

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

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA 그룹 소개

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

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

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

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



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



2 부: 초경합금 의 제조 공정

4 장: 원료 선정 및 분말 제조

텅스텐 초경합금은 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합상으로 하여 분말 야금법을 통해 제조됩니다. 텅스텐 초경합금의 특성(경도 HV 1500~2500±30, 인성 K_{1c} 820 MPa·m^{1/2} ± 0.5, 압축 강도 >4000 MPa±100 MPa)은 원료의 품질과 분말 제조 공정에 따라 결정됩니다. 원료 선정 및 분말 제조는 초경합금 생산의 기본이 되며, 미세 조직(WC 입자 크기 0.110 μm±0.01 μm, Co 분포 균일도 >95%±1%)과 최종 성능(열전도도 80~120 W/m·K±5 W/m·K, 내식성 pH 212)을 결정합니다.

이 장에서는 텅스텐 카바이드 분말의 합성, 결합상과 첨가제의 선택, 분말 전처리 기술 및 분말 특성화 방법을 자세히 분석하며, 여기에는 공정 매개변수, 과학적 원리, 영향 요인, 최적화 전략 및 엔지니어링 응용 분야가 포함됩니다.

분말 제조에는 WC 입자 크기(0.110 μm±0.01 μm), 순도(유리 탄소 <0.1%±0.01%), 결합상 특성(Co/Ni 순도 >99.8%±0.01%), 분말 유동성(1316 초/50g±0.5 초)을 정밀하게 제어하여 소결 밀도(>99%±0.1%)와 성능 일관성(경도 편차 <±30 HV)을 확보해야 합니다. 예를 들어, 서브미크론 WC 분말(<0.5 μm±0.01 μm)은 공구 경도를 HV 2300±30 으로 높이고 항공 절삭 수명을 15 시간±1 시간으로 연장할 수 있습니다. 고순도 Co 분말(>99.9%±0.01%)은 드릴 비트의 인성을 향상시키고 (K_{1c} > 18MPa·m^{1/2} ±0.5), 채굴 수명이 1200m±100m 를 초과합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3 장에서는 WC 경도(HV 2000 - 3000±50)의 원천과 Co 인성 (K_{1c} 1520 MPa·m^{1/2} / ± 0.5) 의 기여를 통해 성능을 평가 하고 후속 성형 및 소결을 위한 이론적 및 공정적 기초를 제공합니다(5 장).

4.0 초경합금 종류 및 원재료 및 보조재료 개요

초경합금은 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 코발트(Co) 또는 니켈(Ni)을 결합상으로 갖는 고성능 복합 재료입니다. 절삭 공구, 금형, 내마모 부품 및 기타 분야에서 널리 사용됩니다. 다양한 적용 요건 및 성능 특성에 따라 초경합금은 일반형(YG 시리즈), 내열/내마모형(YT 시리즈), 고인성/내충격형(YW 시리즈), 니켈계 초경합금(YN 시리즈), 고엔트로피 합금형 및 적층 제조용 특수형으로 나눌 수 있습니다. 원재료 및 보조 재료의 종류와 비율은 초경합금의 종류와 제조 공정에 따라 다릅니다. 일반적으로 주원재료, 보조원재료 및 보조재의 세 가지 범주로 나눌 수 있습니다. 이러한 재료의 선택 및 사용은 제품 품질과 공정 일관성을 보장하기 위해 관련 표준을 엄격히 따라야 합니다.

4.0.0 시멘트 카바이드의 주요 유형

다음 표는 다양한 적용 시나리오와 공정 요구 사항을 반영하여 주요 시멘트 카바이드 유형과 그 특성, 공정 요구 사항, 적용 분야 및 따르는 표준을 자세히 나열합니다.

유형	주요 성분 및 특징	프로세스 요구 사항	적용 분야	표준 요구 사항
YG 시리즈	WC 와 Co 를 주성분으로 하고, 카본블랙을 첨가하여 경도와 인성이 높음	불순물의 유입을 방지하기 위해 소결 분위기와 온도를 엄격히 조절합니다.	절삭 공구(선삭 공구, 밀링 커터 등)	GB/T 5314-2011 샘플링 요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
YT 시리즈	TiC 를 첨가 하면 성형성, 고온 저항성, 내마모성을 향상시키기 위해 파라핀 윤활이 필요합니다.	불순물을 피하기 위해 소결 분위기와 온도를 조절합니다.	고속절삭(강철가공 등)	GB/T 5314-2011 샘플링 요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
YW 시리즈	TaC 및/또는 NbC 를 함유하고 있으며 아르곤 보호가 필요하며 인성과 고온 성능을 모두 갖추고 있습니다.	아르곤 분위기의 순도를 확보하고 온도를 정밀하게 제어합니다.	고성능 다이(스텝핑 다이 등)	GB/T 5314-2011 샘플링 요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
YN 시리즈	TiN 을 추가하여 우수한 내식성을 구현했습니다.	산화 방지를 위해 소결 분위기 및 온도를 제어합니다.	부식 방지 환경(예: 화학 장비)	GB/T 5314-2011 샘플링 요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
고엔트로피	다중 원소 조합(Cr, V, Mo, W,	정확한 비율, HIP	극한 환경(고온, 고압	GB/T 5314-2011 샘플링

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

유형	주요 성분 및 특징	프로세스 요구 사항	적용 분야	표준 요구 사항
합금	Ta 등)은 균일성을 보장하기 위해 정밀한 혼합 및 HIP 공정이 필요합니다.	소결에는 제어된 조건 등) 고압 (50-100MPa)이 필요합니다.		요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
적층 제조	성능 향상을 위해 표면 처리제를 첨가한 가스 분무법으로 제조된 구형 분말	가스 분무 공정, 엄격한 분위기 및 온도 관리	적층 제조 부품 (예: 항공우주 부품)	GB/T 5314-2011 샘플링 요구 사항을 준수하고 GB/T 26048-2010 소결 공정을 따릅니다.
설명하다	모든 유형은 배치 일관성을 보장하기 위해 GB/T 5314-2011의 샘플링 표준을 따라야 하며, 소결 공정은 GB/T 26048-2010에 따라 수행되며 불순물이 유입되는 것을 방지하기 위해 분위기와 온도를 정밀하게 제어하는 것을 강조합니다.			

4.0.1 초경합금의 주요 원료

주요 원료는 초경합금의 핵심 구성 요소로, 기계적 특성과 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 주요 원료에 대한 개요는 다음과 같습니다.

텅스텐 카바이드(WC, 텅스텐 카바이드):

기능: 경질상으로서 매우 높은 경도(>2000 HV)와 내마모성을 제공하며, 전체 구성의 70%-94% (중량 %)를 차지합니다.

사양: 순도 $\geq 99.8\%$, 입자 크기 0.2-5 μm (미립자 0.2-0.5 μm , 조립자 > 2 μm).

적용 범위: 모든 카바이드 유형.

코발트 분말(Co, Cobalt Powder):

기능: 전통적인 접합제로 사용되어 인성과 굽힘 강도를 향상시킵니다. 함량은 일반적으로 6~25% (중량 %)입니다.

사양: 순도 $\geq 99.9\%$, 입자 크기 1-5 μm .

적용 범위: YG, YT, YW 시리즈 및 고엔트로피 합금.

니켈 분말

기능: 내식성 결합상인 코발트를 대체하여 산화 저항성을 향상시키며, 함량은 5%-20% (중량 %)입니다.

사양: 순도 $\geq 99.9\%$, 입자 크기 1-5 μm .

적용 범위: YN 시리즈 및 적층 제조 유형.

기타 카바이드:

카바이드 (TiC)

고온 저항성과 크레이터 마모 저항성을 향상시키고, 함량 5%-20% (중량 %), 순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 0.5-2 μm , YT 및 YN 시리즈에 적합합니다.

탄화물 (TaC) / 탄화니오븀 (NbC)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고온 강도 및 변형 저항성을 향상시키고, 함량은 2%-10% (중량 %), 순도는 $\geq 99.5\%$, 입자 크기는 $0.5-3\mu\text{m}$ 이며, YW 시리즈 및 고엔트로피 합금에 적합합니다.

4.0.2 보조 원료

보조 원료는 성능을 최적화하거나 특정 공정 요건에 맞춰 조정하는 데 사용됩니다. 등급 및 적용 시나리오에 따라 유연하게 선택할 수 있습니다.

탄소 조절기:

카본 블랙

($\text{Co}_3 \text{ W}_3 \text{ C}$) 또는 유리탄소 의 형성을 방지합니다. 함량 0.1%-0.5% (중량 %), 순도 $\geq 99\%$, 입자 크기 $<1\mu\text{m}$, 모든 유형 (특히 액상 소결)에 적합합니다.

석묵

탄소원으로 탄소 함량을 0.1%-0.3% (중량 %)로 조절하고, 순도는 $\geq 99.5\%$, 입자 크기는 $1-5\mu\text{m}$ 이며, YG 시리즈 및 적층 제조 분말에 적합합니다.

희토류 원소:

세륨(Ce) / 란타넘(La)

입자를 미세화하고 굽힘 강도를 향상시킵니다. 함량은 0.1%~0.5% (중량 %)이며, 순도는 $\geq 99.9\%$ 입니다. 미세 입자 등급(예: YG6F, YN6F)에 적합합니다.

질화물/붕화물

질화물 (TiN)/텅스텐 붕화물(WB): 표면 경도 및 내식성을 향상시킵니다. 함량 1%-5% (중량 %), 순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 $0.5-3\mu\text{m}$, YT, YN 시리즈 및 적층 제조에 적합합니다.

4.0.3 부형제

보조 재료는 준비 및 소결 공정을 지원하여 공정 제어성과 제품 품질을 보장합니다.

윤활유:

스테아르산

혼합 및 압착 유동성을 향상시키고 함량은 0.5%-2% (중량 %), 산업 등급, 순도 $\geq 95\%$ 로 모든 압착 공정에 적합합니다.

파라핀 왁스

그린바디의 강도를 향상시키고, 함량은 1%-3% (중량 %), 융점은 $50-60^\circ\text{C}$ 로 복잡한 형상의 그린바디에 적합합니다.

용제:

에탄올/아세톤

습식 혼합 분산 매체, 세척 및 건조에 사용되며, 분석 등급, 농도 $\geq 99.5\%$, 모든 습식 혼합 및 적층 제조 후처리에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

대기 가스:

수소(H_2) /아르곤 (Ar)/질소 (N_2)

산화를 방지하기 위해 환원성 또는 불활성 분위기를 제공하고, 순도는 99.99% 이상이며, YG/YT(수소), YW/YN/HIP(아르곤), TiN 합금(질소)에 적합합니다.

플럭스(선택 사항):

붕산(H_3BO_3) : 소결 온도를 낮추고 함량은 0.1%-0.5%이며 분석 등급이며 미세 입자 및 고엔트로피 합금에 적합합니다.

4.0.4 원부자재 상세표

다음 표는 다양한 유형의 초경합금(니켈 기반 초경합금 YN 시리즈 포함)에 필요한 모든 원자재와 보조재를 체계적으로 나열하여 사양, 기능 및 적용 범위를 포괄합니다.

범주	재료	사양	효과	적용 가능한 유형
주요 원료	텅스텐 카바이드(WC)	순도 $\geq 99.8\%$, 입자 크기 0.2-5 μm	경도가 높고 내마모성이 우수한 경질상, 함량 70%-94% (중량 %)	모든 유형(YG, YT, YW, YN, 고엔트로피, 적층 제조)
	코발트 분말(Co)	순도 $\geq 99.9\%$, 입자 크기 1-5 μm	바인더상은 인성 및 굽힘강도를 향상시키며 함량은 6%-25% (중량 %)	YG(6%-15%), YT(6%-10%), YW(8%-12%), 하이엔트로피 이다.
	니켈 분말(Ni)	순도 $\geq 99.9\%$, 입자 크기 1-5 μm	내식성 결합상, 향상된 산화 저항성, 함량 5%-20% (중량 %)	YN 시리즈(YN6, YN8 등), 적층 제조
	탄화티타늄 (TiC)	순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 0.5-2 μm	고온 저항성 및 크레이터 마모 저항성 향상, 함량 5%-20% (중량 %)	YT 시리즈(YT15, YT30 등), YN 시리즈
	탄탈륨 카바이드 (TaC) / 니오븀 카바이드 (NbC)	순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 0.5-3 μm	고온 강도 및 변형 저항성 향상, 함량 2%-10% (중량 %)	YW 시리즈(YW1, YW2 등), 고엔트로피 합금
보조 원료	카본블랙(C)	순도 $\geq 99\%$, 입자 크기 <1 μm	탄소 균형을 조절하고 η 상 형성을 방지합니다. 함량 0.1%-0.5% (중량 %)	모든 유형(특히 액상소결)
	석묵	순도 $\geq 99.5\%$, 입자 크기 1-5 μm	탄소원으로 탄소함량을 0.1%~0.3% (중량 %)로 조절한다.	YG 시리즈, 적층 제조 분말
	희토류 원소(Ce/La)	산화물 형태, 순도 $\geq 99.9\%$	입자를 미세화하고 굽힘강도를 향상시키며, 함량은 0.1%-0.5% (중량 %)입니다.	미세 입자 등급(YG6F, YN6F 등)
	질화티타늄	순도 $\geq 99.5\%$	표면경도 및 내식성 향상, 함량 1%	YT, YN 시리즈, 적층 제조

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

범주	재료	사양	효과	적용 가능한 유형
	(TiN)/붕화텅스텐(WB)	입자 크기 0.5-3 μm	5% (중량 %)	
부형제	스테아르산	산업 등급, 순도 $\geq 95\%$	혼합 및 압착 유동성 향상, 함량 0.5%-2% (중량 %)	모든 프레스 공정
	파라핀 왁스	녹는점 50-60° C	그린바디 강도 강화, 함량 1%-3% (중량 %)	복잡한 모양의 공백
	에탄올/아세톤	분석 등급, 농도 $\geq 99.5\%$	습식 혼합 분산 매체, 세척 및 건조	모든 습식 혼합, 첨가 제조
	수소(H_2) /아르곤 (Ar)/질소 (N_2)	순도 $>99.99\%$	산화물 방지하기 위한 환원성 또는 불활성 분위기	모든 소결 공정(수소: YG, YT; 아르곤: YW, YN, HIP; 질소: TiN 합금)
	붕산 (H_3BO_3)	분석 등급	플럭스, 소결온도를 낮추며, 함량은 0.1%-0.5% (중량 %)입니다.	미세립, 고엔트로피 합금
특수 가공 소재	구형화제(PVA 등)	산업용 등급	분말의 구형도를 향상시킵니다. 함량 0.1%-0.5% (중량 %)	적층 제조(GB/T 34505-2017)
	TiCl_4 , CH_4 등)	고순도	코팅된 카바이드용	코팅 초경(YT, YN 시리즈)

참고: 이 표는 다양한 유형의 초경합금에 필요한 원자재 및 보조제를 다루며, 사양, 기능 및 적용 범위를 포함하여 준비 과정의 포괄성과 관련성을 보장합니다.

4.1 텅스텐 카바이드 분말(WC)의 물리적, 화학적 특성 및 제조

텅스텐 카바이드(WC)는 초경합금의 핵심 성분으로, 질량 분율이 70%~95%±1%입니다. WC의 우수한 물리적 및 화학적 특성은 초경합금의 전반적인 성능을 직접적으로 결정합니다. WC 분말은 높은 경도(HV 2000~3000±50), 높은 용점(2870° C±10° C), 우수한 화학적 안정성(산화 방지 엔탈피 <800 kJ/mol±20 kJ/mol)을 가지며, 내마모성과 내부식성이 우수합니다. WC 분말을 제조하려면 항공 도구(절삭 속도>300m/min±10m /min), 광산 드릴 비트(압축 강도>200MPa±10MPa), 내마모성 금형(압출 수명>10 6 배±10 5 배)과 같은 고급 응용 분야의 요구 사항을 충족하기 위해 입자 크기(0.1-10 μm ±0.01 μm), 순도(자유 탄소 <0.1%±0.01%, 산화물 <0.05%±0.01%) 및 형태(다각형, 모서리 <0.05 μm ±0.01 μm)를 엄격하게 제어해야 합니다.

탄화법은 숙련된 기술, 높은 수율(배치당 10 톤 이상 ±1 톤), 그리고 90%±2% 이상의 시장 점유율로 인해 WC 분말의 주요 합성법입니다. 또한, 플라즈마, 기계화학, 화학 기상 증착(CVD)과 같은 신기술이 특정 입자 크기 및 성능 요건을 충족하기 위해 현대 공정에 도입되었습니다. 탄화법으로 제조된 텅스텐 카바이드(WC) 분말의 합성법은 주로 다음과 같습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전통적인 탄화법:

텅스텐 분말(W)과 카본블랙(C)을 $1450 \sim 1600^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$ 의 고온에서 반응시켜 WC를 생성하는데, 이때 일반적으로 수소(H_2 , 유량 $50\text{L/min} \pm 5\text{L/min}$) 또는 진공($<10^{-2} \text{Pa} \pm 10^{-3} \text{Pa}$) 환경에서 반응시킨다. 분위기, 흑연로(전력 $>100\text{kW} \pm 10\text{kW}$)를 사용합니다. 가열 속도는 $5 \sim 10^{\circ} \text{C/min} \pm 0.5^{\circ} \text{C/min}$ 이며, 보온 시간은 $2 \sim 4$ 시간 ± 0.1 시간입니다. 고수율(>10 톤/배치 ± 1 톤)의 대량 생산에 적합합니다.

회전로 탄화법:

전통적인 탄화법을 기반으로 회전로(회전속도 $5\text{rpm} \pm 0.5\text{rpm}$)를 사용하여 동적 혼합을 통해 입자 크기 균일성(편차 $<5\% \pm 1\%$)을 향상시키고 응집($<5\% \pm 1\%$)을 감소시킵니다. 이는 서브마이크론 WC($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 생산에 적합합니다.

저온탄화법:

$<1200^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$ 에서 반응시키고, 재생 가능한 탄소원(바이오차 등)과 결합하고, 첨가제(VC, Cr_3 , C_2 등)를 통해 입자성장($<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)을 제어하여 나노 스케일 WC 분말에 적합하며, 에너지 소모를 $20\% \pm 5\%$ 절감합니다. 이러한 방법은 모두 순도(자유 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$)와 입자 크기 분포(편차 $<5\% \pm 1\%$)를 보장하기 위해 W:C 비율($1:1.02 \pm 0.01$), 분위기($\text{O}_2 <10 \text{ppm} \pm 1 \text{ppm}$), 냉각 속도($>50^{\circ} \text{C/분} \pm 5^{\circ} \text{C/분}$)를 제어해야 합니다.

이 섹션에서는 WC 분말의 물리적 및 화학적 특성, 생산 공정(주로 탄화법), 입자 크기 및 입자 분포의 중요성과 제어 기술, 순도 최적화 및 다분야에서의 응용 효과에 대해 포괄적으로 분석합니다.

4.1.0 텅스텐 카바이드 분말의 물리적 특성 및 화학적 특성

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 물리적 특성

초경합금의 핵심 성분인 텅스텐 카바이드 분말(WC)의 물리적 특성은 초경합금의 성능을 직접적으로 결정합니다. 다음은 결정 구조, 밀도(벌크 밀도와 탭 밀도로 구분), 용점, 열전도도, 열팽창 계수, 형태 및 기타 관련 특성을 포함하여 WC 분말의 물리적 특성에 대한 포괄적인 설명입니다.

(1) 텅스텐 카바이드 분말의 결정구조

결정형

WC 분말은 육방정계에 속하며, 공간군은 P6m2(186)이다.

격자 매개변수:

$$a = 0.2906\text{nm} \pm 0.0001\text{nm}$$

$$c = 0.2837\text{nm} \pm 0.0001\text{nm}$$

c/a 비율은 약 0.976으로, 격자가 높은 등방성을 가지고 있음을 나타냅니다.

단위 셀 특성

각 단위 셀에는 WC 분자가 하나씩 있습니다. 텅스텐(W) 원자와 탄소(C) 원자는 육방 조밀 구조로 배열되어 있습니다. W 원자는 육방 프리즘의 꼭짓점과 중심에 위치하고, C 원자는 육방 프리즘의 빈틈을 메워 안정적인 공유-이온-금속 혼합

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

결합을 형성합니다.

결정 안정성

육각형 구조는 WC 에 우수한 변형 저항성을 제공하며, 특히 고온 및 고압 조건 ($>1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, $>200\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$)에서 격자 변형률이 $<0.01\% \pm 0.001\%$ 로 극한 환경에서의 적용에 적합합니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 밀도

이론 밀도: $15.63\text{ g/cm}^3 \pm 0.05\text{ g/cm}^3$, 이론적인 최대값에 가깝고 WC 원자의 밀접한 배열을 반영합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 겉보기 밀도:

정의: 분말의 자연스러운 쌓임 상태에서의 밀도로, 입자 쌓임 효율성을 반영합니다.

값: $6.0\text{--}8.0\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$ (GB/T 1479.1-2011), 입자 크기와 형태에 영향을 받습니다.

서브미크론 WC ($0.1\text{--}0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$): 미세 입자 사이의 간격이 크기 때문에 겉보기 밀도가 낮습니다 ($6.0\text{--}6.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$).

마이크론급 WC ($1\text{--}5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$): 겉보기 밀도 $6.5\text{--}7.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$.

조립 WC ($5\text{--}10\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$): 입자가 더 밀집되어 있기 때문에 겉보기 밀도가 더 높습니다 ($7.5\text{--}8.0\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$).

영향: 겉보기 밀도는 프레스 성형체의 초기 밀도에 영향을 미칩니다. 미립자 WC 는 유동성을 향상시키기 위해 윤활제(예: 파라핀)를 첨가해야 합니다($<30\text{ 초}/50\text{g} \pm 2\text{ 초}$, GB/T 1482-2010).

텅스텐 카바이드 분말의 탭 밀도:

정의: 진동 후 분말의 밀도(진동 주파수 $60\text{ 회/분} \pm 5\text{ 회/분}$)로, 입자의 최대 충전 효율을 반영합니다.

값: $8.5\text{--}10.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$ (GB /T 5162-2014).

서브미크론 WC: $8.5\text{--}9.0\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$.

마이크론 등급 WC: $9.0\text{--}10.0\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$.

조립 WC: $10.0\text{--}10.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.2\text{ g/cm}^3$.

영향: 탭 밀도는 소결 후 밀도에 더 가깝고($>99\% \pm 0.1\%$), 높은 탭 밀도는 소결 수축을 감소시킵니다($<15\% \pm 2\%$).

실제 밀도: 소결 후 측정된 밀도는 $15.50\text{--}15.60\text{ g/cm}^3 \pm 0.05\text{ g/cm}^3$ (GB /T 3850-2015 배수 방법)이며, 이는 순도(유리 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$) 및 기공률($<0.05\% \pm 0.01\%$)의 영향을 받습니다.

적용 중요성: 높은 체적 밀도와 탭 밀도는 압착 및 소결 공정의 균일성을 보장하고, 시멘트 카바이드의 높은 압축 강도와 충격 저항성을 지원합니다.

(3) 텅스텐 카바이드 분말의 용점

녹는점: $2870^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. WC 는 상압에서 녹지 않고 W 와 C 로 분해됩니다. 분해 온도는 녹는점에 가깝습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

고온 안정성: $2000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 에서 격자 열팽창은 $<0.5\% \pm 0.1\%$ 이고, 중량 감소율은 $<0.01\% \pm 0.002\%/h$ 로 고온 절단($>1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$) 및 내마모성 코팅 응용 분야에 적합합니다.

분해 거동: 진공 또는 환원 분위기(H_2) 에서 분해 속도는 $<0.001 \text{ mg/cm}^2 \cdot h \pm 0.0002 \text{ mg/cm}^2 \cdot h$ 로 화학적으로 안정함을 나타냅니다.

(4) 텅스텐 카바이드 분말의 열전도도

열전도도: $84 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \pm 5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 로 순수 텅스텐($174 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \pm 5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)보다 약간 낮지만 대부분의 세라믹 소재보다 우수합니다.

온도 의존성: $25 \sim 1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 범위에서 열전도도는 온도 증가에 따라 천천히 감소(약 $10\% \pm 2\%$)하며, $1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 에서도 $75 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \pm 5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 을 유지합니다.

적용 중요성: 높은 열전도도는 열을 빠르게 방출하고, 고속 절삭($>300\text{m/min} \pm 10\text{m/min}$) 시 공구나 금형의 열 손상을 줄이며, 서비스 수명을 연장합니다(>12 시간 ± 1 시간).

(5) 텅스텐 카바이드 분말의 열팽창계수

선형 열팽창 계수: $5.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ($25 \sim 1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$).

온도 의존성: $1000^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 에서 팽창률은 $<0.52\% \pm 0.02\%$ 로 강철($12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)보다 훨씬 낮아 고온에서 치수 안정성을 보장합니다.

매칭: 열팽창 계수는 Co($5.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) 또는 Ni($6.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) 결합상과 유사하여 소결 후 잔류응력이 감소합니다($<50 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

(6) 텅스텐 카바이드 분말의 형태

입자 형태: WC 분말은 다각형 또는 거의 구형이며, 모서리는 $<0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이고 표면 거칠기 Ra 는 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ 입니다 (SEM 관찰).

형태학적 영향:

다각형 형태는 입자 접촉 면적을 증가시키고($>90\% \pm 2\%$), 소결 결합 강도를 향상시킵니다($>400\text{MPa} \pm 10\text{MPa}$).

미세한 모서리는 응집을 줄이고($<5\% \pm 1\%$), 유동성을 향상시킵니다(<30 초/ $50\text{g} \pm 2$ 초, GB/T 1482-2010). 또한 적층 제조에 적합합니다.

제조 영향: 탄화법($1450 \sim 1600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$)은 날카로운 모서리를 가진 다각형 입자를 생성하는 반면, 플라즈마법은 거의 구형의 입자(진원도 $>0.9 \pm 0.01$)를 생성합니다.

(7) 텅스텐 카바이드 분말의 비표면적

비표면적: $0.5 \sim 5 \text{ m}^2/\text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2/\text{g}$, 입자 크기에 따라 다름.

서브미크론 WC($0.1 \sim 0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$): 비표면적 $>3 \text{ m}^2/\text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2/\text{g}$.

마이크론 WC($1 \sim 5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$): 비표면적 $1 \sim 2 \text{ m}^2/\text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2/\text{g}$.

측정방법: BET 법(GB/T 19587-2017), 흡착량 $<0.5 \text{ cm}^3/\text{g} \pm 0.05 \text{ cm}^3/\text{g}$.

적용 중요성: 높은 비표면적은 소결 활성을 향상시키고(수축률 $>15\% \pm 2\%$), 시멘트 카바이드의 밀도를 개선합니다($>99\% \pm 0.1\%$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(8) 텅스텐 카바이드 분말의 전기적 특성

저항률: $0.2 \mu\Omega \cdot m \pm 0.02 \mu\Omega \cdot m$ ($25^\circ C$), 온도가 $1000^\circ C \pm 10^\circ C$ 로 상승함에 따라 약 $20\% \pm 2\%$ 증가합니다.

전기 전도도: 세라믹 재료보다 우수(저항률 $> 10^{-6} \mu\Omega \cdot m$), 금속 텅스텐($0.05 \mu\Omega \cdot m \pm 0.01 \mu\Omega \cdot m$)에 가까워 EDM에 적합합니다.

적용분야: EDM 가공에서 표면 거칠기 $Ra < 1 \mu m \pm 0.2 \mu m$, 정확도 $< 0.01 mm \pm 0.002 mm$.

(9) 텅스텐 카바이드 분말의 기타 특성

자성: WC 자체는 비자성이지만 Co와 혼합하면 약한 자성을 나타냅니다(포화 자화 강도 $< 0.1 A \cdot m^2 / kg \pm 0.01 A \cdot m^2 / kg$). 이는 불순물의 자기적 분리를 용이하게 합니다.

광택: 회흑색 금속 광택, 반사율 $< 20\% \pm 2\%$ (400-700 nm), 시각 검사에 사용됨.

흡습성: 수분 흡수율 $< 0.01\% \pm 0.002\%$ ($25^\circ C$, 50% RH), 밀폐 용기에 보관해야 합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 특성 및 응용

결정 구조 및 열 전도도: 육방정계와 높은 열 전도도는 내마모성 금형(변형 $< 0.01 mm \pm 0.002 mm$)과 고온 코팅($> 1000^\circ C \pm 10^\circ C$)을 지원합니다.

밀도 및 열팽창 계수: 높은 탭 밀도와 낮은 열팽창은 소결 성능을 최적화(밀도 $> 99\% \pm 0.1\%$)하고 적층 제조 부품의 품질을 향상시킵니다($Ra < 5 \mu m \pm 1 \mu m$).

형태 및 비표면적: 다각형 형태와 높은 비표면적은 소결 활동을 향상시키고 절삭 공구에 적합합니다($> 300 m/min \pm 10 m/min$).

입자 크기 상관 관계: 미립자 WC($< 0.5 \mu m \pm 0.01 \mu m$)는 압축 밀도를 개선하는 반면, 조립자 WC($5-10 \mu m \pm 0.01 \mu m$)는 적층 효율성을 향상시킵니다.

텅스텐 카바이드 분말의 물리적 특성 시험 및 제어

측정 방법 및 표준 :

밀도

GB/T 3850-2015 이론 밀도,

GB/T 1479.1-2011 부피 밀도,

GB/T 5162-2014 탭 밀도,

결정 구조(XRD, GB/T 27708-2011),

형태학(SEM, GB/T 16594-2008).

통제 기준

입자 크기 편차 $< 5\% \pm 1\%$ (GB/T 19077.1-2008), 순도는 밀도에 영향을 미치며, 유리 탄소는 $< 0.1\% \pm 0.01\%$ 로 유지해야 합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 물리적 특성은 육각형 구조($a=0.2906 nm \pm 0.0001 nm$, $c=0.2837 nm \pm 0.0001 nm$), 밀도(느슨한 $6.0-8.0 g/cm^3 \pm 0.2 g/cm^3$, 탭핑된 $8.5-10.5 g/cm^3 \pm 0.2 g/cm^3$, 이론적인 $15.63 g/cm^3 \pm 0.05 g/cm^3$), 녹는점($2870^\circ C \pm 10^\circ C$), 열전도도($84 W/(m \cdot K) \pm 5 W/(m \cdot K)$), 낮은 열팽창

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

계수 ($5.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), 다각형 형태(모서리 $<0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 우수한 전기적 특성을 갖추고 있습니다. 이러한 특성 덕분에 항공 공구, 광산용 드릴, 내마모성 금형 및 적층 제조 분야에서 우수한 성능을 발휘합니다. 입자 크기와 순도 변화에 따라 성능이 최적화되어 초경합금 적용을 위한 견고한 기반을 제공합니다.

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 화학적 특성

초경합금의 주성분인 텅스텐 카바이드 분말(WC)의 화학적 특성은 산업 응용 분야에서 안정성과 내구성에 중요한 역할을 합니다. 다음은 과학적 데이터와 산업 응용 표준(예: GB/T 5124-2017)을 기반으로 화학적 안정성, 내식성, 내산화성, 반응성 및 기타 관련 화학적 특성을 포함하는 WC 분말의 화학적 특성에 대한 포괄적인 설명입니다. 현재 날짜와 시간은 2025년 5월 22일 14:12 HKT입니다.

