.5 \mu\text{m}$, 경도 510 % 증가($1800 \sim 2200 \text{ HV}$).

열간 등방성형(HIP, 프레싱+소결) 의 단점 :

높은 비용: 장비(50010 억 위안), 에너지 소비(5kWh/kg).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

낮은 효율성: 단일 배치의 경우 46 시간, 생산량 <10 개/시간.
복잡한 포장: 강철 한 상자당 가격은 5,100 위안입니다.

열간 등방성형(HIP, 프레싱+소결) 의 예 :

YN8N 공구 블랭크: 1400° C, 150 MPa, 3 시간, 밀도 14.8 g/cm³ , 경도 1800 HV(Sandvik, 2023).

열간 등방성 가압(HIP, 프레싱+소결) 표준 :

GB/T 79972017: 경도 검증.
GB/T 51692013: 다공성 <0.001%.

2.4 압출

압출 공정 특징 :

원리 : 혼합된 재료를 바인더(왁스, 파라핀 515 중량 %)와 혼합하여 페이스트 형태로 만들고 스크류 압출기를 통해 연속적인 빌렛(막대, 튜브 등)을 압출합니다.

압출 매개변수 :

압력: 1050 MPa.
온도: 50~100° C(접착제를 연화).
압출 속도: 0.11m/min.
공백 밀도: 이론 밀도의 50-60% (~810 g/cm³) .
장비 : Haake Rheomex 와 같은 단일/이중 스크류 압출기 .

압출 공정 :

혼합(습식분쇄+바인더, D50 80150 μ m) .
예열(50~100° C, 점도 10³ 10⁴ Pa·s)
압출 (Ø 120 mm, 길이 >1 m).
절단, 탈지(400-600° C, H2).

압출 적용성 :

모양 : 드릴 막대 (Ø 120 mm) 와 같은 긴 스트립 , 튜브.
등급 : YG8, YN10(입자 크기 0.51.5 μ m) .
생산량 : 중간~고배치(500~2000m/h).

압출의 장점 :

연속 생산: 긴 빌렛(>1m)에 적합하고 효율성이 높습니다(500m/시간).
유연한 모양: 조절 가능한 금형 , Ø 150 mm.
비용은 적당합니다: 장비(1 억 200 만 위안), 금형(52 만 위안).

압출의 단점 :

바인더 처리: 탈지에는 48 시간이 소요되고, 잔류탄소가 0.010.02% 증가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀도가 약간 낮아 50-60%로 HIP 후처리가 필요합니다.
정확도 제한: $\pm 0.20.3\text{mm}$, 연삭이 필요합니다.

압출 예 :

YG8 드릴 로드 ($\emptyset 10 \times 330 \text{ mm}$): 30 MPa, 80° C , 밀도 $\sim 9 \text{ g/cm}^3$, 강도 2.0 GPa (ScienceDirect, 2021).

압출 표준 :

GB/T 183762014: 공백 균일도 >90%.
GB/T 53142011: 탄소 잔류물 검증.

2.5 금속 사출 성형(MIM)

공정 특성 :

원리 : 혼합된 재료를 폴리머 바인더(PP, PE 1020 중량 %)와 혼합하여 정밀한 금형에 주입한 후, 복잡한 형상을 성형한 후 탈지 및 소결을 실시합니다.

매개변수 :

압력: 50150 MPa.
온도: $150-200^\circ \text{ C}$ (용융 접착제).
사출 속도: $10100 \text{ cm}^3 / \text{ s}$.
공백 밀도: 이론 밀도의 50-60% ($\sim 810 \text{ g/cm}^3$).
장비 : Arburg Allrounder 와 같은 사출 성형기.

프로세스 :

혼합(고에너지 볼 밀링 + 바인더, D50 50100 $\mu \text{ m}$) .
주입 ($150-200^\circ \text{ C}$, 50-150 MPa).
탈지(용제+열탈지, $400-600^\circ \text{ C}$).
예비소결 ($800-1000^\circ \text{ C}$, H2).

적용성 :

모양 : 마이크로 도구, 기어(<50 mm)와 같은 복잡하고 작은 부품입니다.
등급 : YN8N, YG6X (초미립자 < $0.5 \mu \text{ m}$) .
생산량 : 중간 배치 (시간당 100~1000 개).

이점 :

복잡한 모양: 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$, 마이크로 부품(<10mm)에 적합합니다.
대량 생산: 단일 금형 1050 개/분.
높은 표면 품질: $Ra < 0.4 \mu \text{ m}$, 2 차 가공이 필요 없습니다.

단점 :

높은 비용: 장비(2억 300만 위안), 금형(510만 위안).
탈지는 복잡합니다. 8~12 시간 동안 잔류 탄소가 0.02~0.05% 증가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수축률이 1520%로 정밀한 금형이 필요합니다.

예시 :

YN8N 마이크로 도구(5×5×10 mm): 100 MPa, 180° C, 밀도 ~9 g/cm³, 경도 1800 HV(Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 345052017: 블랭크 정확도 ±0.05mm.

GB/T 5169-2013: 다공성 검증.

3. 프로세스 비교

표 1: 초경합금 프레스 공정 비교

기술	압력 (메가파)	밀도 %	적용 가능한 모양	생산하다 시간당 조각	정확도 mm	비용	이점	결점
조형	100300	5060	단순(테스트로드, 실린더)	>1000	±0.1	낮은	고효율, 저비용, 고정밀	밀도 구매, 복잡한 형상 제한, 다이 마모
냉간 등방압 프레스	200400	6070	중형 및 대형(막대, 판)	100500	±0.20.5	가운데	균일한 밀도, 큰 크기, 결합 적음	효율성 낮음, 비용 높음, 정확도 약간 낮음
열간 등방압 가압	100200	>99.9	복합(도구, 금형)	<50	±0.1	높은	고밀도, 우수한 성능	복잡한 비용이 높고, 효율성이 낮으며 포장이 복잡함
압출	1050	5060	긴 스트립(막대, 튜브)	5002000m	±0.20.3	가운데	연속 생산, 유연한 바인더 형태, 적당한 비용	유연한 바인더 처리, 낮은 밀도, 제한된 정밀도
사출성형	50150	5060	복잡한 소형(마이크로 도구)	1001000	±0.05	높은	복잡한 모양, 높은 생산, 품질	대량 비용이 많이 들고, 높은 표면 탈지가 복잡하고, 수축률이 크다

4. 적용성 및 선정 가이드

성형 :

적용 가능 품목 : 대량 생산, YN6 테스트 막대(5×5×35 mm), 블레이드 등 간단한 모양.

선택 이유 : 낮은 비용(장비 5억 1백만 위안), 높은 효율성(>1000 개/시간), 정확도 ±0.1mm.

예 : YG15 블레이드, 200 MPa, 밀도 ~9 g/cm³, 강도 2.0 GPa .

냉간 등방 압 가압 :

적용 대상 : YN10 막대 (Ø 20 × 330 mm) 와 같은 중형 및 대형 빌릿 , 광산 도구.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

선택 이유 : 균일한 밀도(편차 <1%), 긴 크기(>500mm)에 적합, 미세균열 적음.

예 : YN10 막대, 300 MPa, KIC 9 MPa·m^{1/2}.

열간 등방 압 가압 :

적용 가능 분야 : YN8N 항공 도구 및 금형 등 고성능, 복잡한 부품.

선택 이유 : 밀도 > 99.9%, 경도가 5-10% 증가(1800-2200 HV), 2차 소결이 필요 없음.

예 : YN8N 공구 블랭크, 1400° C, 150 MPa, 경도 1800 HV.

압출 :

적용 대상 : YG8 드릴 로드 (Ø 120 mm) 와 같은 긴 스트립 .

선택 이유 : 연속 생산(시간당 500m), 적당한 비용, 막대/튜브에 적합.

예 : YG8 막대, 30 MPa, 밀도 ~9 g/cm³ .

사출 성형 :

적용 가능 : YN8N 마이크로 공구(<10 mm)와 같은 복잡한 소형 부품.

선택 이유 : 고정밀(±0.05 mm), 표면 Ra <0.4 μm , 고 부가가치 제품에 적합.

예 : YN8N 마이크로 도구, 100 MPa, 경도 1800 HV.

표 2: 프레스 공정 적합성

기술	적용 가능한 등급	적용 가능한 모양	생산하다	일반적인 응용 프로그램	응용
조형	YN6, YG15	테스트 막대, 블레이드, 실린더	대량 배치(>1000)	칼, 시험봉	
냉간 등방압 프레스	YN10, YG8	바와 플레이트	중간 배치(100500)	광산 도구, 긴 막대기	
열간 등방압 가압	YN8	복잡한 도구 및 금형	소량 배치(<50)	항공 도구, 고급 금형	
압출	YG8, YN10	막대와 튜브	중간~고배치(500~2000m)	드릴로드, 와이어 드로잉 다이	
사출성형	YN8N, YG6X	마이크로 도구, 기어	중간 배치(1001000)	정밀 공구, 마이크로 부품	

5. 결론

각 시멘트 카바이드 프레스 공정은 고유한 특성을 가지고 있으며 모양, 출력, 성능 및 비용을 기준으로 선택해야 합니다.

성형 : 효율성이 높고 비용이 저렴하며 대량의 간단한 형상(YN6 테스트 막대)에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적합하지만 밀도 구매는 35%입니다.

냉간 등방성 프레스 : 밀도가 균일하고 중형 및 대형 빌렛(YN10 막대)에 적합하지만 정확도가 약간 낮습니다($\pm 0.2\text{mm}$).

열간 등방성 압축 : 밀도 $>99.9\%$, 고성능 복잡한 부품(YN8N 공구)에 적합하지만 비용이 높고 효율성이 낮습니다.

압출 : 긴 스트립(YG8 막대)의 연속 생산이지만 탈지 작업이 필요하고 정확도가 제한적입니다($\pm 0.2\text{mm}$).

사출 성형 : 고정밀의 복잡한 소형부품(YN8N 마이크로 톨)을 가공하지만, 탈지가 복잡하고 비용이 많이 듭니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 공백 밀도 편차 $<\pm 5\%$, 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$.

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

GB/T 14822010 : 유동성 <25 초/50g.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(시험 막대 1.8-2.5 GPa) .

GB/T 7997- 2017 : 경도(1400-2200 HV).

GB/T 51692013 : 다공성(A02B00C00).

미래 동향 : 자동 성형(효율성 20% 증가), 3D 프린팅(복잡한 형상 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$), 친환경 탈지 기술(잔류 탄소 $<0.01\%$)이 프레스 효율성과 성능을 개선합니다.



총수:

시멘트 카바이드 다이 프레스 장비의 종류, 성능 및 적용성

다이 프레스는 시멘트 카바이드 블랭크 제조에 가장 일반적으로 사용되는 프레스 공정입니다. 혼합된 재료(WC+Ni /Co, 입자 크기 50~ 150 μm)를 유압 또는 기계 장비를 통해 강철 다이에 로드하고 단방향 또는 양방향 압력(100~300MPa)을 가하여 고밀도 블랭크(이론 밀도 50~60%, 약 810g/cm³)를 형성합니다. 이는 간단한 기하학적 모양(예: 5×5×35mm 테스트 막대, 블레이드, 원통)에 적합하며 국가 표준(예: GB/T 345052017, GB/T 38512015)에서 요구하는 치수 정확도(±0.1mm), 밀도 균일성(>90%) 및 성능(굽힘 강도 1.8~2.5GPa, 경도 1400~2200HV)을 충족 합니다 . 금형 프레스 장비는 구동 방식, 자동화 정도 및 용도에 따라 기계식 프레스, 유압식 프레스, 서보 프레스, 자동 금형 프레스 등 여러 유형으로 나뉩니다. 다음은 초경합금 성형 장비의 종류, 특성 및 용도에 대한 자세한 설명입니다.

1. 개요

시멘트 카바이드 성형 장비는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다.

압력 : 100300 MPa, 빌렛 밀도 5060% (~810 g/cm³) 보장 .

정확도 : 금형 위치 ±0.01mm, 블랭크 크기 ±0.1mm(GB/T 345052017).

곰팡이 : 고강도 강철(HRC 6065), 표면 Ra <0.4 μm , 수명 1050 만회.

효율성 : 대량 생산(시간당 1000 개 이상), 자동화 수준 >90%.

적용성 : 시멘트 카바이드 등급(YN6, YG15, 입자 크기 0.52 μm 등) 및 모양(테스트 막대, 블레이드)에 적합합니다.

성형 장비는 구동 방식과 기능에 따라 기계식 프레스, 유압식 프레스, 서보 프레스,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

자동 성형 프레스의 네 가지 유형으로 나뉩니다. 아래에서는 각 유형의 특징, 용도, 장단점을 하나씩 분석합니다.

2. 초경합금 성형 장비의 종류

2.1 기계식 프레스 특징

주행 모드 : 크랭크 커넥팅 로드 또는 편심 휠, 기계적 변속 장치가 압력을 제공합니다.

매개변수 :

압력: 50500 톤(100300MPa).

스트로크 속도: 30120 회/분.

전력: 중간(1050kW).

금형 : 단일 또는 다중 금형 , 강철(HRC 6065).

장비 : 일본의 Aida NC 시리즈, 독일의 Schuler MS 시리즈 등.

작동 원리 :

혼합된 재료 (WC +Ni /Co, PEG 12 wt %)가 자동으로 금형에 적재됩니다.

크랭크 구동 슬라이드, 단방향 프레스(100300 MPa, 510 초).

탈형(공압/유압, 접착력 <0.1N).

제어 : PLC 제어, 압력 편차 <±5 MPa, 위치 정확도 ±0.02 mm.

애플리케이션 :

등급 : YN6, YG15(일반 입자 크기 0.52 μm) .

모양 : 시험봉(5×5×35 mm), 디스크 (Ø 1050 mm).

생산량 : 대량(시간당 1000~5000 개)

시나리오 : 인서트 및 드릴 블랭크용 표준 부품 생산 .

이점 :

높은 효율성: 스트로크 60, 120 회/분, 출력 2030% 증가(유압프레스).

낮은 비용: 장비 및 유지 관리 비용이 낮습니다.

안정성이 우수합니다. 기계적 구조가 내구성이 뛰어나고 수명이 깁니다.

단점 :

제한된 압력 조절: 고정 스트로크, 유연성이 1020% 감소.

복잡한 모양은 제한적이며, 금형 비용이 높습니다.

밀도 기울기: 일방향 압축 편차는 35%이며, 양방향 개선이 필요합니다.

예시 :

YN6 시험 막대: 200 MPa, 10 초, 밀도 ~9 g/cm³ , 강도 1.8 GPa (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 345052017: 공백 밀도 편차 <±5%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GB/T 1482-2010: 혼합물 유동성 <25 s/50 g.

2.2 유압 프레스

특징 :

주행 모드 : 유압 실린더가 압력을 제공하며, 일방향 또는 양방향으로 압력을 가합니다.

매개변수 :

압력: 1001000 톤(100300MPa).

유지 시간: 530 초, 압력 조절 ± 2 MPa.

전력: 중간-높음(20-100kW).

금형 : 고강도강, 표면 Ra <0.4 μm .

장비 : 독일의 Lauffer, Dorst TPH 시리즈 등.

작동 원리 :

혼합 및 성형 (자동 충전, 균질성 >90%).

유압 실린더로 구동, 양방향 가압(상하 압력 150, 250 MPa).

탈형 (유압식 방출, 정확도 ± 0.01 mm).

제어 : CNC 시스템, 압력/변위 곡선의 실시간 모니터링, 편차 < $\pm 1\%$.

애플리케이션 :

등급 : YN10, YG8(입자 크기 0.51.5 μm).

모양 : 시험 막대, 큐브, 얇은 판(두께 120mm).

생산량 : 중간에서 대량(시간당 500~2000 개)

시나리오 : 도구 블랭크, 금형 블랭크.

이점 :

조절 가능한 압력: 100300 MPa, 다양한 브랜드(YN6, YN10)에 적합합니다.

균일한 밀도: 양방향 프레스, 편차 <2% (기계적 35%).

중간 정도 복잡한 모양에 적합: 금형 유연성이 20% 더 뛰어납니다.

단점 :

효율성이 약간 낮음: 스트로크 1030 회/분(기계적 60120 회).

높은 비용: 장비 및 유압 시스템의 유지관리 비용은 중간에서 높습니다.

높은 에너지 소비량: 에너지 소비량은 기계식 프레스보다 50~100% 더 높습니다.

예시 :

YN10 공구 블랭크: 250 MPa, 15 초, 밀도 $\sim 9.5 \text{ g/cm}^3$, KIC 9 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ / ²
(ScienceDirect, 2021).

기준 :

GB/T 183762014: 공백 다공성 <0.01%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GB/T 3851:2015: 시험 막대 강도 검증.

2.3 서보 프레스

구동 모드 : 서보 모터 구동, 압력, 속도 및 변위의 정밀 제어.

매개변수 :

압력: 50500 톤(100300MPa).

스트로크 속도: 조절 가능, 1100 회/분.

전력: 중간(1580kW).

금형 : 강철(HRC 6065), 멀티 스테이션.

장비 : 일본의 Komatsu HIF, 독일의 Schuler ServoLine 등 .

작동 원리 :

혼합 및 성형 (서보 충전, 균질성 >95%).

서보 구동 슬라이드, 단일/이중 프레스(압력 곡선 프로그래밍 가능).

탈형 (서보 배출, 정확도 $\pm 0.005\text{mm}$).

제어 : 지능형 PLC + 터치 스크린, 압력 편차 $< \pm 0.5 \text{ MPa}$, 위치 지정 $\pm 0.005 \text{ mm}$.

애플리케이션 :

등급 : YN8N, YG6X (초미립자 $< 0.5 \mu\text{m}$) .

모양 : 복잡한 칼날, 얇은 벽의 부품(두께 0.510mm).

생산량 : 중간에서 대량(시간당 500~3000 개)

적용 분야 : 항공 도구, 정밀 금형 블랭크.

이점 :

높은 정밀도: 압력/변위 제어 $\pm 0.5\%$, 크기 $\pm 0.05\text{mm}$.

높은 유연성: 스트로크를 프로그래밍하여 복잡한 모양에 적응 가능(금형 비용 절감).

높은 에너지 효율성: 유압 프레스보다 에너지 소비량이 20~30% 낮습니다.

단점 :

높은 비용: 장비와 서보 시스템의 유지관리 비용이 높습니다.

약간 느린 속도: 복잡한 부품의 경우 1050 회/분.

높은 기술적 요구 사항: 전문적인 프로그래밍과 디버깅이 필요합니다.

예시 :

YN8N 인서트: 200 MPa, 10 초, 밀도 9.2 g/cm^3 , 경도 1800 HV (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 345052017: 블랭크 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$.

GB/T 7997-2017: 경도 검증(간접).

2.4 자동 다이 프레스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특징 :

구동 모드 : 유압 또는 서보 구동, 통합 자동화 시스템(충전, 프레스, 탈형, 운반).

매개변수 :

압력: 100600 톤(100300MPa).

생산주기: 520 초/개.

전력: 중간-높음(30-150kW).

금형 : 멀티 스테이션(416 개 캐비티), 강철(HRC 6065).

장비 : 독일 Dorst TPA, 스위스 Osterwalder CA 시리즈 등.

작동 원리 :

자동 충전: 진동/서보 충전, 균일성 >95%.

다축 프레스: 양방향 또는 다방향, 압력 150300 MPa.

자동 탈형 : 로봇 팔이 부품을 꺼내서 효율성을 30% 높입니다.

컨베이어 : 컨베이어 출력, 검출 크기(± 0.1 mm).

제어 : 산업용 PC + 시각 검사, 자동화 수준 > 95%, 편차 < $\pm 0.5\%$.

애플리케이션 :

브랜드 : YN6, YN10, YG15.

모양 : 칼날, 시험봉, 특수 모양의 부품(복잡한 도구 블랭크).

생산량 : 초고배치(시간당 2000~10000 개).

시나리오 : 절삭 공구와 표준 부품의 대량 생산.

이점 :

매우 높은 효율성: 사이클 시간 510 초/개, 출력 50% 증가(유압 프레스).

강력한 자동화: 노동력이 70-80% 감소하고 일관성이 95% 이상입니다.

높은 정밀도: 크기 $\pm 0.050.1$ mm, 밀도 편차 <1%.

단점 :

매우 높은 비용: 장비와 금형 비용이 매우 높습니다.

복잡한 유지관리: 자동화 시스템의 고장률은 10% 증가하고, 유지관리 비용도 높습니다.

단일 적용: 맞춤형 생산 라인이 필요하고 유연성이 20% 낮습니다.

예시 :

YG15 블레이드: 250 MPa, 8 초, 밀도 ~ 9.5 g/cm³, 강도 2.0 GPa (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 183762014: 공백 균일도 >95%.

GB/T 3851:2015: 시험 막대 강도 검증.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. 기기 종류 비교

표 1: 초경합금 성형 장비 유형 비교

장치 유형	드라이브 모드	압력 톤	시간당 조각	정확도 mm	비용	이점	결점
기계식 프레스	크랭크 편심 휠	50500	10005000	±0.1	낮은	높은 효율성, 낮은 비용, 좋은 안정성	제한된 압력 조절, 제한된 복잡한 모양, 밀도 구배
유압 프레스	유압 실린더	1001000	5002000	±0.1	가운데	조절 가능한 압력, 균일한 밀도, 중간 및 복잡한 모양에 적합	효율성이 약간 낮고 비용이 더 많이 들고 에너지 소비가 높습니다.
서보 프레스	서보 모터	50500	5003000	±0.05	높은	높은 정밀도, 유연성 및 에너지 효율성	비용이 높고, 속도가 느리고, 기술적 요구 사항이 높습니다.
자동 성형기	유압/서보	100600	200010000	±0.050.1	매우 높음	초고효율, 강력한 자동화 및 고정밀	매우 높은 비용, 복잡한 유지 관리 및 단일 적용

4. 적용성 및 선정 가이드

기계식 프레스 :

적용 가능 분야 : YN6 테스트 바, YG15 디스크 등 대용량의 간단한 모양입니다.

선택 이유 : 비용이 저렴하고, 효율성이 높음(시간당 1000~5000 개), 표준 부품에 적합함.

예 : YN6 시험 막대, 200 MPa, 밀도 ~9 g/cm³ .

유압 프레스 :

적용 대상 : 중간 에서 대량 배치, YN10 공구 블랭크, YG8 박판과 같은 중간 복잡한 모양.

선택 이유 : 양방향 압착, 밀도 편차 <2%, 다양한 브랜드에 적합.

예 : YN10 공구 블랭크, 250 MPa, KIC 9 MPa·m^{1/2} .

서보 프레스 :

적용 가능 분야 : YN8N 블레이드, YG6X 얇은 벽 부품 등 고정밀, 복잡한 모양.

선택 이유 : 정확도 ±0.05mm, 프로그래밍 가능한 제어, 항공/정밀 금형에 적합합니다.

예 : YN8N 인서트, 200 MPa, 경도 1800 HV.

자동 성형기 :

적용 대상 : YG15 블레이드, YN6 테스트 막대와 같은 초고배치, 표준/특수 모양 부품.

선택 이유 : 자동화율 >95%, 시간당 생산량 2000~10000 개, 대량 생산에 적합.

예 : YG15 블레이드, 250 MPa, 강도 2.0 GPa .

표 2: 성형 장비 적합성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장치 유형	적용 등급	가능한 적용 가능한 모양	출력(개/시간)	일반적인 응용 프로그램
기계식 프레스	YN6, YG15	테스트 막대, 디스크	10005000	표준 블레이드, 테스트 로드
유압 프레스	YN10, YG8	공구 블랭크, 얇은 판	5002000	절삭 공구 및 금형 블랭크
서보 프레스	YN8N, YG6X	복잡한 블레이드, 얇은 벽의 부품	5003000	항공 도구, 정밀 금형
자동 성형기	YN6, YG15	YN10, 블레이드, 특수형 부품, 테스트로드,	200010000	대형 절삭 공구 및 표준 부품

5. 결론

시멘트 카바이드 성형 장비의 유형은 다음과 같습니다.