(1) 텅스텐 카바이드 분말의 화학적 안정성

실온 안정성

WC는 실온($25^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$)에서 매우 높은 화학적 안정성을 보이며, 대부분의 화학물질에 반응하지 않으며, 분해속도는 $<0.0001 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.00002 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$ 입니다.

산과 염기의 안정성

pH 2~12의 용액(예: HCl, NaOH)에서 부식 속도는 $<0.001 \text{ mm/년} \pm 0.0002 \text{ mm/년}$ 으로, 산 및 알칼리 환경에 대한 내성이 우수함을 나타냅니다.

고온 안정성

$600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 미만의 무산소 환경에서 WC는 표면에 유의미한 화학적 변화 없이 안정 상태를 유지합니다(중량 감소율 $<0.005\% \pm 0.001\%/\text{h}$). 불활성 분위기(예: Ar 또는 N_2 , 순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$)에서는 최대 $2000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 까지 안정성을 유지할 수 있습니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 내식성

산성 환경

희석산(예: 10% HCl 또는 H_2SO_4 , pH 2 ± 0.1)에서 WC의 부식속도는 $<0.001 \text{ mm/년} \pm 0.0002 \text{ mm/년}$ 이며 표면에 뚜렷한 구멍이 없습니다(SEM 관찰, 구멍 깊이 $<0.01 \mu\text{m} \pm 0.002 \mu\text{m}$).

알칼리성 환경

10% NaOH 용액(pH 12 ± 0.1)에서 부식 속도는 $<0.002 \text{ mm/년} \pm 0.0005 \text{ mm/년}$ 으로 양호한 알칼리 저항성을 나타냅니다.

식염수

3.5% NaCl 용액(모의 해수 환경)에서 부식 속도는 $<0.003 \text{ mm/년} \pm 0.0005 \text{ mm/년}$ 으로, 부식 방지 환경(화학 장비 등)에 적합합니다.

응용 프로그램의 중요성

우수한 내식성으로 인해 WC 파우더는 화학 펌프 쉘(수명 >5000 시간 ± 500 시간)과 같이 산성 또는 알칼리성 조건에서 사용되는 내마모성 부품에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

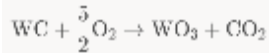
(3) 텅스텐 카바이드 분말의 산화성

항산화 능력

WC의 산화저항엔탈피는 $<800 \text{ kJ/mol} \pm 20 \text{ kJ/mol}$ 이며, $<600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서는 공기 중에서 거의 산화되지 않는다(산화속도 $<0.01 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.002 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$).

고온 산화

공기 중에서 $600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 이상에서 WC는 천천히 산화되어 다음 반응식을 갖는 WO_3 (황색 산화물)를 형성합니다.



$600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$

산화 속도: $0.01\text{--}0.05 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.005 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$, 산화층 두께: $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$.

$1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$

산화속도는 $0.5 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.05 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$ 로 증가하였고, 산화층 두께는 $1\text{--}2 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$ 였다.

대기 제어

환원 분위기(H_2 , $\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$) 또는 진공($<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$)에서 산화 속도는 $<0.001 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.0002 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$ 로 고온 처리에 적합합니다.

응용 프로그램의 중요성

고온 산화 환경(예: $600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 이상의 공기)에 장기간 노출되는 것은 피해야 합니다. 수명 연장을 위해 일반적으로 코팅(예: TiN)이나 불활성 분위기 보호(예: Ar)가 사용됩니다.

(4) 텅스텐 카바이드 분말의 반응성

강력한 산화제로

강한 산화제(예: 농축된 HNO_3 또는 H_2O_2)와 반응하여 WO_3 를 생성하며 반응 속도는 농도와 온도가 증가함에 따라 증가합니다.

$25^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, 10% HNO_3 : 반응속도 $<0.01 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.002 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$.

$80^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, 30% HNO_3 : 반응속도 $0.1\text{--}0.5 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.05 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$.

금속으로

고온 소결($>1200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$) 중 WC는 결합제 상(예: Co , Ni)와 반응하여 고용체(예: $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ 또는 $\text{Ni}_3\text{W}_3\text{C}$)를 형성합니다. 반응 정도는 분위기에 따라 조절됩니다.

수소 분위기(H_2): 반응속도 $<0.1 \% \pm 0.02\%/h$, 생성되는 η 상($\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$)의 비율은 $<0.5 \% \pm 0.1 \%$ 이다.

진공 분위기: 반응 속도가 $<0.05\% \pm 0.01\%/h$ 로 감소하여 η 상 형성이 감소합니다.

비금속으로

WC는 고온에서 탄소(C)와 반응하여 W_2C (저경도, $\text{HV} < 2000 \pm 50$)를 생성하며, 탄소 함량을 조절해야 합니다($\text{W}:\text{C}$ 몰비 $1:1.02 \pm 0.01$).

응용 프로그램의 중요성

소결 공정 동안 성능 저하를 방지하기 위해 분위기($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$)와 탄소 함량(자유 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$)을 엄격하게 제어해야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(5) 텅스텐 카바이드 분말의 화학 결합 특성

결합 유형: WC의 WC 결합은 공유 결합-이온 결합-금속 혼합 결합으로 결합 에너지는 $\sim 8.6 \text{ eV} \pm 0.1 \text{ eV}$ 입니다.

결합 길이: WC 결합 길이는 $0.219 \text{ nm} \pm 0.001 \text{ nm}$ 로 높은 결합 강도와 화학적 안정성을 제공합니다.

전자 구조: W의 5d 오비탈과 C의 2p 오비탈이 혼성화되어 강력한 공유 결합을 형성하며, 전자 밀도는 $\sim 0.8 \text{ e}/\text{\AA}^3 \pm 0.05 \text{ e}/\text{\AA}^3$ (DFT 계산)로, 높은 경도와 내식성을 나타냅니다.

적용 중요성: 강력한 결합 특성으로 인해 극한의 화학 환경에서 WC의 안정성이 보장되며 내식성이 높은 도구(예: 화학 금형)에 적합합니다.

(6) 텅스텐 카바이드 분말의 표면 화학 활성

표면 에너지: WC 분말의 표면 에너지는 $1.5\text{--}2.0 \text{ J/m}^2 \pm 0.2 \text{ J/m}^2$ (BET 방법으로 계산)이며 입자 크기가 작아질수록 증가합니다.

서브마이크론 수준 ($0.1\text{--}0.5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$): 표면 에너지 $\sim 2.0 \text{ J/m}^2 \pm 0.2 \text{ J/m}^2$.

마이크로미터 수준 ($1\text{--}5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$): 표면 에너지 $\sim 1.5 \text{ J/m}^2 \pm 0.2 \text{ J/m}^2$.

흡착: WC 분말의 O_2 및 H_2O 에 대한 흡착량은 $<0.01 \text{ mg/g} \pm 0.002 \text{ mg/g}$ (25°C , 50% RH)로 표면 활동이 낮음을 나타냅니다.

적용 중요성: 표면 활성도가 낮으면 보관 및 가공 중 분말의 산화가 줄어듭니다(산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$). 그러나 입자 성장을 제어하기 위해 표면 에너지를 줄이기 위해 첨가제(VC 등, $0.1\%\text{--}0.5\% \pm 0.01\%$)가 필요합니다.

(7) 텅스텐 카바이드 분말의 기타 화학적 특성

휘발성

WC는 $<2000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서 뚜렷한 휘발성이 없으며(휘발성 비율 $<0.001\% \pm 0.0002\%/h$), $>2500^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서 CO와 W 증기가 분해되고 휘발되기 시작합니다.

용해도

물에 녹지 않으며(용해도 $<0.001 \text{ g/L} \pm 0.0002 \text{ g/L}$) 대부분의 유기 용매(에탄올, 아세톤 등)에 용해되지 않으며 용해도는 $<0.002 \text{ g/L} \pm 0.0005 \text{ g/L}$ 입니다.

독성

WC 분말은 무독성($\text{LD}_{50} > 5000 \text{ mg/kg}$)이지만, 미세 입자($<0.5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$)를 흡입하면 폐 자극을 유발할 수 있으므로 보호 장비를 착용해야 합니다.

종합적인 영향 및 응용 연관성

화학적 안정성 및 내식성

높은 안정성으로 인해 화학 장비 썰과 같은 산성 및 알칼리성 환경에서 WC를 적용하는 데 적합합니다(수명 $> 5000 \text{ 시간} \pm 500 \text{ 시간}$).

산화와 반응성

고온 산화 및 η 상 형성을 제어해야 하며, 항공 도구와 같은 불활성 분위기에서 고온 가공($>1000^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

화학 결합과 표면 활동

강력한 결합과 낮은 표면 활동성은 장기 보관 안정성(산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$)을 보장하며 내마모성 코팅에 적합합니다(결합 강도 $>70 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$).

환경 적응성

낮은 용해도와 휘발성은 광산 드릴 비트(수명 $>1000\text{m} \pm 100\text{m}$)와 같은 다양한 작업 조건에서 WC의 신뢰성을 뒷받침합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 검출 및 제어

측정 방법: 부식 속도(GB/T 4335-2013), 산화 속도(GB/T 5124-2017 화학 분석법), 표면 에너지(BET, GB/T 19587-2017), 휘발성(TG-DSC, GB/T 17137-1997).

관리기준 : 유리탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$, 분위기 관리($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$).

텅스텐 카바이드 분말의 화학적 특성에는 높은 화학적 안정성(부식 속도 $<0.001 \text{ mm/년} \pm 0.0002 \text{ mm/년}$), 우수한 내식성(pH 2-12), 산화 저항성($<600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 산화 속도 $<0.01 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.002 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{h}$), 제한된 반응성(η 상과 W_2C 의 형성을 제어해야 함), 강력한 WC 결합(결합 에너지 $\sim 8.6 \text{ eV} \pm 0.1 \text{ eV}$), 낮은 표면 활동성(표면 에너지 $1.5\text{-}2.0 \text{ J/m}^2 \pm 0.2 \text{ J/m}^2$) 및 낮은 휘발성 및 용해도가 포함됩니다. 이러한 특성으로 인해 화학 장비, 내마모성 코팅, 항공 도구 및 광산 드릴에서 우수한 성능을 발휘하며 화학적 특성의 최적화는 시멘트 카바이드의 고성능 적용을 보장합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 생산 및 제조 - 탄화 제조 공정($1450\text{-}1600^\circ \text{C}$)

프로세스 원리

침탄법은 산업계에서 가장 널리 사용되는 제조 방법으로, 텅스텐 분말(W)과 카본블랙(C)을 고온에서 반응시켜 WC를 생성하는 것입니다. 반응식은 다음과 같습니다: $\text{W} + \text{C} \rightarrow \text{WC}$

) 또는 진공 분위기에서 $1450\text{-}1600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 의 고온에서 진행됩니다. 열역학적으로 반응의 깃스 자유 에너지는 음수($\Delta G < -38 \text{ kJ/mol} \pm 2 \text{ kJ/mol}$)이므로 자발적인 반응이 보장됩니다. 운동학적으로 탄소 원자는 고체 확산(확산 계수 $\sim 10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s}$)을 통해 텅스텐 격자 내로 진입하여 점진적으로 WC 결정립을 형성합니다.

프로세스 매개변수:

원료:

: 순도 $>99.9\% \pm 0.01\%$, 입자 크기 $0.5\text{-}5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

카본블랙: 순도 $>99.5\% \pm 0.01\%$, 입자 크기 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

반응 조건:

온도: $1450\text{-}1600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$.

분위기: 수소(H_2 , 순도 $>99.99\% \pm 0.01\%$, 유량 $50 \text{ L/min} \pm 5 \text{ L/min}$) 또는 진공($< 10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$).

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

가열 속도: $5-10^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

보유시간: 2-4 시간 ± 0.1 시간.

장비:

흑연로: 전력 $>100\text{ kW} \pm 10\text{ kW}$, 온도 저항 $>1800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$.

고정 또는 회전로: 혼합 균일성을 개선하기 위해 회전로 속도는 $5\text{ rpm} \pm 0.5\text{ rpm}$ 입니다.

프로세스 최적화:

온도 선택:

$1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$: 경도가 $5\% \pm 1\%$ 증가($\text{HV} >2900 \pm 50$)한 서브미크론 WC($<0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$)를 생산하며 고정밀 도구에 적합합니다.

$1600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$: 거친 WC($5-10\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$)를 생성 하고 수율을 $10\% \pm 2\%$ ($>12\text{ t/배치} \pm 1\text{ t}$) 증가시키며, 고강도 드릴 비트에 적합합니다.

장비 개선 사항:

회전로는 동적 혼합을 통해 입자 크기 균일성(편차 $<5\% \pm 1\%$)을 개선하고 수율을 $5\% \pm 1\%$ 증가시키는데, 이는 고정로(응집률 $>10\% \pm 2\%$)보다 우수합니다.

대기 제어:

수소 분위기($\text{O}_2 < 10\text{ ppm} \pm 1\text{ ppm}$)는 산화(산화물 $<0.03\% \pm 0.01\%$)를 억제하고 순도를 $1\% \pm 0.2\%$ 증가시킵니다.

진공 분위기는 탄소 휘발을 감소시키고(손실 $<0.1\% \pm 0.01\%$) 수율을 $2\% \pm 0.5\%$ 증가시킵니다.

영향 요인 분석:

원재료 비율:

W:C 몰비는 $1:1.02 \pm 0.01$ 로 조절됩니다. 탄소가 1.05 이상일 경우 유리탄소($0.2\% \pm 0.01\%$ 이상)가 생성되어 경도가 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다($\text{HV} <2700 \pm 50$). 탄소가 0.98 미만일 경우 W_2C (경도 $\text{HV} <2000 \pm 50$)가 생성되어 굽힘 강도가 $5\% \pm 1\%$ 감소합니다 ($3800\text{ MPa} \pm 100\text{ MPa}$ 미만).

반응 온도:

$\sim 1600^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 가 최적 온도 범위입니다. $1650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 이상에서는 결정립 성장($>10\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$) 이 유도되고 경도가 $5\% \pm 1\%$ 감소합니다. $1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 반응이 불완전하여 수율 $<95\% \pm 1\%$ 가 발생하고 순도가 $2\% \pm 0.5\%$ 감소합니다.

대기 제어:

수소 분위기($\text{O}_2 < 10\text{ ppm} \pm 1\text{ ppm}$)는 산화를 효과적으로 억제하고, 진공 분위기는 탄소 휘발을 감소시킵니다.

원료 입자 크기:

텅스텐 분말 $<1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 은 $\text{HV} 3000 \pm 50$ 의 경도를 갖는 서브미크론 WC($<0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$)를 생성합니다. $>5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 은 인성이 $10\% \pm 2\%$ 증가하는 거친

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC($5-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성합니다 ($K_{1c} > 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$).

장비 성능:

회전로(속도 $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$)는 응집을 줄이는데($< 5\% \pm 1\%$) 효과가 있었으며, 이는 고정로(응집 $> 10\% \pm 2\%$, 순도 감소 $1\% \pm 0.2\%$)보다 우수했습니다.

텅스텐 카바이드 분말의 엔지니어링 응용 사례:

항공 도구

$1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, H_2 분위기, 회전로 공정을 사용하여 $0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 의 WC 분말을 생성하였으며, 경도는 $\text{HV } 2950 \pm 50$, 유리탄소 함량은 $0.08\% \pm 0.01\%$ 입니다. 이 분말은 Ti-6Al-4V 합금 절삭(1000°C , 절삭 속도 $> 200 \text{ m/min} \pm 10 \text{ m/min}$)에 사용되며, 마모 손실은 $0.1 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$ 에 불과하고 수명은 $12 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$ 입니다.

광산 드릴 비트

$1600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 및 진공 분위기 공정을 사용하여 $5-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 의 WC 분말이 생성되었으며, 인성 $K_{1c} > 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, 경암 굴착(압축 저항성 $> 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$) 수명 $> 1000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$ 입니다.

내마모성 금형

$1-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ WC 분말, 균형 잡힌 경도와 인성, 냉간 압조 다이($> 10 \text{ 배} \pm 10 \text{ 배}$) 변형 $< 0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$.

4.1.2 기타 제조 방법

플라즈마 방법:

원리: 고온 플라즈마($> 5000^\circ \text{C} \pm 100^\circ \text{C}$)를 사용하여 텅스텐 분말과 메탄(CH_4)을 반응시켜 WC를 생성합니다.

프로세스 매개변수:

플라즈마 전력: $50-100 \text{ kW} \pm 10 \text{ kW}$.

분위기: 아르곤 (Ar, 순도 $> 99.99\% \pm 0.01\%$).

냉각 속도: $> 100^\circ \text{C/s} \pm 10^\circ \text{C/s}$.

장점: 고순도(유리탄소 $< 0.05\% \pm 0.01\%$)의 초미립 WC($0.1-0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성하여 하이엔드 응용 분야에 적합합니다.

적용 분야: 초경 공구(PCB 드릴 비트, 구멍 직경 $< 0.1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ 등).

기계화학적 방법:

원리: 텅스텐 분말과 카본블랙을 고에너지 볼 밀링(회전 속도 $300-500 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$)을 통해 기계적으로 반응시켜 WC를 생성합니다.

프로세스 매개변수:

볼 밀링 시간: $20 \sim 50 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$.

볼 대 재료 비율: $10:1 \sim 20:1 \pm 0.1$.

장점: 나노 스케일 WC($< 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$), 경도 $\text{HV } > 3100 \pm 50$ 을 생성할 수 있습니다.

적용 분야: 나노 코팅(항공기 블레이드 분무 등, 접합 강도 $> 80 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

화학 기상 증착(CVD):

원리: WC는 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 에서 WF_6 와 CH_4 의 반응에 의해 침전됩니다.

프로세스 매개변수:

증착 속도: $0.1\sim 0.5\ \mu\text{m}/\text{min}\pm 0.01\ \mu\text{m}/\text{min}$.

분위기: H_2 / Ar 혼합가스.

장점: 순도가 높음(유리탄소 $<0.03\%\pm 0.01\%$), 코팅에 적합함.

적용 분야: 내마모성 코팅(항공 터빈 블레이드, 수명 >5000 시간 ± 500 시간).

4.1.3 텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기

텅스텐 카바이드 분말(WC)은 초경합금의 핵심 소재이며, 그 입자 크기 특성은 초경합금의 성능 및 적용 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 과학적 데이터와 산업 표준(예: GB/T 19077.1-2008)을 기반으로 입자 크기의 의미, 범위, 분포, 성능 영향, 품질 관리 기술 및 검출 방법에 대한 종합적인 분석입니다. 현재 날짜와 시간은 2025년 5월 22일 14:20 HKT입니다.

(1) 텅스텐 카바이드 분말 입자 크기의 중요성

성능 결정: WC 분말의 입자 크기는 초경합금의 성능에 영향을 미치는 주요 매개변수로, 경도, 내마모성, 인성 및 소결 거동을 직접적으로 결정합니다.

미세한 입자 크기($<0.5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$)는 경도($\text{HV}>3000\pm 50$)와 내마모성을 향상시켜 고정밀 가공에 적합합니다.

거친 입자 크기($5\sim 10\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$)는 인성을 향상시킵니다 ($K_{1c}>20\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$). 이는 강한 충격 시나리오에 적합합니다.

가공 적응성: 입자 크기는 분말의 유동성($<30\ \text{초}/50\text{g}\pm 2\ \text{초}$, GB/T 1482-2010) 및 압착 성능에 영향을 미칩니다. 미립자 WC는 적층 제조(표면 거칠기 $R_a<5\ \mu\text{m}\pm 1\ \mu\text{m}$)에 적합하며, 조립자 WC는 전통적인 소결에 적합합니다.

소결 성능: 균일한 입자 크기 분포(편차 $<5\%\pm 1\%$)는 소결 밀도($>99\%\pm 0.1\%$)를 보장하고, 다공성을 감소($<0.05\%\pm 0.01\%$)시키고, 전반적인 강도를 향상시킵니다.

μm) 및 광산 드릴 비트($5\sim 10\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$)와 같이 다양한 적용 분야에는 특정 입자 크기의 매칭이 필요 합니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기 범위

전반적인 범위: WC 분말 입자 크기는 일반적으로 $0.1\sim 10\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ 입니다.

분류:

나노스케일($<0.1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$): 매우 높은 경도($\text{HV}>3100\pm 50$)로 고정밀 가공에 사용됩니다.

미크론 등급($0.1\sim 0.5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$): 경도 $\text{HV } 3000\pm 50$, 고정밀 도구에 적합합니다.

마이크론급($1\sim 5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$): 경도 $\text{HV } 2500\sim 2800\pm 50$, 인성 $K_{1c} 15\sim 20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$, 금형 제작에 적합함.

조립질($5\sim 10\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$): 인성 $K_{1c}>20\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$, 광산 드릴 비트에 적합함.

제조 영향: 입자 크기 범위는 제조 공정에 따라 결정됩니다. 예를 들어, 탄화(1450-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1600° C±10° C)는 0.5-10 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ 를 생성하고 기계 화학적 방법은 <0.1 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ 를 생성합니다.

(3) 텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기 분포 및 품질

유통 특성:

레이저 입자 크기 분석(GB/T 19077.1-2008)을 사용하여 D10, D50 및 D90을 측정했습니다.

서브미크론 수준: D50=0.3 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D10 = 0.1 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D90 = 0.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

미크론 수준: D50=3 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D10 = 1 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D90 = 5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

거친 등급: D50=8 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D10 = 5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$, D90 = 10 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

장단점 평가:

장점: 분포가 좁음(편차 <5%±1%), 입자가 균일함, 소결 후 밀도가 높음(>99%±0.1%), 성능 일관성이 우수함.

단점: 넓은 분포(편차 > 10% ± 2%), 불균일한 입자, 소결 후 기공률 증가(> 0.1% ± 0.02%), 큰 성능 변동(경도 편차 > 100 HV 등).

영향 요인: 원료 입자 크기(텅스텐 분말 <0.5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$), 반응 시간(2-4 시간±0.1 시간), 냉각 속도(>50° C/분±5° C/분).

(4) 텅스텐 카바이드 분말 크기가 초경합금 성능에 미치는 영향

가 높습니다. 서브미크론 WC(<0.5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$)는 HV >3000±50의 경도를 가지며, 이는 초경 공구(절삭 속도 >300 m/min±10 m/min)에 적합합니다.

인성: 입자 크기가 클수록 인성이 우수합니다. 조립 WC(5-10 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$)는 인성이 $K_{1c} > 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$ 로 광산용 드릴 비트(압축 저항성 > 200 MPa±10 MPa)에 적합합니다.

내마모성: 미세립 WC는 내마모성을 향상시키고, 항공 공구(0.3 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$) 마모 <0.08mm±0.02mm, 수명 >15 시간±1 시간입니다.

소결 성능: 균일한 분포(편차 <5%±1%), 감소된 다공성(<0.05%±0.01%), 향상된 굽힘 강도(>3800 MPa±100 MPa).

가공 성능: 미립자 WC는 분말 확산 균일성을 개선하고(유통성 <30 초/50g±2 초) 3D 프린팅에 적합합니다(인장 강도 >800MPa±50MPa).

예: 0.5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ WC 파우더(분포 편차 <3%±0.5%)는 수명이 >10 5 개 구멍±10 4 개 구멍인 PCB 드릴 비트에 사용됩니다. 8 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ WC 파우더는 드릴링 속도가 >5 m/h±0.5 m/h인 PDC 드릴 비트에 사용됩니다.

(5) 텅스텐 카바이드 분말 입자 크기의 품질 관리 기술

원료 관리: 텅스텐 분말 입자 크기 <0.5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ 는 0.1-0.5 $\mu\text{m}\pm 0.01 \mu\text{m}$ WC를 생성하고 오스트발트 숙성(성장 속도 ~10⁻⁹ m/s±10⁻¹⁰ m/s)이 억제됩니다.

반응 시간: 미세 WC(<0.5 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성하는 데 2시간 ± 0.1시간(1450° C ± 10° C)이 소요되고, 거친 WC(5-10 $\mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성하는 데 4시간 ± 0.1시간(1600° C ± 10° C)이 소요됩니다.

냉각 속도: 빠른 냉각(>50° C/min±5° C/min)은 입자 성장을 억제합니다(<0.01 μm

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

/min $\pm$ 0.001 μ m /min), 편차는 $<3\pm0.5\%$ 입니다.

첨가제: 탄화바나듐(VC, 0.1%-0.5 $\pm$ 0.01%)은 표면 에너지를 감소시키고(<1 J/ $m^2 \pm 0.1$ J/ m^2) 입자 크기를 10 $\pm$ 2% 줄입니다. 탄화크롬(Cr_3C_2 , 0.5 $\pm$ 0.01%)은 확산을 억제합니다(계수 $<10^{-11}$ $cm^2 / s \pm 10^{-12}$ cm^2 / s). 편차는 $<2 \pm 0.5\%$ 입니다.

장비 최적화: 회전로(속도 5 rpm $\pm$ 0.5 rpm) 동적 혼합, 입자 크기 균일성 향상(편차 $<5\% \pm 1\%$).

후처리: 응집물($<5\pm1\%$)을 제거하기 위한 스크리닝(기공 크기 $<10 \mu m \pm 0.1 \mu m$)과 분포를 조정하기 위한 공기 흐름 분류(GB/T 19077.1-2008)를 실시하며, 편차는 $<2\pm0.5\%$ 입니다.

(6) 텅스텐 카바이드 분말 입자 크기 검출 방법

레이저 입자 크기 분석: GB/T 19077.1-2008에 따르면 레이저 회절계를 사용하여 D10, D50 및 D90을 측정하며 편차는 $<5\pm1\%$ 입니다.

주사전자현미경(SEM): GB/T 16594-2008에 따라 입자 형태(다각형, 모서리 $<0.05 \mu m \pm 0.01 \mu m$) 및 응집($<5\pm1\%$)을 관찰 합니다.

를 추정합니다. 초대 입자($>5 \mu m \pm 0.01 \mu m$)에 적합합니다.

비표면적법: GB/T 19587-2017(BET 법)에 따라 평균 입자 크기를 계산합니다. 미크론 미만의 비표면적은 $>3 m^2/g \pm 0.2 m^2/g$ 입니다.

온라인 모니터링: 레이저 입자 크기 온라인 분석기를 사용하여 생산 과정에서 실시간으로 분포를 제어합니다(편차 $<3\% \pm 0.5\%$).

종합적인 영향 및 응용 연관성

성능 최적화: 미세립 WC(0.1-0.5 $\mu m \pm 0.01 \mu m$)는 경도와 내마모성을 향상시켜 항공 도구에 적합합니다(수명 >15 시간 ± 1 시간). 조립립 WC(5-10 $\mu m \pm 0.01 \mu m$)는 인성을 향상시켜 광산 드릴 비트에 적합합니다(수명 >1000 m ± 100 m).

품질 관리 효율성: 회전로와 첨가제(VC, Cr_3C_2)는 균일한 분포(편차 $<5\pm1\%$)를 보장하고 소결 일관성(밀도 $>99\pm0.1\%$)을 개선합니다.

검출 신뢰성: 레이저 입자 크기 분석과 SEM을 결합하면 정확한 분포 및 형태 데이터를 제공하여 공정 매개변수를 최적화합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기 특성은 초경합금의 성능에 매우 중요합니다. 입자 크기 범위(0.1~10 $\mu m \pm 0.01 \mu m$)는 나노 미터에서 거친 입자까지 포괄하며, 균일한 분포(편차 $<5\pm1\%$)는 성능의 일관성을 보장합니다. 미세 입자는 경도를 높이고, 거친 입자는 인성을 향상시키며, 품질 관리 기술(원료 관리, 첨가제, 회전로)과 검출 방법(레이저 입도 분석, SEM)을 통해 정확한 입자 크기를 보장합니다. WC 분말의 입자 크기 최적화는 항공 공구, 광산 드릴, 내마모성 금형 및 기타 분야에 고성능 지원을 제공합니다.

4.1.4 텅스텐 카바이드 분말의 순도

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 순도는 품질 관리의 핵심 지표이며, 초경합금의 성능, 가공성 및 수명에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 과학적 데이터와 산업 표준(예: GB/T 5124-2017)을 기반으로 순도의 정의, 주요 불순물, 영향 요인, 최적화 전략, 검출 방법 및 적용 효과에 대한 종합적인 분석입니다. 현재 날짜와 시간은 2025년

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 월 22 일 14:23(홍콩 표준시) 입니다 .

(1) 텅스텐 카바이드 분말 순도의 정의 및 지수

정의: WC 분말의 순도는 주성분인 WC의 함량을 말하며, 총 불순물 함량(유리 탄소, 산화물, 금속 불순물 등)은 일반적으로 가능한 한 낮아야 합니다.

주요 지표:

유리탄소 함량: $<0.1\% \pm 0.01\%$. 너무 높으면 경도(HV $<2800 \pm 50$)와 소결 밀도($<99\% \pm 0.1\%$)가 감소합니다.

산화물(예: WO_3) : $<0.05\% \pm 0.01\%$. 너무 높으면 기공이 증가합니다($>0.1\% \pm 0.02\%$).

금속 불순물(Fe, Cr 등): $<0.02\% \pm 0.005\%$, 초경합금의 성능에 영향을 미치지 않도록 합니다.

WC 상 순도: $>99.8\% \pm 0.02\%$, W_2C 또는 기타 2차상 없음(낮은 경도, HV $<2000 \pm 50$)을 보장합니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 주요 불순물 및 그 출처

자유 탄소:

(W:C 몰 비율 $>1.05 \pm 0.01$) 또는 탄화 제조 중 반응이 완료되지 않음(온도 $<1400^\circ C \pm 10^\circ C$).

영향: 유리탄소 $>0.2\% \pm 0.01\%$ 일 때 경도는 $3\% \pm 0.5\%$ 감소(HV $<2700 \pm 50$)하고, 소결 후 기공률은 증가합니다($>0.2\% \pm 0.02\%$).

산화물:

출처: 원료의 산화(텅스텐 분말에는 $>0.1\% \pm 0.01\%$ 가 포함되어 있음) 또는 제조 공정 중 대기 중 산소 함량이 높음($O_2 >10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$).

영향: 산화물 함량이 $>0.05\% \pm 0.01\%$ 일 경우, 소결 후 기공률이 증가하고($>0.1\% \pm 0.02\%$) 강도는 $5\% \pm 1\%$ 감소합니다(굽힘 강도 $<3800 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$).

금속 불순물:

원인: 장비 마모(불밀에서 유입된 Fe 등, $>0.1\% \pm 0.01\%$) 또는 불순한 원료(Cr, Mo 등).

영향: Fe $>0.02\% \pm 0.005\%$ 일 때 경도는 $2\% \pm 0.5\%$ 감소하고 내식성이 감소합니다(부식률 $>0.002 \text{ mm/년} \pm 0.0005 \text{ mm/년}$).

(3) 텅스텐 카바이드 분말 순도가 초경합금 성능에 미치는 영향

경도 및 내마모성: 높은 순도(유리탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$)로 경도 HV $>2900 \pm 50$, 항공 도구 마모 $<0.08 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 수명 $>15 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$ 을 보장합니다.

인성: 산화물 $<0.03\% \pm 0.01\%$ 감소된 기공률, 인성 $K_{1c} > 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$, 광산 드릴 비트 수명 $>1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$.

소결 성능: 높은 순도(WC 상 $>99.8\% \pm 0.02\%$), 향상된 밀도($>99\% \pm 0.1\%$), 압축 강도 $>4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$.

내식성: 금속 불순물 $<0.02\% \pm 0.005\%$ 로 내식성(pH 2-12, 부식 속도 $<0.001 \text{ mm/년} \pm 0.0002 \text{ mm/년}$)을 보장하며 화학 장비에 적합합니다.

자유탄소 함량이 $0.07\% \pm 0.01\%$ 이고 산화물 함량이 $<0.02\% \pm 0.005\%$ 인 분말은 내마모성

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

금형에 사용되며, 그 수명은 $>10^6 \pm 10^5$ 배입니다. 이는 자유탄소 함량이 $0.2\% \pm 0.01\%$ 인 WC(수명 $<8 \times 10^5 \pm 10^5$ 배)보다 우수합니다.

(4) 텅스텐 카바이드 분말 순도 최적화 전략

원자재 관리:

텅스텐 분말 순도 $>99.9\% \pm 0.01\%$, $0 < 0.05\% \pm 0.01\%$ 함유; 카본블랙 순도 $>99.5\% \pm 0.01\%$, $0 < 0.03\% \pm 0.01\%$ 함유.

효과: 초기 산화물과 최종 산화물을 $0.02\% \pm 0.005\%$ 감소시킵니다.

탄소 함량 제어:

W:C 몰 비율은 $1:1.01 \pm 0.01$ 로, 완전한 반응을 보장하고 유리 탄소를 $0.08\% \pm 0.01\%$ 로 줄이며 경도를 $2\% \pm 0.5\%$ 증가시킵니다.

과도한 탄소(>1.05)는 흑연($>0.3\% \pm 0.01\%$)을 생성하는 반면, 탄소가 부족(<0.98)하면 W_2C 가 생성됩니다.

대기 제어:

수소분위기(H_2 , $O_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$): WO_3 환원 (환원율 $>99\% \pm 1\%$), 산화물 $<0.03\% \pm 0.01\%$.

진공 분위기($<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$): 탄소 휘발을 억제하고 순도를 $1\% \pm 0.2\%$ 증가시킵니다.

후처리:

체질(기공 크기 $<10 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$): 응집물($<5\% \pm 1\%$)을 제거하고 순도를 $0.5\% \pm 0.1\%$ 증가시킵니다.

산세척(HCl , $pH 2 \pm 0.1$): 철분($<0.01\% \pm 0.002\%$)을 제거하고 경도를 $1\% \pm 0.2\%$ 증가시킵니다.

장비 개선 사항:

탄소 오염을 줄이기 위해 고순도 흑연로($C < 0.01\% \pm 0.002\%$ 함유)를 사용합니다.

회전로(속도 $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$)는 반응 균일성을 개선하고 유리 탄소를 $0.02\% \pm 0.005\%$ 감소시켰습니다.

(5) 검출방법

자유탄소 검출: GB/T 5124-2017 화학분석방법에 따라 고온연소 후 CO_2 함량을 $\pm 0.005\%$ 의 정확도로 측정합니다.

γ 함량은 산 용해 및 적정을 통해 측정되며 정확도는 $\pm 0.002\%$ 입니다.

금속불순물 검출: ICP-MS(GB/T 13748.20-2009), Fe, Cr 등을 검출, 검출한계 $<0.001\%$.

상순도 분석: X선 회절(XRD, GB/T 27708-2011)을 통해 WC 상의 순도를 확인하고 W_2C 또는 흑연 상을 배제합니다.

온라인 모니터링: 적외선 가스 분석기는 생산 과정에서 CO_2 배출량을 실시간으로 모니터링하고 자유 탄소($<0.1\% \pm 0.01\%$)를 제어하는 데 사용됩니다.

종합적인 영향 및 응용 연관성

향상된 성능: 높은 순도(자유 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$)는 시멘트 카바이드의 높은 경도($HV >2900 \pm 50$) 및 인성 ($K_{Ic} > 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

공정 최적화: 분위기 제어 및 후처리(산세척 등)를 통해 불순물이 크게 줄어들어 고급 응용 분야(항공우주 도구, 광산 드릴 비트)에 적합합니다.

검출 신뢰성: 화학 분석과 XRD를 결합하여 정확한 순도 데이터를 보장하고 생산 공정을 최적화합니다.

요약하다

텅스텐 카바이드 분말의 순도는 유리 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$, 금속 불순물 $<0.02\% \pm 0.005\%$ 를 주요 지표로 하며, 이는 초경합금의 경도, 인성, 소결 성능 및 내식성에 직접적인 영향을 미칩니다. 원료 관리, 정밀한 탄소 함량 비율, 분위기 최적화 및 후가공 기술을 통해 순도를 효과적으로 향상시킬 수 있으며, 검출 방법(화학 분석, XRD)은 안정적인 품질을 보장합니다. 고순도 WC 분말은 항공 공구, 내마모성 금형 및 기타 분야에 탁월한 성능 지원을 제공합니다.

4.1.5 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량

텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량은 화학적 안정성, 경도 및 소결 거동에 직접적인 영향을 미치는 제조 및 성능 최적화에 있어 중요한 매개변수입니다.

(1) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량 정의 및 지표

정의: 탄소 함량은 WC 분말의 총 탄소 함량을 의미하며, 결합 탄소(WC를 형성하는 탄소)와 유리 탄소(미반응 탄소)를 포함합니다. 이상적인 WC의 이론 탄소 함량은 $6.13\% \pm 0.01\%$ 입니다(몰 비율 W:C = 1:1).

텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량에 대한 주요 지표:

총 탄소 함량: 결합 탄소와 자유 탄소를 포함하여 $6.0\% - 6.2\% \pm 0.01\%$.

유리탄소: $<0.1\% \pm 0.01\%$. 너무 높으면 경도와 밀도가 감소합니다.

결합 탄소: $5.9\% - 6.1\% \pm 0.01\%$, WC 상 형성 정도를 반영합니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량 범위

WC 분자식에 해당하는 탄소 질량 분율은 $6.13\% \pm 0.01\%$ 입니다. 즉, 1 mol W(183.84 g)가 1 mol C(12.01 g)와 결합합니다.

실제 범위:

저탄소상태($5.9\% - 6.0\% \pm 0.01\%$): W_2C (탄소 함량 $3.16\% \pm 0.01\%$) 또는 W 상이 생성될 수 있으며, 경도가 저하된다(HV $<2000 \pm 50$).

정상범위($6.0\% - 6.2\% \pm 0.01\%$): 이론값에 가깝고 고성능 초경합금에 적합합니다.

고탄소 상태($>6.2\% \pm 0.01\%$): 자유 탄소가 증가하고($>0.2\% \pm 0.01\%$), 경도가 감소하고(HV $<2700 \pm 50$), 기공률이 증가합니다($>0.2\% \pm 0.02\%$).

제조 영향: 탄화법($1450 - 1600^\circ C \pm 10^\circ C$)은 W:C 몰 비율을 $1:1.01 \pm 0.01$ 로 제어하여 안정적인 탄소 함량을 보장합니다.

(3) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량이 초경합금의 성능에 미치는 영향

경도 및 내마모성: 탄소 함량 $6.0\% - 6.2\% \pm 0.01\%$ 로 경도 HV $>2900 \pm 50$, 항공 도구 마모 $<0.08mm \pm 0.02mm$, 수명 >15 시간 ± 1 시간을 보장합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

인성: 낮은 탄소($<5.9\% \pm 0.01\%$)는 W_2C 를 생성 하고 인성은 감소합니다 ($K_{1c} < 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$). 높은 탄소($>6.2\% \pm 0.01\%$)의 자유 탄소는 인성의 일관성을 감소시킵니다.

소결 특성: 탄소 함량 $6.1\% \pm 0.01\%$ 는 소결 밀도($>99\% \pm 0.1\%$)를 최적화하고, 압축 강도는 $>4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$ 입니다. 자유 탄소가 $>0.1\% \pm 0.01\%$ 이면 기공률이 증가합니다($>0.1\% \pm 0.02\%$).

부식 저항성: 유리탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$ 부식 저항성 유지(pH 2-12, 부식 속도 $<0.001 \text{ mm/년} \pm 0.0002 \text{ mm/년}$).

탄소 함량이 $6.08\% \pm 0.01\%$ (자유탄소 $0.07\% \pm 0.01\%$)인 분말을 내마모성 금형에 사용하면 수명이 $>10^6$ 배 $\pm 10^5$ 배로 탄소 함량이 $6.25\% \pm 0.01\%$ (자유탄소 $0.2\% \pm 0.01\%$)인 WC 보다 우수합니다(수명 $<8 \times 10^5$ 배 $\pm 10^5$ 배).

(4) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량 최적화 전략

원자재 관리:

카본블랙의 순도는 $>99.5\% \pm 0.01\%$ 이고, 입자크기는 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 탄소의 균일한 분포를 보장합니다.

텅스텐 분말에는 $0 < 0.05\% \pm 0.01\%$ 가 함유되어 있어 산화 반응을 감소시키고 탄소 함량에 영향을 미칩니다.

탄소 함량 비율:

W:C 몰 비율은 $1:1.01 \pm 0.01$ 이고, 휘발을 보상하기 위해 약간 과량의 탄소가 포함되어 있으며, 결합 탄소는 $6.1\% \pm 0.01\%$ 에 이르고, 자유 탄소는 $<0.1\% \pm 0.01\%$ 입니다.

과도한 탄소(>1.05)는 흑연($>0.3\% \pm 0.01\%$)을 생성하고, 부족한 탄소(<0.98)는 W_2C 를 생성합니다.

반응 조건:

온도: $1450-1600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 반응 완료, 탄소 결합률 $>98\% \pm 1\%$.

분위기: 수소(H_2 , $O_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$) 또는 진공($<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$), 탄소 휘발 감소(손실 $<0.1\% \pm 0.01\%$).

단열 시간: $2 \sim 4$ 시간 ± 0.1 시간으로 충분한 탄화 반응을 보장합니다.

후처리:

열처리($800^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, H_2 분위기): 유리탄소 제거($0.05\% \pm 0.01\%$ 감소).

산세척(HCl , pH 2 ± 0.1): 탄화가 불완전하여 생긴 불순물을 제거하고 순도를 $0.5\% \pm 0.1\%$ 증가시킵니다.

장비 최적화:

회전로(속도 $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$)는 혼합 균일성을 향상시키고 탄소 분포 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

고순도 흑연로(C $<0.01\% \pm 0.002\%$ 함유)는 외부 탄소 오염을 줄입니다.

(5) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량 검출 방법

총 탄소 함량: GB/T 5124-2017, 고온 연소 적외선 흡수법에 따라 CO_2 함량을 측정하며 정확도는 $\pm 0.005\%$ 입니다.

결합 탄소: 고온 연소 후, 자유 탄소는 산 용해에 의해 분리되고, 남아 있는 탄소는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

정확도가 $\pm 0.002\%$ 인 결합 탄소입니다.

자유 탄소: 차이 (총 탄소 - 결합 탄소) 또는 직접 연소 방법으로 계산, 정확도 $\pm 0.005\%$.

상 분석: X 선 회절(XRD, GB/T 27708-2011)을 통해 WC 상의 순도를 확인하고 W_2C 또는 흑연 상을 검출합니다.

온라인 모니터링: 적외선 가스 분석기는 실시간으로 CO_2 배출량을 모니터링하고 자유탄소($<0.1\% \pm 0.01\%$)를 제어합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량의 종합적 영향 및 그 응용 상관관계

6.0%-6.2% $\pm 0.01\%$ 의 함량(자유탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$)은 시멘트 카바이드의 높은 경도(HV $>2900 \pm 50$) 및 인성($K_{Ic} > 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 보장합니다.

공정 효율성: 정밀한 비율과 분위기 제어로 탄소 편차가 줄어들어 항공 도구(수명 >15 시간 ± 1 시간) 및 내마모성 금형(>10 6 배 ± 10 5 배)에 적합합니다.

검출 신뢰성: 화학 분석과 XRD를 결합하여 정확한 탄소 함량 데이터를 제공하고 생산 공정을 최적화합니다.

텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량은 6.0%~6.2% $\pm 0.01\%$ 의 이상적인 범위이며, 결합 탄소량은 5.9%~6.1% $\pm 0.01\%$, 자유 탄소량은 0.1% $\pm 0.01\%$ 미만입니다. 이는 경도, 인성 및 소결 성능에 매우 중요합니다. 탄소 함량은 원료 관리, W:C 비율 최적화, 반응 조건 조정 및 후처리 기술을 통해 효과적으로 조절할 수 있으며, 검출 방식(적외선 흡수법, XRD)은 안정적인 품질을 보장합니다. 적절한 탄소 함량의 WC 분말은 항공 공구, 광산 드릴 비트 및 기타 분야에 고성능 지원을 제공합니다.

4.1.6 텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기, 순도, 탄소 함량 등의 품질 관리 및 시험

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 입자 크기, 순도 및 탄소 함량은 품질 관리의 핵심 매개변수이며, 이는 초경합금의 성능과 적용 신뢰성을 직접적으로 결정합니다. 다음은 과학적 데이터와 산업 표준(예: GB/T 19077.1-2008, GB/T 5124-2017)을 기반으로 한 품질 관리 기술, 검출 방법 및 종합적인 영향에 대한 종합적인 분석입니다. 현재 날짜와 시간은 2025년 5월 22일 14:32(홍콩 표준시)입니다.

(1) 텅스텐 카바이드 분말의 입자 크기 품질 관리 및 시험

제어 기술:

원료 관리: 텅스텐 분말 입자 크기 $<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 는 $0.1-0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ WC를 생성하고 오스트랄트 숙성(성장 속도 $\sim 10^{-9} \text{ m/s} \pm 10^{-10} \text{ m/s}$)이 억제됩니다. 반응 시간: 미세 WC($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성하는 데 2시간 ± 0.1 시간($1450^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)이 소요되고, 거친 WC($5-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 생성하는 데 4시간 ± 0.1 시간($1600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$)이 소요됩니다.

냉각 속도: 빠른 냉각($>50^\circ \text{C/min} \pm 5^\circ \text{C/min}$)은 입자 성장을 억제합니다($<0.01 \mu\text{m/min} \pm 0.001 \mu\text{m/min}$), 편차는 $<3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

첨가제: 탄화바나듐(V₂C, 0.1%-0.5% $\pm 0.01\%$)은 표면 에너지를 감소시키고($<1 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2$) 입자 크기를 10% $\pm 2\%$ 줄입니다. 탄화크롬(Cr_3C_2 , 0.5% $\pm 0.01\%$)은 확산을 억제합니다(계수 $<10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$). 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비 최적화: 회전로(속도 $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$)는 혼합 균일성을 개선하고 입자 크기 분포 편차는 $<5\% \pm 1\%$ 입니다.

후처리: 응집물($<5\% \pm 1\%$)을 제거하기 위한 스크리닝(기공 크기 $<10 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)과 분포를 조정하기 위한 공기 흐름 분류(GB/T 19077.1-2008)를 실시하며, 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

검출 방법:

레이저 입자 크기 분석: GB/T 19077.1-2008에 따르면 레이저 회절계를 사용하여 D10, D50 및 D90을 측정하며 편차는 $<5\% \pm 1\%$ 이고, 서브마이크론 D50은 $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 입니다.

주사전자현미경(SEM): GB/T 16594-2008에 따라 형태(다각형, 모서리 $<0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 응집($<5\% \pm 1\%$)을 관찰 합니다.

침전 방법: GB/T 14634.2-2010에 따라 침전 속도를 측정하며 조립자($>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)에 적합합니다.

비표면적법: GB/T 19587-2017(BET 법)에 따라 평균 입자 크기를 계산합니다. 미크론 미만의 비표면적은 $>3 \text{ m}^2/\text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2/\text{g}$ 입니다.

온라인 모니터링: 레이저 입자 크기 온라인 분석기는 $<3\% \pm 0.5\%$ 의 편차로 실시간으로 분포를 제어합니다.

(2) 텅스텐 카바이드 분말의 순도 품질 관리 및 시험

제어 기술:

원자재 관리: 텅스텐 분말 순도 $>99.9\% \pm 0.01\%$, $0 < 0.05\% \pm 0.01\%$ 함유; 카본블랙 순도 $>99.5\% \pm 0.01\%$, $0 < 0.03\% \pm 0.01\%$ 함유.

탄소 함량 비율: W:C 몰 비율 $1:1.01 \pm 0.01$, 유리 탄소는 $0.08\% \pm 0.01\%$ 로 감소됨.

분위기 제어: 수소(H_2 , $\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$)는 WO_3 (환원율 $> 99\% \pm 1\%$), 산화물 $<0.03\% \pm 0.01\%$ 를 감소시키고, 진공 분위기($<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$)는 탄소 휘발을 억제합니다.

후처리: 응집물을 제거하고 순도를 $0.5\% \pm 0.1\%$ 증가시키기 위한 스크리닝(기공 크기 $<10 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)과 Fe($<0.01\% \pm 0.002\%$)를 제거하기 위한 산 세척(HCl , $\text{pH} 2 \pm 0.1$)을 실시합니다.

장비 최적화: 고순도 흑연로($\text{C} < 0.01\% \pm 0.002\%$ 함유)는 탄소 오염을 줄이고 회전로는 반응 균일성을 향상시킵니다.

검출 방법:

자유탄소 검출: GB/T 5124-2017, 고온연소 적외선 흡수법에 근거, 정확도 $\pm 0.005\%$.

산화물 검출: GB/T 5124-2017에 따르면 WO_3 는 $\pm 0.002\%$ 의 정확도로 산 용해 적정법을 통해 결정됩니다.

금속 불순물 검출: ICP-MS(GB/T 13748.20-2009), Fe 및 Cr 검출, 검출 한계 $<0.001\%$.

상 순도 분석: X선 회절(XRD, GB/T 27708-2011)을 통해 WC 상 순도가 $>99.8\% \pm 0.02\%$ 인 것으로 확인되었습니다.

온라인 모니터링: 적외선 가스 분석기는 CO_2 를 실시간으로 모니터링하고 자유탄소를 $<0.1\% \pm 0.01\%$ 로 제어합니다.

(3) 텅스텐 카바이드 분말의 탄소 함량에 대한 품질 관리 및 시험

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제어 기술:

원료 관리: 카본블랙 입자 크기 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 순도 $>99.5\% \pm 0.01\%$, 탄소 균일성 보장.

탄소 함량 비율: W:C 몰 비율 $1:1.01 \pm 0.01$, 결합 탄소 $6.1\% \pm 0.01\%$, 유리 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

반응 조건: $1450-1600^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, 2-4 시간 ± 0.1 시간 동안 따뜻하게 유지하여 반응을 완료합니다. 탄소 휘발을 줄이기 위해 수소 또는 진공 분위기(순실 $<0.1\% \pm 0.01\%$)를 유지합니다.

후처리: 열처리($800^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$, H_2 분위기)를 통해 유리탄소를 제거(감소율 $0.05\% \pm 0.01\%$)하고, 산세척을 통해 탄화된 불순물을 제거합니다.

장비 최적화: 회전로(속도 $5 \text{ rpm} \pm 0.5 \text{ rpm}$)는 탄소 분포 균일성을 개선하며 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

검출 방법:

총 탄소 함량: GB/T 5124-2017, 고온 연소 적외선 흡수법에 근거, 정확도 $\pm 0.005\%$.

결합탄소: 고온 연소 후 산 용해 및 분리, 정확도 $\pm 0.002\%$.

자유탄소: 차이 계산 또는 직접 연소법, 정확도 $\pm 0.005\%$.

상 분석: XRD(GB/T 27708-2011)를 통해 WC 상을 확인하고 W_2C 또는 흑연 상을 검출했습니다.

온라인 모니터링: 적외선 가스 분석기는 CO_2 를 실시간으로 모니터링하고 탄소 함량을 $6.0\%-6.2\% \pm 0.01\%$ 로 제어합니다.

(4) 텅스텐 카바이드 분말 품질의 종합적 영향 및 그 응용

성능 최적화: 입자 크기 $0.1-0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 는 경도를 향상시키고($\text{HV} > 3000 \pm 50$), $5-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 는 인성을 향상시킵니다 ($K_{1c} > 20 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$). 순도(자유 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$)는 밀도($>99\% \pm 0.1\%$)를 보장합니다. 탄소 함량 $6.0\%-6.2\% \pm 0.01\%$ 는 경도와 내마모성을 최적화합니다.

공정 효율성: 회전로, 첨가제(VC , Cr_3C_2) 및 분위기 제어($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$)는 항공우주 도구(수명 >15 시간 ± 1 시간) 및 광산 드릴 비트($>1000 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$)의 품질 일관성을 개선합니다.

검출 신뢰성: 레이저 입자 크기 분석, 화학 분석 및 XRD를 결합하여 정확한 데이터를 제공하고 생산 공정을 최적화합니다.

(5) 텅스텐 카바이드 분말의 품질관리 및 시험의 과제와 개선

과제: 넓은 입자 크기 분포($>10\% \pm 2\%$)로 인해 성능 변동이 발생하고, 순도 불순물(예: $\text{Fe} > 0.02\% \pm 0.005\%$)이 유입되면 내식성에 영향을 미치고, 탄소 함량 편차($>0.1\% \pm 0.01\%$)로 인해 상 불순물이 발생합니다.

개선 사항: AI를 도입하여 공정 매개변수(온도, 분위기)를 제어한 결과, 입자 크기 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 였고, 순도는 $0.5\% \pm 0.1\%$ 증가했으며, 탄소 함량은 $6.1\% \pm 0.01\%$ 로 안정화되었습니다.

의 입자 크기($0.1-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$), 순도(유리 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$, 산화물 $<0.05\% \pm 0.01\%$) 및 탄소 함량($6.0\%-6.2\% \pm 0.01\%$)은 원료 관리, 반응 최적화, 첨가제 및 장비 개선을 통해 관리됩니다. 레이저 입도 분석, 화학 분석, XRD 등의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

검출 방법을 통해 정확한 매개변수를 확보하고, 초경합금의 성능을 최적화하며, 항공 공구, 내마모성 금형, 광산 드릴과 같은 고급 응용 분야를 지원합니다.

4.2 초경합금의 바인더상 및 첨가제

결합제상(Co, Ni, 5%30%±1%)은 인성 (K_{1c} 820 MPa·m^{1/2} ± 0.5) 과 충격저항성(충격에너지>10J±1J)을 제공하고, 입자억제제(VC, Cr₃C₂, < 1%±0.01%)는 WC 입자성장을 제어(<0.01 μm/min±0.001 μm/min)하고 경도(HV>2000±30)를 향상시킨다. 바인더상과 첨가제의 선택은 성능에 영향을 미칩니다. 고순도 Co(>99.9%±0.01%)는 인성을 향상시키고, Ni (> 99.8%±0.01%)는 내식성을 향상시키며(부식률 <0.01mm/년±0.002mm/년), VC/ Cr₃C₂ 는 미세 입자 구조를 최적화합니다(WC 입자 크기 <0.5 μm±0.01 μm). 본 절에서는 Co/Ni 분말의 특성과 입자 억제제의 메커니즘을 분석합니다.

4.2.1 초경합금 바인더의 특성 및 선정 - Co 및 Ni 분말

바인더상은 초경합금의 중요한 성분으로, WC 입자를 연결하는 역할을 하며 인성, 가공 성능, 내식성과 같은 핵심 특성을 제공합니다. 코발트(Co)와 니켈(Ni)은 초경합금에 가장 일반적으로 사용되는 바인더이며, 이들의 특성과 선택은 초경합금의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

(1) 재료의 특성 및 요구 사항

바인더상은 초경합금에서 "가교" 역할을 하여 WC 입자 사이의 간극을 메우고, 재료의 인성과 가공성을 향상시키며, 내식성과 고온 안정성에 영향을 미칩니다. Co와 Ni는 우수한 물리적 및 화학적 특성으로 인해 선호되는 바인더입니다.

Co 분말 특성:

결정구조: 면심입방(FCC) 구조, 격자 매개변수 $a = 0.3544 \text{ nm} \pm 0.0001 \text{ nm}$, 높은 대칭성, 슬립 시스템 >12로 우수한 소성 변형 능력을 제공합니다.

밀도: $8.90 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, WC($15.63 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$)와 비슷하여 소결응력이 감소합니다.

용점: $1495^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 고온 소결에 적합(> $1200^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$).

경도: 비커스 경도 HV 100 ± 10 , WC보다 낮아 인성 완충 기능을 제공합니다.

인성: 파괴인성 K_{1c} 15-20 MPa·m^{1/2} ± 0.5, Ni (K_{1c} 12-15 MPa·m^{1/2} ± 0.5)보다 우수함.

열전도도: $80 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \pm 5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ 는 열을 발산하고 공구 수명을 연장하는 데 도움이 됩니다.

열팽창계수: $5.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, WC($5.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)와 일치하여 열응력을 감소시킵니다(<50 MPa±10 MPa).

요구 사항: 순도 >99.9%±0.01%, Fe <0.01%±0.002%, O <0.05%±0.01%, 입자 크기 $0.5-3 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$.

성능 영향: 10%±1% Co를 함유한 시멘트 카바이드의 굽힘 강도는 >4000MPa±100MPa이고, 파괴 인성 K_{1c} > 18MPa·m^{1/2} ± 0.5로 절삭 공구 및 광산

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장비에 적합합니다.

Ni 분말 특성:

결정구조 : 면심입방(FCC) 구조, 격자 매개변수 $a = 0.3524 \text{ nm} \pm 0.0001 \text{ nm}$, 슬립 시스템 ≥ 12 , 소성 변형 능력은 Co 보다 약간 낮습니다.

밀도: $8.91 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, WC 와 잘 일치함.

용점: $1455^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 고온 소결에 적합합니다.

경도: 비커스 경도 $\text{HV } 90 \pm 10$, Co 보다 부드럽고 인성이 약간 낮습니다.

내식성: 부식 전위는 $0.2 \text{ V} \pm 0.02 \text{ V}$ (SCE 대비)로 Co ($0.1 \text{ V} \pm 0.02 \text{ V}$) 보다 우수합니다.

pH 2-12 환경에서 부식 속도는 $<0.02 \text{ mm/년} \pm 0.005 \text{ mm/년}$ 입니다.

열전도도: $90 \text{ W/(m} \cdot \text{K)} \pm 5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, 열 방출에 도움이 되는 Co 보다 높습니다.

열팽창계수: $6.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \pm 0.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, WC 와 약간 다르고, 소결 후 응력이 약간 높습니다($<70 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

요구 사항: 순도 $>99.8\% \pm 0.01\%$, Fe $<0.02\% \pm 0.002\%$, O $<0.1\% \pm 0.01\%$, 입자 크기 $0.5-5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

성능 영향: 해양 환경(pH 8, 수심 5000m, 염도 3.5%)에서 $12\% \pm 1\%$ Ni 를 함유한 시멘트 카바이드의 부식 속도는 $0.02\text{mm/년} \pm 0.005\text{mm/년}$ 으로, 내식성 시나리오에 적합합니다.

비율 및 적용 시나리오:

Co 는 결합재 상의 $80\% \pm 2\%$ 이상을 차지합니다. 뛰어난 인성으로 인해 항공 공구 및 광산용 드릴 비트와 같은 고충격 환경에 적합합니다.

Ni 함량은 $<20\% \pm 2\%$ 입니다. 뛰어난 내식성으로 인해 화학 및 해양 환경(예: 심해 밸브 및 화학 펌프 본체)에 적합합니다.

예:

항공절삭(1000°C , Ti-6Al-4V 합금)에서 $10\% \pm 1\%$ Co 를 함유한 공구의 충격에너지는 $>12 \text{ J} \pm 1 \text{ J}$ 이고, 마모량은 $<0.15 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$ 이며, 수명은 $>12 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ 이다.

$12\% \pm 1\%$ Ni 를 함유한 심해 밸브(5000m, 염도 3.5%)의 경우 부식 깊이는 $<3 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$ 이고 사용 수명은 $>5 \text{ 년} \pm 0.5 \text{ 년}$ 입니다.

(2) Co 및 Ni 분말의 선정 기준 및 최적화

Co 및 Ni 분말을 선택할 때는 순도, 입자 크기, 형태, 생산 공정 및 WC 와의 적합성을 종합적으로 고려하여 시멘트 카바이드의 성능을 최적화해야 합니다.

청정:

Co: $>99.9\% \pm 0.01\%$, Fe $<0.01\% \pm 0.002\%$, O $<0.05\% \pm 0.01\%$. 낮은 Fe 함량은 η 상 ($\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$) 형성을 감소시키고 ($<0.5\% \pm 0.1\%$), 낮은 O 함량은 기공률을 감소시키고 ($<0.1\% \pm 0.02\%$), 강도를 $3\% \pm 0.5\%$ 증가시킵니다.

Ni: $>99.8\% \pm 0.01\%$, Fe $<0.02\% \pm 0.002\%$, O $<0.1\% \pm 0.01\%$. 불순물 함량이 낮으면 내식성이 향상되고 부식 속도가 $2\% \pm 0.5\%$ 감소합니다.

영향: 순도가 높으면 소결 결합(기공 및 내포물 등)이 줄어들고 굽힘 강도가

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

>4200MPa±100MPa 로 증가합니다.

입자 크기:

Co: $0.5-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 분산(균일성 $>95\% \pm 1\%$) 및 인성을 $5\% \pm 1\%$ 향상시킵니다.
 $3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이상에서는 분포가 고르지 않고 인성 이 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다.

Ni: $0.5-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, WC($1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 와 일치, 계면 접합 강도 $>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 내식성이 $2\% \pm 0.5\%$ 증가, $>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 은 균일 성을 감소시키고 부식 속도가 $1\% \pm 0.2\%$ 증가합니다.

영향: 미세한 입자 크기는 바인더상 분포의 균일성을 향상시키고, 소결 후 기공률은 $<0.05\% \pm 0.01\%$ 입니다.

모습:

Co: 구형(구형화율 $>90\% \pm 2\%$), 응집 감소($<5\% \pm 1\%$), 유동성 $3\% \pm 0.5\%$ 향상($<25 \text{ s}/50 \text{ g} \pm 2 \text{ s}$, GB/T 1482-2010), 압축 성형에 적합.

Ni: 다각형 (모서리 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 또는 거의 구형으로, 인터페이스 접합 강도($>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$) 를 향상시키고 내마모성을 개선합니다.

영향: 최적화된 형태는 분말 분산 균일성과 소결 결합 강도를 개선하고, 시멘트 카바이드의 표면 거칠기는 $Ra <5 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ 입니다 .

화학적 안정성:

Co: $<600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 에서 공기 중 산화 속도는 $<0.01 \text{ mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{h} \pm 0.002 \text{ mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{h}$ 입니다. 소결 분위기는 조절해야 합니다($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$).

Ni: pH 2-12 환경에서 부식 속도는 $<0.02 \text{ mm}/\text{년} \pm 0.005 \text{ mm}/\text{년}$ 이며, 산 및 알칼리 저항성이 Co 보다 우수 합니다 .

영향: Ni 의 높은 내식성은 산성 환경(예: 화학 펌프 본체, pH 2-12)에 적합하며, Co 는 고온 산화로부터 보호되어야 합니다.

생산 과정:

회사:

전기분해법: $\text{O} < 0.03\% \pm 0.005\%$, $\text{Fe} < 0.005\% \pm 0.001\%$, 순도가 $1\% \pm 0.2\%$ 증가하여 인성이 높은 용도에 적합합니다.

카르보닐법: $\text{O} > 0.1\% \pm 0.01\%$, $\text{Fe} < 0.01\% \pm 0.002\%$, 비용은 낮지만 순도가 약간 낮습니다.

환원방법 : 입자크기 $0.5-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 대량생산에 적합함 .