기계식 프레스

비용이 저렴하고 효율성이 높으며 대량의 간단한 모양(YN6 테스트 막대)에 적합하지만 밀도 구매는 35%입니다.

유압 프레스

압력 조절이 가능하고 밀도가 균일하며 중간에서 높은 배치의 중간 복잡한 형상(YN10 도구 블랭크)에 적합 하지만 에너지 소모가 높습니다.

서보 프레스

고정밀도, 강력한 유연성, 복잡하고 정밀한 부품에 적합(YN8N 블레이드) 하지만 비용이 많이 듭니다.

자동 성형기

매우 높은 효율성, 강력한 자동화, 대량 생산(YG15 블레이드)에 적합하지만 유지 관리 비용이 매우 비싸고 복잡합니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 공백 밀도 편차 $<\pm 5\%$, 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$.

GB/T 183762014 : 공극률 $< 0.01\%$, 균일도 $> 95\%$.

GB/T 14822010 : 혼합 유동성 < 25 초/50g.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(시험 막대 1.8-2.5 GPa) .

미래 동향 : 지능형 서보 프레스(정확도 $\pm 0.01\text{mm}$), 멀티 스테이션 자동 성형기(산출량 30% 증가), 친환경 에너지 효율 기술(에너지 소비량 20% 감소)이 성형 장비 개발을 주도할 것입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

초경 등압 프레스의 종류, 장비, 특성 및 적용성

초경합금의 등압 가압은 혼합물 (WC + Ni / Co, 입자 크기 50~150 μm) 을 모든 방향으로 동일한 압력으로 가압하여 고밀도 빌렛(이론 밀도의 60~70%, 약 9.511 g/cm³)을 제조하는 공정입니다. 초경합금 시험봉, 공구 블랭크, 금형 제작에 널리 사용됩니다. 이 공정의 핵심 장점은 밀도 균일성(>95%, 편차 <1%)입니다. 다이 프레스(밀도 편차 35%)와 비교했을 때, 중형 또는 복잡한 형상의 빌릿(예: \varnothing 1050mm 봉강, 판재)에 더욱 적합하며, 국가 표준(예: GB/T 345052017, GB/T 183762014)에서 요구하는 치수 정밀도($\pm 0.20.5\text{mm}$), 기공률(<0.01%) 및 성능(굽힘 강도 1.82.5 GPa, 경도 14002200 HV)을 충족합니다. 등압 프레스는 온도와 공정 방식에 따라 냉간 등압 프레스(CIP)와 열간 등압 프레스(HIP)로 구분됩니다.

이하에서는 시멘트 카바이드 등방성 프레스의 유형, 장비, 특성, 적용성 및 성형과의 비교에 대해 자세히 설명하고, 공정 부분을 개선 및 정밀화하고, 특정 장비 모델, 매개변수 최적화, 적용 사례 및 비교표를 추가하고, 국가 표준과 업계 관행을 결합합니다(예: Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021).

1. 개요

초경합금 등압 성형은 블랭크를 균일한 압력(100,400 MPa)으로 성형하여, 금형 성형의 밀도 구배(35%)를 제거하고 블랭크의 균일성(>95%)과 그에 따른 소결 성능(밀도>99.5%, 기공률<0.01%)을 향상시킵니다. 금형 성형과 비교했을 때, 등압 성형은 균일한 밀도와 복잡한 형상에 대한 적합성이라는 장점이 있지만, 효율이 낮고 비용이 많이 든다는 단점이 있습니다. 등압 성형 공정은 다음과 같은 요건을 충족해야 합니다.

압력 : 100400 MPa(CIP 200400 MPa, HIP 100200 MPa).

공팡이 : 유연한 금형 (CIP: 고무/PU; HIP: 강철/티타늄 탱크).

블랭크 : 중간에서 대형 (\varnothing 10-100mm, 길이 500mm) 또는 복잡한 모양(예: 도구, 금형).

효율성 : 낮은 배치에서 중간 배치(CIP: 100500 개/시간; HIP: <50 개/배치).

적용성 : 시멘트 카바이드 등급(YN6, YN10, YN8N, 입자 크기 0.12 μm 등)에 적합합니다.

등압 성형은 냉간 등압 성형(CIP)과 열간 등압 성형(HIP)으로 구분되며, 각 성형은 다양한 형상, 성능 및 생산 요건에 적합합니다. 아래에서는 각 성형의 종류, 장비, 특성, 적용 가능성, 그리고 성형과의 비교를 자세히 분석하며, 특히 세부 공정 부분을 살펴봅니다.

2. 초경 등압 프레스의 종류, 장비, 특성 및 적용성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.1 냉간 등압 가압(CIP)

유형 및 원리 :

백 CIP : 혼합된 재료를 유연한 몰드(예: 고무 백)에 넣고 고압 액체(물/오일)에 담근 후 모든 방향으로 동일한 압력을 가하는 방식입니다. 다양한 형상(특수 형상 부품, 막대 등)에 적합합니다.

백 CIP : 혼합된 재료를 고정된 유연한 금형에 넣고, 액체를 금형 벽을 통해 압착하는 방식입니다. 고효율 및 표준 형상(예: 원통형 막대)에 적합합니다.

장비 :

특정 모델 :

Quintus Technologies QIC 2.4x4.8 : 챔버 \varnothing 600mm × 1800mm, 압력 200400MPa, 대형 막대에 적합.

Avure Technologies V3 CIP : 챔버 \varnothing 400mm × 1200mm, 압력 250350MPa, 중간 크기 부품에 적합.

EPSI CIP 400200 : 챔버 \varnothing 300mm × 1000mm, 압력 200400MPa, 소규모 및 중규모 배치에 적합합니다.

사양 :

압력: 200-400 MPa(일반적으로 300 MPa).

챔버 크기: \varnothing 100-1000mm, 높이 500-2000mm.

전력: 중간-높음(50-150kW).

제어: PLC+터치 스크린, 압력 편차 $< \pm 2$ MPa, 위치 지정 ± 0.1 mm.

사이클 시간: 15 분/배치 (습식 백 방식 25 분 , 건식 백 방식 12 분) .

특징 :

공정 매개변수 :

압력: 200400 MPa(최적화: 300 MPa, 밀도 5% 증가).

보류 시간: 30~120 초(최적화: 60 초, 균일성 >95%).

금형 : 고무/PU(내압성 >500 MPa, 경도 Shore A 7090), 수명 1000-5000 회.

공백 밀도: 이론 밀도의 6070% (~ 9.511 g/cm³) .

액체 매체: 물/오일(녹 방지제 함유, pH 78, 재활용용).

카바이드 냉간 등방압 성형(CIP) 공정

혼합 준비

원재료 : WC(D50 50150 μ m) , Ni/Co(615 wt %), 첨가제(Cr3C2/VC 0.10.5 wt %).

공정: 고에너지 볼 밀링(1624 시간, 볼 대 재료 비율 10:1, 회전 속도 200~300rpm), 성형제로 PEG(0.10.2 중량 %) 첨가.

시험: 입자 크기 D50 <150 μ m , 유동성 <25 s /50 g(GB/T 1482-2010), 수분 <0.1%.

금형 충전

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금형 : 고무/PU 백(벽 두께 25mm, 내압성 >500MPa), 내부에 윤활제(실리콘 오일, 0.01mm) 도포.

충전: 자동 충전(진동 주파수 50~100Hz), 충전 밀도 23g/cm³, 균질성 >90%.

밀봉 : 진공 밀봉(<10⁻² Pa, 공기 누출율 <0.01%), 열 밀봉기(온도 150~200° C) 사용.

검사: 무게 측정(±0.1g), 곰팡이 무결성에 대한 X 선 검사(거품/균열 없음).

고압 프레싱 :

장비: Quintus QIC 2.4x4.8 (습식 백 방법) 또는 Avure V3 CIP (건식 백 방법) .

매개변수: 압력 300 MPa(가압 속도 510 MPa/s), 압력 유지 시간 60 초, 액체 매체(물 + 0.5% 방청제).

공정: 습식백 방식은 금형을 캐비티에 담그고, 건식백 방식은 금형을 캐비티에 고정하고 압력을 고르게 가합니다.

모니터링: 압력 곡선의 실시간 기록(편차 <±2 MPa), 온도 2030° C.

탈형 및 세척 :

탈형 : 수동 (습식 백 방식) 또는 공압 (건식 백 방식, 압력 0.51MPa), 금형 파손율 <0.5%.

세척: 초음파 세척(40kHz, 10 분)으로 오일/분말 잔여물을 제거합니다.

건조: 진공 건조(80° C, 2 시간, 압력 <10⁻¹ Pa), 수분 <0.05%.

테스트: 크기(±0.2-0.5 mm), 밀도(~10 g/cm³, 편차 <1%).

품질 확인 :

: 균열, 변형 없음, 표면 Ra <1.6 μm .

특성: 밀도(GB/T 38502015), 다공성 <0.01%(GB/T 183762014).

기록: 배치 추적(QR 코드), 혼합/압착 매개변수 저장.

환경 : 실온(2030° C), 액체 순환 시스템(여과 정확도 10 μm, 순환 속도 >95%).

매개변수 최적화 제안 :

압력: 300 MPa, 균형 밀도(~10 g/cm³) 및 금형 수명(20% 증가)

보류 시간: 60 초, 시간 30% 감소, 균일성 95% 이상 유지.

금형 : PU 소재(Shore A 80), 내압성이 10% 증가하고, 비용이 15% 감소했습니다.

액체: 0.5%의 방청제를 첨가하면 장비의 수명을 12 년 연장할 수 있습니다.

패킹: 진동 주파수 80Hz, 균일성 5% 증가.

적용성 :

등급 : YN10, YG8(입자 크기 0.51.5 μm) .

모양 : 막대 (Ø 1050mm, 길이 330500mm), 판 (50 × 50 × 20mm), 링 (Ø 100mm) 등 중간에서 큰 형태입니다 .

생산량 : 중간 배치(100500 개/시간, 습식백 방식의 경우 100300 개, 건식백 방식의 경우 300500 개) .

용도 : 광산 도구(드릴 막대 등), 와이어 드로잉 다이, 긴 막대(도구 베이스용).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

이점 :

균일한 밀도: 모든 방향에서 동일한 압력, 편차 <1% (성형의 경우 35%).
대형 크기에 적합: 블랭크 Ø 100 mm, 길이 500 mm(성형 한계 Ø 50 mm).
미세균열 감소: 결함률 50% 감소, 기공률 <0.005%(성형의 경우 0.01%)
유연한 형태: 습식백 방식은 특수 형태의 부품에 적합하며, 금형 비용이 20% 낮습니다.

단점 :

효율성이 낮음: 단일 배치를 처리하는 데 15분이 걸리고, 생산량은 성형(성형 > 1000 개/시간)보다 50% 낮습니다.
높은 비용: 장비 및 유지 관리 비용이 중간에서 높습니다(성형 비용이 낮음).
정확도는 약간 낮습니다: ±0.20.5mm(성형 ±0.1mm)이며 2차 가공이 필요합니다.

응용 프로그램 예 :

YN10 광산 드릴 비트 바 :

장비: 퀀투스 QIC 2.4x4.8.
매개변수: 350 MPa, 유지 압력 90 초, 챔버 Ø 600 mm.
결과: 블랭크 Ø 20 × 330 mm, 밀도 10.2 g/cm³, 균질성 >95%, KIC 9 MPa·m^{1/2}, 소결 강도 2.0 GPa (ScienceDirect, 2021).
시나리오: 단단한 바위 드릴링, 시간당 생산량 200 개.

YG8 와이어 드로잉 다이 블랭크 :

장비: Avure V3 CIP.
매개변수: 300 MPa, 60 초간 압력 유지, 드라이백 방법.
결과: 블랭크 Ø 50 × 20 mm, 밀도 10 g/cm³, 기공률 <0.005%, 소결 후 경도 1500 HV.
시나리오: 금속 도면, 시간당 400 개 생산.

냉간 등방압 성형(CIP)과 성형의 비교 :

밀도 균일성 : CIP 편차 <1%, 성형 35% (단방향 프레스).
형상 적용성 : CIP는 중형 및 대형/특수 형상의 부품에 적합하며, 성형은 간단한 형상 (테스트 바 등) 으로 제한됩니다 .
효율성 : CIP 100500 개/시간, 성형 100010000 개/시간.
비용 : CIP에서는 중간, 성형에서는 낮음.
정확도 : CIP ±0.20.5mm, 성형 ±0.1mm.

기준 :

GB/T 183762014: 공백 다공성 <0.01%.
GB/T 38502015: 밀도 검증.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2 열간 등방압 성형(HIP)

열간 등방압 성형(HIP) 유형 및 원리 :

직접 HIP

분말을 금속캔(강철/티타늄)에 직접 넣고 고온 고압에서 압축 및 소결하여 성형 및 치밀화를 모두 고려하여 고성능 부품에 적합한 제품입니다.

후처리 HIP

예비 소결된 빌렛(진공 소결, 1200-1300° C, 밀도 80-90%)은 HIP 처리를 통해 기공을 제거하고 성능을 개선합니다.

장비 :

특정 모델 :

Quintus HIP QIH 122 : 챔버 Ø 400mm × 1200mm, 압력 100-200MPa, 온도 1350-1450° C.

Bodycote HIP HT 200 : 챔버 Ø 300 mm × 1000 mm, 압력 120180 MPa, 온도 13001400° C.

ALD HIP V 4 : 챔버 Ø 500 mm × 1500 mm, 압력 100200 MPa, 대형 금형에 적합.

사양 :

압력: 100200 MPa(일반적으로 150 MPa).

온도: 1350-1450° C.

챔버 크기: Ø 50500mm, 높이 5001500mm.

전력: 높음(100-300kW).

제어: 산업용 PC, 온도 편차 <±5° C, 압력 편차 <±1 MPa.

사이클 타임: 46 시간/배치.

특징 :

공정 매개변수 :

온도: 1350~1450° C(Ni 기반 1350~1400° C, Co 기반 1400~1450° C).

압력: 100200 MPa(최적화: 150 MPa, 밀도 >99.9%).

분위기: Ar (>99.99%, O2 <0.001%).

단열시간 : 24 시간(최적화 : 3 시간, 성능 증가 5%).

밀도: 이론 밀도의 99.9% 이상(~14.515 g/ cm³)

열간 등방압 가압(HIP) 공정(상세)

혼합 또는 블랭크 준비 :

직접 HIP : 혼합 (WC + Ni / Co, D50 30100 μm , 초미립자 <0.5 μm) , 고에너지 볼 밀링(2436 시간, 볼 대 재료 비율 15:1, 속도 300400 rpm), 입자 크기를 제어하기 위해 VC (0.2 중량 %)를 첨가합니다.

후처리 HIP : 예비소결 빌렛(진공소결, 1200-1300° C, 12 시간, 밀도 80-90%).

테스트: 혼합 재료 입자 크기 D50 <100 μm , O2 <0.03%(GB/T 345052017), 공백

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

다공성 <0.05%.

패키지 :

용기: 스테인리스 스틸(316L, 벽 두께 23mm) 또는 티타늄 탱크(Gr5, 내열성 >1500° C).

충진: 진동 충전(주파수 5080Hz), 충전 밀도 34g/cm³.

밀봉: 진공용접(<10⁻³ Pa, 전자빔용접, 용접폭 12 mm), 누설율 <0.001%.

검사: 탱크 무결성에 대한 X선 검사(균열/기공 없음), 진공 테스트(<10⁻³ Pa).

고온 고압 치료 :

장비: Quintus HIP QIH 122 또는 ALD HIP V4.

매개변수: 1400° C(승온 속도 510° C/분), 150 MPa(압력 증가 속도 25 MPa/분), 3 시간 유지, Ar 분위기(순도>99.995%).

공정: 탱크를 흑연 히터(C >99.9%)에 넣고 압력/온도 곡선을 실시간으로 모니터링합니다(편차 <±5° C, ±1 MPa).

냉각: <100° C가 될 때까지 용광로에서 냉각합니다(510° C/분, Ar 유량 12 L/분).

탈켄 및 후 처리 :

켄 스트리핑: 기계적 스트리핑(절단기, 정확도 ±0.5 mm) 또는 피클링(HNO₃ 10%, 30 분), 표면 Ra < 0.8 μm.

세척: 초음파 세척(40kHz, 15 분)으로 잔류 Ar /금속 부스러기를 제거합니다.

가공: 연삭(Ra <0.4 μm, 크기 ±0.1 mm), 연마(Ra <0.2 μm, 항공 도구 요구 사항).

시험: 밀도(>99.9%, ~14.8 g/cm³), 다공성 <0.001%(GB/T 51692013).

품질 확인 :

특성: 경도(18002200 HV, GB/T 79972017), 강도(2.22.5 GPa, GB/T 38512015).

미세구조: 입자 크기 <0.5 μm (GB/T 183762014), η 상 <0.5%.

기록: 배치 추적(바코드), 온도/압력 곡선 보관.

환경: 고온 고압, Ar 분위기, 용광로 냉각(510° C/분).

매개변수 최적화 제안 :

압력: 150 MPa, 균형 밀도(>99.9%) 및 에너지 소비(10% 감소).

온도: 1400° C(Co 기반), 입자 성장 감소(<5%).

단열 시간: 3 시간, 효율 25% 증가, 다공성 <0.001%.

탱크 소재: 스테인리스 스틸(316L), 비용은 20% 저렴하고 압력 저항성은 동일합니다.

분위기: Ar 순도 >99.995%, O₂ <0.0005%, 산화를 50% 감소시킵니다.

적용성 :

등급: YN8N, YG6X (초미립자 < 0.5 μm).

모양: 항공 도구(다중 곡면), 금형(특수 모양의 캐비티), 터빈 블레이드 블랭크와 같이 복잡합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

생산 : 소량 생산(<50 개/배치), 고부가가치 제품.

적용 분야 : 항공우주 도구, 고급 금형, 의료용 임플란트.

이점 :

고밀도: >99.9%, 다공성 <0.001% (소결 모듈 수 0.0050.01%).

복잡한 모양: 금형이 필요 없음, 정확도 $\pm 0.1\text{mm}$ (성형에는 복잡한 금형이 필요함).

우수한 성능: 입자 제어 <0.5 μm , 경도 510 % 증가(18002200 HV), 강도 1015% 증가(2.22.5 GPa) .

결합 감소: 미세균열율이 50% 감소, KIC가 10% 증가($912\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) .

단점 :

높은 비용: 높은 장비 및 에너지 비용(낮은 성형 비용).

낮은 효율성: 단일 배치의 경우 46 시간, 생산량 <50 개/시간(성형량 >1000 개/시간).

복잡한 포장: 금속 캔은 비싸고 처리 시간이 12 시간 더 늘어납니다.

응용 프로그램 예 :

YN8N 항공 도구 공백 :

장비: Quintus HIP QIH 122.

매개변수: 1400°C , 150 MPa, 3 시간, Ar 분위기.

결과: 공백 $50\times 50\times 20\text{mm}$, 밀도 $14.8\text{g}/\text{cm}^3$, 기공률 <0.001%, 경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa (Sandvik, 2023).

시나리오: 고온 합금을 가공하여 배치당 30 개를 생산합니다.

YG6X 정밀 금형 :

장비: ALD HIP V4.

매개변수: 1350°C , 120 MPa, 2.5 시간 열 보존, 후처리 HIP.

결과: 다이 $\varnothing 100\times 50\text{mm}$, 밀도 $14.9\text{g}/\text{cm}^3$, 입자 크기 <0.5 μm , KIC $10\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

시나리오: 자동차 스탬핑 다이, 배치당 20 개 생산.

성형 과 비교 :

밀도 균일성 : HIP >99.9%, 편차 <0.1%, 성형 5060%, 편차 35%.

형상 적용성 : HIP는 복잡하고 특수한 모양의 부품에 적합한 반면, 성형은 간단한 모양(테스트 바, 블레이드)으로 제한됩니다.

효율성 : HIP <50 개/배치, 시간당 1000~10000 개 성형.

비용 : HIP는 비싸고, 성형은 저렴합니다.

성능 : HIP 경도 1800-2200 HV, 성형 후 소결 경도 1400-1800 HV.

기준 :

GB/T 79972017: 경도 검증.

GB/T 51692013: 다공성 <0.001%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3. 등방성형과 성형의 비교

표 1: 등방성형과 압축성형의 비교

특성	냉간 등방압 가압(CIP)	열간 등방압 가압(HIP)	다이 프레스
압력 (MPa)	200400	100200	100300
온도 (° C)	실온	1350/1450	실온
밀도(이론적 %)	6070	>99.9	5060
일률	편차 <1%	편차 <0.1%	편차 35% (단방향)
적용 가능한 모양	중형 및 대형(막대, 판)	복합(도구, 금형)	단순(테스트 막대, 블레이드)
정확도(mm)	±0.20.5	±0.1	±0.1
생산하다	100500 개/시간	<50 개/배치	100010000 개/시간
비용	가운데	높은	낮은
이점	균일한 밀도, 큰 크기, 미세균열 적음	고밀도, 복잡한 형태, 우수한 성능	고효율, 저비용, 고정밀
결점	효율성 낮음, 비용 중간, 정확도 약간 낮음	비용이 높고 효율성이 낮으며 포장이 복잡함	밀도 구배, 복잡한 형상 제한, 다이 마모
일반적인 장비	퀀투스 QIC 2.4x4.8, Avure V3 CIP	퀀투스 HIP QIH 122, ALD HIP V4	도르스트 TPA, 아이다 NC

4. 등압 가압 방식의 비교

표 2: 시멘트 카바이드 등방성 프레스 유형 비교

유형	압력 MPa	온도 ° C	밀도 %	적용 가능한 모양	생산하다 조각/배치	비용	이점	결점
냉간 등방압 가압(CIP)	200400	실온	6070	중형 및 대형(막대, 판)	100500(개/시간)	가운데	균일한 밀도, 큰 크기, 미세균열 적음	효율성 낮음, 비용 중간, 정확도 낮음
열간 등방압 가압(HIP)	100200	1350/1450	>99.9	복합(도구, 금형)	<50(개/배치)	높은	고밀도, 복잡한 형태, 우수한 성능	비용이 높고 효율성이 낮으며 포장이 복잡함

5. 적용성 및 선정 가이드

냉간 등방압 가압(CIP) :

적용 대상 : YN10 막대 (Ø 20 × 330 mm), YG8 판 과 같은 중형 및 대형 빌렛 .

선택 이유 : 균일한 밀도(편차 <1%), 긴 크기 (>500mm)에 적합, 미세균열이 적음.

권장 장비 : Quintus QIC 2.4x4.8(대형), Avure V3 CIP(중형).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예 : YN10 막대, 300 MPa, 밀도 $\sim 10 \text{ g/cm}^3$, KIC $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

용도 : 광산 도구, 와이어 드로잉 다이, 긴 막대.

열간 등방압 가압(HIP) :

적용 가능 분야 : YN8N 항공 도구 및 금형 등 고성능 복합 부품.

선택 이유 : 밀도 > 99.9%, 다공성 < 0.001%, 경도 1800-2200 HV.

추천 장비 : Quintus HIP QIH 122(고성능), ALD HIP V4(대형).

예 : YN8N 공구 블랭크, 1400°C, 150 MPa, 경도 1800 HV.

적용 분야 : 항공우주 도구, 고급 금형.

표 3: 등압 가압 적합성

유형	적용 가능한 등급	적용 가능한 모양	생산하다	일반적인 응용 프로그램	권장 장비
냉간 등방압 가압(CIP)	YN10, YG8	막대, 판, 링	중간 배치(100500 개/시간)	광산 도구, 와이어 드로잉 다이, 긴 막대	퀀투스 QIC 2.4x4.8, Avure V3 CIP
열간 등방압 가압(HIP)	YN8N, YG6X	복잡한 도구 및 금형	소량 배치(<50 개/배치)	항공 도구, 고급 금형	퀀투스 HIP QIH 122, ALD HIP V4

6. 결론

시멘트 카바이드 등방성 프레스는 다음과 같이 구분됩니다.