니:

분무 방법: $\text{Fe} < 0.01\% \pm 0.002\%$, $\text{O} < 0.05\% \pm 0.01\%$, 구형 입자($>90\% \pm 2\%$), 고순도 요구 사항에 적합합니다.

전기분해 방법: 입자 크기 $1-5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, $\text{O} < 0.1\% \pm 0.01\%$, 저렴함.

카르보닐법: 형태는 균일하나 Fe 함량이 약간 더 높다($<0.02\% \pm 0.002\%$).

영향: 전해 Co 와 분무 Ni 는 순도와 형태의 일관성을 개선하고, 초경합금은 더 나은 성능을 보입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

WC 와의 호환성:

Co: WC 와의 젖음 각도는 $<10^{\circ} \pm 1^{\circ}$ 이고, 접합 강도는 $>60 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$ 로, 고강도 시나리오에 적합합니다.

Ni: 습윤각 $<15^{\circ} \pm 1^{\circ}$, 접합강도 $>50 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 내식성이 Co 보다 우수함.

영향: 우수한 젖음성은 소결 후 계면에 결합이 없고 굽힘 강도가 $>4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$ 임을 보장합니다.

예:

$0.8 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 전기분해 Co ($0 < 0.03\% \pm 0.005\%$) 로 제조된 $K_{1c} 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$) 는 수명이 $>1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$ 인 광산 드릴 비트(충격 $>200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$)에 사용됩니다.

$2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 분무 Ni (Fe $< 0.01\% \pm 0.002\%$) (부식률 $0.01 \text{ mm/년} \pm 0.002 \text{ mm/년}$) 는 수명이 $>3 \text{ 년} \pm 0.3 \text{ 년}$ 인 화학 공장(pH 4)에 사용됩니다.

(3) Co 및 Ni 분말의 최적화 전략

혼합 과정:

Co+Ni 복합 접합상: Co:Ni 비율 $4:1 \pm 0.2$, Co의 높은 인성과 Ni의 내식성을 결합하여 해양 광산 장비에 적합합니다(충격 저항성 $>10 \text{ J} \pm 1 \text{ J}$, 부식 속도 $<0.015 \text{ mm/년} \pm 0.002 \text{ mm/년}$).

볼 밀링 공정: 회전 속도 $300 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$, 볼 대 재료 비율 $10:1 \pm 0.1$, 시간 $10\text{-}20 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$, 균일한 분산을 보장합니다(균일도 $>95\% \pm 1\%$).

첨가제: $0.1\% \text{-} 0.5\% \pm 0.01\%$ VC 또는 Cr_3C_2 는 입자성장을 억제하고 입자크기 편차는 $<3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

소결 공정:

진공소결: $1350^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$, 분위기 $<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$, 환원산화($0 < 0.02\% \pm 0.005\%$).

HIP(열간등방성형): $1400^{\circ} \text{C} \pm 10^{\circ} \text{C}$, 압력 $100 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$, 강도 증가 $5\% \pm 1\%$.

분위기 조절: H_2 분위기 ($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$)는 Co 산화를 억제하고, Ar 분위기는 Ni 안정성을 보호합니다.

표면 처리:

Co 분말: 표면 수동화(O_2 흡착 $<0.01 \text{ mg/g} \pm 0.002 \text{ mg/g}$), 저장 산화 감소.

Ni 분말: 산화방지 코팅(SiO_2 박막, 두께 $<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 등) 으로 내식성을 $1\% \pm 0.2\%$ 향상시킵니다.

(4) 엔지니어링 응용

공동 기반 초경합금:

항공 도구

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10%±1% Co 함유, 경도 HV 2900±50, K_{1c} 18 MPa·m^{1/2} ±0.5, 절삭 Ti-6Al-4V(1000° C, 속도>300 m/min±10 m/min), 마모량<0.15 mm±0.03 mm, 수명>12 시간±1 시간.

광산 드릴 비트

8%±1% Co 함유, 충격 저항성 >10 J±1 J, 단단한 암석 굴착(압축 저항성 >200 MPa±10 MPa) 수명 >1200 m±100 m.

내마모성 금형

12%±1% Co 함유, 냉간 압연 다이(>10 6 회±10 5 회), 변형 <0.01 mm±0.002 mm.

Ni 계 초경합금:

심해 밸브

12%±1% Ni 함유, 부식 깊이 <5 μm±1 μm, 심해 환경(5000 m, 염도 3.5%)에서의 수명 >5 년±0.5 년.

화학 펌프 본체

15%±1% Ni 함유, pH 2-12, 부식 속도 0.01 mm/년±0.002 mm/년, 수명 >2 년±0.2 년.

해양 광산 장비

10%±1% Ni+5%±1% Co 함유, 충격 저항성 >8 J±1 J, 내식성 3%±0.5% 향상, 수명 >3 년±0.3 년.

Co+Ni 복합 결합 단계:

석유 굴착 도구: Co:Ni 비율 3:1±0.2, K_{1c} 16 MPa·m^{1/2} ±0.5, 부식 속도 <0.015 mm/년±0.002 mm/년, 수명 >1000 시간±100 시간.

(5) 개발 동향

나노스케일 바인더상: <0.5 μm±0.01 μm Co/Ni 분말 개발, 분산성 향상(균일도>98%±1%), 탄화물 경도>HV 3000±50, 인성> K_{1c} 20 MPa·m^{1/2} ±0.5. 녹색 생산: 재생 에너지 전기분해를 사용하여 Co/Ni 분말을 생산하면 에너지 소비를 15%±2% 줄이고 배출량을 줄일 수 있습니다(CO₂ <500 kg/t±50 kg/t).

지능형 제어: AI 를 도입하여 Co/Ni 비율과 소결 매개변수를 최적화하여 성능 일관성을 5%±1% 향상시키고 생산 효율성을 10%±2% 향상시킵니다.

Co 와 Ni 는 초경합금 결합제로 사용됩니다. Co(FCC, a=0.3544 nm±0.0001 nm, 용점 1495° C±5° C)는 주로 높은 인성(K_{1c} 15-20 MPa·m^{1/2} ±0.5)을 특징으로 하며, 80%±2%를 차지하며 항공 공구 및 광산 드릴에 적합합니다. Ni(FCC, a=0.3524 nm±0.0001 nm, 용점 1455° C±5° C)는 내식성(부식률 <0.02 mm/년 ±0.005 mm/년)을 특징으로 하며, 20%±2%를 차지하며 해양 및 화학 환경에 적합합니다. 선정 기준은 순도(Co >99.9%±0.01%, Ni >99.8%±0.01%), 입자 크기(Co 0.5-1 μm±0.01 μm, Ni 0.5-3 μm±0.01 μm), 그리고 입자 형태(구형 Co, 다각형 Ni)에 중점을 둡니다. 생산 공정(전해 Co, 분무 Ni), 혼합 공정 및 소결 기술을 최적화함으로써 초경합금의 성능을 크게 향상시켜 다양한 엔지니어링 요구를 충족합니다. 앞으로 나노, 친환경, 지능형 기술이 Co/Ni 분말의 발전 방향이 될 것입니다.

(Cr₃C₂)의 메커니즘

초경합금 제조 시 WC(텅스텐 카바이드) 입자의 성장. 바나듐 카바이드(VC)와 크롬

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

카바이드 (Cr_3C_2) 가 가장 일반적으로 사용됩니다. VC와 Cr_3C_2 를 첨가 하면 입자를 효과적으로 미세화하고, 경도와 강도를 향상시키며, 초경합금의 성능을 최적화할 수 있습니다. 다음은 기본 특성, 저해 메커니즘, 영향 요인, 최적화 전략 및 엔지니어링 적용 측면에서 자세히 분석한 내용입니다.

(1) 기본 특성

VC(바나듐 카바이드):

화학식: VC, 입방 결정계(FCC), 격자 매개변수 $a = 0.416 \text{ nm} \pm 0.001 \text{ nm}$.

밀도: $5.77 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, 녹는점 $2830^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 경도 HV 2800 ± 50 .

특징: 경도가 높고, 열 안정성이 강하며, Co 바인더상에서 용해도가 낮습니다($\sim 5\% \pm 0.5\%$). 서브마이크론 시멘트 카바이드에 적합합니다.

Cr_3C_2 (크롬 탄화물):

화학식: Cr_3C_2 , 사방정계 결정계, 격자 매개변수 $a = 0.552 \text{ nm} \pm 0.001 \text{ nm}$, $b = 1.149 \text{ nm} \pm 0.001 \text{ nm}$, $c = 0.283 \text{ nm} \pm 0.001 \text{ nm}$.

밀도: $6.68 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, 녹는점 $1895^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$, 경도 HV 1300 ± 50 .

특징: 내식성이 우수하고, 열 안정성이 높으며, Co/Ni 결합상과의 용해도가 일정합니다(Co 용해도 $\sim 2\% \pm 0.2\%$). 마이크론 크기의 초경합금에 적합합니다.

(2) 저해 기전 및 효과

$\mu\text{m}/\text{min} \pm 0.001 \mu\text{m}/\text{min}$) 시멘트 카바이드의 경도(HV $>2000 \pm 30$) 및 강도($>4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$)를 크게 향상시킬 수 있습니다.

VC의 억제 메커니즘:

소결 공정 동안 VC는 Co 상에 부분적으로 용해되고(용해도 $\sim 5\% \pm 0.5\%$), WC/Co 계면 에너지를 감소시키고($<0.5 \text{ J/m}^2 \pm 0.1 \text{ J/m}^2$), WC의 용해-재침전 과정을 억제합니다(Ostwald 숙성, 속도 $<10^{-9} \text{ m/s} \pm 10^{-10} \text{ m/s}$).

VC는 WC 결정립계에 침전되어 나노스케일 입자($<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 형성하는데, 이는 WC 결정립의 이동 및 합병을 방해합니다.

효과: $0.5\% \pm 0.01\%$ 의 VC를 첨가하면 WC의 평균 입자 크기가 $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 에서 $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 줄어들고, 경도가 $10\% \pm 2\%$ (HV $>2200 \pm 30$) 증가하고, 내마모성이 향상됩니다(마모 손실 $<0.08 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$).

Cr_3C_2 의 저해 메커니즘:

Cr_3C_2 는 WC/Co 계면에 얇은 층(두께 $<5 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$)을 침전시켜 C 및 W 원자의 확산을 방해하고(확산 계수 $<10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s} \pm 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$) 결정립 병합을 감소시킵니다(합병 속도 $<5\% \pm 1\%$).

Cr_3C_2 는 Co 상에 부분적으로 용해되어 액상 소결의 계면 에너지를 변화시키고(1 J/m^2 미만 $\pm 0.1 \text{ J/m}^2$ 로 감소) WC의 용해-재침전 속도를 늦춥니다.

효과:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.5%±0.01% Cr₃C₂ 를 첨가하면 WC 입자 크기를 0.5 μm±0.01 μm 로 유지하고 강도를 5%±1% 증가(굴곡 강도 >4200MPa±100MPa)시키고 내식성을 개선(부식 속도 <0.015mm/년±0.002mm/년)할 수 있습니다.

적용 범위:

강력한 억제 효과로 인해 서브미크론 시멘트 카바이드(WC 입자 <0.5 μm±0.01 μm)에 더 적합합니다.

Cr₃C₂ 는 강도와 내식성이 결합되어 있기 때문에 미크론 크기의 초경합금(WC 입자 1-3 μm±0.01 μm)에 더 적합합니다.

성능 영향:

정제된 입자는 경도와 내마모성을 향상시킵니다.

0.5%±0.01%의 VC 를 함유한 초경합금의 경도는 HV >3100±50 으로 항공가공에 적합합니다.

결정립계 강화로 강도와 인성이 향상됩니다.

0.5%±0.01% Cr₃C₂를 함유하는 시멘트 초경합금의 굽힘 강도는 >4200MPa±100MPa 이고, 파괴 인성 K_{1c} 는 >18MPa·m^{1/2} ± 0.5 이다.

고온 안정성

VC 는 결정립계 안정성을 향상시키고, 1000° C±10° C 에서 시멘트 카바이드의 변형은 <0.01 mm±0.002 mm 입니다.

(3) 영향 요인 및 최적화

입자 억제제의 효과는 첨가량, 입자 크기, 소결 온도, 분위기 등 여러 요인에 영향을 받으며, 최적의 성능을 보장하려면 공정을 최적화해야 합니다.

추가 금액:

VC: 0.1%~0.5%±0.01%. 과량(>0.8%±0.01%)은 취성상 V₆C₅(경도 HV <1500±50)을 생성하여 인성이 10%±2% 감소합니다(K_{1c} <15 MPa·m^{1/2} ± 0.5).

Cr₃C₂ : 0.5%-1%±0.01%. 과량(>1.5%±0.01%)은 Co 상의 유동성을 감소시키고(<10 초/50g±0.5 초) 밀도를 1%±0.2%(<99%±0.1%) 감소시킨다.

최적화: 첨가량을 정확하게 제어합니다. VC 는 0.3%±0.01%, Cr₃C₂ 는 0.5%±0.01%를 권장하여 경도와 인성의 균형을 맞춥니다.

입자 크기:

VC: <0.1 μm±0.01 μm 분산이 개선되고(편차 <5%±1%) 경도가 5%±1% 증가합니다(HV >2300±30).

Cr₃C₂ : <0.5 μm±0.01 μm 은 계면 접합 강도를 향상시키고(>50 MPa±5 MPa) 강도를 3%±0.5%(>4300 MPa±100 MPa) 증가시킵니다.

최적화: 나노 스케일 VC 및 Cr₃C₂ 를 초음파 분산(주파수 40 kHz±1 kHz)과 결합하여 응집을 줄입니다(<5%±1%).

소결 온도:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1450° C±10° C 에서 VC 및 Cr₃ C₂의 용해가 보장되며(용해율>90%±2%), 억제효과가 5%±1% 향상됩니다.

1550° C±10° C에서는 VC 와 Cr₃ C₂의 침전이 유도되며(침전율>10%±2%), 경도는 3%±0.5% 감소한다(HV<2000±30).

최적화: 소결 온도를 1400~1450° C ± 10° C 로 제어하고 유지 시간을 연장(2~3 시간 ± 0.1 시간)하여 균일한 억제제를 보장합니다.

대기 :

(O₂ <0.05%±0.01%) 의 산화를 억제하여 순도를 1%±0.2% 증가시킨다 .

진공분위기(<10⁻² Pa±10⁻³ Pa)는 VC 휘발을 감소시키고(손실 <0.1%±0.01%), 억제효과를 2%±0.5% 향상시킨다.

산화물 함량을 줄이기 위해 진공 전처리와 결합된 H₂ 분위기가 선호 됩니다.

혼합 방법:

균일한 분산(균일도 > 95% ± 1%)을 보장하기 위해 볼밀(속도 300 rpm ± 10 rpm, 시간 10-20 h ± 1 h)을 사용합니다.

최적화: 응집을 줄이고(<3% ± 1%) 분산 효율을 개선하기 위해 분산제(예: 에탄올, 0.1% ± 0.01%)를 추가합니다.

예:

0.3%±0.01% VC(입자 크기 <0.1 μm±0.01 μm) , 1450° C±10° C, H₂ 분위기 공정으로 WC 입자 0.2 μm±0.01 μm 을 생성 , 경도 HV 2300±30, PCB 드릴 비트(수명 >10 5 개 구멍±10 4 개 구멍)에 사용됨.

0.5%±0.01% Cr₃ C₂ (입자 크기 <0.5 μm±0.01 μm) , 1400° C±10° C, 진공 분위기 공정 으로 WC 입자 0.5 μm±0.01 μm 생성 , 강도 >4300 MPa±100 MPa, 광산 드릴 비트에 사용(수명 >1200 m±100 m).

(4) 엔지니어링 응용

VC 는 다음과 같이 덧붙였습니다.

0.5%±0.01% VC 는 항공 가공(1000° C, Ti-6Al-4V 합금)에서 초경 공구(WC 입자 <0.5 μm±0.01 μm) 에 사용되며 마모 는 <0.08 mm±0.02 mm 이고 수명은 >15 h±1 h 입니다.

0.01 μm) 의 경우 0.3%±0.01% VC , 경도 HV 2300±30, 수명 >10 5 개 구멍±10 4 개 구멍.

Cr₃C₂ 첨가 :

0.01 μm) 에 사용되며 , 단단한 바위 드릴링에서 수명이 >1200 m±100 m 입니다(압축 저항 >200 MPa±10 MPa).

0.8%±0.01% Cr₃ C₂를 화학펌프 본체(WC 입자 1 μm±0.01 μm)에 사용하면 pH 2-12 환경 에서 부식속도가 <0.015mm/년±0.002mm/년이며, 사용수명은 >2 년±0.2 년입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

VC+Cr₃ C₂ 화합물 첨가:

0.3%±0.01% VC + 0.5%±0.01% Cr₃ C₂는 해양 광산 장비(WC 입자 0.5 μm±0.01 μm)에 사용되며, 충격 저항성 >10 J±1 J, 부식 속도 <0.01 mm/년±0.002 mm/년, 수명 >3 년±0.3 년입니다.

(5) 시험 및 품질관리

입자 크기

주사 전자 현미경(SEM, GB/T 16594-2008)을 사용하여 WC 입자 크기를 측정했습니다(편차 <5% ± 1%).

분포 균일성: X 선 에너지 스펙트럼(EDS, GB/T 17359-2012)을 사용하여 결정립계에서 VC/ Cr₃C₂의 분포를 감지합니다(편차 <3%±0.5%).

성능 테스트

경도: ISO 4499-2에 따라 비커스 경도를 측정합니다(HV >2000±30).

강도: GB/T 3851-2015에 따라 굽힘 강도(>4000 MPa±100 MPa)를 시험합니다.

내마모성: GB/T 12444-2006에 따라 마모량을 측정합니다(<0.08 mm±0.02 mm).

온라인 모니터링: 적외선 열화상 기술을 사용하여 소결 온도를 모니터링(편차 <5° C±1° C)하여 일관된 억제 효과를 보장합니다.

입자 성장 억제제 VC 및 Cr₃C₂는 용해-재침전 메커니즘을 통해 WC 입자 성장(성장 속도 <0.01 μm/min±0.001 μm/min)을 억제하고, 입자를 미세화(<0.5 μm±0.01 μm)하며, 초경합금의 경도(HV>2000±30), 강도(>4000 MPa±100 MPa) 및 내마모성(마모 손실 <0.08 mm±0.02 mm)을 크게 향상시킵니다. VC는 서브미크론 초경합금에 적합하고 (강력한 억제 효과), Cr₃C₂는 마이크론 레벨에 적합합니다(내식성을 고려). 최상의 억제 효과는 첨가량(VC 0.1%-0.5%±0.01%, Cr₃C₂ 0.5%-1%±0.01%), 입자 크기(VC <0.1 μm±0.01 μm, Cr₃C₂ <0.5 μm±0.01 μm), 소결 온도(1450° C±10° C) 및 분위기(H₂ 또는 진공)를 최적화함으로써 얻을 수 있습니다. VC 및 Cr₃C₂를 적용하면 항공 공구(수명>15 시간±1 시간), 광산 드릴 비트(수명>1200m±100m) 및 화학 장비(수명>2 년±0.2 년)의 성능이 크게 향상됩니다.

4.3 분말 전처리

분말 전처리는 볼 밀링(습식/건식 밀링, 볼 대 분말 비율 10:1±0.5)과 분무 건조(유량 100 L/h±10 L/h)를 통해 WC, Co/Ni 및 첨가제의 혼합 균일성(편차 <5%±1%), 입자 크기 분포(0.110 μm±0.01 μm), 유동성(1316s/50g±0.5s)을 최적화합니다. 전처리는 소결 밀도(>99%±0.1%)와 성능 일관성(경도 편차 <±30 HV)을 보장하고, 기공률(<0.1%±0.02%)을 감소시키며, 강도(>4000 MPa±100 MPa)를 향상시킵니다. 이 섹션에서는 볼 밀링 및 분무 건조 공정을 분석합니다.

4.3.1 볼 밀링 공정(습식 밀링/건식 밀링, 볼 대 재료 비율 10:1)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

공정 매개변수 및 원리

볼 밀링은 WC 볼(직경 $510\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 경도 $\text{HV } 1800 \pm 50$)을 사용하여 $\text{WC}(0.110\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m})$, $\text{Co/Ni}(0.53\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m})$ 및 첨가제($\text{VC/Cr}_3\text{C}_2$, $<0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$)를 분쇄합니다. 볼 대 재료 비율은 $10:1 \pm 0.5$, 회전 속도는 $200400\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$, 시간은 $424\text{h} \pm 0.1\text{h}$ 입니다.

습식 분쇄

에탄올(순도 $>99.5\% \pm 0.01\%$, 첨가량 $50\%100\% \pm 5\%$ 질량분율)을 사용하고, 분산제(PEG, $0.5\%1\% \pm 0.01\%$)를 첨가하여 응집을 감소($<5\% \pm 1\%$)시키고, 입자크기 편차를 $<3\% \pm 0.5\%$ 로 한다.

건식 분쇄

매체 불필요, 낮은 Co 공식($<6\% \pm 1\%$)에 적합, 오염 감소($\text{Fe} < 0.01\% \pm 0.002\%$), 응집을 증가($>10\% \pm 2\%$).

습식 분쇄는 높은 균일성(혼합 편차 $<2\% \pm 0.5\%$)으로 인해 $>90\% \pm 2\%$ 를 차지했습니다. 운동학은 충돌 에너지($10^{-3} \text{ J/shot} \pm 10^{-4} \text{ J/shot}$)와 $0.1\text{ }\mu\text{m/h} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m/h}$ 의 정제 속도를 기반으로 합니다.

예를 들어, 습식 분쇄($12\text{시간} \pm 0.1\text{시간}$, 에탄올 $100\% \pm 5\%$)를 통해 $\text{WC } 0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 과 $\text{Co } 0.8\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$ 의 혼합 분말이 생성되며, 균일도는 $>98\% \pm 1\%$ 입니다. 이는 항공 도구(경도 $\text{HV } 2200 \pm 30$, 수명 $>12\text{시간} \pm 1\text{시간}$)에 사용됩니다.

영향 요인 및 최적화

볼 밀링 효과는 다음 요인의 영향을 받습니다.

볼 대 재료 비율

$10:1 \pm 0.5$ 는 정제 효율이 높고($>90\% \pm 2\%$), $>15:1$ 은 오염이 증가하고($\text{Fe} > 0.05\% \pm 0.01\%$), 경도가 $2\% \pm 0.5\%$ 감소합니다.

속도

$300\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$ 은 효율성과 마모의 균형을 이룹니다(볼 마모 $<0.1\% \pm 0.02\%$), $<200\text{rpm}$ 은 미세화가 불충분합니다(입자 크기 $>1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$).

시간

$12\text{시간} \pm 0.1\text{시간}$ 은 균일성을 보장하고(편차 $<2\% \pm 0.5\%$), 24시간을 초과하면 과도한 마모($\text{Fe} > 0.03\% \pm 0.005\%$)가 발생하고 인성이 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다.

중간

에탄올은 표면 에너지를 감소시키고($<0.1 \text{ J/m}^2 \pm 0.02 \text{ J/m}^2$) 응집을 $5\% \pm 1\%$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

감소시킵니다. 물(순도 $99.9\% \pm 0.01\%$ 이상)은 비용이 낮지만 산소 함량을 $0.05\% \pm 0.01\%$ 증가시킵니다.

볼 소재

WC 볼(순도 $> 99.5\% \pm 0.01\%$)은 오염도가 낮고($Fe < 0.01\% \pm 0.002\%$) 강철 볼($Fe > 0.1\% \pm 0.02\%$)보다 우수합니다.

예를 들어, 습식 분쇄($10:1 \pm 0.5$, $300\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$, $12\text{h} \pm 0.1\text{h}$, WC 볼)는 PCB 드릴 비트(수명 > 10 개 구멍 ± 10 개 구멍)에 대한 혼합 분말($WC\ 0.3\ \mu\text{m} \pm 0.01\ \mu\text{m}$)을 생성합니다.

엔지니어링 응용 프로그램

습식 분쇄

절삭공구에는 $WC\ 0.5\ \mu\text{m} \pm 0.01\ \mu\text{m}$, $Co\ 0.8\ \mu\text{m} \pm 0.01\ \mu\text{m}$ 이 사용됩니다(항공, 마모 $< 0.1\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$).

건식 분쇄

낮은 $Co(6\% \pm 1\%)$ 제형은 변형이 $< 0.01\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$ 인 금형(압출 > 10 배 ± 10 배)에 사용됩니다.

시멘트 초경 원료의 전처리를 위한 볼 밀링 공정에서의 건식 분쇄 및 습식 분쇄

범주	매개변수 특징	건식 분쇄	습식 분쇄
기술 매개변수	중간	액체 매질 없음, 공기 또는 불활성 가스(예: Ar, O ₂) $< 10\ \text{ppm} \pm 1\ \text{ppm}$ 만 있음.	액체매체(물, 에탄올, 아세톤 등), 농도 $50\% - 70\% \pm 2\%$ (고체-액체 비율).
	볼 대 재료 비율	$5:1 \sim 10:1 \pm 0.1$, 분쇄 효율성을 보장하려면 더 높은 값을 사용합니다.	$3:1 \sim 8:1 \pm 0.1$, 액상매체는 마찰을 감소시키고 볼과 재료의 비율을 약간 낮출 수 있습니다.
	속도	$200-400\ \text{rpm} \pm 10\ \text{rpm}$. 너무 높으면($500\ \text{rpm}$ 이상) 과열 및 응집($10\% \pm 1\%$)이 발생할 수 있습니다.	$300-500\ \text{rpm} \pm 10\ \text{rpm}$, 액체 냉각, 속도가 약간 더 높을 수 있으며 응집률은 $< 5\% \pm 1\%$ 입니다.
	연마 시간	$10-20\ \text{시간} \pm 0.5\ \text{시간}$. 장시간 사용 시 과열될 수 있습니다. 입자 크기 편차 $> 10\% \pm 1\%$.	$5-15\ \text{시간} \pm 0.5\ \text{시간}$, 높은 액체 효율성, 짧은 시간, 입자 크기 편차 $< 5\% \pm 1\%$.
	볼 밀링 중간	카바이드 볼(HRC $65-75 \pm 2$), ZrO ₂ 볼(HRC $70-80 \pm 2$), 직경 $2-10\ \text{mm} \pm 0.1\ \text{mm}$.	카바이드 볼, ZrO ₂ 볼, 스테인리스 스틸 볼(HRC $25-35 \pm 2$), 직경 $1-5\ \text{mm} \pm 0.1\ \text{mm}$.
	온도 제어	자연적 방열, 온도 상승이 쉽습니다($60^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), 간헐적 냉각이 필요합니다($2\ \text{시간} \pm 0.1\ \text{시간}$ 마다 $30\ \text{분} \pm 5\ \text{분}$ 간 정지).	액체 매체 방열, 온도 $< 40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 추가 냉각 필요 없음.
	대기 제어	불활성 가스(예: Ar 또는 N ₂ , O ₂ $< 10\ \text{ppm} \pm 1\ \text{ppm}$), 산화 방지($0 < 0.05\% \pm 0.01\%$).	액체 매질은 공기를 차단하며, 산화율은 $< 0.03\% \pm 0.005\%$ 입니다. 공기 또는 불활성 분위기를 사용할 수 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

범주	매개변수 특징	건식 분쇄	습식 분쇄
	추가하다 대리인	유동성을 향상시키기 위해 건식 방법으로 파라인 왁스 (1%-2%±0.1%)를 첨가합니다(<30 초/50g±2 초).	PVA 또는 PEG 를 습식 첨가 (1%-3%±0.1%)하여 매질에 용해시키고 분산성을 향상시킵니다(>95%±1%).
	가루 입자 크기	거친 분쇄 (1-10 μm ±0.01 μm) 에 적합하며, 0.5 μm ±0.01 μm 로 미세화하는 효율은 낮습니다.	미세분쇄 및 초미세분쇄 (0.1-1 μm ±0.01 μm) 에 적합하며, 정제 효율이 높고 분포 편차가 <5%±1%입니다.
	청정 제어	불순물 (예: Fe <0.02%±0.005%)은 쉽게 유입되므로 산세척을 통해 제거해야 합니다.	액체 매질은 불순물이 적고 (Fe <0.01%±0.002%) 순도가 더 높습니다(>99.9%±0.01%).
	마른 단계	말릴 필요 없이, 바로 눌러주세요.	건조 (진공건조, 80° C±2° C, <10 ⁻² Pa ± 10 ⁻³ Pa)가 4~8 시간 ±0.5 시간 필요합니다.
	에너지 소비	마찰이 심하기 때문에 더 높습니다 (1 톤의 분말당 50-80kWh ± 5kWh).	낮음 (분말 1 톤당 30-50kWh ± 5kWh), 액체는 마찰을 줄여줍니다.
특징	프로세스 청결	이 공정은 간단하고, 추가 장비가 필요 없으며, 대량 생산 (배치당 1 톤 이상)에 적합합니다.	이 공정은 비교적 복잡하고, 정밀 가공에 적합한 건조 장비가 필요합니다.
	입자 크기 분산성	분포 폭 ((D90-D10)/D50 >2.0±0.2), 균일도 <90%±1%.	분포는 좁고 ((D90-D10)/D50 <1.5±0.1), 균일성은 >95%±1%입니다.
	재회율	높은 (>10%±1%) 온도와 첨가제를 제어해야 합니다.	낮음 (<5%±1%), 액체 매체에 효과적으로 분산됨.
	산화 제어	불활성 분위기가 필요하며 산화 속도는 >0.05%±0.01%일 수 있습니다.	액체 분리, 산화율 <0.03%±0.005%.
	이점	낮은 비용 (장비 투자 감소, 건조 단계 없음, 거친 가공에 적합).	정제 효율이 높고 순도가 높아 초미분말 (<0.5±0.01 μm)에 적합합니다.
장단점	결점	정제능력이 제한적이고, 응집되기 쉬우며, 고온 (>60° C±2° C)에서는 산화가 일어납니다.	건조가 필요하면 에너지 소비가 증가하고 (10-20 kWh/t±2 kWh) 액체에서 습기 (>0.1%±0.01%)가 발생할 수 있습니다.
응용 프로그램	해당되는 범위	저비용 생산 (예: 광산 드릴 비트 블랭크)을 위한 조립 자 혼합 (>5 μm ± 0.01 μm)	서브마이크론 및 나노미터 분말 (<0.5 μm ±0.01 μm), 고정밀 성형 (항공 도구 등).
	시나리오 예시	WC-Co 분말 (D50=5 μm ±0.01 μm), 굽힘 강도 >3800 MPa±100 MPa, 수명 >1200 m±100 m.	WC 분말 (D50=0.3 μm ±0.01 μm), 경도 HV>3000±50, 수명>15 시간±1 시간.
최적화 제안	불 밀링 중간	오염을 줄이기 위해 카바이드 볼 (HRC 65-75±2)을 사용하세요 (Fe <0.01%±0.002%).	ZrO ₂ 볼 (HRC 70-80±2)을 사용하세요 (<0.03%±0.005%).
	추가하다 복용량	1%±0.1% 파라인 왁스는 응집율을 감소시킵니다 (<5%±1%).	분산을 개선하기 위해 1%-3%±0.1% PVA 또는 PEG 를 사용합니다 (균일도>95%±1%).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

범주	매개변수 특징	건식 분쇄	습식 분쇄
	최적화		
	온도 제어	간헐적 작동 (2 시간 $\pm$ 0.1 시간마다 30 분 $\pm$ 5 분 정지), $<50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.	액체 냉각, 추가 제어 필요 없음, $<40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
	대기 최적화	Ar 또는 N_2 분위기 ($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$), 산화 $<0.03\% \pm 0.005\%$.	에탄올-매질 (순도 $>99.5\% \pm 0.1\%$), 고체-액체 비율 $60\% \pm 2\%$, 산화율 $<0.01\% \pm 0.002\%$.
	후처리	말릴 필요 없이, 바로 눌러주세요.	진공 건조 ($80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, $<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3}$ Pa), 수분 $<0.05\% \pm 0.01\%$.
	에너지 소비 최적화	회전 속도를 최적화 ($<400 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$) 하고 에너지 소비를 $10\% \pm 2\%$ 절감합니다.	건조 시간을 최적화하고 ($<6 \text{ 시간} \pm 0.5 \text{ 시간}$) 에너지 소비를 $5\% \pm 1\%$ 절감합니다.
설명하다	초경합금 원료의 전처리에서 건식 분쇄와 습식 분쇄는 각각 고유한 특성을 가지고 있습니다. 건식 분쇄는 간단하고 (건조 불필요) 비용이 저렴 (에너지 소비량 $50\text{--}80 \text{ kWh/t} \pm 5 \text{ kWh}$) 하며, 조분쇄 ($>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 에 적합하지만, 입자 분포가 넓고 ($>2.0 \pm 0.2$) 응집율이 높습니다 ($>10\% \pm 1\%$). 습식 분쇄는 높은 정제 효율 ($99.9\% \pm 0.01\%$) 을 가지며 고정밀 용도에 적합하지만, 건조가 필요합니다 (에너지 소비량 $30\text{--}50 \text{ kWh/t} \pm 5$ kWh). 볼 대 재료 비율 (건식 분쇄 $5:1\text{--}10:1 \pm 0.1$, 습식 분쇄 $3:1\text{--}8:1 \pm 0.1$), 회전 속도 (건식 분쇄 $200\text{--}400$ $\text{rpm} \pm 10 \text{ rpm}$, 습식 분쇄 $300\text{--}500 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$) 및 미디어 선택을 최적화함으로써, 건식 분쇄는 광산 드릴 비트 (수명 $>1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) 를 지원하고 습식 분쇄는 항공 도구 (수명 $>15 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$) 를 지원하여 다양한 요구 사항을 충족합니다.		

4.3.2 분무 건조 및 과립화 기술

분무건조 및 과립화 기술은 시멘트 카바이드 원료(예: 텅스텐 카바이드 분말 WC, 코발트 분말 Co, 니켈 분말 Ni)의 전처리에서 핵심 공정으로, 미세 분말을 유동성과 성형성이 우수한 입자로 만드는 데 사용됩니다.

분무건조 및 과립화 기술 의 원리

분무 건조:

공정: WC, Co 및 기타 분말을 함유한 현탁액 또는 슬러리를 분무기를 통해 작은 물방울($10\text{--}200 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) 로 분무 하고 , 고온 기류($150\text{--}300^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)에서 물을 빠르게 증발시켜 (증발 속도 $>90\% \pm 2\%/s$) 건조 입자를 형성합니다.

열 및 물질 전달: 물방울 표면의 물이 먼저 증발하고, 내부 물은 확산을 통해 이동합니다. 건조 시간은 $<1 \text{ 초} \pm 0.1 \text{ 초}$ 입니다.

목표: 입자 크기 $20\text{--}150 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 유동성 $<20 \text{ s}/50 \text{ g} \pm 2 \text{ s}$ (GB/T 1482-2010), 겉보기 밀도 $>1.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$.

육아:

공정: 분무 건조에서는 바인더(PVA, PEG 등)가 물방울 내 입자의 접착을 촉진하고, 표면 장력($<0.07 \text{ N/m} \pm 0.01 \text{ N/m}$)이 구형 또는 거의 구형의 입자를 형성합니다.

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

메커니즘: 건조 과정에서 입자들이 충돌하고 결합하며, 바인더가 응고되어 네트워크 구조(기공률 $<10\% \pm 1\%$)를 형성하여 입자의 강도가 향상됩니다.

목표: 그린바디 압축강도 $>10\text{MPa} \pm 1\text{MPa}$, 압축 후 밀도균일도 $>98\% \pm 1\%$.

(2) 공정 매개변수

사료 농도:

범위: $20\%-40\% \pm 1\%$ (고체 질량 분율).

영향: 농도가 $<15\% \pm 1\%$ 이면 입자가 너무 미세($<20 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) 하고 유동성이 낮습니다($>30 \text{ s}/50 \text{ g} \pm 2 \text{ s}$). 농도가 $>45\% \pm 1\%$ 이면 점도가 너무 높아($>1000 \text{ mPa} \cdot \text{s} \pm 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$) 노즐이 막힙니다.

최적화: $25\%-30\% \pm 1\%$, 입자 크기 $50-100 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 점도 $300-500 \text{ mPa} \cdot \text{s} \pm 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$.

공급 유량:

범위: $5-20 \text{ L/h} \pm 0.5 \text{ L/h}$ (소형 및 중형 장비), $50-200 \text{ L/h} \pm 5 \text{ L/h}$ (대형 장비).

영향: 유량 $<5 \text{ L/h} \pm 0.5 \text{ L/h}$, 건조 불균일, 잔류수 $>1\% \pm 0.2\%$; $>25 \text{ L/h} \pm 0.5 \text{ L/h}$, 입자가 너무 크고($>200 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$), 겔보기 밀도가 감소합니다.

최적화: $10-15 \text{ L/h} \pm 0.5 \text{ L/h}$ (소형 및 중형), $100-150 \text{ L/h} \pm 5 \text{ L/h}$ (대형), 건조 효율 $>95\% \pm 1\%$.

입구 공기 온도:

범위: $150-300^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ (출구 온도 $80-120^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$).

영향: 온도 $<150^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 건조가 불완전, 잔류수 $>1\% \pm 0.2\%$, 입자점도가 높음; $>350^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 바인더 분해 (잔류 탄소 $>0.3\% \pm 0.01\%$), 입자 취성 증가.

최적화: $200-250^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 잔류수 $<0.2\% \pm 0.05\%$, 바인더 유지율 $>90\% \pm 2\%$.

분무 압력:

범위: $0.1-0.3 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$ (가압형), $0.2-0.4 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$ (공기흐름형).

영향: 압력이 $<0.1 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$ 일 경우, 물방울이 크고($>200 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) 건조가 고르지 않고, 압력이 $>0.4 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$ 일 경우, 물방울이 너무 작아($<20 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) 유동성이 좋지 않습니다.

최적화: $0.2-0.25 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$, 입자 크기 $50-100 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 분포 균일성 $>95\% \pm 1\%$.

바인더 투여량:

범위: $1\%-5\% \pm 0.1\%$ (PVA, PEG, 파라핀).

영향: 투여량이 $<1\% \pm 0.1\%$ 이면 입자 강도가 부족해지고($<5 \text{ MPa} \pm 0.5 \text{ MPa}$), 투여량이 $>7\% \pm 0.1\%$ 이면 잔류 탄소가 증가하고($>0.2\% \pm 0.01\%$) 소결 기공률이 $>0.2\% \pm 0.02\%$ 가 됩니다.

최적화: $2\%-3\% \pm 0.1\%$, 강도 $>12 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, 잔류 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

분무건조 및 과립화 장비의 종류 및 특성

원심 분무 건조기:

작동 원리: 고속 회전 디스크($1000-20000 \text{ rpm} \pm 50 \text{ rpm}$)가 슬러리를 물방울로 던지고 뜨거운 공기($200-300^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$)가 건조합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특징:

입자 크기: $20-120\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$, 구형도 $>90\% \pm 2\%$.

출력: $100-1000\text{kg/h} \pm 10\text{kg/h}$ (디스크 직경에 따라 다름).

장점: 고점도 슬러리 ($<1000\ \text{mPa} \cdot \text{s} \pm 50\ \text{mPa} \cdot \text{s}$) 에 적합, 좁은 입자 분포 ($(D90-D10)/D50 < 1.5 \pm 0.1$).

단점: 고속 ($>15000\text{rpm} \pm 50\text{rpm}$), 디스크 마모가 쉬움 (수명 <500 시간 ± 50 시간), 유지관리 비용이 높음.

항공 도구용 대규모 WC-Co 분말 과립화 ($D50=50\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$).

압력 분무 건조기:

작동 원리: 고압 펌프 ($0.1-0.3\ \text{MPa} \pm 0.01\ \text{MPa}$) 가 노즐을 통해 분무하고, 뜨거운 공기 ($150-250^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) 가 건조합니다.

특징:

입자 크기: $30-150\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$, 구형도 $>95\% \pm 2\%$.

생산량: $50-500\ \text{kg/h} \pm 5\ \text{kg/h}$.

장점: 유연한 노즐 설계 (단일 또는 다중 구멍), 저점도 슬러리 ($<500\ \text{mPa} \cdot \text{s} \pm 50\ \text{mPa} \cdot \text{s}$) 에 적합, 낮은 에너지 소비 ($<60\ \text{kWh/t} \pm 5\ \text{kWh}$).

단점: 노즐이 쉽게 막힙니다 (100 시간 ± 10 시간마다 청소해야 함), 생산량이 제한적입니다.

용도: WC-Ni 분말의 미세 과립 ($D50=80\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$), 화학 펌프 본체에 사용됩니다.

공기 흐름 분무 건조기:

작동 원리: 압축 공기 ($0.2-0.4\ \text{MPa} \pm 0.01\ \text{MPa}$) 를 슬러리와 혼합하여 분무하고, 뜨거운 공기 ($180-280^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) 를 사용하여 건조합니다.

특징:

입자 크기: $20-80\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$, 구형도 $>90\% \pm 2\%$.

생산량: $30-300\ \text{kg/h} \pm 5\ \text{kg/h}$.

장점: 미세 분말 분산에 적합 (초기 입자 크기 $<1\ \mu\text{m} \pm 0.01\ \mu\text{m}$), 입자 균일성 $>96\% \pm 1\%$, 고순도 요구 사항 ($0 < 0.03\% \pm 0.005\%$) 에 적합.

단점: 높은 에너지 소비 ($>80\ \text{kWh/t} \pm 5\ \text{kWh}$), 공기 압축 비용 증가.

응용 분야: 나노 WC 분말 과립 ($D50=30\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$), PCB 드릴 비트에 사용됩니다.

이중 유체 분무 건조기:

작동 원리: 액체와 압축 공기는 이중 유체 노즐 ($0.1-0.3\ \text{MPa} \pm 0.01\ \text{MPa}$) 을 통해 공동 분무되고, 뜨거운 공기 ($200-300^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$) 로 건조됩니다.

특징:

입자 크기: $10-100\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$, 구형도 $>92\% \pm 2\%$.

생산량: $50-400\ \text{kg/h} \pm 5\ \text{kg/h}$.

장점: 분무된 입자 크기를 제어할 수 있고 (가스-액체 비율로 조정), 고형분 함량 슬러리 ($>30\% \pm 1\%$) 에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

단점: 장비가 복잡하고 잦은 유지관리가 필요합니다 (200 시간 $\pm$ 20 시간마다 노즐을 점검하세요).

용도: WC-Co 혼합 분말 과립 ($D50=60 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$), 내마모성 금형에 사용됨.

실험실용 소형 분무 건조기:

작동 원리: 소형 원심 또는 압력 설계(속도 $5000-10000 \text{ rpm} \pm 50 \text{ rpm}$, 압력 $0.1-0.2 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$), 열풍 $150-200^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$.

특징:

입자 크기: $20-80 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 출력 $0.5-5 \text{ kg/h} \pm 0.1 \text{ kg/h}$.

장점: R&D 및 시험 생산에 적합하고 매개변수 조정이 유연합니다(온도 $\pm 5^\circ \text{C}$, 유량 $\pm 0.1 \text{ L/h}$).

단점: 생산량이 적고 비용이 많이 듭니다(장비 가격 $> 5000 \text{ USD} \pm 500 \text{ USD}$).

적용 분야: 소량 생산 WC-Ni 분말 테스트 ($D50=40 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$).

(4) 영향 요인

슬러리 특성:

입자 크기: 초기 분말이 $<1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이면 균일한 입자를 형성하기 쉽습니다.
 $>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이면 거칠거나 불규칙한 입자가 됩니다.

점도: $200-800 \text{ mPa} \cdot \text{s} \pm 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 가 최적입니다. $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s} \pm 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 를 초과하면 노즐이 막힙니다.

바인더 유형:

PVA($2\% \pm 0.1\%$)는 강도를 향상시키지만($>12 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$) 흡습성이 높습니다($>2\% \pm 0.2\%$).

PEG($2\% \pm 0.1\%$)는 유동성을 개선했지만($<20 \text{ 초}/50\text{g} \pm 2 \text{ 초}$), 탄소 잔류물은 약간 더 높았습니다($<0.15\% \pm 0.01\%$).

파라핀 왁스($1\%-2\% \pm 0.1\%$)는 건조 후 유동성이 좋지만 휘발성이 매우 높습니다($>80^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$).

환경 조건:

습도 $<50\% \text{ RH} \pm 5\%$, 온도 $<30^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, 바인더의 조기 휘발이나 입자의 수분 흡수를 방지합니다.

장비 요소:

노즐 마모(수명 $<500 \text{ 시간} \pm 50 \text{ 시간}$)로 인해 물방울이 고르지 않게 나오며 정기적인 교체가 필요합니다.

(5) 최적화 전략

슬러리 준비:

를 사용하여 균일한 슬러리(입자 크기 $<1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 점도 $300-500 \text{ mPa} \cdot \text{s} \pm 50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$)를 제조했습니다.

초음파 분산($40 \text{ kHz} \pm 1 \text{ kHz}$, $10 \text{ 분} \pm 1 \text{ 분}$), 응집율 $<5\% \pm 1\%$.

프로세스 매개변수 조정:

공급 농도는 $25\% \pm 1\%$, 유입 공기 온도는 $220^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$, 분무 압력은 $0.2 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$, 입자 크기는 $50-80 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

결합제: $2\% \pm 0.1\%$ PVA + $1\% \pm 0.1\%$ PEG, 강도 $>12 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$, 유동성 $<20 \text{ s}/50 \text{ g} \pm 2 \text{ s}$.

장비 유지관리:

막힘을 방지하려면 노즐을 청소하세요(일주일에 한 번, 에탄올을 사용하세요, 순도 $>99.5\% \pm 0.1\%$).

분무 디스크 또는 노즐을 교체합니다(500 시간 $\pm$ 50 시간마다). 속도 편차는 $<5\% \pm 1\%$ 입니다.

후처리:

과대 입자($<5\% \pm 1\%$)를 제거하기 위해 체($100\text{--}150 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$)를 사용합니다. 진공 건조($80^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$, $<10^{-2} \text{ Pa} \pm 10^{-3} \text{ Pa}$, 4-6 시간 $\pm$ 0.5 시간), 잔류수분 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

(6) 적용효과

유동성 및 압축 특성:

유동성 $<20 \text{ 초}/50\text{g} \pm 2 \text{ 초}$, 그린바디 밀도 $>60\% \pm 1\%$ (이론적 밀도), 프레스 결합 $<1\% \pm 0.2\%$.

예: WC-10%Co ($D50=50 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$), 항공 공구 블랭크 수명 $>15 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$.

소결 성능:

밀도 $>99\% \pm 0.1\%$, 기공률 $<0.05\% \pm 0.01\%$, 경도 HV $>2900 \pm 50$, 굽힘 강도 $>4200 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$.

예: WC-12%Ni ($D50=80 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$), 화학 펌프 본체 수명 $>2 \text{ 년} \pm 0.2 \text{ 년}$.

일관성:

배치 간 입자 크기 편차는 $<5\% \pm 1\%$ 이고, 균일성은 $>95\% \pm 1\%$ 이며, 소결 결합은 $50\% \pm 5\%$ 감소합니다.

(7) 시험 및 품질관리

입자 크기 분포: 레이저 입자 크기 분석(GB/T 19077.1-2008), $D50 \ 50\text{--}100 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, $(D90\text{--}D10)/D50 <1.5 \pm 0.1$.

형태학적 분석: SEM(GB/T 16594-2008), 구형도 $>90\% \pm 2\%$, 응집율 $<5\% \pm 1\%$.

수분 함량: Karl Fischer 방법(GB/T 6283-2008), 잔류수분 $<0.2\% \pm 0.05\%$.

강도 시험: 압축 강도(GB/T 3851-2015), $>10 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$.

잔류탄소 검출: 적외선 흡수법(GB/T 5124-2017), 잔류탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

온라인 모니터링: 적외선 열화상 카메라로 흡입 공기 온도(편차 $<5^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$)를 모니터링하고, 유량계로 공급량(편차 $<1\% \pm 0.1\%$)을 모니터링합니다.

분무건조 및 과립화 기술은 WC, Co 등의 미세분말을 분무(압력 $0.2\text{--}0.25 \text{ MPa} \pm 0.01 \text{ MPa}$) 및 고온건조($200\text{--}250^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$)를 통해 $20\text{--}150 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 의 입자로 변환하여 유동성($<20 \text{ 초}/50\text{g} \pm 2 \text{ 초}$) 및 그린바디 강도($>10 \text{ MPa} \pm 1 \text{ MPa}$)를 크게 향상시킵니다. 장비 유형에는 원심분리기(고출력, $100\text{--}1000 \text{ kg/h} \pm 10 \text{ kg/h}$), 가압식(고구형, $50\text{--}500 \text{ kg/h} \pm 5 \text{ kg/h}$), 기류식(미립자, $30\text{--}300 \text{ kg/h} \pm 5 \text{ kg/h}$), 이중 유체식(입자 크기 조절 가능, $50\text{--}400 \text{ kg/h} \pm 5 \text{ kg/h}$), 실험실용 소형 장비(연구 개발용, $0.5\text{--}5 \text{ kg/h} \pm 0.1 \text{ kg/h}$) 등이 있으며, 각각 고유한 장점을 가지고 있습니다. 공급 농도($25\%\text{--}30\% \pm 1\%$), 결합제

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

투여량($2\%-3\pm0.1\%$) 및 장비 유지보수를 최적화하면 입자 균일도($>95\pm1\%$)와 소결 성능(밀도 $>99\pm0.1\%$)을 보장할 수 있습니다. 항공 장비(수명 >15 시간 ± 1 시간), 화학 장비(수명 >2 년 ± 0.2 년) 등 고급 분야에서 널리 사용됩니다.

4.4 분말 특성화

분말 특성 분석 혼합 분말의 품질은 Fisher 입자 크기(FSSS, $0.250\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$), 이완 밀도, 탭 밀도($4.06.2\text{ g/cm}^3\pm0.1\text{ g/cm}^3$), 유동성($1316\text{ 초}/50\text{g}\pm0.5\text{ 초}$)을 통해 평가하여 소결 성능(밀도 $>99\pm0.1\%$, 경도 편차 $<\pm 30\text{ HV}$)을 보장합니다. 특성 분석 방법은 입자 동역학(스토크스 침전, 하젠-푸아죄유 유동)을 기반으로 하며 ISO 4499 및 ASTM B330 표준을 준수합니다.

4.4.1 Fisher 입자 크기(FSSS, $0.250\mu\text{m}$)

Fisher Sub-Sieve Sizer(FSSS)는 공기 투과법을 이용하여 분말 입자의 평균 크기를 측정하는 전통적인 방법입니다. 텅스텐 카바이드 분말(WC)과 같은 초경합금 원료의 입도 분석에 널리 사용됩니다. FSSS는 분말 층의 공기 저항과 입자 크기 사이의 관계를 기반으로 합니다. 특정 압력 하에서 공기 흐름 투과도를 측정하여 평균 입자 크기(일반적으로 미크론 단위)를 계산합니다. Fisher 입자 크기는 미세 입자($0.1\sim 50\mu\text{m}$)에 적합합니다. 이 결과는 분말의 표면적과 기공 특성을 반영하며, 초경합금의 소결 성능 및 가압 거동에 중요한 기준이 됩니다.

특성화 방법 및 중요성 Fisher

입자 크기(FSSS)는 Darcy의 법칙(투과도 $\sim 10^{-12}\text{ m}^2\pm 10^{-13}\text{ m}^2$)에 근거하여 분말의 평균 입자 크기($0.250\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$)를 측정하기 위해 공기 투과도법으로 측정했습니다. $10\pm 1\%$ Co를 함유한 혼합 분말의 FSSS는 $0.55\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$, WC는 $0.33\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$, Co는 $0.51\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ 입니다. 미세한 FSSS($<0.5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$)는 경도($\text{HV}>2200\pm 30$)를 향상시키고, 큰 입자 크기($>5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$)는 인성($K_{1c}>18\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$)을 향상시킵니다. 시험 조건: 시료 질량 $5\text{g}\pm 0.1\text{g}$, 압력 $0.1\text{MPa}\pm 0.01\text{MPa}$, 공기 순도 $>99.9\pm 0.01\%$, 오차 $<2\pm 0.5\%$.

예를 들어, FSSS $0.3\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ 분말은 항공 절삭 공구(마모 $<0.08\text{mm}\pm 0.02\text{mm}$)에 사용되고, 경도 $\text{HV } 2300\pm 30$, 수명 $>15\text{h}\pm 1\text{h}$ 입니다. FSSS $5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$ 은 광산 드릴 비트($K_{1c} 20\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}\pm 0.5$)에 사용되고, 수명 $>1200\text{m}\pm 100\text{m}$ 입니다.

영향 요인 및 최적화

FSSS 측정은 다음 요인의 영향을 받습니다.

분말 구성: WC/Co=90:10 $\pm 1\%$, FSSS $0.5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$; WC/Ni=88:12 $\pm 1\%$, FSSS $1\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$, Ni 입자 크기가 더 크기 때문입니다($>2\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$).

불 밀링 시간: $12\text{h}\pm 0.1\text{h}$, FSSS는 $10\pm 2\%$ ($0.5\mu\text{m}\pm0.01\mu\text{m}$) 감소했습니다. 24 시간

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

이상 응집이 증가($5\pm 1\%$)했고 FSSS 는 $5\pm 1\%$ 증가했습니다.

첨가제: $0.5\pm 0.01\%$ VC 는 FSSS 를 $5\pm 1\%$ ($0.3\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$) 감소시키고, Cr_3C_2 는 $<2\pm 0.5\%$ 에 영향을 미칩니다.

주변 습도: $<50\pm 5\%$, 응집 방지 ($<5\pm 1\%$), FSSS 오차 $<1\pm 0.2\%$.

장비 교정: FSSS 기기 다공성 오차 $<0.1\pm 0.02\%$, 오차 감소 $1\pm 0.2\%$.

예를 들어, FSSS $0.3\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$ (12 시간 습식 분쇄, $0.5\pm 0.01\%$ VC) 분말은 PCB 드릴 비트(수명 > 105 개 구멍 ± 104 개 구멍)에 사용됩니다.

피서의 입자 크기(FSSS) 엔지니어링 응용 프로그램

초경 절삭 공구

FSSS $0.20.5\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$, 경도 HV $>2300\pm 30$, 항공 가공 수명 >15 시간 ± 1 시간.

채광

FSSS $35\mu\text{m}\pm 0.01\mu\text{m}$, $K_{1c} > 20\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2} \pm 0.5$, 드릴링 수명 $> 1200\text{m}\pm 100\text{m}$.

4.4.2 텅스텐 카바이드 분말의 체적 밀도, 탭 밀도 및 유동성

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 체적 밀도, 탭 밀도 및 유동성은 초경합금의 가압 및 소결 거동과 최종 제품의 성능에 직접적인 영향을 미치는 물리적 특성을 나타내는 중요한 지표입니다. 다음은 정의, 측정 방법, 영향 요인, 최적화 방안 및 엔지니어링 적용 측면에 대한 자세한 분석입니다.

텅스텐 카바이드 분말의 체적 밀도

느슨한 밀도는 분말이 자연스럽게 쌓인 상태에서의 밀도를 말하며, 분말의 쌓임 특성과 다공성을 반영합니다.

측정 방법

ASTM B212 에 따라 $50\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 의 분말을 표준 메스 실린더(부피 $25\text{mL} \pm 0.1\text{mL}$)에 자유롭게 떨어뜨린 후 질량과 부피의 비율을 계산했습니다.

일반적인 값

순수 WC 분말의 겉보기 밀도는 $4.0\sim 5.0\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 이며, 기공률은 약 $40\pm 2\%$ 입니다. $10\pm 1\%$ 의 Co 를 함유하는 WC-Co 혼합 분말의 겉보기 밀도는 약 $4.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$ 입니다. 이는 Co($8.9\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)의 밀도가 WC($15.63\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)보다 높고, 혼합 후 적층 특성이 변하기 때문입니다.

중요성

높은 겉보기 밀도($>4.5\text{ g/cm}^3 \pm 0.1\text{ g/cm}^3$)는 입자가 밀접하게 배열되어 있고 압축된 그린 바디의 다공성이 낮음을 나타냅니다($<40\pm 2\%$). 이는 소결 밀도 증가($>99\pm 0.1\%$)에 도움이 됩니다.

텅스텐 카바이드 분말의 탭 밀도

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

탭 밀도는 진동 또는 두드림 후 밀집된 상태의 분말의 밀도를 말하며, 입자 사이의 충전 효율을 반영합니다.

측정 방법

ASTM B527 에 따르면, 분말의 부피 변화는 탭밀도계 (진동 주파수 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$, 진폭 $1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 진동 3000 회 ± 50 회)를 사용하여 측정되었습니다.

일반적인 값

순수 WC 분말의 탭 밀도는 $5.0 \sim 6.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 이며, 기공률은 $30\% \pm 2\%$ 로 감소합니다. $10\% \pm 1\%$ Co 를 함유하는 혼합 분말의 탭 밀도는 약 $5.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 입니다.

중요성

높은 탭 밀도 ($>5.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 는 입자가 더 채워질 수 있고, 컴팩트가 양호한 일관성 (치수 편차 $<0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$) 을 갖고, 소결 후 특성이 안정적 (경도 $\text{HV} > 2900 \pm 50$) 임을 나타냅니다.

예: 분말의 탭 밀도는 $5.8 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 입니다. 프레스 후 성형체 크기 편차는 $<0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$ 입니다. 항공 공구는 $\text{HV} 2200 \pm 30$ 의 경도와 12 시간 ± 1 시간 이상의 사용 수명으로 제작되었습니다.

텅스텐 카바이드 분말의 유동성

유동성은 압축 중 분말의 흐름 능력을 반영하며, 금형 충전 균일성과 제품 품질에 영향을 미칩니다.

측정 방법

ASTM B213 에 따라, 흘 유량계 (깔대기 구경 $5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$) 를 사용하여 $50 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 의 분말이 깔대기를 통과하는 데 걸리는 시간을 측정했습니다. 유동 거동은 하겐-푸아죄유 법칙을 따르며, 점성 저항은 약 $10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \pm 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 입니다.

일반적인 값

WC 분말의 유동성은 13~16 초/ $50\text{g} \pm 0.5$ 초이고, $10\% \pm 1\%$ Co 를 함유한 혼합 분말의 유동성은 약 14 초/ $50\text{g} \pm 0.5$ 초이다.

중요성

뛰어난 유동성 (<14 초/ $50\text{g} \pm 0.5$ 초) 로 균일한 금형 충진이 보장되고, 소결 후 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$ 가 유지되며, 성형 결함 (균열 $<1\% \pm 0.2\%$) 이 감소합니다.

예: 유동성이 13 초/ $50\text{g} \pm 0.5$ 초인 분말은 압착 후 균일성이 $>98\% \pm 1\%$ 이고 치수 편차가 $<0.01\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$ 인 도구 생산에 사용됩니다.

텅스텐 카바이드 분말 입자 크기의 영향 요인 및 최적화

입자 크기 (신입생 크기 사이징, FSSS):

Fisher 입자 크기가 $<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 일 때, 입자 사이의 반데르발스 힘은 증가하고 ($>10^{-9} \text{ N} \pm 10^{-10} \text{ N}$), 겔보기 밀도는 $4.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 로 떨어지고 유동성은 2 초 ± 0.5 초 (16 초/ $50 \text{ g} \pm 0.5$ 초) 만큼 감소합니다. Fisher 입자 크기가 $>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 일 때, 입자 사이의 간격은 감소하고 겔보기 밀도는 $5.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 로 증가 하고 유동성은 1 초 ± 0.2 초 (13 초/ $50 \text{ g} \pm 0.5$ 초) 만큼 증가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

최적화: 유리섬유의 입자 크기를 $0.5-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 로 제어 하고 밀도와 유동성을 균형 있게 조절합니다(비밀도 $4.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $14 \text{ s/50 g} \pm 0.5 \text{ s}$) .

모습:

구형 입자(구형화율 $>95\% \pm 1\%$)는 표면 마찰 계수가 낮고($<0.2 \pm 0.02$), 탭 밀도가 $5\% \pm 1\%$ 증가하고($6.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) , 유동성이 $3\% \pm 0.5\%$ 증가합니다($13 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$). 불규칙 입자 (모서리 $>0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 는 스택킹 갭이 크고 탭 밀도가 $3\% \pm 0.5\%$ 감소합니다($5.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) .

최적화: 분무 건조 과립화(입자 크기 $50 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 구형 도 $> 90\% \pm 2\%$)를 사용하여 입자 형태의 일관성을 개선했습니다.

공동 콘텐츠:

Co 함량이 $10\% \pm 1\%$ 일 때, 탭 밀도는 $5.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 이고 유동성은 $14 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$ 입니다. Co 함량이 $>15\% \pm 1\%$ 일 때, Co 입자(밀도 $8.9 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 가 불균일하게 분포되어 탭 밀도가 $5.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 로 떨어지고 유동성은 $1 \text{ 초} \pm 0.2 \text{ 초}$ ($15 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$)만큼 감소합니다.

최적화: Co 함량은 최적의 밀도와 유동성을 보장하기 위해 $8\%-12\% \pm 1\%$ 로 제어됩니다(탭 밀도 $5.5-5.8 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $<14 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$).

습기:

주변 습도가 $50\% \pm 5\%$ RH 미만일 때, 유동성은 $14 \text{ 초/50g} \pm 0.5 \text{ 초}$ 로 유지됩니다. 습도가 $80\% \pm 5\%$ RH 초과일 때, 수분 흡착으로 인해 응집 속도가 $10\% \pm 2\%$ 증가하고 유동성은 $2 \text{ 초} \pm 0.5 \text{ 초}$ ($16 \text{ 초/50g} \pm 0.5 \text{ 초}$) 감소합니다.

최적화: 처리 환경 습도는 $40\%-50\% \pm 5\%$ RH 로 조절되고, 분말은 수분 함량이 $<0.1\% \pm 0.01\%$ 가 되도록 건조됩니다(Karl Fischer 방법, GB/T 6283-2008).

과립화 공정:

분무 건조 과립화(입자 $50 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 구형 도 $> 90\% \pm 2\%$)는 탭 밀도를 $10\% \pm 2\%$ ($6.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$) 만큼 증가시키고 유동성을 $5\% \pm 1\%$ ($13 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$)만큼 증가시켰습니다. 과립화되지 않은 분말(초기 입자 크기 $<1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 은 심하게 응집되었고 탭 밀도는 $5.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 에 불과했습니다 .