냉간 등방압 성형(CIP) : 밀도가 균일(편차 <1%)하고 중대형 빌렛(YN10 막대)에 적합하지만 효율성이 낮습니다(시간당 100, 500 개), 정확도는 $\pm 0.20.5\text{mm}$ 입니다.

열간 등방성 압축(HIP) : 밀도 >99.9%, 고성능 복잡한 부품(YN8N 도구)에 적합하지만 비용이 높고 생산량이 낮습니다(배치당 <50 개).

장비 :

CIP : Quintus QIC 2.4x4.8(대형, 350MPa), Avure V3 CIP(중형, 300MPa), 중간 비용.

HIP : Quintus HIP QIH 122(고성능, 150 MPa), ALD HIP V4(대형, 120 MPa), 비용이 높음.

성형 과 비교 :

등방성 가압 성형(CIP/HIP)은 밀도 균일성(<1% 대 35%)과 복잡한 형상에 대한 적용성 측면에서 성형보다 우수하지만 효율성이 낮고 (100, 500 개/시간 대 1,000, 10,000 개/시간) 비용이 많이 듭니다.

압축 성형은 대량 생산되는 간단한 모양(YN6 테스트 막대)에 적합하고, 등방성 가압 성형은 중대형 또는 고성능 부품(YN10 막대, YN8N 도구)에 적합합니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 공백 밀도 편차 $< \pm 5\%$, 정확도 $\pm 0.2\text{mm}$.

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GB/T 38502015 : 밀도 검증.

GB/T 5169- 2013 : 다공성 (A02B00C00).

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(1.82.5 GPa) .

GB/T 7997- 2017 : 경도 (1400-2200 HV).

미래 트렌드

자동화된 CIP(효율성 20% 증가), 친환경 HIP(에너지 소비량 15% 감소), 지능형 압력 제어(편차 ± 0.5 MPa)는 등압 프레스 공정을 개선합니다.

총수:

카바이드 프레스 수축률

초경합금의 가압 및 소결 공정 중 분말 입자의 재배열, 결합재의 휘발, 그리고 입자 성장으로 인해 상당한 체적 수축이 발생하는데, 이를 수축률이라고 합니다. 수축률은 초경합금 생산의 핵심 매개변수로, 블랭크 금형, 치수 정확도 ($\pm 0.20.5\text{mm}$, GB/T 345052017 기준) 및 최종 제품의 성능(예: 밀도 $>99.5\%$, 기공률 $<0.01\%$, 굽힘 강도 $1.82.5\text{ GPa}$)에 직접적인 영향을 미칩니다. 초경합금의 가압 방법(예: 등방성 가압, 성형)과 그에 따른 소결 공정은 수축률에 영향을 미칩니다.

본 논문은 시멘트 카바이드 등방성 성형(냉간 등방성 성형 CIP, 열간 등방성 성형 HIP)과 성형을 기반으로 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 38502015 등)과 업계 관행(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)을 결합하여 시멘트 카바이드 프레스 수축률의 정의, 영향 요인, 일반적인 값, 계산 방법 및 실제 적용 사례를 자세히 분석하고 성형과의 비교를 추가하며 등방성 성형 공정이 수축률에 미치는 영향을 세부적으로 설명합니다.

1. 초경합금 압축수축률의 정의

수축률은 압축 빌렛(그린 컴팩트)에서 소결 완제품으로의 시멘트 카바이드의 치수 변화율을 말하며, 일반적으로 선형 수축률(Linear Shrinkage Ratio)로 표현되며, 공식은 다음과 같습니다.

$$S = \frac{L_g - L_s}{L_g} \times 100\%$$

SSS: 선형 수축률(%).

L_g : 그린 빌렛 크기(mm, 프레스 후).

L_s : 소결 후 크기(mm).

수축률은 다음 과 같습니다.

$$S_v = \frac{V_g - V_s}{V_g} \times 100\%$$

S_v : 체적 수축률(%).

V_g : 녹색 공백 부피(mm^3).

V_s : 소결 후 부피(mm^3).

선형 수축률과 체적 수축률(등방성 수축) 간의 대략적인 관계:

$$S_v \approx 3S - 3S^2 + S^3$$

실제로 초경합금의 선형 수축률은 일반적으로 **1522 % 이고**, 체적 수축률은 **3550 % 입니다**. 이러한 수축률 값은 프레스 공정(CIP, HIP, 성형), 혼합 조성(WC+Ni/Co, 입자 크기 $0.12\mu\text{m}$), 바인더 함량(PEG 0.10.2 중량%) 및 소결 조건($1350\sim 450^\circ\text{C}$, Ar 분위기)에 따라 달라 집니다.

2. 초경합금의 수축률에 영향을 미치는 요인

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수축률은 다음 요인의 영향을 받으며, 이는 금형(정확도 $\pm 0.1\text{mm}$) 및 공정 최적화 시 종합적으로 고려되어야 합니다.

혼합물 구성 :

바인더 상(Ni/Co) 함량 : Co 함량이 높으면(1015 중량 %) 수축률(1822%)이 증가합니다. Co 는 녹는점이 낮고(1495°C) 액상 소결이 밀도화를 촉진하기 때문입니다. Ni 함량이 높으면(610 중량 %) 수축률이 약간 낮습니다(1518%).

입자 크기 : 초미세 입자($<0.5\ \mu\text{m}$) 는 높은 표면 에너지와 강력한 밀도화 추진력으로 인해 높은 수축률(2022%)을 갖습니다. 중간-조대 입자($12\ \mu\text{m}$) 는 낮은 수축률(1518%)을 갖습니다.

첨가제 : Cr₃C₂/VC(0.10.5 중량 %)는 입자성장을 억제하고 수축율을 약간 감소시킵니다(0.51%).

압착 공정 :

냉간 등방성 가압(CIP) : 빌렛 밀도는 6070% ($\sim 9.511\ \text{g/cm}^3$) 이고 , 등방성 압력(200400 MPa)으로 수축이 균일하며, 선형 수축률은 1620%입니다.

열간 등방압성형(HIP) : 직접 HIP 밀도 $>99.9\%$ ($\sim 14.515\ \text{g/cm}^3$) , 높은 수축률(1822%); 후처리 HIP(사전 소결 빌렛, 밀도 8090%)는 낮은 수축률(510%)을 갖습니다.

성형 : 블랭크의 밀도는 50-60%이고, 단축 압력(100-300 MPa)으로 인해 밀도 구배(35%)가 발생하고, 수축률은 15-18%이며, 이방성이 약간 더 큼니다(0.51%).

바인더 내용 :

중량 %) 또는 파라핀(0.51 중량 %) 의 휘발($300-500^{\circ}\text{C}$)은 다공성과 수축률을 12% 증가시켰습니다.

최적화된 접착제(PEG 0.15 wt %)는 수축률 편차를 $<\pm 0.5\%$ 로 제어할 수 있습니다.

소결 조건 :

온도 : $1350\sim 1450^{\circ}\text{C}$ (Co 계 $1400\sim 1450^{\circ}\text{C}$, Ni 계 $1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$), 고온일수록 액상비율이 증가하고 수축률이 12% 증가합니다.

단열 시간 : 24 시간. 단열 시간(3 시간)을 연장하면 치밀화가 더욱 완벽해지고 수축률이 0.51% 증가합니다.

대기 : Ar ($>99.99\%$, O₂ $<0.001\%$)은 산화를 감소시키고 수축률을 안정화시키며, H₂ 분위기는 수축률(0.5%)을 감소시킬 수 있습니다.

빌렛 크기 및 모양 :

대형 빌렛 ($\varnothing 50-100\ \text{mm}$)의 경우 열전도 불균일로 인해 약간 낮습니다(15-17%).

응력 분포로 인해 복잡한 형상(금형 등)의 수축률 편차는 $\pm 0.51\%$ 증가합니다.

3. 카바이드 압축 수축률의 대표적인 값

표 1: 다양한 프레스 공정에 대한 수축률의 일반적인 값

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

프레싱 공정	상표	입자 크기 (μm)	Co/Ni (중량 %)	함량	빌렛 밀도(이론적 비율)	선형 수축률(%)	체적 수축률(%)	소결 밀도(g/cm³)	후
냉간 가압(CIP)	등방압 YN10	0.51.5	10(니)		6070	1620	4045	14.514.8	
냉간 가압(CIP)	등방압 YG8	12	8(공동)		6070	1518	3540	14.614.9	
열간 프레싱(Direct HIP)	등방성 YN8	<0.5	8(니)	>99.9		1822	4550	14.815.0	
열간 프레싱(후가공 HIP)	등방성 YG6X	<0.5	6(공동)	8090(사전소결)		510	1525	14.915.0	
조형	YN6	12	6(니)		5060	1518	3540	14.514.8	

예시 :

CIP : 균일한 압력(300MPa)으로 수축률을 안정화시켜 중·대형 빌렛 (Ø 20×330mm)에 적합합니다.

HIP : 직접 HIP 는 1 단계 성형 + 소결로 인해 수축률이 높고, 후가공 HIP 는 수축률이 낮고 기공만 제거합니다.

성형 : 단축 압력으로 인해 이방성 수축률(반경/축 방향 편차 0.51%)이 발생합니다.

4. 수축률 계산 및 금형

계산 방법 :

그린 빌렛 및 소결 치수 측정 :

녹색 빌렛: Ø 20 × 330 mm 막대는 고정밀 캘리퍼(± 0.01 mm)로 측정됩니다.

소결 후: 치수 Ø 16.8 × 280 mm (수축 후).

계산: $S = \frac{20 - 16.8}{20} \times 100\% = 16\%$ $S = \frac{330 - 280}{330} \times 100\% = 15.15\%$ (방사형), $S = \frac{330 - 280}{330} \times 100\% = 15.15\%$ (축 방향).

금형 확대율 :

금형 크기 = 대상 크기 ÷ (1 S).

예시: 목표 Ø16 mm 棒材, S = 16%, 模具 Ø = $16 \div (1 - 0.16) = 19.51 \text{ mm}$.

편차 제어 :

CIP: 수축률 편차 <±0.5%, 금형 정확도 ±0.1mm.

HIP: 직접 HIP 편차 ±0.51%(복잡한 모양), 후처리 HIP 편차 <±0.3%.

성형: 편차 ±0.51% (단방향 압력의 영향).

국가 표준 요구 사항 :

GB/T 345052017 : 소결 후 치수 정확도는 ±0.2mm 이고 수축률 편차는 <±5%입니다.

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 등방성형 및 성형이 수축률에 미치는 영향

냉간 등방압 가압(CIP) :

프로세스 영향 :

혼합 : 고에너지 볼 밀링(1624 시간, D50 <150 μm) 으로 균일 한 입자와 수축률 편차 <±0.5%를 보장합니다.

충진 : 진동 충진(80Hz)은 충진 밀도(23g/cm³) 를 증가시키고 수축률(1620%)을 안정화시킵니다.

압축 : 300MPa, 60 초, 균일한 압력(편차 < ±2MPa)으로 모든 방향에서 균일한 수축을 보장합니다.

소결 : 1400° C, 3 시간, Ar 분위기, 수축률 1620%.

장점 : 등방성 수축, 편차 < 1%, 대형 크기 (Ø 100 mm)/특수 모양에 적합.

단점 : 바인더(PEG 0.10.2 중량 %)의 휘발로 인해 수축률이 약간 증가합니다(12%).

열간 등방압 가압(HIP) :

프로세스 영향 :

직접 HIP :

혼합재료 : 초미립자(D50 <100 μm), 높은 수축률(1822%).

포장: 스테인리스 스틸 캔(316L, <10⁻³ Pa), 포장 밀도 34 g/cm³.

처리: 1400° C, 150 MPa, 3 시간, 밀도 >99.9%, 수축률 1822%.

후처리 HIP :

예비소결: 1200~1300° C, 밀도 80~90%, 수축률 10~15%(예비소결 단계).

HIP: 1350° C, 120 MPa, 2.5 시간, 수축률 510%(기공 제거만).

장점 : 높은 밀도(>99.9%), 수축률 조절 가능, 복잡한 형상(항공우주 도구)에 적합.

단점 : 복잡한 포장, 수축률 편차 ±0.51% (복잡한 모양).

성형 :

프로세스 영향 :

혼합: CIP 와 유사, D50 50150 μm.

압축: 100300 MPa, 단축 압력, 빌렛 밀도 5060%, 밀도 구배 35%.

소결: 1350~1450° C, 23 시간, 수축률 1518%, 반경/축 방향 편차 0.51%.

장점 : 효율성이 높습니다(1000-10000 개/시간), 수축률 편차는 금형 최적화로 제어할 수 있습니다(±0.5%).

단점 : 이방성 수축(편차 0.51%)으로 복잡한 모양에는 적합하지 않습니다.

표 2: 등방성형과 성형의 수축률 비교

기술	선형 수축률 (%)	체적 수축률 (%)	수축 균일성	적용 가능한 모양	수축률 편차 (%)
냉간 등방압 가압(CIP)	1620	4045	편차 <1%	중형 및 대형(막대, 판)	±0.5
열간 등방성 프레스(Direct)	1822	4550	편차 <0.1%	복합(도구, 금형)	±0.51

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술	선형 수축률(%)	체적 수축률(%)	수축 균일성	적용 가능한 모양	수축률 편차(%)
HIP)					
열간 등방성 프레스(후가공 HIP)	510	1525	편차 <0.3%	복합(도구, 금형)	±0.3
조형	1518	3540	편차 35%	단순(테스트 막대, 블레이드)	±0.51

6. 적용 사례 및 수축률 제어

YN10 광산 드릴 비트 바(CIP) :

공정 : Quintus QIC 2.4x4.8, 350 MPa, 90 초, 블랭크 Ø 24 mm × 400 mm.

소결 : 1400° C, 3 시간, Ar 분위기.

결과 : 소결 후, Ø 20 × 330 mm, 선형 수축률 16.67%(반경 방향), 17.5%(축 방향), 밀도 14.6 g/cm³, KIC 9 MPa·m^{1/2} / ² (ScienceDirect, 2021).

곰팡이 : Ø 24 mm (배율 1.2 배), 편차 ± 0.2 mm.

시나리오 : 단단한 바위 드릴링, 시간당 생산량 200 개.

YN8N 항공 도구 블랭크(직접 HIP) :

공정 : Quintus HIP QIH 122, 1400° C, 150 MPa, 3 시간, 빌렛 60×60× 25 mm.

결과 : 소결 후 크기는 50×50×20 mm, 선형 수축률은 20%, 밀도는 14.8 g/cm³, 경도는 1800 HV(Sandvik, 2023)입니다.

곰팡이 : 탱크 본체 60×60× 25 mm(1.25 배 확대), 편차 ±0.3 mm.

시나리오 : 고온 합금 가공, 배치당 생산량 30 개.

YG6 테스트 바(성형) :

공정 : 도르스트 TPA, 200 MPa, 블랭크 20×20× 6 mm.

소결 : 1350° C, 2 시간, H2 분위기.

결과 : 소결 후 크기는 17×17×5 mm, 선형 수축률은 15%, 밀도는 14.5 g/cm³, 강도는 1.8 GPa 이었다.

곰팡이 : 20×20× 6 mm (배율 1.18 배), 편차 ±0.1 mm.

시나리오 : 블레이드 가공, 시간당 생산량 5000 개.

7. 수축률 최적화를 위한 제안

CIP :

혼합: D50 <100 μm, PEG 0.15 wt %, 수축률 편차 <±0.5%.

압축: 300 MPa, 60 초, 진동 하중(80 Hz), 수축률 1618%.

금형 : PU 소재(Shore A 80), 배율 인자 1.181.20, 정확도 ±0.1mm.

영덩이 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

직접 HIP: 초미립자($<0.5 \mu\text{m}$), 1400°C , 150 MPa, 수축률 1820%, 편차 $<\pm 0.5\%$.
후처리 HIP: 전소결 밀도 $>85\%$, 1350°C , 120 MPa, 수축률 58%, 편차 $<\pm 0.3\%$.
탱크 소재: 316L 스테인리스 스틸, 비용이 20% 저렴하고, 견고성이 $<10^{-3} \text{ Pa}$ 입니다.

성형 :

혼합물: 중간 조립 결정($12 \mu\text{m}$), PEG 0.1 wt %, 수축률 1517%.
압축: 250 MPa, 양방향 압축, 이방성 감소(편차 $<\pm 0.5\%$).
금형 : 카바이드 금형 (HRC >60), 배율 인자 1.151.18, 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$.

8. 결론

초경합금의 프레스 수축률은 혼합물의 조성, 프레스 공정, 바인더, 소결 조건 및 빌렛 형상에 따라 영향을 받습니다. 일반적인 수축률은 다음과 같습니다.

CIP : 선형 수축률은 1620%, 체적 수축률은 4045%로 중대형 빌렛(YN10 막대)에 적합합니다.

HIP : 직접 HIP 1822%, 후처리 HIP 510%, 고성능 복잡한 부품에 적합(YN8N 공구).

성형 : 1518%, 대량 단순 형상에 적합(YN6 테스트 막대)하지만 약간 이방성(편차 0.51%)이 있습니다.

성형 과 비교 :

등방성 압축(CIP/HIP)은 수축률이 균일하여(편차 $<1\%$ 대 35%) 복잡하거나 대형 부품에 적합하지만 효율성이 낮습니다(100, 500 개/시간 대 1, 000, 10, 000 개/시간).

성형은 효율성이 높고 비용이 저렴하지만 수축률이 이방적이며 간단한 형상으로 제한됩니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 치수 정확도 $\pm 0.2\text{mm}$, 수축률 편차 $<\pm 5\%$.

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

GB/T 38502015 : 밀도 검증.

GB/T 5169- 2013 : 다공성(A02B00C00).

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(1.82.5 GPa) .

GB/T 7997- 2017 : 경도(1400-2200 HV).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 프레싱 다이의 종류

초경합금 프레싱 다이는 초경합금 분말(예: WC+Ni /Co, 입자 크기 50~150 μm) 을 블랭크(밀도 50~70% 이론 밀도, 약 9.511g/cm³) 로 프레스하는 핵심 도구이며, 테스트 바, 공구 블랭크 및 다이 생산에 널리 사용됩니다. 다이의 종류는 프레스 공정(냉간 등방성 프레싱 CIP, 열간 등방성 프레싱 HIP, 다이 프레스), 블랭크 형상(바 Ø 1050mm, 판, 복잡한 공구), 치수 정확도(±0.20.5mm, GB/T 345052017 에 따름), 성능 요구 사항(굽힘 강도 1.8~2.5GPa, 경도 1400~2200HV) 및 생산 효율(CIP 100~500 개/시간, 다이 프레스 100~10000 개/시간)에 따라 다릅니다.

다음은 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 38502015 등)과 업계 관행(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)을 결합하여 시멘트 카바이드 프레스 다이의 종류, 재료, 구조, 적용성, 장단점을 자세히 분석하고, 등방성 프레스 및 성형 공정과의 관계를 구체화하고, 비교표와 적용 사례를 추가하고, 수축률(1522%)에 대한 다이의 영향을 개선했습니다.

1. 초경프레스 다이 개요

시멘트 카바이드 프레싱 다이는 다음 요구 사항을 충족해야 합니다.

내압성 : 100400 MPa (CIP 200400 MPa, HIP 100200 MPa, 성형 100300 MPa).

내마모성 : 초경분말 마모에 대한 저항성(WC 경도>2000 HV), 금형 수명>10005000 회 .

정밀도 : 빌렛 크기 편차 ±0.20.5 mm(CIP), ±0.1 mm(성형), 수축률(1522%)을 고려함 .

적용성 : 다양한 모양(막대, 판, 복잡한 도구) 및 등급(YN6, YN10, YN8N, 입자 크기 0.12 μm) 에 적합 합니다 .

효율성 : 낮은 배치에서 중간 배치(CIP/HIP) 또는 높은 배치(성형)를 지원합니다.

금형에는 압축 공정에 따라 세 가지 주요 유형이 분류됩니다.

냉간 등방압 성형(CIP) 금형 : 유연한 금형 (고무/PU).

열간 등방성 가압(HIP) 금형 : 금속 캔(스틸/티타늄).

압축 금형 : 단단한 금형(초경/강철).

2. 초경프레스 다이의 종류 및 특성

2.1 냉간 등방압 성형(CIP) 금형 유형 :

습식백 몰드

유연한 백(고무, PU 등)을 혼합재료를 채운 후 고압 액체(물/오일, 200~400MPa)에 담가 특수형상 부품, 중대형 블랭크 (Ø 10~100mm, 길이 500mm)에 적합합니다.

드라이백 몰드

고정형 유연 금형 (PU/실리콘), 액체가 금형 벽을 통해 압축되며, 표준 모양(예: 원통형 막대 Ø 1050 mm)에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

냉간 등방압 성형(CIP) 금형 재료

고무

천연고무 또는 합성고무(Shore A 7090), 내압성 >500 MPa, 저렴한 가격, 수명 1000~2000 회.

폴리우레탄 (PU)

고강도 PU(Shore A 8095), 우수한 내마모성, 수명 2000~5000 회, 중간 비용.

실리콘

드라이백 방식에 사용되며, 높은 유연성(Shore A 6080)을 가지고 있지만, 압력 저항성이 약간 낮습니다(<300 MPa). 수명은 1000~3000 회입니다.

냉간등방성형(CIP) 금형 구조

습식백 방식

단일 또는 다중 레이어 백(벽 두께 25mm), 내부 윤활제(실리콘 오일, 0.01mm)로 코팅, 진공 밀폐(<10⁻² Pa) .

드라이백 방법

금형은 캐비티에 고정되고, PU/실리콘(벽 두께 310mm)과 외부 강철 쉘(316L, 내압성 >600MPa)로 안감 처리됩니다.

냉간 등방성 가압(CIP) 금형 특징 :

내 압력 : 200400 MPa(일반적으로 300 MPa).

수축률 : 1620% , 금형 배율 1.181.20(소결 후 크기 고려, 정확도 ±0.20.5mm).

충전 : 진동 충전(50~100Hz), 밀도 23g/cm³ , 균질성 >90%.

수명 : 1000-5000 배, PU 금형 수명이 50% 증가(고무와 비교)합니다.

비용 : 중간(PU는 비용이 15% 더 많이 들지만 수명이 더 깁니다).

프로세스 영향 :

충전 : 자동 충전기(진동 주파수 80Hz)를 사용하여 균일한 충전 밀도와 수축률 편차 <±0.5%를 보장합니다.

압축 : 300 MPa, 60 초간 압력 유지, 압력 편차 <±2 MPa, 등방성 수축(1620%).

탈형 : 수동(습식백) 또는 공압식(건식백, 0.51MPa), 파손율 <0.5%.

냉간등방성형(CIP) 금형 적용성 :

등급 : YN10, YG8(입자 크기 0.51.5 μm) .

모양 : 막대 (Ø 1050 mm, 길이 330500 mm), 판 (50 × 50 × 20 mm), 링 (Ø 100 mm).

생산량 : 중간 배치(100500 개/시간, 습식백 방식의 경우 100300 개, 건식백 방식의 경우 300500 개) .

용도 : 광산 도구(드릴 막대), 와이어 드로잉 다이, 긴 막대.

냉간 등방성 압축(CIP) 금형의 장점 :

유연한 금형은 복잡한 모양에도 적용할 수 있으며 압축 성형보다 20% 저렴합니다.

등방성 압력(편차 <1%), 균일한 수축률, 밀렛 밀도 6070%(~9.511 g/cm³)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

미세균열 거의 없음, 기공률 <0.005% (성형의 경우 0.01%).

금형 의 단점 :

수명이 짧음(10005000 회 대비 성형시 10000 회 이상).

정확도는 약간 낮습니다(성형의 경우 $\pm 0.20.5\text{mm}$ 대비 $\pm 0.1\text{mm}$). 또한 2 차 가공이 필요합니다.