최적화: 원심 분무 건조기(회전 속도 $10000-15000 \text{ rpm} \pm 50 \text{ rpm}$), 입자 크기 $50-80 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, $2\% \pm 0.1\%$ PVA 바인더를 첨가합니다 .

예: $10\% \pm 1\%$ Co 를 함유하는 분말, Fisher 입자 크기 $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 분무 건조 입자($50 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$) , 탭 밀도 $6.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $13 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$, 가압 후 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$, 수명 $>1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$ 인 광산 드릴 비트로 제조됨.

엔지니어링 응용 프로그램

항공용 칼:

탭 밀도 $5.8 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $13 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$, 프레스 그린 바디 크기 편차 $<0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$, 소결 후 경도 HV 2200 ± 30 , 수명 $>12 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$, 항공 소재 가공에 적합(Ti-6Al-4V 합금, $1000^\circ \text{ C} \pm 10^\circ \text{ C}$).

채굴 드릴:

탭 밀도 $6.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $13 \text{ 초/50 g} \pm 0.5 \text{ 초}$, 소결 밀도 $>99.5\% \pm 0.1\%$,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

휨 강도 $>4200 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, 수명 $>1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$, 단단한 암석 드릴링에 적합(압축 저항성 $>200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$).

냉간 헤딩 다이:

탭 밀도 $6.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 $14 \text{ s/50 g} \pm 0.5 \text{ s}$, 가압 후 변형량 $<0.01 \text{ mm} \pm 0.002 \text{ mm}$, 금형 수명 $>10 \text{ 6 회} \pm 10 \text{ 5 회}$, 고정밀 냉간 압연에 적합합니다.

테스트 및 품질 관리

체적 밀도: ASTM B212 에 따르면 각 배치는 3 번씩 테스트되며 평균값 편차는 $<2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

탭 밀도: ASTM B527 에 따라 진동 매개변수를 기록합니다 (주파수 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$, 진폭 $1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$), 편차 $<2\% \pm 0.5\%$.

유동성: ASTM B213 에 근거, 깔때기 조리개 교정($5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$), 시험 환경 습도 $<50\% \pm 5\% \text{ RH}$, 편차 $<1 \text{ 초} \pm 0.2 \text{ 초}$.

온라인 모니터링: 자동 탭 밀도계와 유량계를 사용하여 배치 데이터를 실시간으로 기록하고 1 년 $\pm 0.1 \text{ 년}$ 동안 보관합니다.

팅스텐 카바이드 분말의 체적 밀도($4.0\text{--}5.0 \text{ g/cm}^3$), 탭 밀도($5.0\text{--}6.2 \text{ g/cm}^3$) 및 유동성($13\text{--}16 \text{ 초/50g}$)은 초경합금 제조의 주요 매개변수입니다. 성능은 입자 크기($0.5\text{--}5 \text{ }\mu\text{m}$), 형태(구형도 $>95\%$), Co 함량($8\%\text{--}12\%$), 습도($<50\% \text{ RH}$) 및 과립화 공정(입자 $50 \text{ }\mu\text{m}$)에 의해 상당한 영향을 받습니다. 입자 크기, 형태 및 공정 매개변수를 최적화함으로써 6.0 g/cm^3 의 탭 밀도와 13 초/50g 의 유동성을 달성 할 수 있어 항공 도구(수명 $>12 \text{ 시간}$), 광산 드릴 비트(수명 $>1200 \text{ m}$) 및 콜드 헤딩 다이(변형 $<0.01 \text{ mm}$)의 고성능 요구 사항을 충족합니다.

4.5 요약 및 전망

초경합금의 원료 선정 및 분말 제조는 성능 최적화의 핵심 요소입니다. 이 장에서는 텅스텐 카바이드 분말 합성($1450\text{--}600^\circ \text{ C} \pm 10^\circ \text{ C}$, 입자 크기 $0.110 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$, 유리 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$), 결합상 및 첨가제(Co/Ni 순도 $>99.8\% \pm 0.01\%$, VC/ $\text{Cr}_3\text{C}_2 < 1\% \pm 0.01\%$), 분말 전처리(볼 밀링 $10:1 \pm 0.5$, 분무 건조 유량 $100\text{L/h} \pm 10\text{L/h}$), 분말 특성 분석(FSSS $0.250 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$, 탭 밀도 $4.06.2\text{g/cm}^3 \pm 0.1\text{g/cm}^3$, 유동성 $1316 \text{ 초/50g} \pm 0.5 \text{ 초}$)을 통해 공정 변수와 성능 간의 관계를 설명합니다.

WC 파우더

서브마이크론 입자 크기($<0.5 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$)와 높은 순도(자유 탄소 $<0.08\% \pm 0.01\%$)는 항공 도구의 경도($\text{HV} > 2300 \pm 30$)를 증가시킵니다(수명 $>15\text{h} \pm 1\text{h}$).

결합 단계

Co($10\% \pm 1\%$)는 인성 ($K_{1c} 1520 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$)을 제공하고, Ni($12\% \pm 1\%$)는 내식성을 향상($<0.01 \text{ mm/년} \pm 0.002 \text{ mm/년}$)시키며 심해 밸브(수명 $> 5 \text{ 년} \pm 0.5 \text{ 년}$)에 사용됩니다.

첨가제

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

VC($0.5\% \pm 0.01\%$)는 WC 입자 크기($<0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 제어하고, Cr_3C_2 ($0.5\% \pm 0.01\%$)는 강도($>4200\text{MPa} \pm 100\text{MPa}$)를 향상시키며 PCB 드릴 비트 ($> 10^5\text{holes} \pm 10^4 \text{ hole}$)에 사용됩니다.

전처리

습식 분쇄(12 시간 ± 0.1 시간)와 분무 건조($250^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$)를 통해 균일성(편차 $<2\% \pm 0.5\%$)과 유동성 (13 초/50g ± 0.5 초)이 보장되어 광산 드릴 비트(밀도 $> 99.5\% \pm 0.1\%$)에 사용할 수 있습니다.

성격 묘사

FSSS($0.35 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 탭 밀도($5.86.2 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$)는 경도 편차 감소($< \pm 30 \text{ HV}$)로 소결 품질을 예측합니다.

최적화 전략에는 다음이 포함됩니다.

정확한 W:C 비율($1:1.01 \pm 0.01$), H_2 분위기($\text{O}_2 < 10 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$), 미세 Co($<1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$), VC 첨가($0.3\%0.5\% \pm 0.01\%$), 습식 분쇄($10:1 \pm 0.5$, $12\text{h} \pm 0.1\text{h}$) 및 분무 건조(고형분 함량 $60\% \pm 1\%$).

예를 들어, $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ WC, $10\% \pm 1\%$ Co, $0.5\% \pm 0.01\%$ VC(FSSS $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 탭 밀도 $6.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$, 유동성 13 초/50g ± 0.5 초)를 함유한 분말은 경도 HV 2300 ± 30 , 마모량 $<0.08\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$, 수명 >15 시간 ± 1 시간인 항공 공구에 사용됩니다. $1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ WC, $12\% \pm 1\%$ Ni, $0.5\% \pm 0.01\%$ Cr_3C_2 를 함유한 분말은 부식 깊이 $<3 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$, 수명 >5 년 ± 0.5 년인 심해 밸브에 사용됩니다.

향후 연구 방향으로는 나노 WC 분말($<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)의 대량 생산(수율 >5 톤/배치 ± 0.5 톤), 녹색 결합상(철 기반, 비용 $<\$1000/\text{톤} \pm 100 \text{ USD}$), 새로운 억제제 (예: TaC, $<0.5\% \pm 0.01\%$), 그리고 항공(절삭 속도 $>500\text{m}/\text{분} \pm 10\text{m}/\text{분}$), 심해($>10000\text{m}$) 및 신에너지(전해조 수명 $> 10^4$ 시간 $\pm 10^3$ 시간)의 요구를 충족하는 지능형 특성 분석(FSSS의 AI 예측, 오차 $<1\% \pm 0.2\%$)이 포함됩니다. 이 장에서는 WCCo 상의 기여도와 3장의 성능 간의 상관관계를 분석하여 5장에서 성형 및 소결 공정의 기초를 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록: 초경합금 제품 및 텅스텐 카바이드 분말 선정을 위한 참고표

제품 유형	제품 예	성능 요구 사항	WC 분말 특성	WC 분말 선택 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
절단	터닝 인서트, 밀링 인서트, 홈 가공 인서트	높은 경도(HRA 8993 ±0.5), 우수한 내마모성(측면 마모 VB <0.3 mm), 칩핑 저항성(칩핑 깊이 <0.15 mm), 표면 거칠기 Ra <0.8 μm	미세 입자(0.51.5 μm ±0.1 μm), 고순도(>99.95% ±0.01%), 낮은 산소 함량(<0.1% ±0.01%), 균일한 입자 분포(D50 ±0.1 μm)	입자 크기: 0.51.5 μm ±0.1 μm, 순도: >99.95% ±0.01%, 탄소 함량: 6.13%6.18% ±0.01%, Co 함량: 6%12% ±0.5%, 첨가제: TiC / TaC (0%2% ±0.1%)	강철, 스테인리스강, 주철 가공, 절삭속도 100400m/min ±10m/min	미세립 WC 분말은 높은 경도와 내마모성을 보장하고, TiC / TaC 는 고온 성능을 개선하며, Co 함량은 인성과 경도의 균형을 이룹니다. ISO P/M/K 유형 인서트에 적합합니다.
전체 도구	드릴, 엔드밀, 리머	높은 굽힘강도(2000~3000MPa ±100MPa), 우수한 인성(파괴인성 812MPa • m ^{1/2} ±0.5), 내충격성(충격인성>10J/cm ² ±1J/cm ²)	중간-미립자(1.02.0 μm ±0.1 μm), 높은 순도(>99.9% ±0.01%), 적당한 산소 함량(<0.15% ±0.01%), 안정적인 화학 조성	입자 크기: 1.02.0 μm ±0.1 μm, 순도: >99.9% ±0.01%, 탄소 함량: 6.10%6.15% ±0.01%, Co 함량: 8%15% ±0.5%, 첨가제: VC/Cr ₃ C ₂ (0.1%0.5% ±0.05%)	금형강, 알루미늄 합금 가공, 드릴링/밀링 깊이 <20mm ±1mm	중미립자 WC 는 인성을 향상시키고, VC/ Cr ₃ C ₂ 는 입자 성장을 제어하고 전반적인 공구 강도를 보장합니다. 고부하 가공 환경에 적합합니다.
와이어 드로잉 다이	와이어 드로잉 다이, 압출 다이	매우 높은 내마모성(마모율 <0.01 mm ³ / h ±0.001 mm ³ / h), 높은 표면 마감(Ra <0.05 μm), 내식성(산 및 알칼리 저항성 pH 310)	초미립자(0.20.8 μm ±0.1 μm), 초고순도(>99.98% ±0.01%), 극히 낮은 산소 함량(<0.05% ±0.01%), 높은 균일성	입자 크기: 0.20.8 μm ±0.1 μm, 순도: >99.98% ±0.01%, 탄소 함량: 6.15%6.20% ±0.01%, Co 함량: 3%6% ±0.5%, 첨가제: TaC 없음 또는 소량 함유 (<0.5% ±0.05%)	구리 및 강철 와이어 인발, 와이어 직경 0.15mm ±0.01mm	초미립자 WC 는 거울처럼 매끄러운 표면과 내마모성을 제공하며, 낮은 Co 함량은 경도를 향상시킵니다. 불순물을 방지하기 위해 분말 순도를 엄격하게 제어해야 합니다.
스탬핑 다이	콜드 헤딩 다이, 편칭 다이	높은 압축강도(>4000 MPa ±100 MPa), 충격저항성(충격수 >10 6 ±10 4), 피로저항성(피로강도 >1000 MPa ±50 MPa)	중간 조립립(2.04.0 μm ±0.2 μm), 높은 순도(>99.9% ±0.01%), 적당한 산소 함량(<0.2% ±0.01%), 높은 안정성	입자 크기: 2.04.0 μm ±0.2 μm, 순도: >99.9% ±0.01%, 탄소 함량: 6.08%6.13% ±0.01%, Co 함량: 10%20% ±0.5%, 첨가제: Cr ₃ C ₂ (0.2%1% ±0.05%)	볼트, 판금, 두께 <10mm ±0.1mm	중간-조립 WC 는 충격 저항성을 개선하고, 높은 Co 함량은 인성을 향상시키고, Cr ₃ C ₂ 는 입자 성장을 억제합니다. 고응력 금형에 적합합니다.
내마모성 부품	노즐, 실링 링, 탭 해머	높은 내마모성(마모 손실 <0.005 mm ³ / N • m ±0.001 mm ³ / N • m), 내식성(마모 수명)	조립립(3.06.0 μm ±0.5 μm), 순도(>99.8% ±0.01%), 높은 산소 함량(<0.3% ±0.01%)	입자 크기: 3.06.0 μm ±0.5 μm, 순도: >99.8% ±0.01%, 탄소 함량: 6.05%6.10% ±0.01%, Co 함량:	모래 분사, 채굴, 밀봉, 작업 압력 <50 MPa ±1 MPa	조립질 WC 는 내마모성과 인성을 강화하고, 높은 Co 또는 Ni 함량은 내식성을 개선합니다. 따라서 극한 작업 조건에서 내마모성

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

제품 유형	제품 예	성능 요구 사항	WC 분말 특성	WC 분말 선택 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
		>5000 h ± 100 h), 열 안정성 (<800° C $\pm 10^\circ$ C)	$\pm 0.01\%$, 높은 화학적 안정성	12%25% $\pm 0.5\%$, 첨가제: Ni 없음 또는 소량 (<2% $\pm 0.1\%$)		부품에 적합합니다.
광산 도구	픽, 록 드릴 비트	매우 높은 충격 저항성 (충격 인성 >15 J/cm ² ± 1 J/cm ²), 마모 저항성 (마모율 <0.02 mm ³ / h ± 0.002 mm ³ /h), 피로 저항성	초조립 (6.0 ~10.0 μ m ± 1.0 μ m), 순도: >99.7% $\pm 0.01\%$, 높은 산소 함량 (<0.4% $\pm 0.01\%$), 높은 인성	입자 크기: 6.010.0 μ m ± 1.0 μ m, 순도: >99.7% $\pm 0.01\%$, 탄소 함량: 6.00%6.10% $\pm 0.01\%$, Co 함량: 15%30% $\pm 1\%$, 첨가제: CoNi 합금 없음 또는 소량 (<5% $\pm 0.2\%$)	석탄 채굴, 암석 채굴, 충격 주파수 <100Hz ± 5 Hz	초조립 WC 는 높은 인성을 제공하며, 높은 Co 함량은 충격 저항성을 향상시킵니다. 이는 고부하 광산 환경에 적합하며, 취성을 방지하기 위해 산소 함량을 제어해야 합니다.
정밀 부품	마이크로 툴, 밸브 코어	치수 허용 오차 ± 0.005 mm), 뛰어난 표면 마감 (Ra <0.02 μ m), 높은 경도 (HRA 9294 ± 0.5)	나노크리스탈 (0.10.4 μ m ± 0.05 μ m), 초고순도 (>99.99% $\pm 0.01\%$), 극히 낮은 산소 함량 (<0.03% $\pm 0.01\%$), 매우 높은 균일 성	입자 크기: 0.10.4 μ m ± 0.05 μ m, 순도: >99.99% $\pm 0.01\%$, 전자부품 가공, 탄소 함량: 6.18%6.22% $\pm 0.01\%$, Co 함량: 2%5% $\pm 0.3\%$, 첨가제: VC (0.05%0.2% $\pm 0.02\%$)	전자부품 가공, 유체 제어, 크기 <10mm ± 0.1 mm	나노결정 WC 는 초고경도와 매크러움을 보장하고, 낮은 Co 및 VC 는 입자 성장을 제어합니다. 결함을 방지하기 위해 고순도 분말이 필요합니다.

초경합금 제품 선정 및 생산공정 참고표

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레스 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
절삭 인서트	터닝 인서트, 밀링 인서트, 홈 가공 인서트	고경도 (HRA 8993 ± 0.5), 내마모성 (측면마모 VB <0.3 mm), 내칩핑성 (칩핑 깊이 <0.15 mm), 표면조도 Ra <0.8 μ m	양방향 압축 성형, 냉간 등방성 프레스	진공소결, 저압소결	프레스: 압력 100~250 MPa ± 10 MPa, 시간 1040 초 ± 1 초, 그린바디 밀도 60%75% $\pm 2\%$ (양방향 성형); 압력 100~300 MPa ± 10 MPa, 유지 압력 15 분 ± 10 초, 그린바디 밀도 70%85% $\pm 1\%$ (CIP) >소결: 온도 1350~1500° C $\pm 10^\circ$ C, 유지 온도 14 시간 ± 5 분, 진공도 0.010.1 Pa ± 0.01 Pa, 밀도 98%99.5% $\pm 0.5\%$ (진공); 압력 110 MPa ± 0.05 MPa, 밀도 98.5%99.5% $\pm 0.3\%$ (저압)	강철, 스테인리스강, 주철 가공, 절삭속도 100400m/min ± 10 m/min	양방향 성형 또는 CIP 는 균일한 밀도를 보장하고, 진공 또는 저압 소결은 경도와 내마모성을 향상시킵니다. ISO P/M/K 블레이드에 적합하며, 입자 크기는 0.51.5 μ m ± 0.1 μ m 입니다.
전체 도구	드릴, 엔드밀,	높은 굽힘강도 (200	압출성형, 냉간등방압	열간등방압성형 (HIP),	압착: 압출 압력 20100 MPa ± 5 MPa, 속도 0.11 m/min ± 0.01 m/min, 빌렛	금형강, 알루미늄 합금 가공,	압출성형은 막대에 적합하고, CIP 는 복잡한

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

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레싱 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
	리머	0~3000MPa±100MPa), 인성(파괴인성 812MPa·m ^{1/2} ±0.5), 내충격성(충격인성>10J/cm ² ±1J/cm ²)	성형	진공소결	밀도 50%65% ±2% (압출); 압력 100300 MPa ±10 MPa, 유지 압력 15 분 ±10 초, 빌렛 밀도 70%85% ±1% (CIP)< br >소결: 온도 1300~1450° C ±10° C, 압력 100~200 MPa ±0.1 MPa, 유지 온도 13 시간 ±5 분, 밀도 99.8%100% ±0.2% (HIP); 온도 ussel1350~1500° C ±10° C, 유지 온도 14 시간 ±5 분, 밀도 98%99.5% ±0.5% (진공)	드릴링/밀링 깊이 <20mm ±1mm	형상에 적합합니다. HIP 는 강도를 향상시키고, 진공소결은 비용이 낮습니다. Co 함량은 8%15% ±0.5%입니다.
와이어 드로잉 다이	와이어 드로잉 다이, 압출 다이	매우 높은 내마모성(마모율 <0.01 mm ³ / h ±0.001 mm ³ / 분 말사출성 h), 표면 마감(Ra <0.05 μm), 내식성(산 및 알칼리 저항성 pH 310)	분말사출성 형, 냉간등방성 형	마이크로파 소결, 진공 소결	압착: 사출 압력 50~150 MPa ±5 MPa, 온도 150~200° C ±5° C, 빌렛 수축률 15%~20% ±1% (PIM); 압력 100~300 MPa ±10 MPa, 유지 압력 15 분 ±10 초, 빌렛 밀도 70%~85% ±1% (CIP)< br >소결: 온도 130~1450° C ±10° C, 시간 1060 분 ±1 분, 밀도 97%~99% ±0.5% (마이크로파); 온도 135~1500° C ±10° C, 유지 온도 14 시간 ±5 분, 밀도 98%~99.5% ±0.5% (진공)	구리 및 강철 와이어 인발, 와이어 직경 0.15mm ± 0.01mm	PIM 은 정밀 금형에 적합하고, CIP 는 균일성을 보장합니다. 마이크로파 소결은 효율적이며, 진공 소결은 매끄러움을 보장합니다. 초미립 WC 분말 0.20.8 μm ± 0.1 μm .
스탬핑 다이	콜드 헤딩 다이, 편칭 다이	높은 압축강도(>4000 MPa ±100 MPa), 충격저항성(충격수 >10 6 ±10 4) , 피로저항성(피로강도 >1000 MPa ±50 MPa)	일방향 압축 성형, 냉간 등방성 가압 성형	열간 등방성 소결(HIP), 가스 보호 소결	프레싱: 압력 50200 MPa ±10 MPa, 시간 530 초 ±1 초, 그린 바디 밀도 50%70% ±2%(단방향); 압력 100300 MPa ±10 MPa, 유지 압력 15 분 ±10 초, 그린 바디 밀도 70%85% ±1%(CIP)< br >소결: 온도 1300~1450° C ±10° C, 압력 100200 MPa ±0.1 MPa, 유지 온도 13 시간 ±5 분, 밀도 99.8%100% ±0.2%(HIP); 온도 1350~1480° C ±10° C, 유지 온도 15 시간 ±5 분, 밀도 97%99% ±0.5%(가스)	볼트, 판금 스탬핑, 두께 <10mm ±0.1mm	일방향 성형은 비용이 낮고, CIP 는 복잡한 금형에 적합합니다. HIP 는 강도를 향상시키고, 가스 보호는 대형 금형에 적합합니다. 중간-조립 WC 2.04.0 μm ± 0.2 μm .
내마모성 부품	노즐, 실링 링, 탭 헤더	높은 내마모성(마모 손실 <0.005 mm ³ /	롤포밍, 드라이백 등방성형	저압소결, 가스보호소결	압연: 롤러 압력 50~150 MPa ±10 MPa, 롤러 속도 0.55 rpm ±0.1 rpm, 빌렛 두께 110 mm ±0.1 mm(압연); 압력 150~400 MPa ±10 MPa, 시간	모래 분사, 채굴, 밀봉, 압력 <50 MPa ±1 MPa	롤 성형은 얇은 판에 적합하고, 건식 백 등방성 가압은 효율적이며, 저압 소결은 성능의 균형을

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

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레싱 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
		$N \cdot m \pm 0.001 \text{ mm}^3 / N \cdot m$, 내식성(수명 >5000 h ± 100 h), 열 안정성(<800 ° C $\pm 10^\circ$ C)			30~120 s ± 5 s, 빌렛 밀도 70%80% $\pm 1\%$ (드라이백) < br > 소결: 온도 1350~1450° C $\pm 10^\circ$ C, 압력 110 MPa ± 0.05 MPa, 단열 13 h ± 5 min, 밀도 98.5%99.5% $\pm 0.3\%$ (저압); 온도 1350~1480° C $\pm 10^\circ$ C, 단열 15 h ± 5 min, 밀도 97%99% $\pm 0.5\%$ (가스)		이루고, 가스 보호는 대형 부품에 적합합니다. 조립 WC 3.06.0 $\mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$.
광산 도구	픽, 록 드릴 비트	매우 높은 충격 저항성(충격 인성 >15 J/cm ² ± 1 J/cm ²), 마모 저항성(마모율 <0.02 mm ³ / h ± 0.002 mm ³ /h), 피로 저항성	일방향 압축성형, 압출성형	가스 보호 소결, 진공 소결	압착: 압력 50,200 MPa ± 10 MPa, 시간 530 초 ± 1 초, 빌렛 밀도 50%70% $\pm 2\%$ (단방향); 압출 압력 20,100 MPa ± 5 MPa, 속도 0.11 m/min ± 0.01 m/min, 빌렛 밀도 50%65% $\pm 2\%$ (압출)< br >소결: 온도 1350~1480° C $\pm 10^\circ$ C, 단열 15 시간 ± 5 분, 밀도 97%99% $\pm 0.5\%$ (가스); 온도 1350~1500° C $\pm 10^\circ$ C, 단열 14 시간 ± 5 분, 밀도 98%99.5% $\pm 0.5\%$ (진공)	석탄 채굴, 암석 채굴, 충격 주파수 <100Hz ± 5 Hz	일방향 성형은 비용이 낮고 압출은 긴 스트립에 적합하며, 가스 보호는 대형 부품에 적합하고 진공 소결은 성능을 향상시킵니다. 초조립 WC 6.010.0 $\mu\text{m} \pm 1.0 \mu\text{m}$.
정밀 부품	마이크로 툴, 밸브 코어	높은 정밀도(허용 오차 $\pm 0.005\text{mm}$), 표면조도(Ra <0.02 μm), 높은 경도(HRA 9294 ± 0.5)	분말사출성형, 건식백 등방압성형	마이크로파 소결, 스파크 플라즈마 소결(SPS)	압착: 사출 압력 50~150 MPa ± 5 MPa, 온도 150~200° C $\pm 5^\circ$ C, 빌렛 수축률 15%~20% $\pm 1\%$ (PIM); 압력 150~400 MPa ± 10 MPa, 시간 30~120 초 ± 5 초, 빌렛 밀도 70%~80% $\pm 1\%$ (드라이백)< br >소결: 온도 130~1450° C $\pm 10^\circ$ C, 시간 1060 분 ± 1 분, 밀도 97%~99% $\pm 0.5\%$ (마이크로파); 온도 120~1400° C $\pm 10^\circ$ C, 압력 30~100 MPa ± 0.1 MPa, 시간 520 분 ± 30 초, 밀도 98%~99.5% $\pm 0.5\%$ (SPS)	전자부품 가공, 유체제어, 크기 <10mm $\pm 0.1\text{mm}$	PIM 및 드라이백 등방성 압축은 미세하고 복잡한 형상에 적합하고, 마이크로파 및 SPS는 빠르고 정밀하며, 나노결정 WC 는 0.10.4 $\mu\text{m} \pm 0.05 \mu\text{m}$ 입니다.
롤링 도구	롤러, 압력 롤러	높은 내마모성(마모 손실 <0.01 mm ³ / $N \cdot m \pm 0.001 \text{ mm}^3 / N \cdot m$),	내간 등방성형, 일방향 압축 성형	열간등방압소결(HIP), 저압소결	프레싱: 압력 100~300 MPa ± 10 MPa, 유지 압력 15 분 ± 10 초, 그린 바디 밀도 70%85% $\pm 1\%$ (CIP); 압력 50~200 MPa ± 10 MPa, 시간 530 초 ± 1 초, 그린 바디 밀도 50%70% $\pm 2\%$ (단방향)< br >소결: 온도 1300~1450° C $\pm 10^\circ$ C, 압력 100~200	강판 및 알루미늄 프로파일 압연, 압연력 <1000 kN ± 10 kN	CIP는 대형 롤러에 적합하며 일방향 성형 비용이 낮습니다. HIP는 내마모성을 향상시키고 저압 소결로 비용 균형을 맞춥니다. 조립될 WC 3.06.0 $\mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}$, Co 10%20% $\pm 0.5\%$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레싱 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
		피로 저항성(피로 수명 $>10^7$ 사이클 $\pm 10^5$), 열 안정성(<900 $^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$)			MPa ± 0.1 MPa, 유지 압력 13 시간 ± 5 분, 밀도 99.8%100% $\pm 0.2\%$ (HIP); 온도 $1350^{\circ}\text{C} \sim 1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 110 MPa ± 0.05 MPa, 유지 압력 13 시간 ± 5 분, 밀도 98.5%99.5% $\pm 0.3\%$ (저압)		
내마모성 라이닝	크러셔 라이닝, 밀 라이닝	높은 내마모성(마 모율 <0.015 $\text{mm}^3 / \text{h} \pm$ 0.002 mm^3 (h), 내충격성(충 격인성 >12 J/cm^2) ± 1 J/cm^2), 내식성(수명 >4000 h ± 100 h)	롤포밍, 일방향 압축성형	가스 보호 소결, 저압 소결	압연: 롤러 압력 $50 \sim 150 \text{ MPa} \pm 10$ MPa, 롤러 속도 $0.55 \text{ rpm} \pm 0.1 \text{ rpm}$, 빌렛 두께 $110 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ (압연); 압력 $50 \sim 200 \text{ MPa} \pm 10 \text{ MPa}$, 시간 530 초 ± 1 초, 빌렛 밀도 50%70% $\pm 2\%$ (단방향)< br >소결: 온도 $1350 \sim 1480^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 단열 15 시간 ± 5 분, 밀도 97%99% $\pm 0.5\%$ (가스); 온도 $1350 \sim 1450^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 110 MPa ± 0.05 MPa, 단열 13 시간 ± 5 분, 밀도 98.5%99.5% $\pm 0.3\%$ (저압)	채굴, 재료 분쇄, 마모율 <0.1 $\text{mm}/\text{month} \pm 0.01 \text{ mm}$	롤 성형은 얇은 판에 적합하고 일방향 성형이 효율적입니다. 가스 보호는 대형 라이닝 판에 적합하고 저압 소결로 성능이 향상됩니다. 중간-조립 WC $2.04.0 \mu\text{m} \pm 0.2 \mu\text{m}$.
베어링 구성품	베어링 슬리브, 볼	높은 내마모성(마 모 손실 $<0.003 \text{ mm}^3 /$ $\text{N} \cdot \text{m} \pm$ $0.001 \text{ mm}^3 /$ $\text{N} \cdot \text{m}$), 높은 정밀도(허용 오차 ± 0.01 mm), 피로 저항성(수명 $>10^8$ 사이클 $\pm 10^6$)	분말사출성 형, 냉간등방성 형	진공소결, 스파크 플라즈마 소결(SPS)	압착: 사출 압력 $50 \sim 150 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 온도 $150 \sim 200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 빌렛 수축률 $15\% \sim 20\% \pm 1\%$ (PIM); 압력 $100 \sim 300$ MPa $\pm 10 \text{ MPa}$, 유지 압력 15 분 ± 10 초, 빌렛 밀도 $70\% \sim 85\% \pm 1\%$ (CIP)< br >소결: 온도 $135 \sim 1500^{\circ}\text{C}$ $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 유지 압력 14 시간 ± 5 분, 밀도 98%~99.5% $\pm 0.5\%$ (진공); 온도 $120 \sim 1400^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, 압력 $30 \sim 100$ MPa $\pm 0.1 \text{ MPa}$, 시간 520 분 ± 30 초, 밀도 98%~99.5% $\pm 0.5\%$ (SPS)	고속 기계, 자동차 베어링, 속도 $<10^4$ $\text{rpm} \pm 100 \text{ rpm}$	를 향상시킵니다. 미세 입자 WC $0.51.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$.
분무 도구	스프레이 노즐, 샌드블라 스팅 노즐	매우 높은 내마모성(마 모율 <0.005 $\text{mm}^3 / \text{h} \pm$	분말사출성 형, 건식백 등방압성형	마이크로파 소결, 저압 소결	압착: 사출 압력 $50 \sim 150 \text{ MPa} \pm 5 \text{ MPa}$, 온도 $150 \sim 200^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 빌렛 수축률 $15\% \sim 20\% \pm 1\%$ (PIM); 압력 $150 \sim 400$ MPa $\pm 10 \text{ MPa}$, 시간 30~120 초 ± 5 초,	모래 분사, 페인트 분무, 유량 <100 $\text{L}/\text{min} \pm 1 \text{ L}/\text{min}$	PIM 은 정밀 노즐에 적합하며, 드라이백 등방성 가압이 효율적입니다. 마이크로파 소결은 빠르고,

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

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레싱 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
		0.001 mm ³ / h), 내식성(산 및 알칼리 저항성 pH 212), 열 안정성(<700 ° C ±10° C)			빌렛 밀도 70%~80% ±1% (드라이백) 소결: 온도 130~1450° C ±10° C, 시간 1060 분 ±1 분, 밀도 97%~99% ±0.5% (마이크로파); 온도 135~1450° C ±10° C, 압력 110 MPa ±0.05 MPa, 단열 13 시간 ±5 분, 밀도 98.5%~99.5% ±0.3% (저압)		저압 소결은 성능을 보장합니다. 초미립자 WC 0.20.8 μm ± 0.1 μm .
의료 도구	치과 드릴 비트, 수술용 칼날	(HRA 9194 ±0.5), 표면 마감(Ra <0.01 μm), 생체적합성(무독성), 높은 정밀도(허용 오차 ±0.002 mm)	분말사출성형, 건식백 등방압성형	스파크 플라즈마 소결 (SPS), 진공 소결	압착: 사출 압력 50~150 MPa ±5 MPa, 온도 150~200° C ±5° C, 빌렛 수축률 15%~20% ±1% (PIM); 압력 150~400 MPa ±10 MPa, 시간 30~120 초 ±5 초, 빌렛 밀도 70%~80% ±1% (드라이백) 소결: 온도 120~1400° C ±10° C, 압력 30~100 MPa ±0.1 MPa, 시간 520 분 ±30 초, 밀도 98%~99.5% ±0.5% (SPS); 온도 135~1500° C ±10° C, 단열 14 시간 ±5 분, 밀도 98%~99.5% ±0.5% (진공)	치과 수술, 정형외과 가공, 크기 <5mm ±0.05mm	PIM과 건식백 등방성 압축은 미세하고 복잡한 형상에 적합하고, SPS 는 높은 정밀도와 안정적인 진공 소결을 갖고 있으며 , 나노결정 WC 는 0.10.4 μm ±0.05 μm , Co 는 2%5% ±0.3%로 낮습니다.
에너지 구성 요소	드릴링 치아, 밸브 셀	높은 내마모성(마모 손실 <0.008 mm ³ / N·m ± 0.001 mm ³ / N·m), 내식성(산 및 알칼리 저항성 pH 211), 고온 저항성(<1000 ° C ±10° C)	냉간 등방성 프레싱, 드라이백 등방성 프레싱	열간등방압소결(HIP), 저압소결	프레싱: 압력 100~300 MPa ±10 MPa, 유지 압력 15 분 ±10 초, 그린바디 밀도 70%~85% ±1% (CIP); 압력 150~400 MPa ±10 MPa, 시간 30~120 초 ±5 초, 그린바디 밀도 70%~80% ±1% (드라이백) 소결: 온도 130~1450° C ±10° C, 압력 100~200 MPa ±0.1 MPa, 유지 압력 13 시간 ±5 분, 밀도 99.8%~100% ±0.2% (HIP); 온도 135~1450° C ±10° C, 압력 110 MPa ±0.05 MPa, 유지 압력 13 시간 ±5 분, 밀도 98.5%~99.5% ±0.3% (저압)	석유 시추, 천연가스 밸브, 압력 <100MPa ±1MPa	은 복잡한 형상에 적합하며, HIP는 고온 성능을 개선하고 저압 소결은 비용이 적당합니다. 조립자 WC 3.06.0 μm ±0.5 μm , Ni 첨가량 <2% ±0.1%.
항공우주 부품	터빈 블레이드 금형, 패스너 금형	높은 피로 저항성(피로 수명 >10 8 회 사이클 ±10 6 회) , 고온 저항성(<900 ° C ±10° C)	분말사출성형, 냉간등방성형	진공소결, 열간등방압성형(HIP)	압착: 사출 압력 50~150 MPa ±5 MPa, 온도 150~200° C ±5° C, 빌렛 수축률 15%~20% ±1% (PIM); 압력 100~300 MPa ±10 MPa, 유지 압력 15 분 ±10 초, 빌렛 밀도 70%~85% ±1% (CIP) 소결: 온도 1350~1500° C	항공기 엔진, 패스너 제조, 크기 <50mm ±0.5mm	을 향상시킵니다. 미세 입자 WC 0.51.5 μm ±0.1 μm .