효율성이 낮습니다(배치당 15 분, 성형 시 <1 분).

예시 :

YN10 막대 :

금형 : PU 습식백(벽 두께 3mm, Shore A 80).

공정: Quintus QIC 2.4x4.8, 350 MPa, 90 초, 블랭크 $\emptyset 24 \times 400$ mm.

수축률 : 16.67%(반경방향, 소결 후 $\emptyset 20$ mm), 금형 배율 1.20.

결과: 밀도 10.2 g/cm^3 , KIC $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 시간당 생산량 200 개(ScienceDirect, 2021).

YG8 와이어 드로잉 다이 :

몰드 : 실리콘 드라이백(벽 두께 5mm, 쇼어 A 70).

공정: Avure V3 CIP, 300 MPa, 60 초, 블랭크 $\emptyset 50 \times 20$ mm.

수축률: 15%, 금형 배율 1.18.

결과: 밀도 10 g/cm^3 , 경도 1500 HV, 시간당 생산량 400 개.

2.2 열간 등압 성형(HIP) 다이 유형

열간 등방성형(HIP) 금형, 직접 HIP 금형 : 금속캔(강철/티타늄), 직접 분말 로딩, 고온 고압($1350 \sim 1450^\circ \text{C}$, $100 \sim 200\text{MPa}$) 프레스 + 소결, 고성능 복잡한 부품에 적합합니다.

후처리 HIP 금형 : 금속 캔은 미리 소결된 블랭크(밀도 80-90%) 를 캡슐화하고, 기공을 제거하며, 항공 도구 및 금형에 적합합니다.

열간등방성형(HIP) 금형 소재 :

스테인리스 스틸(316L)

벽 두께 23mm, 내열온도 1500°C , 내압력 $>200 \text{ MPa}$, 저렴한 가격, 수명 $50 \sim 100$ 회(주로 일회용).

티타늄(Gr5) : 벽 두께 12mm, 내열성 $>1600^\circ \text{C}$, 내식성, 고가, 수명 $100 \sim 200$ 회.

연강

벽 두께는 35mm 로 가장 저렴하고, 내열성은 $<1400^\circ \text{C}$, 수명은 2050 회입니다.

열간등방성형(HIP) 금형 구조 :

매끄러운 내벽($Ra < 0.8 \mu\text{m}$) 을 갖춘 원통형 또는 복잡한 모양의 탱크 ($\emptyset 50 \sim 500$ mm, 높이 $500 \sim 1500$ mm) .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

진공용접 밀봉($<10^{-3}$ Pa, 전자빔용접, 용접 12 mm), 누출률 $<0.001\%$.
내부는 분말(34 g/cm^3) 또는 사전 소결된 블랭크로 채우고, 외부는 고온에 강한 코팅을 합니다(선택 사항).

열간등방성형(HIP) 금형 특징 :

내열 온도 : $1350\sim 1450^\circ \text{C}$ (316L 1400°C , Gr5 1500°C).
내 압력 : 100200 MPa(일반적으로 150 MPa).
수축률 : 직접 HIP 1822%(배율 1.201.25), 후처리 HIP 510%(배율 1.051.10) .
수명 : 20,200 회 (대부분 일회용).
비용 : 높음(Gr5는 50% 더 비싸고, 316L은 중간 수준임).

열간등방성형(HIP) 금형 공정 영향 :

포장 : 진동 충전(5080Hz), 밀도 34g/cm^3 , 캔 무결성의 X선 검사.
처리 : 1400°C , 150 MPa, 3 시간, Ar 분위기($>99.995\%$), 수축률 1822%(직접 HIP).
디캐닝 : 기계적 스트리핑(절단, $\pm 0.5 \text{ mm}$) 또는 피클링(HNO_3 10%, 30 분).

열간등방성형(HIP) 금형 적용성 :

등급 : YN8N, YG6X (초미립자 $< 0.5 \mu\text{m}$) .
모양 : 항공 도구(다중 곡면) 및 금형(특수 모양의 캐비티)과 같이 복잡합니다.
생산량 : 소량 생산(<50 개/배치), 높은 부가가치.
적용 분야 : 항공우주 도구, 고급 금형, 의료용 임플란트.

열간 등방성 압축(HIP) 금형의 장점 :

$\pm 0.1\text{mm}$ 의 정확도로 기존 금형 없이도 복잡한 모양을 지원합니다.
고밀도($>99.9\%$), 다공성 $<0.001\%$ (성형 0.01%).
우수한 성능: 경도 $1800\sim 2200 \text{ HV}$, 강도 $2.2\sim 2.5 \text{ GPa}$.

열간 등방성 가압(HIP) 금형의 단점 :

비용이 많이 듭니다 (탱크 소재 + 용접으로 비용이 50~100% 더 높습니다).
효율성이 낮음(배치당 46 시간 대비 성형 시간 1 분 미만).
패키지는 복잡하고 수축률 편차는 $\pm 0.51\%$ 입니다(복잡한 형상).

열간등방성형(HIP) 금형 사례 :

YN8N 항공 도구 :

금형 : 316L 캔(벽 두께 2mm, $50\times 50\times 25\text{mm}$).
공정: Quintus HIP QIH 122, 1400°C , 150MPa, 3 시간.
수축률: 20%, 금형 배율 1.25.
결과: 소결 후, $50\times 50\times 20 \text{ mm}$, 밀도 14.8 g/cm^3 , 경도 1800 HV(Sandvik, 2023).

YG6X 금형 :

금형 : Gr5 캔(벽 두께 1.5 mm, $\emptyset 100 \times 50 \text{ mm}$).
공정: ALD HIP V4, 1350°C , 120 MPa, 2.5 시간.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수축률: 8%(후가공 HIP), 금형 배율 1.09.
결과: 밀도 14.9 g/cm³, KIC 10 MPa·m^{1/2}.

2.3 성형 금형

압축금형 유형 :

일방향 압축 금형 : 일방향 압력(100~300MPa)으로 간단한 모양(테스트 바, 블레이드)에 적합합니다.

이중 작동 다이 : 위아래 로 이중 압력, 밀도 기울기 감소(35%), 중간 크기 부품 (Ø 1050 mm)에 적합합니다.

다중 캐비티 압축 금형 : 여러 개의 블랭크를 동시에 압축할 수 있으며 효율성이 높아 소형 블레이드 (10 ×10×5mm)에 적합합니다.

성형금형 재료 :

초경합금 (WCCo) : 경도 HRC >60, 내마모성, 수명 >10,000 회, 비용이 높습니다.

고속도강(HSS) : 경도 HRC 5560, 내압성 >500 MPa, 수명 5000~10000 회, 중간 비용.

금형강(Cr12MoV) : 경도 HRC 5055, 저렴하고 수명은 2000~5000 회입니다.

성형 금형 구조 :

금형 캐비티(정확도 ±0.05 mm), 내벽 연마(Ra < 0.4 μm).

편치(초경/HSS, 내압성 >600 MPa), 가이드 컬럼(편차 <0.01 mm).

탈형 메커니즘(스프링/공압, 탈형 력 0.52MPa).

압축 성형 특징 :

내 압력 : 100300 MPa(일반적으로 250 MPa).

수축률 : 1518%, 금형 배율 1.151.18(정확도 ±0.1mm).

수명 : 200010000 회(경합금의 경우 10000 회 이상).

비용 : 낮음(Cr12MoV) ~ 높음(카바이드).

공정 의 영향 :

압축 : 250 MPa, 사이클 <1 분, 빌렛 밀도 50~60%.

탈형 : 공압 탈형 (0.51 MPa), 파손율 <0.2%.

소결 : 1350~1450°C, 23 시간, 수축율 1518%, 이방성 0.51%.

성형금형 적용성 :

등급 : YN6, YG8(입자 크기 12 μm).

모양 : 시험봉 (20 ×20×6mm), 칼날 (10 ×10×5mm) 과 같이 간단합니다.

생산량 : 대량(100010000 개/시간).

시나리오 : 인서트 가공, 표준 테스트 막대.

성형 의 장점 :

높은 효율성(사이클 < 1 분)과 10 배 더 높은 처리량(CIP).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

높은 정밀도(± 0.1 mm)와 긴 금형 수명(>10000 회).
저렴한 비용(Cr12MoV 금형 비용이 50% 낮음).

성형의 단점 :

밀도구배(35%), 수축율 이방성(0.51%).
복잡한 모양에는 적합하지 않습니다 (\varnothing 50mm 만 해당).
다이는 빨리 마모됩니다(WC 분말 마모).

압축 금형 케이스 :

YN6 시험 봉 :

다이: 카바이드(HRC >60, 20×20× 6 mm).
공정: Dorst TPA, 200 MPa, 블랭크 20×20× 6 mm.
수축률: 15%, 금형 배율 1.18.
결과: 소결 후 크기는 17×17×5 mm, 밀도는 14.5 g/cm³, 생산량은 5000 개/시간입니다.

YG8 블레이드 :

금형 : HSS(HRC 58, 10×10× 5 mm).
공정: Aida NC, 250 MPa, 블랭크 10×10× 5 mm.
수축률: 16%, 금형 배율 1.19.
결과: 밀도 14.6 g/cm³, 경도 1400 HV, 시간당 생산량 8000 개.

3. 금형 종류 비교

표 1: 시멘트 카바이드 프레스 다이 비교

금형 유형	재료	압력 저항 (MPa)	수축 비교하다%	정확성 mm	삶 (2 류)	비용	적용 가능한 모양	생산하다	이점	결점
CIP 습식백 몰드	고무/PU	200400	1620	$\pm 0.20.5$	10005000	가운데	증형 및 대형/특수형(막대, 판)	100300 개/시간	높은 수명, 복잡한 형상, 정밀도가 균일한 수축, 미세균열 적음	수명이 짧고, 정밀도가 약간 낮으며, 효율성이 낮습니다.
CIP 드라이백 몰드	PU/실리콘 +스틸 웰	200400	1620	$\pm 0.20.5$	10005000	가운데	표준 모양(막대)	300500 개/시간	높은 효율성, 균일한 수축, 표준	표준 모양으로 제한되어 있으며, 정확도가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

금형 유형	재료	압력 저항 (MPa)	수축 비교하다% mm	정확성 mm	삶 (2 류)	비용	적용 가능한 모양	생산하다	이점	결점
									모양에 적응 가능	약간 낮습니다.
잘 알고 있기 폼팡이	스테인리스 스틸/티타늄	100200	522	±0.1	20200	높은	복합(도구, 금형)	<50 개/배치	고밀도, 복잡한 형태, 우수한 성능	비용이 높고 효율성이 낮으며 포장이 복잡함
몰딩 몰드	초경합금 HSSCr12MoV	100300	1518	±0.1	200010000	낮음 높음	단순(테스트 막대, 블레이드)	100010000 개/시간	고효율, 고정밀, 장수명	밀도 기울기, 단순 모양, 이방성

4. 금형 및 수축률

주요 포인트 :

배율 인자 : 금형 크기 = 대상 크기 ÷ (1 S).

CIP: S = 1620%, 배율 1.181.20.

직접 HIP: S = 1822%, 증폭 1.201.25.

후처리 HIP: S = 510%, 배율 1.051.10.

성형: S = 1518%, 확대 1.151.18.

정확도 : CIP ±0.20.5mm, HIP ±0.1mm, 성형 ±0.1mm.

수축 균일성 :

CIP/HIP: 등방성, 편차 <1% (CIP), <0.1% (HIP).

성형: 이방성, 반경/축 방향 편차 0.51%.

예 :

대상 Ø 16 mm 막대(CIP, S = 18%) :

다이 Ø = $16 \div (1 - 0.18) = 19.51 \text{ mm}$

정확도: ±0.2mm, 편차 <±0.5%.

국가 표준 :

GB/T 345052017 : 치수 정확도 ±0.2mm, 수축률 편차 <±5%.

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 적용성 및 선정 가이드

CIP 금형 :

적용 대상 : 중형 및 대형 빌렛(YN10 막대 $\varnothing 20 \times 330$ mm), 특수 모양 부품.
선택 이유 : 균일한 수축률(편차 <1%), 복잡한 모양에 대한 적용성, 중간 비용.
추천 품목 : PU 습식백(복잡한 모양), 실리콘 드라이백(표준 막대).
장면 : 광산 도구, 와이어 드로잉 다이.

HIP 몰드 :

적용 대상 : 고성능 복합 부품(YN8N 항공 공구, $50 \times 50 \times 20$ mm).
선택 이유 : 밀도 >99.9%, 다공성 <0.001%, 정확도 ± 0.1 mm.
추천 : 316L 탱크(중간 가격), Gr5 탱크(고성능).
적용 분야 : 항공 도구, 고급 금형.

성형 금형 :

적용 대상 : 대용량 단순 형상(YN6 테스트 막대, $20 \times 20 \times 6$ mm).
선택 이유 : 높은 효율성(100010000 개/시간), 정확도 ± 0.1 mm, 낮은 비용.
추천 : 카바이드(장수명), HSS(비용-수명 균형).
장면 : 칼날, 시험봉.

표 2: 금형 적합성

금형 유형	적용 가능한 등급	적용 가능한 모양	생산하다	일반적인 응용 프로그램	추천 재료
CIP 습식 백 몰드	YN10, YG8	막대, 판, 특수 형상 부품	100300 개/시간	광산 도구, 와이어 드로잉 다이	PU(쇼어 A 80)
CIP 드라이백 몰드	YN10, YG8	막대	300500 개/시간	긴 막대	실리콘 + 스틸 쉘
HIP 몰드	YN8N, YG6X	복잡한 도구 및 금형	<50 개/배치	항공 도구, 고급 금형	316L/Gr5 탱크
몰딩 몰드	YN6, YG8	테스트로드, 블레이드	100010000 개/시간	가공 블레이드 및 테스트 막대	카바이드/HSS

6. 결론

시멘트 카바이드 프레싱 다이의 종류는 다음과 같습니다.

CIP 몰드

유연(고무/PU), 수축률 1620%, 중형 및 대형/특수 모양의 부품(YN10 막대)에 적합하지만 수명이 짧습니다(10005000 회), 정확도는 $\pm 0.20.5$ mm 입니다.

HIP 몰드

수축률이 522%인 금속 캔(316L/Gr5)은 고성능 복잡한 부품(YN8N 공구)에 적합하지만

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

비용이 높고 효율성이 낮습니다(배치당 <50 개).

몰딩 몰드

강성(초경/HSS), 수축률 1518%, 대량 단순 형상(YN6 테스트 바)에 적합, 효율성 높음(100010000 개/시간), 하지만 이방성(편차 0.51%).

성형 과 비교 :

CIP/HIP 금형은 복잡한 모양에 적응하고 균일하게 수축할 수 있지만(편차 <1% 대 35%) 비효율적이고 비용이 많이 듭니다.

압축 금형은 효율적이고 정확하지만($\pm 0.1\text{mm}$) 간단한 모양으로 제한되고 밀도 구배가 큽니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 치수 정확도 $\pm 0.2\text{mm}$, 수축률 편차 $< \pm 5\%$.

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

GB/T 38502015 : 밀도 검증.

GB/T 5169- 2013 : 다공성 (A02B00C00).

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(1.82.5 GPa) .

GB/T 7997- 2017 : 경도(1400-2200 HV).

총수:

초경합금의 다양한 소결공정의 특성, 적용성 및 장단점

시멘트 카바이드(니켈계 또는 코발트계 시멘트 카바이드 등)의 소결 공정은 압축된 빌렛(WC +Ni /Co, 밀도 50~70% 이론 밀도)을 고밀도(>99.5%), 고강도(굽힘 강도 1.8~2.5 GPa), 고경도(1400~2200 HV)의 시험 막대 또는 부품(도구, 금형 등)으로 변환하는 것입니다. 소결 공정은 액상 소결 또는 고상 소결을 사용하여 WC 입자와 바인더상(Ni, Co, 615 중량%) 사이에 균일한 미세 구조(입자 크기 0.12 μm, 기공률 <0.01%)를 형성합니다. 이는 국가 표준(예: GB/T 38512015, GB/T 79972017) 및 성능 요구 사항(예: 내식성 <0.005 mm/년, GB/T 43342020)을 충족합니다. 주요 소결 공정으로는 진공 소결, 열간 등방압 소결(HIP), 마이크로파 소결, 방전 플라즈마 소결(SPS), 가스압 소결(GPS)이 있습니다. 다음은 각 소결 공정의 특성, 적용 가능성, 장단점을 자세히 설명하고, 명확한 비교를 위한 새로운 표를 첨부하였으며, 국가 표준(GB/T 345052017, GB/T 183762014 등)과 최신 연구(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021 등)를 결합하였습니다. 모두 중국어로 작성하여 내용이 정확하고 포괄적이며 흥미진진하도록 했습니다.

1. 개요

초경합금 소결 공정의 목표는 빌렛 치밀화(밀도 >99.5%), 입자 제어(0.12 μm), 미세조직 균질성(>95%) 및 우수한 성능(경도 1400~2200 HV, 강도 1.8~2.5 GPa)을 달성하는 것입니다. 소결 시 다음 사항을 고려해야 합니다.

재료 특성: WC 입자 크기(0.12 μm), 바인더 상 비율(615 wt%), 첨가제(Cr3C2, VC 등)

빈 모양: 간단한 형태(테스트 막대 5×5×35 mm) 또는 복잡한 형태(나이프, 다이).

소결 환경: 진공, H2, Ar, N2 또는 고압 분위기(1150 MPa).

효율성 및 비용: 소결 시간(124 시간), 장비(5억 100만 위안), 에너지 소비(0.55kWh/kg).

본 논문에서는 GB/T 345052017(분말 제조) 및 GB/T 183762014(미세 구조) 등의 표준에 따라 5 가지 주요 소결 공정의 특성, 적용 가능성, 장점 및 단점을 분석합니다.

2. 초경합금 소결공정의 특성, 적용성 및 장단점

다음은 5 가지 소결 공정에 대한 자세한 설명이며, 공정 매개변수, 장비, 적용 가능한 시나리오, 장단점을 함께 설명합니다.

2.1 진공소결

공정 특성:

원리: 블랭크가 진공 환경(<10⁻² Pa)에서 가열되면 바인더상(Ni, Co)이 녹아 액상을 형성하는데, 이는 WC 입자의 재배열과 밀도화를 촉진합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매개변수 :

온도: 1350~1450° C (Ni 기반 1350~1400° C, Co 기반 1400~1450° C).
진공도: $<10^{-2}$ Pa (O₂ $<0.001\%$).
보온 시간: 14 시간.
가열 속도: 510° C/분.
밀도: 이론 밀도의 99.5% 이상 (~ 14.515 g/cm³)
장비 : ALD 진공 기술과 같은 진공 소결로.

프로세스 :

충전: 블랭크를 흑연 트레이(C >99.9%)에 놓습니다.
진공: $<10^{-2}$ Pa, O₂ 및 N₂ 제외.
가열: 1350~1450° C, 14 시간 동안 따뜻하게 유지.
냉각: 510° C/분, Ar 보호.
후 처리 : 표면 세척(Ra <0.8 μm) , 크기 검사(± 0.1 mm).

적용성 :

등급 : YN6, YG15(일반 입자 크기 0.52 μm) .
모양 : 테스트 막대(5×5×35 mm), 칼날 등 단순함에서 적당히 복잡함.
생산량 : 중간에서 대량(배치당 100~1000 개) .

이점 :

중간 비용: 장비(10억 300만 위안), 에너지 소비(12kWh/kg).
낮은 산소 함량: 0 $<0.03\%$, η 상 감소($<0.5\%$), 강도 5% 증가.
폭넓은 적용성: 다양한 브랜드(YN6, YG8, YN10)에 적합합니다.

단점 :

다공성은 0.0050.01%(HIP 0.001%)로 약간 더 높으며, 후처리가 필요합니다.
제한된 곡물 제어: 초미세 곡물(<0.5 μm) 은 1020% 성장합니다.
복잡한 모양의 불균일한 수축: 편차 ± 0.2 mm.

예시 :

YN6 시험 막대: 1400° C, 2 시간, 밀도 14.6 g/cm³ , 강도 1.8 GPa (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 183762014: 다공성 $<0.01\%$, η 상 $<0.5\%$.
GB/T 3851:2015: 강도 검증.

2.2 열간 등방압 소결(HIP)

공정 특성 :

원리 : 고온, 고압 하에서 소결 Ar 분위기에서 액상 소결 후 모든 방향으로 동일한 압력을 가해 기공을 제거하고 밀도를 높입니다.

매개변수 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

온도: 1300~1400° C(Ni 기반 1300~1350° C, Co 기반 1350~1400° C).

압력: 100150 MPa.

분위기: Ar (>99.99%).

보온 시간: 13 시간.

밀도: 이론 밀도의 99.9% 이상(~14.815 g/cm³)

장비: Quintus HIP 시리즈와 같은 HIP 로.

프로세스:

예비소결(진공, 1200~1300° C, 0.51 시간).

로 장입: 흑연/세라믹 트레이.

HIP: 1300~1400° C, 100~150 MPa, 13 시간.

냉각: 510° C/분, Ar 보호.

후 처리: 분쇄(Ra <0.4 μm), 성능 테스트.

적용성:

등급: YN8N, YG6X (초미립자 <0.5 μm).

형태: 항공 도구 및 금형과 같이 복잡합니다.

생산량: 소량 생산(<100 개/배치), 고부가가치 제품.

이점:

고밀도: >99.9%, 다공성 <0.001%, 강도가 1015% 증가했습니다.

우수한 입자 제어: 초미세 입자 성장 <5%, 경도 510% 증가 (18002200 HV).

결함 감소: 미세균열율이 50% 감소, KIC가 10% 증가(912 MPa·m^{1/2}).

단점:

높은 비용: 장비(50010억 위안), 에너지 소비(35kWh/kg).

낮은 효율성: 단일 배치의 경우 46 시간, 생산량 <50 개/시간.

장비 유지관리는 복잡합니다. 고압 실험을 교체하는 데 드는 비용은 연간 1,020만 위안입니다.

예시:

YN8N 공구: 1350° C, 120 MPa, 2 시간, 밀도 14.8 g/cm³, 경도 1800 HV(Sandvik, 2023).

기준:

GB/T 79972017: 경도 검증.

GB/T 51692013: 다공성 <0.001%.

2.3 마이크로파 소결

공정 특성:

원리: 마이크로파(2.45GHz)를 사용하여 블랭크를 직접 가열합니다. 바인더 상은 마이크로파를 흡수하여 열을 발생시키고 액상 소결을 촉진합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

매개변수 :

온도: 1300-1400° C.

전력: 110kW.

분위기: 진공 (10^{-1} Pa) 또는 Ar /H2.

보류시간: 1060 분.

밀도: 이론 밀도의 99.5% 이상 ($\sim 14.514.8 \text{ g/cm}^3$).

장비 : Linn High Therm 과 같은 마이크로파 소결로 .

프로세스 :

로 충전: 블랭크를 세라믹 도가니 (SiC 보조 가열)에 넣습니다.

Ar /H2 를 배출하거나 통과시킵니다 (유량 0.51 L/min).

전자레인지 가열: 1300-1400° C, 1060 분.

냉각: 1020° C/분, Ar 보호.

후 처리 : 표면 연마 ($Ra < 0.4 \mu\text{m}$).

적용성 :

등급 : YN10, YG8(입자 크기 $0.51.5 \mu\text{m}$).

모양 : 블레이드나 드릴 비트 등 소형 및 중형 부품입니다.

생산량 : 중간 배치 (배치당 100,500 개).

이점 :

짧은 소결 시간: 1060 분(진공 소결 14 시간), 효율이 50% 증가했습니다.

낮은 에너지 소비량: 0.51 kWh/kg(진공소결 12 kWh/kg).

균일한 입자 크기: 성장 <math>< 10\%</math>, 경도 35% 증가 (15001800 HV).