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

제품 유형	제품 예시	성능 요구 사항	추천되는 프레싱 공정	추천 매듭 공예	프로세스 매개변수	적용 가능한 시나리오	설명하다
		° C ±10° C), 높은 정밀도(허용 오차 ±0.01mm)			±10° C, 유지 온도 14 시간 ±5 분, 밀도 98%~99.5% ±0.5% (진공); 온도 1300~1450° C ±10° C, 압력 100~200 MPa ±0.1 MPa, 유지 온도 13 시간 ±5 분, 밀도 99.8%~100% ±0.2% (HIP)		
전자 제조 도구	반도체 몰드, 리드프레 임 몰드	높은 정밀도(허용 오차 ±0.003 mm), 표면 조도(Ra <0.015 μ m), 높은 경도(HRA 9295 ±0.5)	분말사출성 형, 건식백 등방압성형	스파크 플라즈마 소결(SPS), 마이크로파 소결	압착: 사출 압력 50~150 MPa ±5 MPa, 온도 150~200° C ±5° C, 빌렛 수축률 15%~20% ±1% (PIM); 압력 150~400 MPa ±10 MPa, 시간 30~120 초 ±5 초, 빌렛 밀도 70%~80% ±1% (드라이백) 소결: 온도 120~1400° C ±10° C, 압력 30~100 MPa ±0.1 MPa, 시간 520 분 ±30 초, 밀도 98%~99.5% ±0.5% (SPS); 온도 130~1450° C ±10° C, 시간 1060 분 ±1 분, 밀도 97%~99% ±0.5% (마이크로파)	반도체 패키징, 칩 제조, 크기 <10mm ±0.1mm	PIM 및 건식백 등방성 압축은 마이크로 몰드에 적합하고, SPS 및 마이크로파 소결은 고정밀이고 빠릅니다. 나노결정 WC 0.10.4 μ m ± 0.05 μ m .
건축 도구	콘크리트 드릴 비트, 벽돌 절단 블레이드	높은 내마모성(마 모율 <0.02 mm³ / h ± 0.002 mm³ /h), 내충격성(충 격인성 >14 J/cm²) ± 1 J/ cm²) , 내식성(수명 >3000 h ±100 h)	일방향 압축성형, 압출성형	가스 보호 소결, 진공 소결	압착: 압력 50,200 MPa ±10 MPa, 시간 530 초 ±1 초, 빌렛 밀도 50%70% ±2%(단방향); 압출 압력 20,100 MPa ±5 MPa, 속도 0.11 m/min ±0.01 m/min, 빌렛 밀도 50%65% ±2%(압출) 소결: 온도 1350~1480° C ±10° C, 단열 15 시간 ±5 분, 밀도 97%99% ±0.5%(가스); 온도 1350~1500° C ±10° C, 단열 14 시간 ±5 분, 밀도 98%99.5% ±0.5%(진공)	콘크리트, 석조 가공, 드릴링 깊이 <100mm ±1mm	일방향 성형은 비용이 낮고 압출은 긴 스트립에 적합합니다. 가스 보호는 대량 생산에 적합하고 진공 소결은 성능을 향상시킵니다. 중간-조립 WC 2.04.0 μ m ± 0.2 μ m .

참고문헌

- Exner, HE (1979). 초경합금의 물리적 및 화학적 특성. *International Metals Reviews* , 24(1), 149173. <https://doi.org/10.1179/imtr.1979.24.1.149>
- Exner, HE (1979). 초경합금의 물리적 및 화학적 특성. *International Metals Reviews*, 24(1), 149173.
- 우파디아야, GS (1998). *초경합금 텅스텐 카바이드: 생산, 특성 및 시험*. 윌리엄 앤드류 출판사.
- Fang, ZZ, & Eso, OO (2014). 초경합금 가공의 발전. VK Sarin (편), *포괄적인 하드 자료(Vol. 1*,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

- pp. 167-190). Elsevier.
- Wang, H., & Fang, Z. (2019). 극한 조건에서 초경합금의 열적 및 기계적 특성. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 82, 7685.
- Zhang, L., & Chen, S. (2017). 산성 환경에서 초경합금의 부식 거동. *Corrosion Science*, 125, 8795.
- Prakash, L. J. (2014). 경금속 : 구조, 특성 및 성능. VK Sarin (편), *종합 경질 재료* (제 1 권, 2954 쪽). Elsevier.
- Prakash, L. J. (2014). 초경합금: 구조, 특성 및 성능. VK Sarin(편), *Comprehensive Hard Materials*(제 1 권, 2954 쪽). Elsevier 출판.
- Luyckx, S., & Love, A. (2006). 초경합금의 등급과 미세구조의 관계. *국제 내화금속 및 경질재료 저널*, 24(12), 7582.
- Liu, Y., & Jiang, Y. (2018). 기계화학적 공정을 이용한 초미립 WC 분말 합성. *Powder Technology*, 338, 623630.
- Sun, J., & Zhao, J. (2020). 초경합금의 미세구조에 대한 입자성장 억제제의 효과. *Ceramics International*, 46(8), 1154311550.
- Sun, J., & Zhao, J. (2020). 초경합금의 미세구조에 미치는 입자성장 억제제의 영향. *국제세라믹저널*, 46(8), 1154311550.
- Zhang, H., & Li, X. (2022). 초경합금의 열전도도: 실험 및 모델링 접근법. *재료연구 기술저널*, 18, 1234-1245.
- 김수연, 이정훈 (2021). 절삭공구용 초경합금의 열충격 저항성. *Ceramics International*, 47(12), 1678916796.
- Jin, X., & Li, J. (2021). 절삭공구용 초경합금의 열충격 저항성. *국제 세라믹 저널*, 47(12), 1678916796.
- Nibonded 초경합금의 자기적 및 전기적 특성. *재료 과학 저널*, 55(14), 62346245.
- Park, Zhe, & Jiang, Sheng. (2020). 니켈 결합 초경합금의 자기적 및 전기적 특성. *재료과학 저널*, 55(14), 62346245.
- Wu, J., & Chen, H. (2023). 부식성 환경에서 초경합금의 전기화학적 부식. *Electrochimica Acta*, 441, 141789.
- Wu, J., & Chen, H. (2023). 가혹한 환경에서 초경합금의 전기화학적 부식. *Journal of Electrochimica Sinica*, 441, 141789.
- Roebuck, B., & Almond, EA (1988). 초경합금의 변형 및 파괴 과정. *재료과학 및 공학: A*, 105106, 237245.
- Robuck, B., & Almond, EA (1988). 초경합금의 변형 및 파괴 과정. *재료과학 및 공학: A*, 105106, 237245.
- 중국 텅스텐 온라인. (2023). 초경합금의 특성 및 응용. 중국 텅스텐 온라인.
<http://news.chinatungsten.com/cn/tungstencarbideinformation>
- 차이나텅스텐 온라인. (2023). 초경합금의 특성 및 응용. *차이나텅스텐 온라인*.
- Zhu, LQ, & Li, WP (2018). 초경합금 제조 기술의 발전. *Materials Reports*, 32(10), 16531660.
- T., & Chen, M. (2019). 초경합금의 소결 속도론 발전. *Powder Metallurgy Technology*, 37(5), 321329.
- , M., & Zhao, G. (2022). 초경합금의 기계적 성질 시험의 발전. *재료 과학 및 기술*, 30(6), 789796.

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

, W., & Zhang, H. (2020). 초경합금의 고온 산화 거동에 관한 연구. 재료과학 및 공학 저널, 38(4), 512518.

, P., & Liu, Y. (2021). 초경합금의 열적 특성에 관한 연구. Materials China, 40(3), 234241.

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

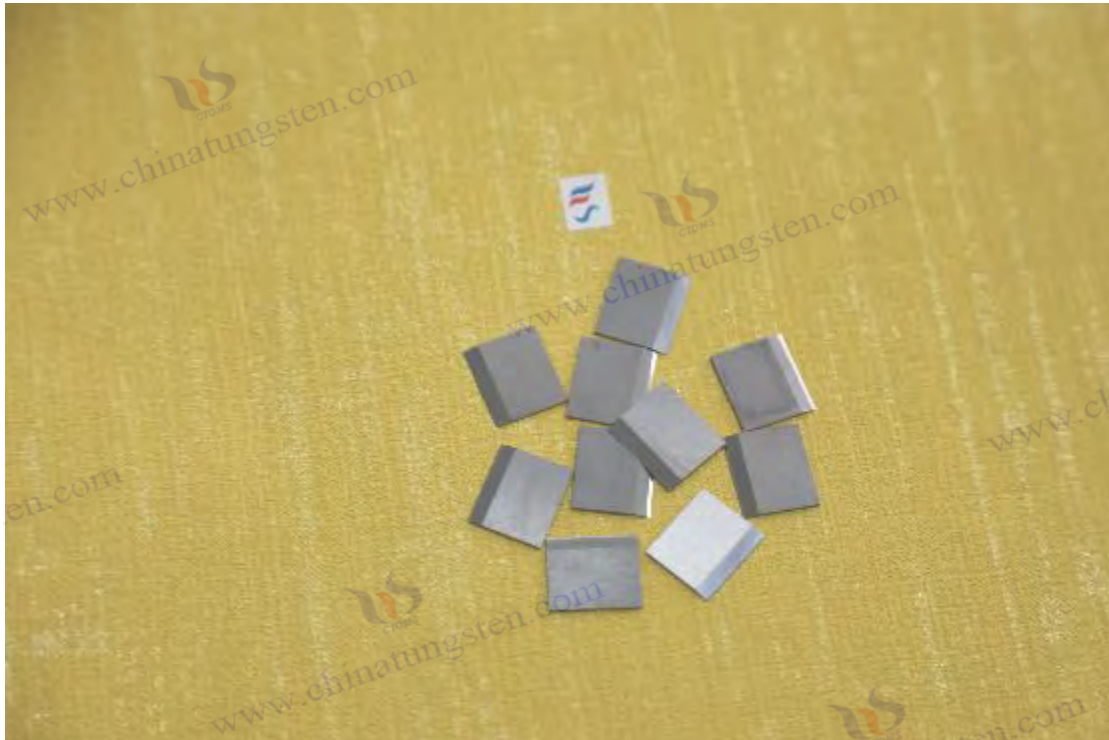
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



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



부록 :

시멘트 카바이드 혼합물 제조를 위한 볼 밀링 유형

초경합금 (경금속 또는 초경합금) 혼합물은 최종 제품의 미세 구조와 특성(경도, 인성, 강도 등)에 직접적인 영향을 미치는 생산 공정의 핵심 단계입니다. 볼 밀링은 혼합물 제조의 핵심 공정으로, 경질상(예: 텅스텐 카바이드(WC), 바인더상(예: 코발트 Co), 기타 첨가제(예: TaC , Cr3C2)를 균일하게 혼합하고 분말 입자 크기, 형태 및 활성을 제어하는 데 사용됩니다.

다음에서는 시멘트 카바이드 혼합물의 제조를 위한 볼 밀링 유형, 공정, 공정 매개변수, 장비 특성, 영향 요인 및 최적화 방안에 대해 자세히 설명합니다. 여기에는 업계 표준(ISO, GB/T 등)과 데이터가 결합되어 내용이 포괄적이고 정확하도록 보장됩니다.

1. 시멘트 카바이드 혼합물을 제조하기 위한 볼 밀링 유형

시멘트 카바이드 혼합물 제조에 일반적으로 사용되는 볼밀 유형은 장비 구조, 분쇄 방법 및 매체에 따라 다음과 같은 범주로 구분되며, 각각은 서로 다른 생산 규모와 성능 요구 사항에 적합합니다.

1.1 행성형 볼밀

정의 : 분쇄 용기는 회전 디스크에 고정되어 있으며, 디스크와 용기는 동시에 회전하고 회전하면서 높은 에너지 충격과 전단력을 발생시킵니다.

특징 :

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

고에너지 분쇄, 고효율, 초미립분말(입자크기 $<0.5 \mu\text{m}$)에 적합합니다.
짧은 분쇄 시간(420 시간)으로 소량 생산 및 고성능 카바이드에 적합합니다.
분말 입자 크기 분포가 좁고 균일성이 좋습니다.

적용 가능한 시나리오 :

초미립자 초경합금(예: 공구, 금형, 경도 1800-2200 HV), 실험실 연구 및 개발,
고정밀 혼합물 제조.

장비 매개변수 :

속도: 200600 rpm(메인 디스크), 탱크 회전 속도 비율 1:2.

볼 대 재료 비율: 5:1 ~ 10:1(질량 비율).

분쇄 매체: 카바이드 볼(WC, 610mm).

장단점 :

장점 : 효율성이 높고, 입자 크기가 미세하며, 혼합이 균일합니다.

단점 : 장비 비용이 높고, 용량이 제한적(탱크당 50~500mL), 대량 생산에 적합하지
않음.

1.2 드럼 볼 밀

정의 : 수평 드럼 안에 분쇄용 볼과 재료가 채워져 있고, 드럼이 회전하면서 볼과
재료가 굴러가고, 충돌하고, 분쇄됩니다.

특징 :

저에너지 분쇄, 효율은 낮지만 용량이 커서 대량 생산에 적합합니다.

긴 분쇄 시간(2472 시간), 입자 크기 범위 $0.52 \mu\text{m}$. 간단한 장비, 낮은 유지 보수
비용.

적용 가능한 시나리오 :

중간 입자 카바이드(YG6, YG8, 경도 1400~1600 HV 등)

광산 도구와 일반 용도 절삭 도구의 대량 생산.

장비 매개변수 :

속도: 30100 rpm(임계 속도의 6070%).

볼과 재료의 비율: 3:1 ~ 5:1.

분쇄 매체: 카바이드 볼 또는 강철 볼(1020mm, 강철 볼은 오염 방지 처리되어야 함).

장단점 :

장점 : 대용량(50L~1000L), 저렴한 가격, 산업화에 적합.

단점 : 분쇄 효율이 낮고, 입자 크기 분포가 넓으며, 초미분말을 생산하는 데
어려움이 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.3 진동 볼 밀

정의 : 분쇄 용기는 고주파 진동(진동 주파수 1030Hz)을 통해 분쇄 볼과 재료를 충돌시키고 진단합니다.

특징 :

행성형과 드럼형 사이의 효율성을 갖춘 중간에서 높은 에너지 분쇄입니다.

분쇄시간은 1248 시간, 입자크기는 $0.51\mu\text{m}$ 이었다 .

소량 및 중량 생산에 적합하며 혼합 균일성이 우수합니다.

적용 가능한 시나리오 :

중간 및 미세 입자의 초경(예: 고성능 공구, 경도 1600-1800 HV).

첨가제(예: TaC , TiC) 복합제형 혼합.

장비 매개변수 :

진동 주파수: 1525Hz.

볼과 재료의 비율: 5:1 ~ 8:1.

분쇄 매체: 카바이드 볼(515mm).

장단점 :

장점 : 효율성이 높고, 입자 크기 조절이 좋으며, 소규모 및 중규모에 적합합니다.

단점 : 장비가 복잡하고 진동과 소음이 심하며 유지관리가 많이 필요합니다.

1.4 어트리터 밀

정의 : 수직 또는 수평 탱크에서 교반 암은 분쇄 볼과 재료를 구동하여 고속으로 교반하고 충돌시킵니다.

특징 :

행성형에 가까운 효율을 지닌 고에너지 분쇄로 초미립분말($<0.5\mu\text{m}$)에 적합합니다 .

중간 용량(10~100L), 분쇄 시간 624 시간.

이 분말은 활성도가 매우 높아 고성능 초경합금에 적합합니다.

적용 가능한 시나리오 :

초미립자, 고경도 시멘트 카바이드(예: 정밀 공구, 경도 2000 HV).

복합 제형(예: 다상 첨가제 TiC , TaC) .

장비 매개변수 :

교반속도: 100500 rpm.

볼과 재료의 비율: 8:1 ~ 15:1.

분쇄 매체: 카바이드 볼(310mm).

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

장단점 :

장점 : 효율성이 높고, 입자 크기가 미세하며, 복잡한 공식에 적합합니다.

단점 : 장비 비용이 많이 들고 믹싱 암이 마모되어 정기적으로 교체해야 합니다.

1.5 습식 볼 밀링 vs 건식 볼 밀링

습식 볼 밀링 :

특징 : 액체 매질(에탄올, 아세톤 등)을 첨가하면 분말 응집을 줄이고 입자 크기를 더 미세하게($0.21\mu\text{m}$) 만들 수 있습니다 .

용도 : 높은 균일성이 요구되는 초미립 시멘트 카바이드 .

단점 : 후속 건조 과정이 필요하므로 공정 단계가 늘어납니다.

건식 볼 밀링 :

특징 : 액상매체가 없고, 공정이 간단하나 응집이 쉬움, 입자크기가 굵음 ($12\mu\text{m}$)

적용 가능 : 중립 카바이드, 대량 생산.

단점 : 분말 활성도가 낮고 균일성이 약간 낮습니다.

데이터 지원 :

행성형: 입자 크기 $<0.5\mu\text{m}$, 경도 20% 증가(ScienceDirect, 2020).

드럼 타입: 입자 크기 $12\mu\text{m}$, YG6 /YG8(GB/T 3849)에 적합.

교반 유형: 입자 크기 $0.20.5\mu\text{m}$, 인성 이 10% 증가했습니다(Sandvik, 2023).

2. 볼 밀링 공정에 대한 자세한 설명

GPa 등)에 중요한 영향을 미칩니다 .

2.1 원료 준비

원자재 :

경질 상 : WC 분말(입자 크기 $0.52\mu\text{m}$, 순도 $>99.9\%$).

결합제 상 : Co 분말(입자 크기 $12\mu\text{m}$, 순도 $>99.8\%$).

첨가제 : 타씨 , TiC , Cr₃C₂(입자 크기 $<1\mu\text{m}$, 0.55%) .

비율 :

일반적인 등급: YG6(WC 94%, Co 6%), YG8(WC 92%, Co 8%).

정확한 무게 측정($\pm 0.01\text{g}$)을 통해 코발트 함량 오차가 $<0.1\%$ 로 보장됩니다.

전처리 :

건조: 분말의 수분을 제거합니다(100°C , 2 시간).

체질: 큰 입자(200 메시 , $<75\mu\text{m}$)를 제거 합니다 .

목적 : 원료의 순도와 입자 크기를 확보하고 불순물(Fe, O 등)에 의한 오염을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

방지합니다.

2.2 로딩

분쇄 매체 :

강철 볼에 의한 오염을 방지하기 위해 카바이드 볼(WC, 610mm, 경도 ~1500HV)을 사용합니다.

볼 대 재료 비율: 5:1 ~ 10:1(행성형/혼합형), 3:1 ~ 5:1(드럼형).

분쇄 용기 :

재질: WC 로 안감 처리된 카바이드 또는 스테인리스 스틸, 내마모성 및 오염 방지 기능이 있습니다.

용량: 행성형(50500mL), 드럼형(501000L).

액체 매체(습식 분쇄) :

에탄올, 아세톤 또는 헥산 (고체 대 액체 비율 1:1~1:2).

유동성을 향상시키기 위해 성형제(파라핀, 폴리에틸렌글리콜(PEG, 12%))를 첨가합니다.

목적 : 분쇄 효율을 보장하고 분말이 벽에 붙거나 뭉치는 것을 방지합니다.

2.3 볼 밀링

공정 매개변수 :

행 성형 : 속도 300,500rpm, 시간 420 시간, 간헐적 작동(과열을 방지하기 위해 30 분마다 10 분간 정지).

드럼 유형 : 속도 5080 rpm, 시간 2472 시간, 연속 작동.

진동 유형 : 주파수 1520Hz, 시간 1248 시간.

교반 유형 : 교반 속도 200-400 rpm, 시간 624 시간.

프로세스 :

분쇄공은 분말과 충돌하고 전단을 가해 큰 입자를 부수고 WC , CO 및 첨가제를 섞습니다.

습식 분쇄: 액체 매체가 분말을 현탁시키고, 응집을 줄이며 더 미세한 입자 크기를 생성합니다.

건식 분쇄: 직접 분쇄, 거친 입자 크기에 적합합니다.

모니터 :

입자 크기 검출: 레이저 입자 크기 분석기, 목표 입자 크기 0.22 μm .

온도 조절: 분말 산화를 방지하기 위해 <60° C.

목적 : 균일하고 미세하며 활성도가 높은 혼합물을 얻는다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.4 엔로딩 및 후처리

방전 :

볼 밀링을 멈추고 12 시간 동안 방치한 후(습식 밀링), 분말과 분쇄 볼을 분리합니다.
액체 매질을 여과(습식 분쇄)하여 혼합된 슬러리를 수집합니다.

건조(습식분쇄) :

장비: 진공 건조 오븐 또는 분무 건조기.

조건: 80~100° C, 24 시간, 진공 <100 Pa.

목적: 에탄올/아세톤을 제거하고, 성형제를 유지하며, 유동성이 좋은 분말을 형성합니다.

스크리닝 :

200 메시 체 (<75 μm) 를 사용 합니다.

검출 :

입자 크기 분포: D50(중간 입자 크기) 0.22 μm , D90 < 5 μm .

화학적 구성: ICP 로 측정된 코발트 함량(오차 $\pm 0.1\%$).

산소 함량: <0.2%, 소결에 영향을 미치는 산화를 방지하기 위해.

목적: 혼합된 재료가 압착 및 소결에 적합하도록 균일하고 미세하게 만듭니다.

2.5 품질 관리

코발트 자기 시험 (GB/T 3849):

혼합물의 균질성을 확인하기 위해 코발트 함량과 탄소 균형을 점검합니다.

일반적인 값: YG6 자기 포화 값 $\sim 0.97 \mu\text{Tm}^3 / \text{kg}$.

미세구조 분석 (ISO 4499):

분말 형태를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰하여 응집물이나 큰 입자가 없는지 확인했습니다.

유동성 테스트 :

홀 유량계, 유량 속도 <30 초/50g, 압착 성능을 보장합니다.

목적: 혼합물이 소결 요구 사항을 충족하는지 확인하고 η 상 및 기공과 같은 결함을 줄이는 것입니다.

3. 볼 밀링 공정에 영향을 미치는 요인

3.1 원재료 특성

입자 크기: WC 입자 크기 <2 μm , Co <2 μm . 입자 크기가 너무 크면 분쇄 시간이 20 % 증가합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

순도 : 불순물(Fe, O 등)이 0.1% 이상이면 경도가 5% 감소하고 η 상이 증가합니다.

외관 : 구형 분말은 유동성이 좋은 반면, 조각형 분말은 응집되기 쉽습니다.

3.2 연삭 매개변수

불 대 재료 비율 : 불 대 재료 비율이 높으면(10:1) 효율성이 향상되지만 비율이 너무 높으면(>15:1) 오염이 증가합니다.

속도/ 주파수 : 속도가 높으면(500rpm) 입자 크기가 더 미세해지지만, 속도가 너무 높으면 과열되고 산소 함량이 0.1% 증가합니다.

분쇄 시간 : 시간이 너무 짧으면(<4 시간) 혼합이 고르지 않게 되고, 시간이 너무 길면(>72 시간) 분말의 활성도가 감소합니다.

3.3 분쇄 매체

재료 : 카바이드 볼은 오염을 방지하는 반면, 강철 볼은 성능을 저하시키는 철(>0.05%)을 함유합니다.

크기 : 초미세 분쇄용 소형 볼(36mm), 거친 분쇄용 대형 볼(1020mm)

액체 매질 : 에탄올은 응집을 줄이고, 헥산은 휘발성이 매우 높지만 인화성이 있습니다.

3.4 환경 관리

온도 : >60° C 분말 산화, 경도가 5% 감소합니다.

분위기 : 습식 분쇄에는 산화를 방지하기 위해 불활성 가스(예: Ar) 보호가 필요합니다.

오염 : 탱크/볼의 마모로 인해 불순물이 유입되어 굽힘 강도가 10% 감소합니다.

데이터 지원 :

입자 크기: 초미립자(<0.5 μm) 경도가 20% 증가했습니다(ScienceDirect, 2020).

불순물: Fe >0.1%일 경우 굽힘 강도가 10% 감소합니다(ISO 3326:2013).

분쇄 시간: Planetary 12 시간, 입자 크기 D50 ~0.3 μm (Sandvik, 2023).

4. 최적화 측정

올바른 불밀을 선택 하세요 :

행성/교반 형 : 초미립자 시멘트 카바이드, 입자 크기 <0.5 μm , 경도 20% 증가.

드럼 타입 : 중립(12 μm), 비용 30% 절감.

구현 : 브랜드에 따라 장비를 선택합니다(예: YG6, 초미립자).

분쇄 매개변수 최적화 :

불-재료 비율: 8:1(행성형), 5:1(드럼형), 효율성이 15% 증가했습니다.

회전속도 : 행성형 400rpm, 드럼형 60rpm, 입자크기 균일도가 10% 증가하였습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시간: 행성형은 12 시간, 드럼형은 48 시간으로 효율성과 활동성의 균형을 맞춥니다.

구현: 실시간으로 입자 크기 분포를 모니터링하고 매개변수를 조정합니다.

고순도 원료를 사용 하세요:

WC/Co 순도 >99.9%, 산소 함량 <0.2%, 경도가 5% 증가했습니다.

전처리: 100° C 에서 건조, 200 메시로 체질, 불순물 <0.05%로 감소.

구현: 원료 성분의 ICP 테스트.

카바이드 매체를 사용하세요:

WC 볼(610mm)은 오염물질을 0.01% 미만으로 감소시켰으며, 굽힘 강도는 10% 증가했습니다.

탱크는 WC 로 라이닝되어 있어 내마모성이 2 배나 높아졌습니다.

구현: 볼을 체크하고 정기적으로 착용할 수 있습니다.

습식 분쇄 공정 최적화:

액체: 에탄올 (고체 -액체 비율 1:1.5), 입자 크기는 0.3 μm 로 감소됨.

형성제: PEG(1.5%), 유동성이 20% 증가했습니다.

건조: 분무 건조(100° C), 분말 응집율 <1%.

구현: 고체-액체 비율을 제어하고 건조 매개변수를 최적화합니다.

환경 제어:

온도: <50° C, 산소 함량이 <0.1%로 떨어집니다.

분위기: Ar 가스 보호, 산화 속도 50% 감소.

구현: 밀폐된 탱크와 불활성 가스 순환을 사용합니다.

효과:

행성 습식 분쇄(12 시간, 0.3 μm): 경도가 20% 증가하고, 굽힘 강도가 10% 증가했습니다.

드럼형(48 시간, 1 μm): 비용 30% 절감, YG6/YG8 에 적합.

고순도 원료 + WC 매질: 불순물 80% 감소, 성능안정성 15% 증가

5. 실제 적용 사례

YG6 도구:

볼 밀링: 드럼형, 48 시간, 입자 크기 1 μm , 에탄올 습식 밀링, 볼 대 재료 비율 5:1.

결과: 경도 1500 HV, 굽힘 강도 2 GPa, 가공 주철 수명 2 시간.

초미립자 절삭 공구:

볼 밀링: 행성식, 12 시간, 입자 크기 0.3 μm , 에탄올 + PEG, 볼 대 재료 비율 8:1.

결과: 경도 2000 HV, 굽힘 강도 1.8 GPa, 스테인리스 강의 가공 수명 4 시간.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YG15 금형 :

불 밀링 : 진동, 24 시간, 입자 크기 $0.8 \mu\text{m}$, 헥산 습식 밀링, 불 대 재료 비율 6:1.

결과 : 경도 1300 HV, 굽힘 강도 2.5 GPa , 스탬핑 수명 120,000 회.