단점 :

장비 가격이 비싼 편입니다: 2억 500만 위안, 유지 보수 비용도 높습니다(연간 510만 위안).

크기 제한: 공백 <math>< 100\text{mm}</math>, 소형 및 중형 부품에 적합합니다.

온도 조절이 어려움: 편차가 $\pm 20^\circ\text{C}$, 정밀한 교정이 필요함.

예시 :

YN10 블레이드: 1350° C, 30 분, 밀도 14.7 g/cm^3 , KIC $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ (ScienceDirect, 2021).

기준 :

GB/T 183762014: 입자 편차 $< \pm 10\%$.

GB/T 38502015: 밀도 검증.

2.4 스파크 플라즈마 소결 (SPS)

공정 특성 :

원리 : 블랭크는 고체/액체상 소결을 촉진하기 위해 압력을 가하는 동안 DC 펄스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전류(1000-5000A)로 빠르게 가열됩니다.

매개변수 :

온도: 1200-1300° C (진공 소결보다 100-200° C 낮음) .

압력: 30100 MPa.

전류: 10005000 A, 펄스 310 ms .

보류시간: 530 분.

밀도: 이론 밀도의 99.8% 이상 ($\sim 14.715 \text{ g/cm}^3$) .

장비 : Dr. Sinter SPS 와 같은 SPS 로.

프로세스 :

다이 로딩: 블랭크를 흑연 다이(C >99.9%)에 넣습니다.

진공 청소: $< 10^{-1} \text{ Pa}$.

SPS: 1200~1300° C, 30~100 MPa, 530 분

냉각: 1020° C/분, Ar 보호.

후가공 : 분쇄 ($R_a < 0.2 \mu\text{m}$) .

적용성 :

등급 : YN8N, YG6X (초미립자 $< 0.5 \mu\text{m}$) .

모양 : 마이크로 도구($< 50\text{mm}$)와 같은 작고 복잡한 부품.

생산량 : 소량 생산(< 100 개/배치) .

이점 :

빠른 소결: 530 분, 효율성이 80% 증가했습니다.

우수한 입자 제어: 성장 $< 5\%$, 초미세 입자($< 0.5 \mu\text{m}$)에 적합 , 경도 18002200 HV.

고밀도: $> 99.8\%$, 다공성 $< 0.002\%$.

단점 :

비용이 매우 높습니다: 장비(5억 800만 위안), 금형(510만 위안/세트).

크기 제한: 공백 $< 50 \text{ mm}$.

낮은 배치 크기: 한 번에 110 개 생산, 시간당 생산량 < 100 개.

예시 :

YN8N 마이크로 도구: 1250° C, 50 MPa, 10 분, 밀도 14.8 g/cm^3 , 경도 1800 HV(ScienceDirect, 2021).

기준 :

GB/T 79972017: 경도 검증.

GB/T 18376-2014: 곡물 관리.

2.5 가스압 소결(GPS)

공정 특성 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원리 : 액상소결은 휘발을 억제하고 밀도를 증가시키기 위해 고압 가스(N₂, Ar)에서 수행됩니다.

매개변수 :

온도: 1350~1450° C.

압력: 110 MPa(HIP 보다 낮음).

분위기: N₂/ Ar (>99.99%).

보온 시간: 14 시간.

밀도: 이론 밀도의 99.7% 이상 (~14.614.9 g/cm³) .

장비 : FCT Systeme 과 같은 GPS 로.

프로세스 :

용광로 충전: 블랭크를 흑연 트레이에 놓습니다.

환기: N₂/ Ar , 110MPa.

가열: 1350~1450° C, 14 시간 동안 따뜻하게 유지.

냉각: 510° C/분, Ar 보호.

후 처리 : 연마(Ra < 0.4 μm) .

적용성 :

등급 : YN6, YN10(입자 크기 0.52 μm) .

모양 : 칼, 틀 등 적당히 복잡한 형태입니다.

생산량 : 중간 배치 (배치당 100, 500 개).

이점 :

고밀도: >99.7%, 다공성 <0.003%, 강도가 510% 증가했습니다.

중간 비용: 장비(2005 백만 위안), 에너지 소비(1.52.5kWh/kg).

낮은 휘발성: 접착상 손실 <0.1%, 균일성 >95%.

단점 :

낮은 압력: 다공성은 HIP 보다 약간 높습니다(0.003% 대 0.001%).

소결 시간은 더 길었습니다: 14 시간(SPS 의 경우 530 분).

복잡한 모양의 정확도는 약간 낮습니다: ±0.15mm.

예시 :

YN10 금형: 1400° C, 5 MPa, 2 시간, 밀도 14.7 g/cm³ , KIC 9 MPa • m^{1/2} (Sandvik, 2023).

기준 :

GB/T 183762014: 다공성 <0.003%.

GB/T 3851:2015: 강도 검증.

3. 프로세스 비교

표 1: 시멘트 카바이드 소결 공정 비교

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술	온도 ° C	압력 엠포	밀도 %	적용 가능한 모양	생산하다 조각/배치	비용	이점	결점	
진공소결	1350/1450	없음	>99.5	단순함에서 복잡함	적당히	100/1000	가운데	적당한 비용, 약간 더 높은 다공성, 낮은 산소량, 제한된 입자 제어, 폭넓은 적용	
열간 등방압 프레스	1300/1400	100/150	>99.9	복합(도구, 금형)	적당히	<100	높은	고밀도, 양호한 입자 제어, 결합 적음	비용이 높고, 효율성이 낮고, 유지관리가 복잡함
마이크로파 소결	1300/1400	없음	>99.5	소형 및 중형(블레이드, 드릴 비트)	적당히	100/500	중간~높음	짧은 시간, 낮은 에너지 소비, 균일한 입자	비싼 장비, 제한된 크기, 어려운 온도 조절
스파크 플라즈마 소결	1200/1300	30/100	>99.8	작고 복잡한 (마이크로 도구)	적당히	<100	높은	빠르고, 좋은 곡물 제어, 높은 밀도	매우 높은 비용, 제한된 크기, 낮은 볼륨
가스압 소결	1350/1450	110	>99.7	중간 정도의 복잡성(도구, 금형)	적당히	100/500	가운데	높은 밀도, 압력이 낮고 적당한 비용, 낮은 변동성	시간이 오래 걸리며 정확도가 약간 낮습니다.

4. 적용성 및 선정 가이드

진공 소결 :

적용 가능 : 중간에서 높은 배치, YN6 테스트 막대, YG15 블레이드와 같은 단순에서 중간 모양.

선택 이유 : 비용이 적당함(장비 10억 3백만 위안), 산소 함량이 낮음(0 < 0.03%), 일반 등급에 적합함.

예 : YN6 시험 막대, 1400° C, 밀도 14.6 g/cm³ , 강도 1.8 GPa .

열간 등방압 가압 :

적용 가능 분야 : YN8N 항공 도구 및 금형 등 고성능 복합 부품.

선택 이유 : 밀도 >99.9%, 다공성 <0.001%, 경도 1800/2200 HV.

예 : YN8N 공구, 1350° C, 120 MPa, 경도 1800 HV.

마이크로파 소결 :

적용 대상 : YN10 블레이드, YG8 드릴 등 소형 및 중형 부품.

선택 이유 : 소결 시간이 짧음(1060 분) 및 에너지 소비량 낮음(0.51kWh/kg).

예 : YN10 인서트, 1350° C, 30 분, KIC 9 MPa·m^{1/2} /².

스파크 플라즈마 소결 :

적용 가능 분야 : YN8N 마이크로 공구 등 소형 고정밀 부품.

선택 이유 : 빠름(530 분), 뛰어난 곡물 제어(<0.5 μm), 밀도 >99.8%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예 : YN8N 마이크로 도구, 1250° C, 50 MPa, 경도 1800 HV.

가스압력 소결 :

적용 가능 : YN10 금형 및 YG15 공구와 같은 중간 정도의 복잡한 부품.

선택 이유 : 밀도 > 99.7%, 적당한 비용, 낮은 휘발성(바인더상 손실 < 0.1%).

예 : YN10 금형, 1400° C, 5 MPa, KIC 9 MPa·m^{1/2}.

표 2: 소결 공정 적합성

기술	적용 가능한 등급	적용 가능한 모양	출력(개/배치)	일반적인 응용 프로그램
진공소결	YN6, YG15	테스트로드, 블레이드	1001000	칼, 시험봉
열간 등방압 프레스	YN8N, YG6X	복잡한 도구 및 금형	<100	항공 도구, 고급 금형
마이크로파 소결	YN10, YG8	블레이드, 드릴 비트	100500	소형 및 중형 도구 및 드릴 비트
스파크 플라즈마 소결	YN8N, YG6X	마이크로 나이프	<100	정밀 마이크로 부품
가스압 소결	YN6, YN10	절삭 공구 및 금형	100500	금형 및 절삭 공구

5. 결론

각 시멘트 카바이드 소결 공정은 고유한 특성을 가지고 있으며 등급, 형태, 성능 및 비용을 기준으로 선택해야 합니다.

진공 소결 : 비용이 적당하고 기존 등급(YN6, YG15)의 중간 및 대량 생산에 적합하지만 다공성이 약간 높습니다(0.0050.01%).

열간 등방성 가압 소결 : 밀도>99.9%, 고성능 복합 부품(YN8N)에 적합하지만 비용이 높고 효율성이 낮습니다.

마이크로파 소결 : 시간이 짧고, 에너지 소비가 적으며, 소형 및 중형 부품(YN10)에 적합하지만 크기가 제한적입니다(<100mm).

스파크 플라즈마 소결 : 빠르고, 입자 제어가 우수하며, 초미립자 부품(YN8N)에 적합하지만 비용이 매우 높고 배치 크기가 작습니다.

가스압력 소결 : 밀도가 높고, 비용이 적당하며, 중간 정도의 복잡한 부품(YN10)에 적합하지만 압력이 낮고 시간이 오래 걸립니다.

기준 :

GB/T 345052017 : 소결 밀도 편차 <±0.5%.

GB/T 183762014 : 다공성 <0.01%, 입자 편차 <±10%.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도(1.82.5 GPa) .

GB/T 7997- 2017 : 경도(1400-2200 HV).

GB/T 51692013 : 다공성(A02B00C00).

GB/T 43342020 : 내식성(<0.005 mm/년).

미래 트렌드

지능형 온도 제어(편차 <±5° C), 그린 소결(에너지 소비량 20% 감소), 나노결정 소결(입자 <0.1 μm) 은 성능과 효율성 을 향상시킵니다.

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:

일반적인 초경합금 소결로에 대한 간략한 소개

초경합금 소결로는 초경합금 (WC +Co /Ni) 빌렛의 고온 소결에 필수적인 장비입니다. 고온 (1350~1500° C), 분위기(예: H₂, Ar) , 압력(0.1200 MPa) 및 공정 흐름을 정밀하게 제어하여, 압축된 빌렛(밀도 50~70%)을 고밀도(>99%) 고성능 초경합금 제품(예 : 광산 드릴, 항공 공구, 내마모성 금형)으로 가공합니다. 이러한 소결로는 제품 경도(1400~2200 HV), 강도(1.82.5 GPa), 기공률(<0.01%) 및 치수 정확도(±0.010.5 mm, GB/T 345052017 에 따름)를 보장하기 위해 고정밀 온도 제어(±35° C), 균일한 가열(온도 차이 <±10° C), 분위기 안정성(O₂ <10 ppm), 높은 신뢰성 및 효율적인 생산 용량을 갖추어야 합니다 . 이 글에서는 국가 표준(예: GB/T 183762014, GB/T 38502015)과 업계 관행(예: ALD, PVA TePla , Quintus, 2023)을 결합하여 일반적인 초경 소결로의 유형, 특성, 공정 매개변수, 성능 데이터, 응용 분야 및 선택 권장 사항을 자세히 소개합니다.

1. 초경소결로의 종류

초경합금 소결로는 공정 요건 및 소결 방법에 따라 다음 세 가지 범주로 구분됩니다. 각 범주에는 초경합금 제품(예: 광산용 드릴, 항공 공구, 내마모성 금형)에 대한 특정 소결 요건이 있습니다.

시멘트 카바이드 진공 소결로 :

카바이드 용 단일 챔버 진공 소결로 : 소규모 및 중규모 배치, 복잡한 모양의 제품(예: Ø 550mm 항공 도구)에 적합합니다.

카바이드 용 다중 챔버 진공 소결로 : 대규모 연속 생산, 광산 드릴 비트 (Ø 100-400

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm)에 적합.

구조 : 단일/다중 챔버, 챔버 \varnothing 300-1000mm \times 500-2000mm, 흑연/몰리브덴 가열 요소, 진공도 10^{-3} 10^{-5} Pa, 응축기 및 탈왁스 시스템 장착.

용도 : 탈랍과 소결을 하나로 처리하여 고정밀 제품에 적합합니다.

시멘트 카바이드 열간 등방압 성형로 (HIP) :

초경합금 고온 HIP 소결 로 : 미세기공을 제거하기 위해 한 단계로 고성능 제품을 소결합니다.

시멘트 카바이드 저온 HIP 소결 로 : 성능 향상을 위한 소결 후 처리.

구조 : 고압 챔버 (\varnothing 200-800 mm \times 500-1500 mm), 압력 100-200 MPa, 흑연/몰리브덴 가열 요소, Ar 분위기, 고압 펌프 및 안전 밸브 장착.

적용분야 : 항공 도구, 내마모성 금형, 높은 밀도(>99.9%)가 요구됨.

초경 분위기 소결 로 :

분위기 에서의 시멘트 카바이드 소결로 : 저비용 대량 생산, 광산 곡괭이에 적합.

시멘트 카바이드 불활성 가스 소결로 : 고정밀 제품, 산화 감소, 금형에 적합.

구조 : 푸시보트/롤러형, 챔버 \varnothing 500~1500mm \times 1000~3000mm, H₂/ Ar 분위기, 흑연/세라믹 가열소자, 가스정화시스템 장착.

용도 : 대형 블랭크, 저비용 가공.

2. 초경소결로의 특성

2.1 구조 및 재료 특성

캐비티 재료 :

316L 스테인리스 스틸/ 몰리브덴 : 내열성 >1500° C, 내식성, 진공/고압에 적합.

흑연/세라믹 라이닝 : 열 균일성 $\pm 10^{\circ}$ C, 열 손실 20% 감소.

가열 요소 :

흑연 : 온도 저항성 >2000° C, 진공/대기 소결에 적합, 수명 >5000 시간.

몰리브덴/ 텅스텐 : 고순도(오염 <0.01%), HIP 에 적합, 수명 >4000 시간.

단열재 :

탄소섬유 펠트 : 열전도도 <0.1 W/ m \cdot K , 단열효율 95%.

알루미나 섬유 : 내열성 >1600° C, 에너지 절약 1520%.

제어 시스템 :

PLC+터치 스크린, 온도 제어 정확도 $\pm 35^{\circ}$ C, 압력 제어 ± 0.1 MPa, 분위기 유량 ± 0.5 L/min.

원격 모니터링을 지원하며, 고장 진단율은 98% 이상입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

보안 시스템 :

과열/과압 보호, 압력 방출 밸브 응답 시간 <0.1 초.
가스 감지(O₂, H₂), 농도가 기준을 초과하면 자동으로 꺼짐.

2.2 성능 특성

온도 범위 : 1200~1500° C(진공/HIP), 800~1400° C(대기).
온도 제어 정확도 : ±35° C, 균일성 ±510° C(다점 온도 측정).
진공도 : 10⁻³ 10⁻⁵ Pa(진공로), 10⁻² Pa(탈랍단계).
압력 범위 : 0.1200 MPa(HIP), 0.010.1 MPa(대기압).
대기 제어 : H₂(99.999%), Ar(99.99%), O₂ <510 ppm.
냉각 속도 : 520° C/분(강제 냉각, Ar /N₂ 주입), 열 응력 감소 30%.

제품 성능 :

경도: 14002200 HV(GB/T 79972017).
강도: 1.82.5 GPa (GB/T 38512015).
밀도:>99% (GB/T 38502015).
다공성: <0.01% (GB/T 51692013).

2.3 공정 특성

탈랍 효율 : 진공/저압 H₂, 탈랍률 >99.5%, 잔류 탄소 <0.05%.
소결 사이클 : 824 시간(진공 1216 시간, HIP 36 시간, 대기 1020 시간).
수축 제어 : 수축률 1522% (YG8 1618%, YN10 1820%), 편차 <±0.5%.
에너지 소비량 : 12 kWh/kg(진공/HIP), 0.51 kWh/kg(대기).
자동화 : 자동 적재 및 하역, 분위기 조절, 생산 효율이 3040% 증가했습니다.
제품 일관성 : 경도 편차 <±50 HV, 밀도 편차 <±0.1 g/cm³ .

3. 초경소결로의 공정변수

시멘트 카바이드 진공 소결 로 :

탈랍 단계 :

온도: 200600° C, 가열 속도 25° C/분.
진공도: 10⁻² Pa, H₂ 유량 510 L/min.
시간: 24 시간, 탈락스율>99%.

소결 단계 :

온도: 1350~1450° C, 가열 속도 510° C/분.
진공도: 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa, 24 시간 동안 따뜻하게 유지하세요.
냉각: 10° C/min (Ar 강제 냉각), 최대 100° C.

일반적인 매개변수 :

YG8 광산 드릴 비트: 1400° C, 10⁻⁴ Pa, 12 시간, 밀도 14.6 g/cm³ .
YN10 항공 공구: 1450° C, 10⁻⁵ Pa, 14 시간, 경도 1800 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시멘트 카바이드 열간 등방압 성형로(HIP) :

소결 단계 :

온도: 1350~1450° C, 가열 속도 58° C/분.

압력 : 100150 MPa (Ar), 13 시간 동안 보온합니다.

냉각: 15° C/min(고압 Ar) , 최대 200° C.

후처리 단계 (저온 HIP):

온도: 1300~1350° C, 압력 80~100MPa.

시간: 12 시간, 다공성이 <0.001%로 감소함.

일반적인 매개변수 :

YG6X 항공 도구: 1400° C, 120 MPa, 4 시간, 밀도 14.9 g/ cm³ .

YG8 내마모성 금형: 1350° C, 100 MPa, 3 시간, 강도 2.2 GPa .

초경 분위기 소결 로 :

탈랍 단계 :

온도: 200~500° C, 가열 속도 35° C/분.

H2 유량: 2050 L/분, O2 <10 ppm.

시간: 35 시간, 잔류 탄소 <0.1%.

소결 단계 :

온도: 1300~1400° C, 가열 속도 510° C/분.

분위기: H2(99.999%), 35 시간 동안 따뜻하게 유지됩니다.

냉각: 510° C/분(N2 보호), 최대 100° C.

일반적인 매개변수 :

YG6 픽: 1350° C, H2 30 L/min, 12 시간, 경도 1400 HV.

YN10 금형: 1400° C, Ar 20 L/min, 15 시간, 정확도 ±0.01 mm.

4. 초경소결로의 성능 데이터

시멘트 카바이드 진공 소결 로 :

제품 성능 :

밀도: 14.514.9 g/cm³ (YG 8/YG6X), 편차 ±0.1 g/ cm³ .

경도: 1400-2000 HV, 편차 ±50 HV.

강도: 1.82.3 GPa , 다공성 <0.01%.

장비 성능 :

온도 제어 정확도: ±3° C(PID 제어, 10 점 온도 측정).

진공도: 10⁻⁵ Pa(분자 펌프), 누설률 <10⁻⁸ Pa • m³ / s.

에너지 소비량: 1.5 kWh/kg, 생산 용량: 50200 kg/로.

일관성 : 배치 경도 편차 <2%, 치수 편차 ±0.020.5mm.

시멘트 카바이드 열간 등방압 성형로(HIP) :

제품 성능 :

밀도: 14.815.0 g/cm³ (YG 6X/YN10), 편차 ±0.05 g/ cm³ .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경도: 18002200 HV, 편차 ± 30 HV.
강도: 2.22.5 GPa, 다공성 $< 0.001\%$.

장비 성능 :

온도 제어 정확도: $\pm 5^\circ$ C, 압력 제어 ± 0.1 MPa.
압력 안정성: $\pm 0.5\%$ (100150 MPa), Ar 소비량 50100 L/로.
에너지 소비량: 2 kWh/kg, 생산 용량: 20100 kg/로.
일관성 : 배치 밀도 편차 $< 0.5\%$, 정확도 $\pm 0.010.05$ mm.

초경 분위기 소결 로 :

제품 성능 :

밀도: 14.514.8 g/cm³ (YG 6/YN10), 편차 ± 0.15 g/cm³ .
경도: 1400-1800 HV, 편차 ± 60 HV.
강도: 1.82.2 GPa, 다공성 $< 0.02\%$.

장비 성능 :

온도 제어 정확도: $\pm 5^\circ$ C, 공기 유량 ± 0.5 L/min.
H2 소비량: 100200 L/로, O2 < 10 ppm.
에너지 소비량: 0.8 kWh/kg, 생산 용량: 100500 kg/로.
일관성 : 배치 경도 편차 $< 3\%$, 크기 편차 $\pm 0.10.5$ mm.

5. 초경소결로의 적용

시멘트 카바이드 진공 소결 로 :

적용 시나리오 :

소결 채굴 드릴 비트(예: 플러 드릴 비트 $\varnothing 100-400$ mm)는 높은 인성이 필요합니다.
항공 도구(예: 볼 엔드밀 $\varnothing 550$ mm)는 높은 정밀도가 요구됩니다.

성능 :

온도: 1350~1450 $^\circ$ C, 10^{-4} 10^{-5} Pa.
사이클: 1216 시간, 밀도 $>99\%$.
정확도: $\pm 0.020.5$ mm, 경도 14002000 HV.

예시 :

시멘트 카바이드용 단일 챔버 진공 소결로 (ALD VKPgr, $\varnothing 400 \times 1200$ mm):

($\varnothing 20 \times 330$ mm) 의 소결, 1450 $^\circ$ C, 10^{-4} Pa, 12 시간.

결과: 밀도 14.6 g/cm³, 경도 1400 HV, 수축률 16%, 다공성 $< 0.01\%$ (ScienceDirect, 2021).

(PVA TePla COD, $\varnothing 600 \times 1500$ mm) 용 다중 챔버 진공 소결로 :

($\varnothing 10 \times 100$ mm) 의 소결, 1400 $^\circ$ C, 10^{-5} Pa, 14 시간.

결과: 밀도 14.8 g/cm³, 경도 1800 HV, 정확도 ± 0.02 mm, KIC 10 MPa \cdot m^{1/2}.

시멘트 카바이드 열간 등방압 성형로(HIP) :

적용 시나리오 :

항공 도구(밀링 커터 등)는 미세 기공을 제거하고 밀도를 개선할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

내마모성 금형(예: 100×100×30 mm 콜드 스탬핑 금형)을 사용하면 피로 방지 성능을 향상시킬 수 있습니다.

성능 :

온도: 1350~1450° C, 100~150MPa.

사이클: 36 시간, 밀도>99.9%.

정확도: ±0.010.05 mm, 경도 18002200 HV.

예시 :

경질 합금 고온 HIP 소결로 (Quintus QIH, Ø 300 × 1000 mm):

(Ø 12 × 80 mm) 의 소결 , 1400° C, 120 MPa, 4 시간.

결과: 밀도 14.9 g/cm³ , 경도 2000 HV, 기공률 <0.001%, 강도 2.3 GPa .

시멘트 카바이드 저온 HIP 소결로 (ALD HP, Ø 250 × 800 mm):

YG8 내마모성 금형 (100 ×100× 30 mm)의 후처리, 1350° C, 100 MPa, 3 시간.

결과: 다공성 <0.001%, 강도 2.2 GPa , 수명 20% 증가.

초경 분위기 소결 로 :

적용 시나리오 :

채굴용 곡괭이(예: 원뿔형 곡괭이 Ø 20 mm)를 대량 생산합니다.

내마모성 금형(예: 플라스틱 성형 금형 80×80×20 mm), 저렴한 가공 비용.

성능 :

온도: 1300~1400° C, H₂/ Ar 분위기.

사이클: 1020 시간, 밀도>99%.

정확도: ±0.1-0.5 mm, 경도 1400-1800 HV.

예시 :

수소 분위기의 시멘트 카바이드 소결로 (ECM Lilas, Ø 800 × 2000 mm):

(Ø 20 × 50 mm) 소결 , 1350° C, H₂ 30 L/min, 12 시간.

결과: 밀도 14.5 g/ cm³ , 경도 1400 HV, 수명 80 시간, 다공성 <0.02%.

시멘트 카바이드용 불활성 가스 소결로 (Centorr , Ø 600 × 1500 mm):

(80 ×80×20 mm) 의 소결 , 1400° C, Ar 20 L/min, 15 시간.

결과: 밀도 14.7 g/cm³ , 정확도 ±0.01 mm, 경도 1600 HV.

6. 초경소결로의 종류 비교

소결로 유형	온도 ° C	압력 엠포	대기	주기 시간	밀도 %	정확성 mm	에너지 소비 킬로와트시/kg	일반적인 프로그램	응용
시멘트 카바이드 단일 챔버 진공 소결로	13501450	10 ⁻³ - 10 ⁻⁵ 파	진공	1216	>99	±0.020.5	1.5	광산 드릴 비트 및 커터	
초경합금 고온 HIP 소결로	13501450	100150	아르	36	>99.9	±0.010.05	2	항공 도구 및 금형	
수소 분위기의 초경합금 소결로	13001400	0.1	H ₂	1020	>99	±0.10.5	0.8	픽, 다이	

7. 선택 권장 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제품 유형에 따라

항공 도구(고정밀, 복잡한 모양) :

권장사항: 카바이드 진공 소결로(단일 챔버) 또는 고온 HIP 소결로.

이유: 진공도 10^{-5} Pa 로 오염이 적고, HIP 압력 120MPa 로 미세기공이 제거되어 정확도가 $\pm 0.010.05$ mm 입니다.

모델: ALD VKPgr ($\emptyset 400 \times 1200$ mm, 50100kg/퍼니스), Quintus QIH ($\emptyset 300 \times 1000$ mm, 2050kg/퍼니스).

광산 드릴 비트/커터(대형, 대량 생산) :

추천: 카바이드 다중 챔버 진공 소결로 또는 수소 분위기 소결로.

이유: 다중 챔버는 연속 생산(200500kg/로)을 지원하고, H₂ 분위기 비용이 낮습니다(0.8kWh/kg).

모델: PVA TePla COD ($\emptyset 600 \times 1500$ mm, 200 kg/로), ECM Lilas ($\emptyset 800 \times 2000$ mm, 300 kg/로).

내마모성 금형(고밀도, 피로방지) :

권장사항: 시멘트 카바이드용 고온 HIP 소결로 또는 저온 HIP 후처리.

이유: HIP 는 밀도 >99.9%, 다공성 <0.001%, 강도 1020% 증가를 보장합니다.

모델: ALD HP ($\emptyset 250 \times 800$ mm, 2050kg/퍼니스), Quintus QIH ($\emptyset 300 \times 1000$ mm).

생산 수요에 따라

소규모 및 중규모 배치(<100 kg/로) : 단일 챔버 진공 소결로 또는 소형 HIP 로, 높은 유연성, R&D 또는 맞춤형 제품에 적합함.

대량 생산(>200 kg/로) : 다중 챔버 진공 소결로 또는 분위기 소결로, 생산 용량이 높고 단위 비용이 2030% 감소합니다.

비용 예산에 따라

저렴한 비용

초경합금 수소분위기 소결로, 에너지 소비량 0.8kWh/kg, 설비비용 3050% 절감(약 5 억 100 만달러).

고성능

초경합금 고온 HIP 소결로는 에너지 소비량이 2kWh/kg 이고 설비 비용이 높습니다(약 2005 억 달러). 그러나 제품 성능은 20% 향상됩니다.

요구 사항에 따라 :

고정밀($\pm 0.010.05$ mm) : 진공소결로(10^{-5} Pa) + HIP(120 MPa), 수축편차 < $\pm 0.5\%$.

낮은 오염 : Mo/Tungsten 가열 요소와 Ar 분위기를 사용하여 오염을 30%까지 줄였습니다.

빠른 생산 : HIP 로(36 시간) 또는 다중 챔버 진공로(연속 생산).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

환경 및 안전 :

H2 분위기 : 가스 감지(O₂ <10 ppm) 및 압력 방출 시스템(반응 <0.1 초)이 필요합니다.

HIP 고압 : 안전 밸브와 압력 모니터링(누설률 <10⁻⁸ Pa·m³ / s)이 있는 장비를 선택하세요.

8. 최적화 제안

장비 :

가열 소자 : 몰리브덴/텅스텐(HIP/진공), 오염 감소 30%, 수명 4000 시간 이상.

단열재 : 탄소섬유펠트 + 알루미늄섬유, 열 손실 20% 감소, 에너지 절감 15%.

챔버 : 316L 스테인리스 스틸 + 흑연 라이닝, 내식성이 25% 증가, 수명은 10년 이상.

프로세스 최적화 :

온도 제어 : 업그레이드된 PID+AI 알고리즘, 정확도 ±3° C, 균일성 ±5° C.

탈랍 : 진공(10⁻² Pa) + H₂(510 L/분), 탈랍 속도 >99.5%, 잔류 탄소 <0.05%.

HIP : 1350° C, 120 MPa, 2 시간 열보존, 사이클 20% 단축, 밀도 0.5% 증가.

대기 제어 :

H₂ 순도 : >99.999%, O₂ <5 ppm, 산화 속도 50% 감소.

아르 순환 : 유량 2050 L/min, 회수율 >80%, 비용 절감 15%.

냉각 최적화 :

강제 냉각 : 고압 Ar 주입(1520° C/분), 열응력 30% 감소.

다단계 냉각 : 800° C/400° C/100° C 분할, 정확도 10% 향상

유지관리 및 자동화 :

온라인 모니터링 : 온도, 압력, 분위기를 실시간으로 모니터링하여 고장률을 20% 줄입니다.

자동 적재 및 하역 : 로봇 시스템으로 인건비가 30% 절감 되고 효율성이 40% 증가합니다.

유지관리 주기 : 흑연 부품은 5,000 시간마다 검사하고 챔버는 매년 청소해야 하며, 이를 통해 서비스 수명을 25%까지 연장할 수 있습니다.

9. 표준

GB/T 345052017 : 치수 정확도 ±0.01mm, 허용 오차 편차 <±5%.

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

GB/T 38502015 : 밀도>99%.

GB/T 51692013 : 다공성 등급 A02B00C00.

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.5 GPa .

GB/T 79972017 : 경도 14002200 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10. 결론

시멘트 카바이드 소결로는 시멘트 카바이드 진공 소결로, 열간 등방성 가압 소결로, 분위기 소결로의 세 가지 범주로 구성되며, 광산 드릴, 항공 도구 및 내마모성 금형의 소결 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

초경합금 진공소결로

복잡한 모양, 1350~1450° C, 10⁻⁵ Pa, 밀도>99%, 정확도±0.020.5 mm.

초경합금 열간 등방압 소결로

고성능 제품, 100-150 MPa, 밀도>99.9%, 다공성<0.001%.

초경합금 분위기 소결로

대량 생산, 1300~1400° C, H₂/ Ar , 저렴한 가격, 픽 커터에 적합.

이 소결로는 고정밀 온도 제어, 분위기 안정성 및 효율적인 공정을 통해 초경합금 제품의 성능과 생산 효율을 크게 향상시키며, 광산, 항공 및 금형 제조 분야에서 널리 사용됩니다. 모델 선택 시에는 제품 정확도, 생산량, 비용 및 공정 요건을 반드시 고려해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

시멘트 카바이드의 소결 밀도는 무엇입니까 ?

초경합금의 소결 밀도에 대한 간략한 소개

WC+ Co , WC+Ni)의 고온 소결 공정 동안 입자 재배열, 확산 및 기공 제거를 통해 최종적으로 달성되는 블랭크(압축 분말, 초기 밀도는 일반적으로 이론 밀도의 50-70%)의 재료 밀도를 말합니다. 일반적으로 실제 밀도(g/cm^3) 또는 상대 밀도(이론 밀도의 백분율)로 표시됩니다. 소결 밀도는 경도(1400-2200HV), 강도(1.8-2.8GPa), 내마모성 및 기공률(<0.01%)을 포함하여 초경합금의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 소결 품질을 평가하는 핵심 지표이며 국가 표준(예: GB/T 3850-2015, GB/T 1837-6-2014)을 준수해야 합니다. 높은 소결 밀도(이론 밀도 99% 이상)로 인해 제품에 미세 기공이 없고 성능이 뛰어나 내마모성 금형, 광산 도구, 심해 밀봉과 같은 응용 분야에 적합합니다.

1. 초경합금의 소결밀도 정의

실제 밀도

소결 후 시멘트 카바이드의 단위 부피당 질량(g/cm^3)은 아르키메데스 방법(GB/T 38502015) 또는 직접 측정을 통해 계산됩니다.

상대 밀도

실제 밀도와 이론 밀도(완전히 조밀한 상태에서의 이상 밀도)의 비율로, 일반적으로 백분율로 표현됩니다. 예를 들어, YG8(WC+8%Co)의 이론 밀도는 약 $14.7 g/cm^3$ 이고, 소결 후 실제 밀도는 $14.65 g/cm^3$ 이며, 상대 밀도는 99.66%입니다.

이론 밀도

시멘트 카바이드 성분(WC, Co/Ni, 첨가제)의 질량 분율과 각 성분의 밀도(WC: $15.63 g/cm^3$, Co: $8.9 g/cm^3$, Ni: $8.9 g/cm^3$)를 기준으로 합니다.

시멘트 카바이드 소결 밀도의 중요성

성능 영향

높은 소결 밀도(>99%)는 기공률을 감소시키고(<0.01%, GB/T 51692013), 경도를 향상시키고(510% 증가), 강도를 향상시키고(1020% 증가), 내마모성을 향상시킵니다(마모 손실은 2030% 감소).

품질 관리

소결 밀도는 소결 공정의 최적화 정도(온도, 압력, 분위기 등)를 반영합니다. 밀도가 낮으면(95% 미만) 미세기공이 발생하고 강도가 부족해져 제품 수명에 영향을 미칠 수 있습니다.

신청 요건

고밀도 시멘트 카바이드(예: >99.9%, HIP 소결)는 심해 밀봉재 및 항공 도구에 적합하고, 중밀도(>98%)는 광산용 곡괭이에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 초경합금의 소결밀도에 영향을 미치는 요인

분말 특성:

입자 크기 : 미세 입자 ($0.52 \mu\text{m}$)은 확산을 촉진하고 밀도를 12% 증가시킵니다.

거친 입자 ($>5 \mu\text{m}$)는 잔류 기공을 유발할 수 있습니다.

균질성: 분말은 균일하게 혼합됩니다(1624 시간 볼 밀링, $D50 50150 \mu\text{m}$). 분리가 감소하고 밀도 편차가 $<\pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 입니다.

압축 성형에 최적화된 PEG/과라핀 (0.52 중량 %)으로 초기 밀도가 510% 더 높습니다.

압착 공정:

압력: 냉간 등방압 성형 ($200\sim 300\text{MPa}$)은 블랭크의 밀도를 $60\sim 70\%$ 증가시키고, 소결 후 밀도는 13% 증가합니다.

다이: 압력 분포가 균일하고, 블랭크 결함이 감소했으며, 밀도 일관성이 10% 증가했습니다.

소결 공정:

온도: $1350\sim 1500^\circ\text{C}$ (진공/HIP), 너무 낮으면 ($<1300^\circ\text{C}$) 밀도가 부족해지고 ($<95\%$), 너무 높으면 ($>1550^\circ\text{C}$) 결정립 성장과 밀도가 0.51% 감소합니다.

단열시간 : 24 시간(진공), 13 시간(HIP), 1 시간 연장시 밀도가 0.20.5% 증가함.

분위기: 산화 방지를 위해 H_2/Ar ($\text{O}_2 < 510 \text{ ppm}$)을 사용하여 Ni/Co 계 합금의 밀도를 0.5% 증가시켰습니다. 바인더를 제거하기 위해 진공 ($10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ Pa}$)을 사용하여 밀도를 1% 증가시켰습니다.

압력: HIP ($100\sim 150 \text{ MPa}$)는 미세기공을 제거하고 99.9% 이상의 밀도를 달성합니다. 기존 소결 (0.1 MPa)은 9899%의 밀도를 달성합니다.

소결로 성능:

온도 제어 정확도: $\pm 35^\circ\text{C}$, 균일성 $\pm 510^\circ\text{C}$, 밀도 편차 $<\pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

진공도: 10^{-5} Pa (진공로), 탈락스 효율 $>99.5\%$, 잔류 탄소 $<0.05\%$.

냉각 속도: 520°C/분 , 열 응력 제어, 밀도 일관성 5% 증가.

3. 소결밀도와 소결공정의 관계

진공소결:

공정: 탈락 (200600°C , 10^{-2} Pa) → 소결 ($1350\sim 1450^\circ\text{C}$, $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ Pa}$) → 냉각 (1015°C/분).

밀도: 9899.5% (YG8: $14.514.65 \text{ g/cm}^3$), 다공성 $<0.01\%$.

적용 대상: 광산 드릴 비트, 금형, 저가.

열간 등방압 가압(HIP):

공정 : 소결 ($1350\sim 1450^\circ\text{C}$, $100\sim 150 \text{ MPa}$, Ar) → 후처리 ($1300\sim 1350^\circ\text{C}$, $80\sim 100 \text{ MPa}$) → 냉각 (1520°C/분).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀도: >99.9% (YG8: 14.6514.7 g/cm³), 다공성 <0.001%.

응용 분야: 항공 도구, 심해 밀봉, 고성능 요구 사항.

분위기 소결:

공정: 탈랍(200~500° C, H₂ 2050 L/min) → 소결(1300~1400° C, H₂/ Ar) → 냉각(510° C/min).

밀도: 9899% (YG6: 14.414.5 g/cm³), 다공성 <0.02%.

적용 대상: 픽 커팅, 대량 생산, 저비용.

4. 소결 밀도 성능 데이터

소결형	상표	실제 밀도(g/cm ³)	상대 밀도(이론적 비율)	다공성(%)	경도(HV)	강도 (GPa)	일반적인 프로그램	응용
진공소결	YG8	14.514.65	98.699.7	<0.01	14001800	1.82.3	광산 드릴 비트	
HIP 소결	YG6X	14.814.9	>99.9	<0.001	18002200	2.22.8	항공 도구	
분위기 소결	YN10	14.414.5	98.099.0	<0.02	14001600	1.82.2	화학 썰	

예:

진공 소결: YG8 드릴 비트 (Ø 20 × 330 mm), 1450° C, 10⁻⁴ Pa, 12 시간, 밀도 14.6 g/cm³ (99.3 %), 경도 1400 HV.

HIP 소결: YG6X 도구 (Ø 12 × 80 mm), 1400° C, 120 MPa, 4 시간, 밀도 14.9 g/cm³ (> 99.9%), 기공률 <0.001%.

분위기 소결: YN10 썰 (Ø 50 mm), 1350° C, H₂ 30 L/min, 12 시간, 밀도 14.5 g/cm³ (98.6 %), 우수한 내식성.

5. 소결 밀도 최적화를 위한 제안

분말 최적화:

중미립 WC(0.5~ 1.5 μm) 를 선정 하여 밀도를 12% 증가시켰습니다.

Cr3C2(0.20.5 중량 %)를 첨가하면 입자성장이 억제되고 밀도가 0.5% 증가합니다.

압착 공정:

압축 압력(250300 MPa)을 높이자 초기 밀도가 510% 증가했습니다.

금형을 최적화하고, 빌릿 결함을 줄이고, 밀도 일관성을 10% 높입니다.

소결 공정:

온도: 1400~1450° C(YG8/YG6X)로 조절하여 과도한 연소를 방지하고 밀도를 0.5% 증가시킵니다.

분위기: H₂ 순도 >99.999%, O₂ <5 ppm, Ni 기반 합금 밀도가 0.5% 증가했습니다.

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비 최적화:

업그레이드된 온도 제어 ($\pm 3^{\circ}\text{C}$), 밀도 편차 $< \pm 0.05\text{ g/cm}^3$

몰리브덴/텅스텐 발열체를 사용하면 오염이 30% 감소하고 밀도가 0.2% 증가합니다.

후처리:

HIP 처리 (1300°C , 100 MPa) 후, 기공률은 $< 0.001\%$ 로 감소했습니다.

연마 ($R_a < 0.2\ \mu\text{m}$) 는 표면 결함을 줄이고 내마모성을 20% 증가시킵니다.

6. 표준

GB/T 38502015: 밀도 측정, 편차 $< \pm 0.1\text{ g/cm}^3$.

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

GB/T 51692013: 다공성 등급 A02B00C00.

GB/T 38512015: 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

GB/T 7997-2017: 경도 1400-2200 HV.

7. 결론

초경합금의 소결 밀도는 소결 품질을 측정하는 핵심 지표로, 제품의 경도, 강도 및 내구성에 직접적인 영향을 미칩니다. 높은 소결 밀도 ($> 99\%$) 는 분말 소결, 가압 소결, 소결 공정(예: HIP 1350°C , 120 MPa) 을 최적화하여 기공률을 0.001% 미만으로 유지함으로써 달성할 수 있으며, 이는 고성능 응용 분야(예: 심해 밀봉재, 항공 공구) 에 적합합니다. 진공 소결 (9899.5%), HIP ($> 99.9\%$), 상온 소결 (9899%) 은 각각 다른 요구 사항을 충족하므로, 적용 시나리오에 따라 공정을 선택해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

카바이드 기공률이란 무엇인가 ?

초경합금의 기공률 소개

초경합금의 기공률은 초경합금의 소결 공정 중 재료 내부에 남아 있는 작은 기공(공극 또는 공동)의 부피 백분율을 나타냅니다(예: WC+ Co , 총 부피에 대한 WC+ Ni) 의 비율입니다. 일반적으로 백분율(예: <0.01%)로 표시되거나 국가 표준 GB/T 5169-2013 에 따라 A, B, C 등급(예: A02B00C00)으로 분류됩니다.

기공률은 초경합금 소결 품질을 평가하는 핵심 지표로, 재료의 밀도(14.5-15.0 g/cm³) , 경도(1400-2200 HV), 강도(1.8-2.8 GPa) , 내마모성 및 내부식성에 직접적인 영향을 미칩니다. 낮은 기공률(<0.001%, HIP 소결 등)은 고성능을 보장하며 항공 장비 및 심해 밀봉재와 같이 수요가 높은 응용 분야에 적합합니다. 높은 기공률(0.01-0.02%, 대기 소결 등)은 비용에 민감한 채광용 픽에 적합합니다.

본 논문에서는 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 51692013 등)과 업계 관행을 결합하여 시멘트 카바이드 기공률의 정의, 측정, 영향 요인 및 최적화 방법을 자세히 소개합니다.

1. 초경합금의 기공률 정의

다공성

시멘트 카바이드의 전체 부피에 대한 내부 기공 부피의 비율은 일반적으로 현미경 관찰(금속조직 분석, GB/T 5169-2013)이나 밀도 측정(아르키메데스 방법, GB/T 3850-2015)을 통해 간접적으로 계산됩니다.

공식: 다공성 (%) = (1 실제 밀도/이론적 밀도) × 100.

예를 들어, YG8 의 이론 밀도는 14.7 g/cm³ 이고 , 실제 밀도는 14.65 g/cm³ 이며 , 기공률은 약 0.34%입니다.

다공성 유형:

A 형 기공: 직경 <10 μm , 강도 에 영향을 미치는 작은 기공.

B 형 기공: 직경 1025 μm , 기공 이 더 크고 내마모성이 낮음.

C 형 기공: 탄화물 응집이나 개재물에 의해 형성되는 기공으로 내식성에 영향을 미칩니다.

등급 표준(GB/T 51692013):

A02: A 등급 기공 <0.02 mm² / cm² .

B00: B 등급 모공이 없습니다.

C00: C 형 기공이 없습니다.

시멘트 카바이드 기공의 중요성

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

성능 영향

다공성이 높으면(0.1% 이상) 밀도가 낮아지고(98% 미만), 경도가 낮아지고(5~10%), 강도가 약해지고(10~20%), 내마모성이 나빠집니다(마모 증가율이 20~30%). 이로 인해 피로 파괴나 부식이 쉽게 발생할 수 있습니다.

품질 관리

기공률은 소결 공정의 효율성(온도, 압력, 분위기 등)을 반영합니다. 낮은 기공률(<0.001%)은 충분한 소결 및 치밀한 재료를 나타냅니다.

신청 요건

고성능 응용 분야(항공우주 도구, 심해 밀봉): 기공률 <0.001%(HIP 소결), 미세 기공 없음, 고압/내식성 보장.

일반 응용 분야(채광 곡괭이, 금형): 다공성 <0.02%(대기 소결), 비용과 성능의 균형을 충족합니다.

2. 기공률 측정 방법

금속조직 분석(GB/T 51692013):

단계:

샘플 준비: 절단 및 연마($Ra < 0.2 \mu m$).

현미경 관찰 : 광학현미경(100×1000)으로 A/B/C 형 기공의 개수와 면적을 측정합니다.

분류 및 평가: A02, B00 및 기타 등급은 기공 직경 및 분포에 따라 결정됩니다.

장점: 직관적이고 모공 유형을 구별할 수 있음.

제한 사항: 표면만 관찰되므로 여러 샘플링 지점이 필요합니다.

밀도 측정(GB/T 38502015):

단계:

실제 밀도 측정: 아르키메데스 방법(물 속에서 무게 측정, 정확도 $\pm 0.01 g/cm^3$).

다공성을 계산합니다: $(1 \text{ 실제 밀도} / \text{이론 밀도}) \times 100$.

장점: 빠르고 전체적인 평가.

제한 사항: 모공 유형을 구별할 수 없습니다.

다른 방법:

X선 CT: 3D 비파괴 검사, 정확도 $\pm 0.001\%$, 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

초음파 검사: 대형 제품 ($>25 \mu m$) 을 감지합니다.

3. 초경합금의 기공률에 영향을 미치는 요인

분말 특성:

입자 크기: 미세 입자 ($0.52 \mu m$) 는 확산을 촉진하고 기공률을 50% 감소시킵니다.

거친 입자 ($>5 \mu m$) 는 잔류 기공이 생기기 쉽습니다.

균질성: 분말 혼합이 고르지 않아(볼 밀링이 16 시간 미만으로 충분하지 않음)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

국소적인 기공이 발생하고 기공률이 0.10.2% 증가했습니다.

결합제: 과도한 양의 PEG/파라핀(0.52 중량 %)으로 인해 탈락스가 불완전해지고 다공성이 0.050.1% 증가했습니다.

압착 공정:

압력: 냉간 등방압 성형(200-300 MPa)은 블랭크의 밀도(60-70%)를 증가시키고 기공률을 0.1-0.2% 감소시킵니다.

결합: 금형 마모 또는 압력 불균일로 인해 블랭크에 균열이 생기고 기공률이 0.20.5% 증가합니다.

소결 공정:

온도: 1350~1500° C(진공/HIP), 너무 낮으면(<1300° C) 기공률이 >0.1%이고, 너무 높으면(>1550° C) 입자가 성장하고 기공률이 0.05% 증가합니다.

단열 시간: 24 시간(진공), 13 시간(HIP), 1 시간 연장 시 기공률은 0.010.02% 감소합니다.

분위기: 산화 방지를 위한 H₂/ Ar (O₂ <510 ppm), 기공률 0.02% 감소; 철저한 탈락스를 위한 진공(10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa), 기공률 0.05% 감소.

압력: HIP(100-150 MPa)는 미세 기공을 제거하고 기공률은 <0.001%입니다. 기존 소결(0.1 MPa)은 기공률이 0.01-0.02%입니다.

소결로 성능:

온도 제어 정확도: ±35° C, 균일성 ±510° C, 다공성 편차 <±0.005%.

진공도: 10⁻⁵ Pa, 탈락스 효율 >99.5%, 잔류 탄소 <0.05%, 기공 감소 0.02%.

냉각 속도: 520° C/분, 열 응력 제어, 다공성 일관성 10% 증가.

4. 기공률과 소결공정의 관계

진공소결:

공정: 탈락(200600° C, 10⁻² Pa) → 소결(1350/1450 ° C, 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa) → 냉각(1015° C/min).

다공성: <0.01% (A02B00), YG8 밀도 14.514.65 g/cm³.

용도: 광산 드릴 비트, 몰드, 중간 다공성.

열간 등방압 가압(HIP):

공정: 소결(1350~1450° C, 100~150 MPa, Ar) → 후처리(1300~1350° C, 80~100 MPa) → 냉각(1520° C/분).

다공성: <0.001% (A00B00), YG6X 밀도 14.814.9 g/cm³.

용도: 항공용 나이프, 심해용 물개, 고성능.

분위기 소결:

공정: 탈락(200~500° C, H₂ 2050 L/min) → 소결(1300~1400° C, H₂/ Ar) → 냉각(510° C/min).

다공성: <0.02% (A04B02), YN10 밀도 14.414.5 g/cm³.

용도: 화학 실험, 픽, 저비용.

5. 다공성 성능 데이터

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결형	상표	다공성 (%)	GB/T 5169 등급	밀도 (g/cm ³)	경도(HV)	강도 (GPa)	일반적인 응용 프로그램
진공소결	YG8	<0.01	A02B00C00	14.514.65	14001800	1.82.3	광산 드릴 비트
HIP 소결	YG6X	<0.001	A00B00C00	14.814.9	18002200	2.22.8	항공 도구
분위기 소결	YN10	<0.02	A04B02C00	14.414.5	14001600	1.82.2	화학 썰

예:

진공 소결: YG8 드릴 비트 (Ø 20 × 330 mm), 1450° C, 10⁻⁴ Pa, 12 시간, 기공률 <0.01%, 밀도 14.6 g/cm³, 경도 1400 HV.

HIP 소결: YG6X 도구 (Ø 12 × 80 mm), 1400° C, 120 MPa, 4 시간, 기공률 <0.001%, 밀도 14.9 g/cm³, 강도 2.3 GPa.

분위기 소결: YN10 썰 (Ø 50 mm), 1350° C, H2 30 L/min, 12 시간, 기공률 <0.02%, 밀도 14.5 g/cm³, 우수한 내식성.

6. 다공성 최적화 권장 사항

분말 최적화:

세립 WC(0.51.5 μm) 를 선택하면 기공률이 50% 감소합니다.

불 밀링 시간(1624 시간)을 늘리면 균일성이 10% 증가하고 다공성은 0.1% 감소합니다. 바인더 (PEG /파라핀 <1.5 wt %)와 잔류 탄소 <0.05%를 제어합니다.

압착 공정:

압력(250300 MPa)을 높이자 블랭크의 밀도는 510% 증가하였고, 기공률은 0.1% 감소하였습니다.

금형을 최적화하고 균열을 줄이며 기공률을 0.2% 감소시킵니다.

소결 공정:

온도: 1400~1450° C(YG8/YG6X), 기공률은 0.010.02% 감소합니다.

분위기: H2 순도 >99.999%, O2 <5 ppm, 다공성 0.02% 감소.

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

장비 최적화:

온도 조절(±3° C), 다공성 편차 <±0.005%.

진공(10⁻⁵ Pa), 완전 탈랍, 다공성 0.02%로 감소.

몰리브덴/텅스텐 가열 요소를 사용하면 오염이 30% 감소하고 다공성은 0.01% 감소합니다.

후처리:

HIP 처리(1300° C, 100 MPa) 후, 기공률은 <0.001%로 감소했습니다.

연마(Ra <0.2 μm) 는 표면 기공을 줄이고 내식성을 20% 증가시킵니다.

7. 표준

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GB/T 51692013: 다공성 등급 A02B00C00(고성능), A04B02C00(일반).

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%, 균일성 >95%.

GB/T 38502015: 밀도 측정, 편차 <±0.1 g/cm³ .

GB/T 38512015: 굽힘 강도 1.82.8 GPa .

GB/T 7997-2017: 경도 1400-2200 HV.

8. 결론

초경합금의 기공률은 소결 품질의 핵심 지표로, 밀도, 경도, 강도 및 내구성에 영향을 미칩니다. 분말 소결, 프레스, 소결 공정(예: HIP 1350° C, 120 MPa)을 최적화하여 낮은 기공률(<0.001%)을 달성할 수 있으며, 이는 항공 공구 및 심해 밀봉재에 적합합니다. 중간 기공률(<0.02%)은 광산용 픽 등의 요구를 충족합니다. 진공 소결(<0.01%), HIP(<0.001%) 및 대기 소결(<0.02%)은 다양한 시나리오에 적합하며, 용도에 따라 공정을 선택해야 합니다.

총수:

초경합금의 내식성 및 평가

시멘트 카바이드(예: WC+ Co, WC+ Ni)는 높은 경도(1400~2200 HV), 고강도(1.8~2.8 GPa) 및 우수한 내마모성으로 인해 광산 공구, 항공 공구, 심해 펌프 및 화학 펌프에 널리 사용됩니다. 그러나 부식성 환경(예: 산, 알칼리, 염 용액, H₂S, CO₂, 해수)에서 초경합금의 내식성은 주요 성능 지표가 되며, 이는 수명과 신뢰성에 직접적인 영향을 미칩니다. 내식성은 주로 재료 구성, 미세 구조(예: 기공률 <0.01%), 소결 공정 및 표면 처리에 의해 결정되며, 국가 표준(예: GB/T 183762014, NACE MR0175)을 준수해야 합니다.

본 논문에서는 업계 관행과 결합하여 시멘트 카바이드의 내식성 메커니즘, 영향 요인, 평가 방법 및 최적화 대책을 자세히 소개하고, 니켈 기반 시멘트 카바이드 내식성 펌프 본체 등의 분야에서 CTIA GROUP LTD의 생산 능력을 적절히 추천합니다.

1. 초경합금 내식성의 정의

시멘트 카바이드의 내식성은 부식성 매체(예: 산, 알칼리, 소금 용액, H₂S, CO₂, 해수)에서 화학적 또는 전기화학적 침식을 저항하는 재료의 능력을 말하며, 일반적으로 부식 속도(mm/y), 질량 손실(mg/cm² · h) 또는 표면 형태 변화로 표현됩니다.

준수 표준:

NACE MR0175: H₂S/CO₂ 부식에 강하며 석유 및 가스 환경에 적합합니다.

ISO 12944: 해양/산업 부식 환경에 대한 저항성.

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%, 내식성 보장.

초경합금의 부식 저항성 부식 메커니즘

전기화학적 부식: 초경합금은 경질상(WC, 내식성)과 결합상(Co/Ni, 쉽게 부식됨)으로 구성됩니다. 이는 전해질(예: 해수, 산성 용액)에서 마이크로 배터리를 형성합니다. 결합상이 우선적으로 부식되어 WC 입자가 벗겨집니다.

에서 Co의 용해 속도는 >0.1 mm/y인 반면, Ni의 용해 속도는 0.010.05 mm/y에 불과합니다.

화학적 부식: 강산(예: H₂SO₄)과 강염기(예: NaOH)는 결합 단계를 직접 용해하고, 다공성이 높은(>0.1%) 재료는 부식을 가속화합니다.

침식-부식 상승효과: 입자가 포함된 유체(예: 화학 펌프)에서 마모로 인해 새로운 표면이 노출되어 전기화학적 부식이 가속화되고 부식 속도가 2050% 증가합니다.

부식 저항 성능:

H₂S(>1000 ppm), 해수(pH 3.9), H₂SO₄(50%)에서 WC+Ni (Ni 815%)의 부식 속도는 <0.01

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

mm/y 입니다.

HCl (30%)에서 WC+Co (Co 612%)의 부식 속도는 0.050.1 mm/y 입니다.

불량: 다공성이 0.1% 이상 또는 Co 함량이 높은(> 15%) 재료는 강산에서 부식 속도가 0.2mm/y 이상입니다.

2. 초경합금의 내식성에 영향을 미치는 요인

재료 구성:

결합 단계:

Ni 기반: Ni (815%)는 Co보다 H₂S, CO₂ 및 해수 부식에 대한 저항성이 더 강하며 부식 속도가 5070% 감소합니다(NACE MR0175).

Co 기반: Co (612%)는 산성 환경(HCl, H₂SO₄)에 쉽게 용해되며 부식 속도가 25 배 증가합니다.

첨가물:

Cr₃C₂ (0.52 중량 %): Cr 산화물 피막을 형성하여 내산성을 2030% 증가시킵니다.

Mo (0.51 중량 %): 침식부식에 대한 저항성을 향상시키고 Cl⁻ 부식 저항성을 25% 증가시킵니다.

WC 입자 크기: 미세 입자(0.52 μm)는 결합 단계의 노출을 줄이고 내식성을 1015% 증가시킵니다. 조립 입자(>5 μm)는 부식 경로를 증가시킵니다.

미세구조:

다공성(GB/T 5169-2013):

낮은 기공률(<0.001%, HIP 소결): 부식성 매체의 침투를 줄이고 내식성을 3050% 증가시킵니다.

높은 다공성(>0.1%, 대기 소결): 다공성은 전기화학적 부식을 가속화하여 부식 속도를 23 배 증가시킵니다.

결정립계: 균일한 결정립계(1624 시간 불 밀링)는 국부부식을 감소시키고 내식성을 10% 증가시킵니다.

잔류 탄소: 잔류 탄소 <0.05%(철저한 탈랍), 탄화물 용해를 방지하고 내식성을 510% 증가시킵니다.

소결 공정:

진공소결(1350~1450° C, 10⁻⁴ 10⁻⁵ Pa): 기공률 <0.01%, 결합상의 균일한 분포, 중간 정도의 내식성.

HIP 소결(1350~1450° C, 100~150 MPa): 기공률 <0.001%, 밀도 >99.9%, 우수한 내식성.

분위기소결(1300~1400° C, H₂/ Ar, O₂ <5ppm): 기공률 <0.02%, Ni 기반 합금에 적합, 내식성이 약간 떨어짐.

탈랍: 진공 + H₂(10⁻² Pa, 515 L/min), 잔류 탄소 <0.05%, 내식성이 10% 증가했습니다.

표면 처리:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연마(Ra < 0.2 μm) : 표면 결함을 줄이고 내식성을 1520% 증가시킵니다.

코팅:

Ni/Cr 전기 도금: 내산성이 20% 증가하고, Cl⁻ 내식성이 30% 증가했습니다.

PTFE/DLC 코팅: 마찰 계수가 20% 감소하고, 침식 및 내부식성이 3050% 증가했습니다.

수동화: 산화 피막이 형성되어 침식부식 저항성이 25% 증가합니다.

사용 환경:

매체: H₂SO₄(50%) 부식 속도 < 0.01 mm/y(Ni 기반); HCl(30%) 부식 속도 0.050.1 mm/y(Co 기반).

온도: 50~300° C, 온도가 50° C 상승할 때마다 부식 속도는 1020% 증가합니다.

유체 침식: 입자(고체 < 20%)를 함유한 유체는 부식을 가속화하여 부식 속도가 2050% 증가합니다.

3. 초경합금의 내식성 평가 방법

실험실 테스트:

침지 시험 (ASTM G31):

절차: 샘플을 부식성 매질(예: H₂SO₄, HCl, NaCl)에 일정한 온도(2580° C)에서 24720 시간 동안 담급니다.

지표: 질량 감소(mg/cm² · h), 부식 속도(mm/y).

예: 50% H₂SO₄(80° C)에서 WC+10%Ni의 부식 속도는 < 0.01 mm/y입니다.

전기화학 시험(ASTM G59/G61):

절차: 전기화학 워크스테이션을 사용하여 개방 회로 전위(OCP), 분극 곡선, 부식 전위 (E_{corr}) 및 전류 밀도 (I_{corr})를 측정합니다.

지수: I_{corr} < 1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 는 우수한 내식성을 나타냅니다.

예: 3.5% NaCl에 포함된 WC+Ni, I_{corr} \approx 0.5 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, WC+Co (2 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$) 보다 우수함.

염수 분무 시험(ASTM B117):

절차: 샘플을 961,000 시간 동안 5% NaCl 분무(35° C)에 노출시켰습니다.

지표: 표면 부식 지점 수, 중량 감소율.

예: WC+Ni+Cr₃C₂는 1000 시간 후에도 눈에 띄는 부식 반점이 나타나지 않습니다.

현장 테스트:

환경 노출: 카바이드 부품(씰 및 펌프 본체 등)은 실제 작업 조건(심해 및 화학 공장 등)에 배치되어 6~12 개월 동안 작동합니다.

지표: 표면 형태(SEM 관찰), 치수 변화(± 0.01 mm), 성능 저하(경도 감소 < 5%).

예: WC+Ni 씰은 부식 깊이가 < 0.005mm인 해수(pH 8, 15,000psi)에서 12 개월 동안 작동했습니다.

미세 분석:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

SEM/EDS: 부식 형태와 원소 분포를 관찰하고, 결합상이 용해되는지 또는 WC 가 벗겨지는지 확인합니다.

XPS: 표면 산화막을 분석하고 내식성 메커니즘을 평가합니다.

예: WC+Ni 는 H2S 에서 NiS 보호막을 형성하여 내식성이 20% 증가합니다.

표준 평가:

H2S (>1000 ppm) 환경에서 cm^2 .

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%, B/C 형 다공성 없음 (A02B00C00).

ISO 12944: C5M 해양 환경에서의 부식 속도 <0.01 mm/y.

4. 내식성 성능 데이터

상표	결합 단계	환경	부식 속도(mm/y)	이코르 ($\mu\text{A} / \text{cm}^2$)	다공성 (%)	일반적인 응용 프로그램
YG8	주석회사(8%)	염산(30%)	0.050.1	25	<0.01	광산 드릴 비트
YG6X	코발트(6%) + Cr3C2	H2SO4(50%)	0.020.05	12	<0.001	항공 도구
YN10	니켈(10%)	해수(pH 8)	<0.01	0.51	<0.01	심해 물개
YN12+Mo	니켈(12%) 몰리브덴(Mo)	+ H2S(1000ppm)	<0.005	0.30.5	<0.001	화학 펌프 본체

예:

YG8(진공소결): 광산용 드릴 비트, HCl(30%, 80° C)에 720 시간 담가두기, 부식 속도 0.08mm/y, 기공률 <0.01%, 경도 강하 <5%.

YG6X(HIP 소결): 항공 도구, H2SO4(50%, 60° C) 테스트, 부식 속도 0.03 mm/y, Icorr 1.5 $\mu\text{A} / \text{cm}^2$, 기공률 <0.001%.

YN10(HIP 소결): 심해 밀봉, 해수(15,000 psi, 12 개월), 부식 깊이 <0.005 mm, 기공률 <0.001%, 우수한 내식성.

YN12+Mo(HIP 소결): 화학 펌프 본체, H2S(1000ppm, 200° C), 부식 속도 <0.005mm/y, 표면에 구멍 없음.

5. 내식성 최적화를 위한 제안

재료:

결합 단계: Ni(1015%)가 선호되며 H2S/해수 부식 저항성이 5070% 증가합니다.

첨가제 : Cr3C2(0.52 중량 %) + Mo(0.51 중량 %) 첨가 시 내산성이 2030% 증가함.

WC 입자 크기: 미세 입자(0.51.5 μm), 결합상 노출 을 줄이고 내식성을 15% 증가시킵니다.

소결 공정:

HIP 소결: 1350° C, 120 MPa, 2 시간, 기공률 <0.001%, 내식성이 30% 증가했습니다.

탈랍: 진공(10^{-2} Pa) + H2(10 L/min), 잔류 탄소 <0.05%, 내식성이 10% 증가했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분위기: H2 순도 >99.999%, O2 <5 ppm, 산화 방지, 내식성 10% 증가.

표면 처리:

연마(Ra <0.2 μm): 부식 시작점을 줄이고 내식성을 1520% 증가시킵니다.

코팅: Ni/Cr 전기 도금 또는 PTFE/DLC, 침식 및 내부식성이 3050% 증가했습니다.

수동화: Cr/Ni 산화막 형성으로 인해 침식부식 저항성이 25% 증가합니다.

장비 최적화:

온도 조절: ±3° C, 균일성 ±5° C, 기공 편차 <±0.005%, 내식성 5% 증가.

진공도: 10⁻⁵ Pa, 완전 탈랍, 내식성 10% 증가.

몰리브덴/텅스텐 성분: 오염물질이 30% 감소하고 내식성이 5% 증가합니다.

환경적 적응:

산성 환경: H2SO4/HCl 부식에 강한 YN10+Cr3C2 를 선택하세요.

해양/석유 및 가스: H2S/CO2/해수에 강한 YN12+Mo 를 사용합니다.

입자가 포함된 유체: DLC 코팅, 침식 및 내부식성이 30% 증가했습니다.

6. 표준

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%, 균일성 >95%.

GB/T 51692013: 다공성 등급 A02B00C00(고성능), A04B02C00(일반).

GB/T 38502015: 밀도 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 환경에서의 질량 손실 <0.1 mg/cm².

ISO 12944: C5M 환경에서의 부식 속도 <0.01 mm/y.

ASTM G31/G59: 부식 속도 <0.01 mm/y, Icorr <1 μA/cm².

7. 결론

초경합금의 내식성은 결합 단계(Ni 가 Co 보다 우수), 기공률(<0.001%가 가장 좋음), 소결 공정(HIP 가 진공/대기보다 우수) 및 표면 처리에 의해 결정됩니다. Ni 기반 초경합금(YN10/YN12)은 해수, 황화수소(H2S) 및 산성 환경에서 우수한 성능을 보이며, 부식 속도가 <0.01 mm/y 로 심해 씰 및 화학 펌프 본체에 적합합니다. Co 기반 합금(YG8/YG6X)은 중간 정도의 부식성 환경에 적합합니다. 평가 방법에는 침지 시험(ASTM G31), 전기화학 시험(ASTM G59) 및 현장 노출이 포함되며, 표준(예: NACE MR0175)과 결합하여 종합적으로 평가해야 합니다. 공정 최적화(예: HIP 1350° C, 120 MPa) 및 표면 코팅(PTFE/DLC)을 통해 내식성을 크게 향상시킬 수 있습니다.

8. 특별 추천

CTIA GROUP LTD 는 니켈 기반 시멘트 카바이드 내식성 씰, 펌프 본체 및 밸브 생산에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HIP 소결 및 고급 코팅 기술을 사용하여 심해 및 화학 산업과 같은 혹독한 환경의 요구 사항을 충족하는 높은 내식성 솔루션을 제공합니다.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

소결 및 연마된 시멘트 카바이드

시멘트 카바이드(예: WC+ Co , WC+ Ni 는 높은 경도(1400~2200 HV), 고강도(1.8~2.8 GPa) 및 뛰어난 내마모성을 갖춰 광산 공구, 항공 공구, 심해 씰, 화학 펌프 본체 등에 널리 사용됩니다. 초경합금의 성능은 소결 공정 으로 형성된 소결 상태뿐만 아니라 후속 연마 공정에도 좌우됩니다. 소결 상태는 재료의 고유 특성(밀도, 기공률, 미세 구조 등)을 결정하는 반면, 연마 공정은 표면 품질(조도 Ra <0.2 μm) 을 최적화하여 내식성, 내마모성 및 밀봉 성능을 향상시킵니다.

본 논문은 국가 표준(GB/T 183762014, GB/T 51692013 등)과 업계 관행을 결합하여 시멘트 카바이드 소결 및 연마 처리의 공정, 성능 영향 및 최적화 방안을 자세히 소개하고, 니켈 기반 시멘트 카바이드 씰, 펌프 본체 등의 분야에서 CTIA GROUP LTD 의 생산 능력을 적절히 추천합니다.

1. 소결 초경합금

2.

소결 상태란 고온 소결(1350~1500° C) 후 기계적 가공 없이 초경합금의 상태를 말합니다. 특정 미세조직과 특성을 가지며, 직접 사용 또는 추가 가공(예: 연마)에 적합합니다.

1.1 소결 공정 및 매개변수

진공 소결 :

적용 분야 : 광산용 곡괭이, 금형 , 씰(예: Ø 5150 mm) 생산 .

프로세스 :

탈랍 : 200600 ° C, 가열 속도 25° C/분, 진공도 10⁻² Pa, H2 유량 515 L/분, 24 시간, 탈락률>99.5%.

소결 : 1350~1450° C, 가열속도 510° C/min, 진공도 10⁻⁴~10⁻⁵ Pa, 24 시간 보온.

냉각 : 1015° C/min (Ar 강제 냉각), 최대 100° C.

특성 : 밀도 14.514.9 g/cm³ , 기공률 <0.01% (A02B00C00, GB / T 5169-2013), 경도 14001800 HV, 표면 거칠기 Ra 1.63.2 μm .

열간 등방압 가압(HIP) :

적용 분야 : 항공 도구, 심해 밀봉, 화학 펌프 본체(예: Ø 100-500 mm).

프로세스 :

소결 : 1350~1450°C, 가열속도 58°C/분, 압력 100~150MPa (Ar), 13 시간 동안 보온.

후 처리 : 1300~1350° C, 80~100 MPa, 12 시간, 기공률이 <0.001%로 감소함.

냉각 : 1520° C/분(고압 Ar) 에서 200° C 까지.

특성 : 밀도>99.9%(14.815.0 g/cm³) , 다공성<0.001%(A00B00C00), 경도 18002200 HV, 표면 거칠기 Ra 0.81.6 μm .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분위기 소결 :

적용 분야 : 대량의 픽, 썰(기계적 썰 링 등)

프로세스 :

탈랍 : 200~500° C, 가열 속도 35° C/분, H₂ 유량 2050 L/분, O₂ <10 ppm, 35 시간.

소결 : 1300~1400° C, 가열 속도 510° C/분, H₂/ Ar 분위기, 35 시간 동안 보온 유지.

냉각 : 510° C/분(N₂ 보호), 최대 100° C.

특성 : 밀도 14.414.8 g/cm³ , 기공률 <0.02% (A04B02C00), 경도 14001600 HV, 표면 거칠기 Ra 2.04.0 μm .

1.2 소결 특성

미세구조 :

WC 입자 : 미세 입자(0.52 μm , HIP) 또는 중간-조대 입자(25 μm , 대기 소결), 균일 한 입자 경계(1624 시간 불 밀링).

결합 상 : Co/Ni (615%), 균일하게 분포, Ni 기반 내식성이 Co(NACE MR0175)보다 우수합니다.

기공률 : HIP <0.001%, 진공 <0.01%, 대기 <0.02%, 낮은 기공률은 강도를 1020% 증가시킵니다.

성능 :

밀도 : 14.415.0 g/cm³ (GB /T 38502015), 편차 ±0.05 g/ cm³ .

경도 : 14002200 HV(GB/T 79972017), 편차 ±3050 HV.

강도 : 굽힘강도 1.82.8 GPa (GB/T 38512015).

내식성 : 해수/H₂S 에서 Ni 기반(YN10)의 부식 속도는 <0.01 mm/y 이고, HCl 에서 Co 기반(YG8)의 부식 속도는 0.050.1 mm/y 입니다 .

표면 : 소결 표면은 거칠고(Ra 0.84.0 μm) , 미세 기공/소결 흔적이 있으며, 내마모성은 중간 수준입니다 .

제한 사항 :

표면 거칠기가 높으면(Ra >0.8 μm) 응력 집중이 쉽게 발생하고 내식성이 1020% 감소할 수 있습니다.

미세기공(>0.001%)은 부식을 가속화하고 밀봉 성능에 영향을 미칠 수 있습니다(누출률 >10⁻⁶mbar · L /s).

1.3 소결 응용

직접 사용 : 광산 곡괭이, 금형, 낮은 표면 거칠기 요구 사항 (Ra 1.64.0 μm) .

연마가 필요한 경우 : 심해 썰, 화학 펌프 본체, 기계적 썰 링, Ra <0.2 μm , 내식성이 1520% 증가했습니다.

2. 카바이드 연마

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

연마는 소결 초경합금의 표면 거칠기($Ra < 0.2 \mu m$) 를 줄이고 , 표면 결함을 제거하며, 내식성과 내마모성을 향상시키기 위한 기계적 가공(연삭 및 연마 등)입니다. 특히 고정밀 썰, 공구 및 펌프 본체에 적합합니다.

2.1 연마 공정 및 매개변수

거친 분쇄 :

도구 : 다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 $100-200 \mu m$, 레진 /비트리파이드 본드).

매개변수 :

회전 속도: $1000-2000 \text{ rpm}$.

이송 속도: $0.010.05 \text{ mm/패스}$.

냉각수: 수성 에멀전, 유량 510 L/min .

효과 : 소결 표면 의 흔적($Ra 4.00.8 \mu m$) 이 제거되고 거칠기가 $Ra 0.40.8 \mu m$ 로 감소합니다 .

시간 : 1 제곱센티미터당 510 분.

미세 분쇄 :

도구 : 다이아몬드 연삭 휠(입자 크기 $2050 \mu m$, 메탈 본드).

매개변수 :

회전 속도: 15003000 rpm .

이송 속도: $0.0050.01 \text{ mm/통과}$.

냉각수: 오일 기반 또는 수성, 유량 815 L/min .

효과 : 거칠기가 $Ra 0.20.4 \mu m$ 로 감소하고 표면 평탄도는 $< 0.005 \text{ mm}$ 입니다.

시간 : 1 제곱센티미터당 1015 분.

연마 :

도구 : 다이아몬드 연마 페이스트(입자 크기 $15 \mu m$) + 펠트/폴리우레탄 연마 디스크.

매개변수 :

회전 속도: $500-1000 \text{ rpm}$.

압력: $0.10.5 \text{ MPa}$.

연마액: 수성 또는 알코올성, 유량 25 L/분 .

효과 : 거칠기가 $Ra < 0.2 \mu m$ (거울 표면) 로 감소하고 , 표면에 긁힘이 없으며, 평탄도가 $< 0.002 \text{ mm}$ 입니다.

시간 : 1 제곱센티미터당 1530 분.

초정밀 연마(옵션) :

도구 : 나노 스케일 다이아몬드 서스펜션(입자 크기 $0.10.5 \mu m$) + 부드러운 연마 패드.

매개변수 :

회전 속도: 200500 rpm .

압력: $0.050.2 \text{ MPa}$.

연마액: 탈이온수, 유량 13 L/min .

효과 : 거칠기 $Ra < 0.05 \mu m$, 고정밀 썰(누설률 $< 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{L} / \text{s}$ 등)에

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적합합니다.

시간 : 1 제곱센티미터당 3060 분.

2.2 연마 특성

표면 품질 :

거칠기 : Ra 0.050.2 μm (연마 후), 소결 상태(Ra 0.84.0 μm) 와 비교하여 80-95% 감소합니다.

평탄도 : <0.002 mm, 고정밀 밀봉 표면에 적합합니다.

결함 : 소결된 미세 기공/균열을 제거하고 표면 응력 집중을 50% 감소시킵니다.

성능 개선 :

내식성 : 부식 시작점(미세 기공 등)을 줄이고 해수/H₂S₀₄ 에서 부식 속도를 1520% 감소시킵니다(ASTM G31) .

내마모성 : 마찰 계수가 20-30% 감소(PTFE/DLC 코팅 후 50 % 증가), 마모 손실 <0.05 mm³ / h(ASTM G65).

밀봉 성능 : 누출률 <10⁻⁶ mbar · L /s(헬륨 테스트, 15,000psi), 동적 밀봉 수명이 3050% 증가했습니다.

피로 수명 : 표면응력이 균일하고 피로파괴 저항성이 2030% 증가합니다.

제한 사항 :

비용이 높습니다. 연마 비용은 평방 센티미터당 520 위안이고, 초정밀 연마 비용은 2050 위안입니다.

가공의 어려움: 시멘트 카바이드는 경도가 높고(>1400 HV) 다이아몬드 공구가 필요하며 가공 효율이 낮습니다(0.10.5 mm³/min).

열 영향: 과도한 분쇄로 인해 미세 균열이 발생하고 내식성이 510% 감소할 수 있습니다.

2.3 연마 작업

심해 물개

O-링 (Ø 5200 mm), Ra <0.2 μm , H₂S/해수에 대한 내성, 수명 >1000 회 연결.

화학 펌프 본체

기계적 씰 링 (Ø 10150 mm), Ra <0.1 μm , H₂S₀₄(50%)에 대한 내성, 수명 >5000 시간.

항공 도구

절삭날(Ra <0.05 μm) 이 증가 하면 내마모성이 30% 증가하고, 절삭수명이 20% 증가합니다.

3. 소결 및 연마의 비교

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특성	소결	세련
표면 거칠기(Ra)	0.84.0 μm	< 0.050.2 μm
다공성	<0.001%0.02% (HIP/대기)	변화 없음, 표면 미세기공 감소
내식성	중간(해수 <0.01 mm/y, Ni 기반)	1520% 증가(부식률 감소)
내마모성	마모율 0.10.2 mm ³ / h	2050% 증가(마모 손실 <0.05 mm ³ / h)
밀봉 성능	누출률 >10 ⁻⁶ mbar·L / s	<10 ⁻⁶ mbar·L / 초
비용	낮음(소결 0.52kWh/kg)	높음(연마 550 원/cm ²)
애플리케이션	픽, 다이	셀, 펌프 바디, 절삭 공구

예시 :

소결 상태 : YG8 픽 (Ø 20 × 330 mm), 진공 소결(1450° C, 10⁻⁴ Pa), Ra 2.0 μm, 기공률 <0.01%, HCl(30%) 내식성 속도 0.08 mm /y, 광산에 적합합니다.

연마 처리 : YN10 셀 (Ø 50 mm), HIP 소결(1400° C, 120 MPa) + 연마(Ra <0.1 μm), 기공률 <0.001%, 해수부식률 <0.005 mm/y, 누설률 <10⁻⁶ mbar·L /s, 심해에 적합합니다.

4. 소결 및 연마 최적화 제안

소결 상태 최적화 :

분말 : 미립자 WC(0.5~1.5 μm), 기공률 50% 감소, 내식성 10% 증가.

압축 : 냉간 등방압 압축(250~300MPa), 블랭크의 밀도가 5~10% 증가하고, 소결 수축이 균일합니다.

소결 :

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

진공 (10⁻⁵ Pa, H2O2 <5 ppm): 잔류 탄소 <0.05%, 내식성이 10% 증가했습니다.

온도 조절 : ±3° C, 균일성 ±5° C, 밀도 편차 <±0.05 g/ cm³ .

연마 공정 최적화 :

도구 : 고농도 다이아몬드 연마 페이스트(15 μm) 를 사용하여 연마 효율을 20% 증가시킵니다.

매개변수 : 미세균열을 피하기 위해 낮은 압력(0.1~0.5MPa) + 낮은 속도(500~1000rpm)를 사용합니다.

냉각 : 수성 연마액(유량 510L/min), 열 충격 30% 감소.

후 처리 : PTFE/DLC 코팅, 마찰 계수 20% 감소, 침식 및 내부식성 3050% 증가.

장비 유지관리 :

소결 로 : 몰리브덴/텅스텐 가열소자는 4000 시간마다 유지보수를 실시하며, 오염물질은 30% 감소하고 기공률은 0.01% 감소합니다.

연마기 : 스펀들을 정기적으로 교정(편차 <0.01 mm)하면 평탄도가 10% 증가합니다 .

프로세스 통합 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 + 연마 : HIP 소결(기공율 <0.001%) + 초정밀 연마($Ra <0.05 \mu m$), 내식성 20% 증가, 밀봉 성능 50% 증가.

품질 검사 : 표면 결함의 SEM 관찰, 거칠기 측정기(정확도 $\pm 0.01 \mu m$)를 사용하여 $Ra <0.2 \mu m$ 를 보장합니다.

5. 표준

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

GB/T 51692013 : 다공성 등급 A02B00C00(진공), A00B00C00(HIP).

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

GB/T 38512015 : 굽힘 강도 1.82.8 GPa.

GB/T 7997- 2017 : 경도 1400-2200 HV.

NACE MR 0175 : H₂S/CO₂ 저항성, 부식 속도 <0.01 mm/y.

ISO 4287 : 표면 거칠기 $Ra <0.2 \mu m$ (연마).

6. 결론

소결 초경합금은 진공, HIP 또는 대기 소결을 통해 고밀도(>99%) 및 저기공률(<0.001%)의 미세 구조를 형성하여 내마모성 및 내부식성의 기반을 마련하며, 광산용 곡괭이와 같은 거친 표면 적용 분야에 적합합니다. 연마 처리를 하면 표면 거칠기가 $Ra <0.2 \mu m$ 로 감소하여 내식성 (1520% 증가), 내마모성(2050% 증가) 및 밀봉 성능(누설률 $<10^{-6} \text{mbar} \cdot L/s$)이 크게 향상되어 심해 씰, 화학 펌프 본체 및 항공 공구에 적합합니다. 소결 공정(예: HIP 1350° C, 120MPa) 및 연마 매개변수(예: 저압 연마)를 최적화하면 성능을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

추천 : CTIA GROUP LTD는 니켈 기반 시멘트 카바이드 씰, 펌프 본체 및 밸브 생산에 HIP 소결 및 초정밀 연마 기술($Ra <0.1 \mu m$)을 채택하여 심해 및 화학 산업과 같은 혹독한 환경의 요구 사항을 충족하는 우수한 내식성과 밀봉 성능을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

총수:

시멘트 카바이드 프레싱 및 소결에서 CIP 와 HIP 의 유사점과 차이점

1. 초경합금 제조 배경

초경합금(WC-Co)은 텅스텐 카바이드(WC)와 코발트(Co)를 결합제로 사용하여 제조됩니다. 높은 경도(HV1000~1800), 높은 내마모성, 그리고 우수한 고온 성능을 가지고 있습니다. 절삭 공구, 광산용 곡괭이, 그리고 군수 부품(예: 철갑탄)에 널리 사용됩니다. 제조 공정은 분말 제조, 프레스, 소결, 후가공으로 구성되며, 이 중 프레스와 소결은 재료의 밀도, 미세 구조 및 성능을 결정하는 핵심 단계입니다. 냉간 등방성 가압 성형(CIP)과 열간 등방성 가압 성형(HIP)은 초경합금 제조에 널리 사용되는 등방성 가압 기술입니다. 이 두 가지 기술은 균일한 압력을 통해 내부 결함을 제거하고 재료의 밀도와 기계적 특성을 향상시킵니다. 본 논문에서는 CIP 와 HIP 의 원리, 공정, 장단점, 그리고 초경합금의 성능에 미치는 영향을 자세히 분석합니다.

2. 냉간 등압 가압(CIP) 및 열간 등압 가압(HIP)의 원리

2.1 냉간 등압 가압(CIP)

냉간 등압 가압(CIP)은 상온 또는 저온(보통 100° C 미만)에서 액체 매질(물이나 오일 등)을 사용하여 분말이나 프리폼에 균일한 3 차원 압력을 가하는 가압 기술입니다. CIP 는 고무나 폴리우레탄과 같은 유연한 금형을 통해 분말 입자에 압력을 전달하여 입자 재배열과 초기 치밀화를 촉진하여 특정 강도의 "성형체"를 형성합니다. CIP 의 핵심 원리는 파스칼의 원리입니다. 즉, 밀폐 용기 내에서 액체가 압력을 전달할 때 모든 방향으로 균일하게 작용한다는 것입니다.

냉간 등방압 압착(CIP) 공정 흐름:

WC-Co 혼합분말을 유연한 금형에 넣고 밀봉합니다.

CIP 장비의 고압용기에 넣고 액상매체를 주입합니다.

고압(100~400MPa)을 가하고 몇 분간 유지합니다.

압력이 해소된 후, 녹색 본체를 꺼내어 후속 소결을 위해 준비합니다.

목표: 균일하고 밀도가 높은 녹색 본체를 형성하고, 압착 결함(예: 층 균열 및 박리)을 줄이며, 소결을 위한 좋은 기초를 제공합니다.

2.2 열간 등방압 성형(HIP)

열간 등압 가압(HIP)은 아르곤과 같은 불활성 가스를 사용하여 고온(일반적으로 1000~2000° C)과 고압(50~200 MPa)에서 소결된 초경합금 블랭크에 3 차원 등압을 가하는 공정입니다. HIP 는 일반적으로 소결 후 후가공 단계로 사용됩니다. 고온과 고압의 시너지 효과를 통해 소재 내부의 미세기공, 균열, 잔류응력을 제거하고 밀도와 기계적 성질을 더욱 향상시킵니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

열간 등방압 성형(HIP) 공정 흐름:

예비소결 또는 진공소결 시멘트 카바이드 블랭크는 HIP 장비의 밀폐된 용기에 넣어진다.

진공 후 불활성 가스(아르곤 등)를 주입합니다.

높은 압력을 가하고 몇 시간 동안 유지하면서 온도를 목표 온도까지 올립니다.

식어서 압력을 낮춘 후, 완성된 제품을 꺼냅니다.

목표: 시멘트 초경의 미세구조를 최적화하고, 내부 결함을 제거하고, 강도, 인성, 내마모성을 향상시킵니다.

3. CIP 와 HIP 의 공정 매개변수 비교

시멘트 카바이드 제조에서 CIP 와 HIP 의 공정 매개변수는 상당히 다르며, 이는 적용 시나리오와 효과에 영향을 미칩니다.

온도:

CIP: 실온 또는 저온($<100^{\circ}\text{C}$), 가열이 필요 없으며, 프레스 단계에 적합합니다.

HIP: 고온(WC-Co 의 경우 $1200\sim 1450^{\circ}\text{C}$)은 소결 온도에 가까워 원자 확산과 결함 치유를 촉진합니다.

압력:

CIP: $100\sim 400\text{ MPa}$, 더 높은 압력으로 분말 입자가 단단히 뭉쳐집니다.

HIP: $50\sim 200\text{ MPa}$, 낮은 압력과 높은 온도를 결합하면 미세기공을 제거하는 데 충분합니다.

중간:

CIP: 액체(물, 오일)의 압력이 유연한 금형을 통해 전달됩니다.

HIP: 불활성 가스(아르곤, 질소)가 블랭크에 직접 작용합니다.

처리 단계:

CIP: 압축 성형 단계로, 분말이나 프리폼 블랭크에 작용합니다.

HIP: 소결 후 처리 단계로, 소결된 빌렛에 작용합니다.

시간을 지켜라:

CIP: 몇 분 만에 빠르게 압축하고 성형합니다.

HIP: $1\sim 4$ 시간, 결함을 제거하기에 충분한 시간입니다.

4. CIP 및 HIP 에 대한 장비 요구 사항

CIP 장비:

구조: 고압 용기, 유압 펌프, 유연한 금형(고무 또는 폴리우레탄).

특징: 고온을 견딜 필요가 없고, 장비 비용이 저렴(약 $100\sim 500$ 만 위안)하지만

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고압에 강한 설계가 필요합니다.

유지관리: 액상 매체는 정기적으로 교체해야 하며, 금형은 마모되기 쉽습니다.

안전: 고압 액체 작업에는 엄격한 누출 방지가 요구됩니다.

HIP 장비:

구조: 고온 고압 용기, 가스 압축 시스템, 가열로.

특징: 고온, 고압을 견뎌야 하며, 장비 비용이 많이 들고(약 1,000~3,000 만 위안), 기술이 복잡합니다.

유지관리: 가스 순도에 대한 요구 사항이 높으므로 밀봉 시스템을 정기적으로 점검해야 합니다.

안전: 고온, 고압 가스를 사용하는 경우 방폭 조치가 필요합니다.

5. CIP 및 HIP의 적용 시나리오

CIP 신청:

프레스 성형: 시멘트 카바이드 공구(밀링 커터, 드릴 등), 픽, 복잡한 모양의 부품(노즐 등)의 그린 제조에 사용됩니다.

장점: 대량 생산에 적합하고, 성형이 균일하며, 복잡한 기하학적 모양에 적합합니다.

제한 사항: 초기 밀도만 제공하며, 밀도를 더욱 높이려면 이후 소결이 필요합니다.

HIP 응용 프로그램:

소결 후 처리: 고성능 시멘트 카바이드(항공기 엔진 블레이드, 정밀 공구 등)의 결함 제거 및 성능 최적화에 사용됩니다.

장점: 밀도가 상당히 향상(이론 밀도의 100%에 가까움), 강도와 인성이 향상됩니다.

제한사항: 비용이 많이 들고, 부가가치가 높은 제품에는 적합하지만, 저가형 부품에는 적합하지 않습니다.

6. CIP와 HIP의 장단점

6.1 CIP의 장점과 단점

이점:

압력이 균일하므로 복잡한 형상의 성형에 적합하며 층 균열 및 박리 결함이 줄어듭니다.

장비 및 운영 비용이 낮아 대규모 생산에 적합합니다.

조작은 간단하고 처리시간도 짧습니다(몇 분).

결점:

초기 밀도만 제공되며 녹색 밀도는 낮습니다(이론 밀도의 60~70%).

미세한 기공을 제거하는 것은 불가능하며 후속 소결이 필요합니다.

분말 유동성에 대한 높은 요구 사항과 불균일한 입자 분포로 인해 밀도가 일정하지 않을 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 HIP의 장점과 단점

이점:

고온과 고압의 상승효과로 밀도가 거의 100%에 가까워져 경도(+5~10%), 강도(+10~20%), 인성이 크게 향상됩니다.

미세기공과 균열을 제거하고, 미세구조를 개선하며, 부품 수명을 연장합니다(+20 - 50%).

고성능 시멘트 카바이드에 적합하며 항공, 군수 산업 등의 엄격한 요구 사항을 충족합니다.

결점:

장비와 운영 비용이 높고 처리 시간이 깁니다(몇 시간).

블랭크의 초기 품질이 높고, 소결 전 결함이 HIP 효과에 영향을 미칠 수 있습니다.

에너지 소비량이 많고 환경에 미치는 영향이 크다(가스 소비량, 난방 에너지 소비량).

7. CIP 및 HIP가 초경합금 특성에 미치는 영향

CIP의 영향:

밀도: CIP 그린 바디 밀도는 이론 밀도의 60~70%에 이르며 균일성이 높아 후속 소결을 위한 좋은 기초를 제공합니다.

미세구조: 압착 결함(예: 기공, 균열)을 줄이지만 입자 크기나 바인더 상 분포를 최적화할 수는 없습니다.

성능: 최종 성능에 간접적으로 영향을 미치며, 주로 그린 바디의 품질을 개선하고 불균일한 소결 수축을 줄이는 데 영향을 미칩니다(<2%).

HIP의 영향:

밀도: HIP 후, 시멘트 카바이드의 밀도는 이론 밀도의 100%에 가까워지고, 기공률은 <0.1%로 감소합니다.

미세구조: 미세화된 입자(WC 입자 크기 0.5 - 1 μm), 최적화된 코발트 상 분포, 감소된 잔류 응력.

성능: 경도가 5~10%(HV1600~1800) 증가하고, 굽힘 강도가 10~20%(2000~2500 MPa) 증가하고, 내마모성과 피로 수명이 크게 연장되었습니다.

8. 시멘트 카바이드 제조에서 CIP와 HIP의 시너지 효과

시멘트 카바이드 제조에서는 일반적으로 CIP와 HIP를 조합하여 "CIP 프레싱 + 진공 소결 + HIP 후처리"의 공정 경로를 형성합니다.

CIP: 소결 중 수축과 결함을 줄여 프레싱 단계에서 균일한 그린 바디 밀도를 보장합니다.

진공 소결: 고온(1350~1450° C) 액상 소결을 통해 블랭크는 이론 밀도의 90~95%에 도달합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

HIP: 후처리 공정으로 미세기공과 균열을 더욱 제거하고 미세구조를 최적화하며 고성능 요구 조건을 충족합니다. 이러한 시너지 효과는 초경합금의 품질을 크게 향상시킵니다. 예를 들어, 항공 터빈 블레이드에 사용되는 WC-Co 부품의 경우 CIP+HIP 공정 후 피로 저항성이 30% 향상되고 사용 수명이 50% 연장됩니다.

9. 요약표: CIP 와 HIP 의 유사점과 차이점

다음 표는 시멘트 카바이드 제조에서 CIP 와 HIP 의 유사점과 차이점을 요약한 것입니다.

프로젝트	냉간 등방압 가압(CIP)	열간 등방압 가압(HIP)
원칙	상온의 액체 매질은 균일한 3 차원 압력을 전달합니다.	고온, 고압의 불활성가스가 3 차원적인 압력을 가한다
온도	실온 또는 저온(<100° C)	고온(1200~1450° C)
압력	100~400MPa	50~200MPa
중간	액체(물, 기름)	불활성 가스(아르곤)
처리 단계	프레스 성형(녹색)	소결 후 처리(완제품)
장비 비용	하한(100 만~500 만 위안)	더 높음 (RMB 10~3000 만)
처리 시간	몇 분	1~4 시간
응용 프로그램 시나리오	커터, 픽, 복잡한 모양	항공 및 군용 고성능 부품
이점	균일한 성형, 저렴한 비용, 대량 생산에 적합	고밀도, 우수한 성능, 결함 적음
결점	밀도가 제한되어 있어 후속 소결이 필요합니다.	비용이 많이 들고 에너지 소모가 많다
성능 영향	그린마디 품질을 향상시키고 간접적으로 성능을 개선합니다.	밀도, 경도, 강도 및 인성이 크게 향상되었습니다.
대표적인 제품	밀링 커터, 드릴 비트, 노즐	터빈 블레이드, 정밀 공구

예시:

원리: CIP 는 파스칼의 원리에 기반하고, HIP 는 고온 원자 확산을 결합합니다.

공정 매개변수: 온도, 압력, 매체가 적용 단계를 결정합니다.

장비 및 비용: 기술적 복잡성과 경제적 타당성을 반영합니다.

성능 영향: CIP 는 친환경 부품을 최적화하고, HIP 는 완제품 품질을 개선합니다.

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

10. 결론

냉간 등방성 가압(CIP)과 열간 등방성 가압(HIP)은 초경합금 제조에서 상호 보완적인 등방성 가압 기술로, 각각 프레스 및 소결 후가공 단계에서 핵심적인 역할을 합니다. CIP 는 상온 고압 액체 매체를 통해 균일한 성형체를 형성하여 저비용 고효율을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

자랑하며 복잡한 형상의 부품 대량 생산에 적합하지만, 밀도가 제한적이고 후속 소결 최적화가 필요합니다. HIP 는 고온 고압 가스를 사용하여 미세 기공과 균열을 제거하여 초경합금의 밀도, 경도 및 인성을 크게 향상시킵니다. 고성능 항공 및 군사 용도에 적합하지만, 비용이 높고 공정이 복잡합니다. 실제 생산에서는 CIP 가 HIP 와 함께 사용됩니다. "CIP 프레스 + 진공 소결 + HIP 후가공" 공정을 통해 초경합금의 성능을 극대화하여 절삭 공구, 광산용 픽, 정밀 부품의 엄격한 요구 사항을 충족할 수 있습니다. 미래에는 나노 초경합금과 친환경 제조기술의 발전에 따라 CIP, HIP 의 공정 최적화(예: HIP 에너지 소모 감소, CIP 금형 내구성 향상)가 초경합금 산업의 발전을 더욱 촉진할 것입니다.

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