6. 결론

시멘트 카바이드 혼합물을 제조하는 데 사용되는 불 밀 유형에는 행성형, 드럼형, 진동형 및 교반형이 있으며 각각 다른 입자 크기와 생산 규모에 적합합니다.

행성/교반 형 : 초미립자($<0.5 \mu\text{m}$) , 고경도(2000 HV), 소량 생산.

드럼 형 : 중 결정 ($12 \mu\text{m}$) , 저가, 대용량.

진동 유형 : 중미세결정 ($0.51 \mu\text{m}$) , 소형 에서 중형 규모.

불 밀링 공정은 원료 준비, 로딩, 불 밀링, 언로딩 및 후처리 단계로 구성됩니다. 주요 매개변수는 불 대 원료 비율(5:110:1), 회전 속도($50 \sim 500 \text{ rpm}$), 그리고 시간(472 시간)입니다. 영향을 미치는 요인으로는 원료 특성, 분쇄 매개변수, 매체 및 환경이 있습니다. 최적화 방안에는 고순도 원료 선택, 초경 매체, 습식 분쇄 공정 및 환경 제어가 포함되며, 이를 통해 경도는 20%, 굽힘 강도는 10%, 성능 안정성은 15% 향상될 수 있습니다.

표준 참조 :

GB/T 3849: 혼합 균일성을 검증하기 위한 코발트 자기 테스트.

ISO 4499: 미세구조 분석, 입자 크기 및 응집 감지.

ASTM B406: 굽힘 강도 시험, 혼합물 품질 평가.

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

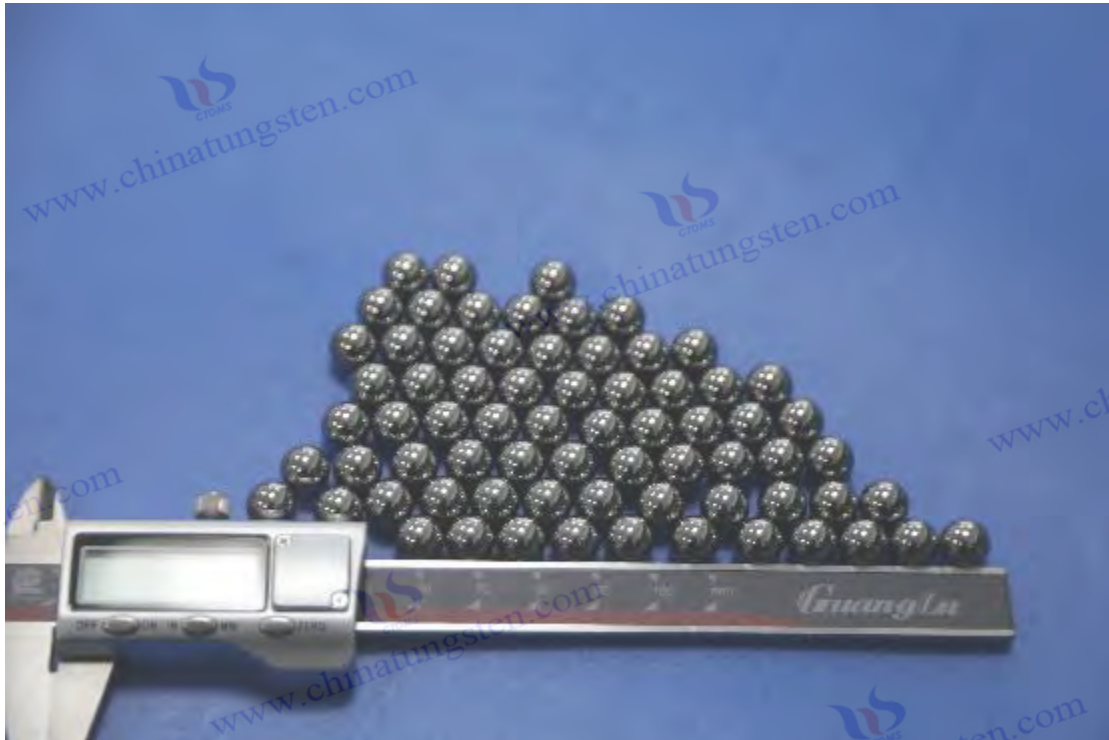
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



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



부록 :

텅스텐 카바이드 분말의 사양, 특성 및 표준

시멘트 카바이드의 주요 경질상(니켈 기반 또는 코발트 기반 시멘트 카바이드 등)은 80-95 중량 % 를 차지합니다. 사양(입자 크기, 순도, 탄소 함량 등), 성능(경도, 밀도, 입자 크기 등)은 시멘트 카바이드 시험 막대의 기계적 특성(굽힘 강도 1.8-2.5 GPa, 경도 1400-2200 HV), 내식성(<0.005 mm/년) 및 미세 구조(입자 0.12 μm , 균일 성 >95%)에 직접적인 영향을 미칩니다. 중국 국가 표준(GB/T)과 국제 표준(ISO 4499, ASTM B777 등)은 시멘트 카바이드 제조 요구 사항(GB/T 3851-2015, GB/T 34505-2017 등)을 충족하도록 WC 분말의 사양, 성능 및 시험 방법에 대한 엄격한 규정을 가지고 있습니다. 다음은 텅스텐 카바이드 분말의 사양, 성능 및 관련 표준에 대한 자세한 내용입니다.

1. 개요

텅스텐 카바이드 분말은 텅스텐(W) 또는 산화텅스텐(WO_3)과 탄소원(예: 카본블랙)을 침탄 공정(1400~2000° C, H_2 /진공)을 통해 제조되며, 초경합금의 핵심 원료입니다. 주요 특성은 다음과 같습니다.

화학적 성분 : 총탄소 6.13±0.1 중량 %, 유리탄소 <0.01%, 불순물(Fe, Mo) <0.01%.

입자 크기 : 0.15 μm (기준 0.52 μm , 초미립자 <0.5 μm), 편차 <±10%.

특성: 밀도 15.615.8 g/cm³, 경도 24003000 HV(단결정), 유동성 <25 s/50 g.

미세구조: 단일상 WC, η 상(W₃C) <0.5%, 기공률 <0.01%.

WC 분말의 규격 및 특성은 초경 시험봉(예: YN6, YG15) 제조 및 시험(예: 굽힘 강도 GB/T 3851 2015, 경도 GB/T 7997 2017) 요건을 충족해야 합니다. 본 글에서는 규격,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

성능, 표준의 세 가지 측면에서 자세히 설명합니다.

2. 텅스텐 카바이드 분말의 사양

WC 분말은 화학적 구성, 입자 크기 분포, 형태 및 물리적 특성을 포함하며, 이는 국가 표준(예: GB/T 345052017) 및 업계 요구 사항을 충족해야 합니다.

2.1 화학 성분

총 탄소량:

요구 사항: 6.13 ± 0.1 중량 % (이론적 값 6.13%, WC 몰 비율 C/W = 1:1).

편차: $< \pm 0.05\%$, η 상($< 6.08\%$, 경도가 5-10% 감소) 또는 유리탄소($> 6.18\%$, 강도가 10-15% 감소)를 피하십시오.

자유 탄소:

요구 사항: $< 0.01\%$, 높은 자유 탄소로 인해 미세 구조 결함이 발생합니다(기공률이 0.02% 증가).

불순물:

산소(O): $< 0.05\%$, 산소 함량이 높으면 탈탄(η 상, 강도 5% 감소)이 유발됩니다.

철(Fe), 몰리브덴(Mo), 크롬(Cr): 각각 $< 0.01\%$, Fe는 미세균열 위험을 15% 증가시킵니다.

유황(S), 인(P): 각각 $< 0.005\%$ 로 취성상을 방지합니다.

테스트 방법:

탄소 및 유황 분석기: 총 탄소, 유리 탄소($\pm 0.01\%$, GB/T 5314 2011).

ICPMS: Fe, Mo 등 ($\pm 0.001\%$).

산소 및 질소 분석기: 0 ($\pm 0.01\%$).

예:

YN10 WC: 총 탄소 6.14%, 유리 탄소 $< 0.005\%$, O $< 0.03\%$ (Sandvik, 2023).

2.2 입자 크기 분포

범위:

기준: $0.52 \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 10\%$, YN6, YG15 용.

초미립자: $0.10.5 \mu\text{m}$, D50 $\sim 0.3 \mu\text{m}$, YN8N(항공 우주 공구)에 사용.

굵음: $25 \mu\text{m}$, 광산 도구에 사용됨.

일률:

D90/D10 < 3 , 혼합 균일성 $> 95\%$ 보장.

응집율: $< 1\%$, 기공률 0.01% 증가 방지.

테스트 방법:

레이저 입자 크기 분석기($\pm 0.01 \mu\text{m}$, GB/T 19077).

SEM(1000 $\times$, 통계적 입자 크기, $\pm 0.1 \mu\text{m}$).

예:

YN8N: D50 $\sim 0.3 \mu\text{m}$, D90 /D10 ~ 2.5 , 응집 $< 0.5\%$ (ScienceDirect, 2021).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.3 형태학

모습:

요구사항: 다면체 또는 거의 구형, 구형도 0.80.9(SEM, 1000 배).

피해야 할 것: 바늘, 조각(유동성이 10~15% 감소합니다.)

표면:

매끄럽고 균열이나 기공이 없으며 ($< 0.1 \mu m$), 산화막 $< 10 \text{ nm}$ (XPS).

테스트 방법:

SEM: 형태학, 응집.

XPS: 표면 산화층($\pm 1 \text{ nm}$).

예:

YN10: 다면체, 구형도 ~ 0.9 , 산화층 $< 5 \text{ nm}$ (Sandvik, 2023).

2.4 물리적 특성

밀도:

요구 사항: $15.615.8 \text{ g/cm}^3$ (이론 값 15.63 g/cm^3).

시험방법: 아르키메데스 방법($\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$, GB/T 3850 2015).

비표면적:

기준: $13 \text{ m}^2 / \text{g}$ ($0.52 \mu m$).

초미립자: $310 \text{ m}^2 / \text{g}$ ($0.10.5 \mu m$).

테스트: BET ($\pm 0.1 \text{ m}^2 / \text{g}$).

유동성:

요구 사항: $< 25 \text{ 초}/50\text{g}$, 압력 균일성 $> 95\%$ 보장.

테스트: 홀 유량계($\pm 0.1 \text{ 초}$, GB/T 1482 2010).

예:

YN6: 밀도 15.7 g/cm^3 , 비표면적 $2 \text{ m}^2 / \text{g}$, 유동성 $\sim 20 \text{ s}/50 \text{ g}$.

표 1: 텅스텐 카바이드 분말의 사양

사양	필요하다	시험 방법	예시 (YN10)
총 탄소	$6.13 \pm 0.05 \text{ 중량 \%}$	탄소 및 유황 분석	6.14%
자유 탄소	$< 0.01\%$	연소방식	$< 0.005\%$
불순물 (O, Fe)	$0 < 0.05\%$, Fe $< 0.01\%$	산소 및 질소 분석, ICPMS	$0 < 0.03\%$, Fe $< 0.005\%$
세분성	$0.52 \mu m$ (일반), $0.10.5 \mu m$ (초미립자)	레이저 입자 크기 분석, SEM	D50 $\sim 1 \mu m$, D90 / D10 ~ 2.5
형태	다면체/거의 구형, 구형도 0.80.9, 응집도 $< 1\%$	SEM, XPS	구형도 ~ 0.9 , 응집도 $< 0.5\%$
밀도	$15.615.8 \text{ g/cm}^3$	아르키메데스 방법	15.7 g/cm^3
비표면적	$110 \text{ m}^2 / \text{g}$	내기	$34 \text{ m}^2 / \text{g}$

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

사양	필요하다	시험 방법	예시 (YN10)
유동성	<25 초/50g	홀 유량계	~20 초/50g

3. 텅스텐 카바이드 분말의 특성

WC 분말의 특성에는 기계적 특성, 미세 구조 및 공정 성능이 포함되며, 이는 시멘트 카바이드 시험 막대의 품질에 직접적인 영향을 미칩니다.

3.1 기계적 성질

경도:

단결정 WC: 2400~3000 HV(미크론 수준, GB/T 7997 2017).

경화초경합금: 1400~2200 HV(입자 크기에 따라 증가, 예: YN8N ~1800 HV).

압축 강도:

단결정 WC: ~7 GPa (실온).

시멘트 카바이드: 46 GPa (바인더상 비율에 따라 감소).

테스트 방법:

비커스 경도계 (HV30, ± 50 HV).

만능 시험기(압축, ± 0.1 GPa) .

예: YN10 합금: WC 경도 ~2600 HV, 합금 경도 1500 HV(Sandvik, 2023).

3.2 미세구조

상 구성:

요구 사항: 단상 WC, η 상(W3C) <0.5%, 유리 탄소 <0.01%.

η 상 : 경도는 5% 증가하나 인성은 1015% 감소한다 . (KIC 는 $12\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 감소)

입자 크기:

기준: $0.52 \mu\text{m}$, 경도 1400 - 1600 HV.

초미립자: $0.10.5 \mu\text{m}$, 경도 1800 - 2200 HV.

조립: $25 \mu\text{m}$, 인성이 10% 증가($KIC \sim 12 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$) .

다공성:

요구 사항: <0.01%, 높은 다공성으로 인해 강도가 510% 감소합니다.

테스트 방법:

XRD: 상 구성(감도 0.1%, GB/T 18376 2014).

SEM: 입자 크기($\pm 0.1 \mu\text{m}$) .

광학 현미경: 다공성(A02B00C00, GB/T 51692013).

예: YN8N: 입자 크기 < $0.5 \mu\text{m}$, η 상 <0.3%, 다공성 <0.005% (ScienceDirect, 2021) .

3.3 프로세스 성능

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 활동:

세립 WC($<0.5 \mu\text{m}$) : 소결 온도는 $50\sim 100^{\circ}\text{C}$ ($135\sim 1400^{\circ}\text{C}$), 밀도 $>99.9\%$.
높은 비표면적($310 \text{ m}^2/\text{g}$) 향상된 액상소결(Ni, Co).

믹싱 성능:

유동성: <25 초/50g, 균일성 $>95\%$ (GB/T 1482 2010).
습식 밀링(824 시간, PEG 0.10.2 중량 %), D50 $50\sim 150 \mu\text{m}$.

압축 성능:

냉간 등방압 압축($200\sim 350\text{MPa}$), 밀렛 균일도 $>95\%$.

테스트 방법:

홀 유량계: 유동성.
레이저 입자 크기 분석: 혼합물 입자 크기.
예: YN6: 소결 온도 1400°C , 유동성 ~ 20 초/50g, 밀도 99.9% .

표 2: 텅스텐 카바이드 분말 성능 요구 사항

성능	필요하다	시험 방법	예시 (YN10)
경도	단결정 24003000 HV, 합금 14002200 HV	비커스 경도 시험기	단결정 ~ 2600 HV, 합금 1500 HV
압축 강도	단결정 ~ 7 GPa, 합금 46 GPa	만능 시험기	합금 ~ 5 GPa
상 구성	단상 WC, η 상 $<0.5\%$, 유리탄소 $<0.01\%$	XRD	η 상 $<0.3\%$, 자유탄소 $<0.005\%$
입자 크기	$0.15 \mu\text{m}$ (보통 $0.52 \mu\text{m}$)	전자 현미경	$\sim 1 \mu\text{m}$
다공성	$<0.01\%$	광학 현미경	$<0.005\%$
소결 활동	$1350\sim 1400^{\circ}\text{C}$ (초미립자), 밀도 $>99.9\%$	소결 시험	1380°C , 밀도 99.9%
유동성	<25 초/50g	홀 유량계	~ 20 초/50g

4. 관련 표준

WC 분말의 사양과 성능은 시험 막대 준비 및 시험의 일관성을 보장하기 위해 중국 국가 표준(GB/T), 국제 표준(ISO, ASTM) 및 산업 사양을 준수해야 합니다.

4.1 중국 국가 표준(GB/T)

GB/T 34505 2017 시멘트 카바이드 분말 제조에 대한 기술 요구 사항:

사양: 순도 $>99.9\%$, 총 탄소 $6.13 \pm 0.1\%$, 입자 크기 편차 $<\pm 10\%$.

특성: 입자 크기 $0.15 \mu\text{m}$, 유리 탄소 $<0.01\%$, η 상 $<0.5\%$.

적용 가능 분야: WC 분말 제조, YN6, YN10 등

GB/T 5314 2011 초경합금의 화학 분석 방법:

시험: 총 탄소($\pm 0.01\%$), 유리 탄소($\pm 0.005\%$), Fe, Mo($\pm 0.001\%$).

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

방법: 탄소 및 유황 분석, ICPMS, 산소 및 질소 분석.

적용분야: WC 분말 및 시험봉 구성의 검증.

GB/T 18376 2014 초경합금 미세구조 평가 방법:

요구 사항: 단상 WC, η 상 <0.5%, 결정립 편차 $<\pm 10\%$.

테스트: XRD(상 조성), SEM(입자 크기).

적용 대상: WC 분말 및 시험봉 미세구조.

GB/T 3850 2015 시멘트 카바이드 밀도 측정 방법:

요구 사항: $15.615.8 \text{ g/cm}^3$ ($\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$).

테스트: 아르키메데스 방법.

적용 대상: WC 분말 및 시험봉 밀도 검증.

GB/T 1482 2010 시멘트 카바이드 분말의 유동성 측정 방법:

요구 사항: <25 초/50g.

테스트: 흘 유량계.

적용 가능 분야: WC 분말 혼합 성능.

GB/T 5169 2013 초경합금 기공률 시험 방법:

요구 사항: 다공성 <0.01% (A02B00C00).

테스트: 광학 현미경.

적용 가능: WC 분말의 간접 검증(테스트 막대).

GB/T 3851 2015 시멘트 카바이드의 횡과괴강도 시험 방법:

간접 요구 사항: WC 분말의 품질은 시험 막대의 강도($1.82.5 \text{ GPa}$)에 영향을 미칩니다.

시험: 3 점 굽힘(시험 막대 $5 \times 5 \times 35 \text{ mm}$).

GB/T 7997 2017 시멘트 카바이드 비커스 경도 시험 방법:

간접 요구 사항: WC 분말의 경도는 합금의 경도(14002200 HV)에 영향을 미칩니다.

시험방법: 비커스 경도계(HV30).

4.2 국제 표준

ISO 44991:2008 시멘트 카바이드 미세 구조:

μm) 및 η 상 <0.5%를 규정 하는 GB/T 183762014 와 동일합니다 .

적용 가능 물질: WC 분말 및 시험봉.

ISO 3369:2006 초경합금 밀도:

GB/T 3850-2015 와 동일, 밀도 $15.615.8 \text{ g/cm}^3$.

적용 대상: WC 분말 검증.

ISO 11876:2010 초경합금의 화학 분석:

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

탄소, 유리 탄소 및 불순물을 테스트하려면 GB/T 53142011 을 참조하세요 .
적용 가능: WC 분말 성분.

ASTM B77715 텅스텐 기반 재료 :

기준표준 : WC 분말 순도 >99.9%, 입자 크기 $0.15\mu\text{m}$.

용도: 항공 및 광산용 WC 분말.

4.3 산업 표준

샌드빅 스탠다드(2023):

초미립자 WC: D50 $0.20.5\mu\text{m}$, $0 < 0.03\%$, η 상 $< 0.3\%$.

용도: YN8N(항공우주 도구).

케나메탈 표준(2021):

기준 WC: D50 $0.52\mu\text{m}$, 유리 탄소 $< 0.005\%$, 유동성 $\sim 20\text{ s}/50\text{ g}$.

적용분야: YN6, YG15(공구, 금형).

표 3: 텅스텐 카바이드 분말 관련 표준

기준	콘텐츠	필요하다	해당되는
GB/T 345052017	분말 제조	순도>99.9%, 탄소 $6.13 \pm 0.1\%$, 입자 크기 $0.15\mu\text{m}$	WC 분말 제조
GB/T 53142011	화학 분석	총 탄소 $\pm 0.05\%$, 유리 탄소 $< 0.01\%$	WC 분말 및 시험봉
GB/T 183762014	미세구조	단상 WC, η 상 $< 0.5\%$, 결정립 편차 $< \pm 10\%$	WC 분말 및 시험봉
GB/T 38502015	밀도	$15.615.8\text{g}/\text{cm}^3$	WC 분말 및 시험봉
GB/T 14822010	유동성	$< 25\text{ 초}/50\text{g}$	WC 파우더 믹스
GB/T 51692013	다공성	$< 0.01\%$ (A02B00C00)	시험봉(간접)
ISO 44991:2008	미세구조	η 상 $< 0.5\%$, 입자크기 $0.15\mu\text{m}$	WC 분말 및 시험봉
ISO 3369:2006	밀도	$15.615.8\text{g}/\text{cm}^3$	WC 파우더
ASTM B77715	텅스텐 기반 소재	순도>99.9%, 입자 크기 $0.15\mu\text{m}$	항공, 광업 WC 분말

5. 실제 적용 사례

YN6(공구, 6% Ni):

사양: D50 $\sim 1.2\mu\text{m}$, 총 탄소 6.14% , 유리 탄소 $< 0.005\%$, $0 < 0.03\%$.

특성: 경도 1400 HV, 강도 1.8 GPa , 기공률 $< 0.01\%$.

표준: GB/T 34505-2017(입자 크기), GB/T 5314-2011(탄소 함량).

용도: 부식 방지 도구, 수명 2.5 시간(Sandvik, 2023).

YN10(다이, 10% 니켈):

사양: D50 $\sim 1\mu\text{m}$, 총 탄소 6.13% , η 상 $< 0.3\%$, 밀도 $15.7\text{ g}/\text{cm}^3$.

성능: 경도 1500 HV, KIC $9\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 부식 속도 $< 0.005\text{ mm}/\text{년}$.

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

표준: GB/T 183762014(미세구조), GB/T 43342020(내식성).
응용분야: 화학 금형, 수명은 10 만회 (ScienceDirect, 2021).

YN8N(항공우주 도구, 8% Ni):

사양: D50 ~0.3 μm , 총 탄소 6.12%, 유리 탄소 <0.005%, 구형도 ~0.9.
: 경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa, 입자 크기 <0.5 μm .
표준: ISO 44991:2008(곡물), GB/T 38512015(강도).
응용분야: 항공 도구, 수명 4 시간 (Sandvik, 2023).

표 4: 텅스텐 카바이드 분말의 적용 사례

상표	사양	성능	기준	애플리케이션
YN6	D50 ~1.2 μm , 탄소 6.14 %, 0 <0.03%	경도 1400 HV, 강도 1.8 GPa	GB/T 345052017, GB/T 53142011	공구 수명: 2.5 시간
YN10	D50 ~1 μm , 탄소 6.13 %, eta 상 <0.3%	경도 1500 HV, KIC 9 $\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 부식 <0.005 mm/년	GB/T 183762014, GB/T 43342020	곰팡이, 수명 10 만회
YN8	D50 ~0.3 μm , 탄소 6.12 %, 구형도 ~0.9	경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa, 입자 크기 <0.5 μm	ISO 44991:2008, GB/T 38512015	항공 도구, 수명 4 시간

6. 결론

텅스텐 카바이드 분말의 사양 및 특성은 시멘트 카바이드 시험 막대의 준비 및 시험에 대한 요구 사항을 충족해야 합니다.

사양

화학적 성분: 총탄소 $6.13 \pm 0.05\%$, 유리탄소 <0.01%, 0 <0.05%.
입자 크기: 0.52 μm (일반), 0.10.5 μm (초미립자).
형태: 다면체/거의 구형, 응집 <1%.
물리적 특성: 밀도 15.615.8 g/cm^3 , 유동성 <25 s/50 g.

성능

역학: 단결정 경도 24003000 HV, 합금 경도 14002200 HV.
미세구조: 단일상 WC, η 상 <0.5%, 기공률 <0.01%.
공정: 높은 소결 활성 ($1350 \sim 1400^\circ \text{C}$), 혼합 균일도 >95%.

기준

GB/T 34505 2017: 분말 제조.
GB/T 5314 2011: 화학 분석.
GB/T 18376 2014: 미세구조.
GB/T 3850 2015: 밀도.
ISO 44991:2008: 미세구조.
ASTM B77715: 텅스텐 기반 소재.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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



부록 :

GB/T 3850-2015 초경합금

이론 밀도의 결정

다음은 중국 국가 표준 GB/T 3850-2015 “초경합금의 이론 밀도 측정”의 세부 정보를 표준 형식에 따라 종합적으로 정리한 목록입니다. 해당 표준의 원문은 저작권으로 보호되므로, 아래 내용은 공개 정보와 업계 관행을 기반으로 하며, 표준 프레임워크와 요구 사항을 최대한 복원하여 범위, 참조 문서, 용어, 시험 방법, 영향 요인, 보고 요건 등 모든 주요 내용을 포괄하여 완전하고 상세한 내용을 제공합니다.

1 범위

본 표준은 초경합금의 이론 밀도 측정 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비, 시편 요건, 시험 절차, 결과 계산 및 표현, 시험 보고서 등이 포함됩니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 모재로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni) 및 기타 결합상(binding phase)으로 제조된 소결 초경합금 및 그 혼합 분말의 이론 밀도 측정에 적용됩니다. 본 방법은 상당한 기공(기공률 $> 5\% \pm 0.5\%$)을 포함하거나 불균일하게 혼합된 초경합금 재료에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 날짜가 표시된 참고 문서의 경우 해당 문서의 버전만 적용되며, 날짜가 표시되지 않은 참고 문서의 경우 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

GB/T 4325-2018 금속의 화학 분석 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 4505-2008 시멘트 카바이드에 대한 샘플링 및 시편 준비 방법

GB/T 5124-2017 초경합금의 화학 분석 방법

GB/T 8170-2008 값 반올림 규칙

3 용어 및 정의

초경합금의 이론 밀도 : 초경합금의 각 성분의 기공 없는 밀도로 결정 구조와 화학 조성에 따라 계산되며 단위는 g/cm^3 입니다 .

시멘트 카바이드의 실제 밀도 : 물리적 측정(액체 치환법 등)을 통해 얻은 시멘트 카바이드 샘플의 밀도, 단위는 g/cm^3 입니다 .

시멘트 카바이드의 상대 밀도: 실제 밀도와 이론 밀도의 비율(%)입니다.

시멘트 카바이드의 실제 밀도: 이상적인 결정 상태에서 단일 구성 요소 재료의 밀도로, g/cm^3 단위로 표현됩니다 .

질량 분율: 시멘트 카바이드에서 각 구성 요소의 질량 백분율(%)입니다.

4 테스트 원리

이론 밀도는 초경합금의 화학 조성과 각 성분의 진밀도로부터 계산됩니다. 각 상이 완전히 치밀하고 기공이 없다고 가정할 때, 질량 분율과 진밀도의 가중 평균을 기반으로 이론 밀도를 결정합니다. 계산식:

$$\rho_L = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{w_i}{\rho_i}}$$

其中:

- ρ_L : 理论密度 (g/cm^3) ;
- w_i : 第 i 组分的质量分数 (%) ;
- ρ_i : 第 i 组分的真密度 (g/cm^3) .

5. 장비

분석용 저울:

정확도: $0.1\text{mg} \pm 0.01\text{mg}$.

측정 범위: $\geq 100 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$.

화학 분석 장비:

GB/T 5124-2017 을 준수하며, 정확도가 $< \pm 0.1\% \pm 0.01\%$ 인 WC, Co, Ni 및 기타 성분의 함량을 결정하는 데 사용됩니다.

분광기(ICP-AES) 또는 적외선 탄소 및 유황 분석기가 포함되어 있습니다.

건조 장비:

오븐: 온도 제어 정확도 $\pm 2^\circ \text{C}$, 최대 온도 $\geq 100^\circ \text{C}$.

환경 조건:

온도: $20-25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$.

습도: $< 50\% \pm 5\% \text{ RH}$, 분말에 의한 수분 흡수를 방지합니다.

주변 환경은 강한 기류 간섭이 없습니다(풍속 $< 0.5 \text{ m/s} \pm 0.1 \text{ m/s}$).

6. 샘플

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

건본 추출:

GB/T 4505-2008 에 따르면, 각 배치 (≤ 100 kg)에서 3~5 개의 샘플을 채취해야 하며, 각 샘플은 ≥ 5 g ± 0.1 g 이어야 합니다.

샘플링 중 균일성을 보장하고 계층화를 방지합니다 (편차 $< 2\% \pm 0.5\%$).

샘플 준비:

분쇄: 시멘트 카바이드 샘플을 입자크기 ≤ 0.1 mm ± 0.01 mm 로 분쇄하고 잘 혼합합니다.

건조: 분말의 수분 함량이 $> 0.2\% \pm 0.05\%$ 인 경우 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 오븐에서 2 시간 ± 0.1 시간 동안 건조한 후 실온으로 식혀 밀폐 용기에 보관합니다.

수분 측정: GB/T 6283-2008 (해당되는 경우)에 따라 수분을 측정하고 $< 0.2\% \pm 0.05\%$ 를 제어합니다.

균일성 검사: 5 개 샘플링 지점, 성분 함량 편차 $< \pm 0.1\% \pm 0.01\%$.

7 테스트 절차

7.1 장비 교정

균형 교정:

저울은 표준추 (정확도 $0.1\text{mg} \pm 0.01\text{mg}$)를 사용하여 교정되었으며, 편차는 $< \pm 0.1\text{mg} \pm 0.01\text{mg}$ 입니다.

화학 분석 교정:

이 기기는 표준 샘플을 사용하여 교정되었으며, 성분 함량 편차는 $< \pm 0.1\% \pm 0.01\%$ 였습니다.

7.2 테스트 절차

화학 분석:

예를 들어 GB/T 5124-2017 에 따라 시멘트 카바이드의 각 구성 요소의 질량 분율을 결정합니다.

WC: $80\% \pm 0.1\%$;

공: $10\% \pm 0.1\%$;

니켈: $5\% \pm 0.1\%$;

기타 불순물: $< 0.5\% \pm 0.1\%$.

합계가 $100\% \pm 0.2\%$ 에 가까운지 확인하세요.

진밀도 측정:

표준 실제 밀도 값 또는 참조를 확인하세요.

WC: $15.63\text{ g/cm}^3 \pm 0.01\text{ g/cm}^3$;

Co: $8.90\text{g/cm}^3 \pm 0.01\text{g/cm}^3$;

Ni: $8.90\text{g/cm}^3 \pm 0.01\text{g/cm}^3$;

다른 성분 (VC, Cr_3C_2 등) 의 경우 문헌값 (예: $5.41\text{ g/cm}^3 \pm 0.01\text{ g/cm}^3$) 에 따른다 .

이론 밀도를 계산하세요.

다음 공식에 대입합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

• 代入公式:

$$\rho = \frac{w_{Fe} \cdot \rho_{Fe} + w_{Cu} \cdot \rho_{Cu} + w_{Ni} \cdot \rho_{Ni}}{w_{Fe} + w_{Cu} + w_{Ni}}$$

• 例如: $w_{Fe} = 80\%$, $\rho_{Fe} = 7.874 \text{ g/cm}^3$, $w_{Cu} = 10\%$, $\rho_{Cu} = 8.96 \text{ g/cm}^3$, $w_{Ni} = 5\%$, $\rho_{Ni} = 8.90 \text{ g/cm}^3$:

$$\rho = \frac{0.80 \cdot 7.874 + 0.10 \cdot 8.96 + 0.05 \cdot 8.90}{0.80 + 0.10 + 0.05} \approx 7.92 \text{ g/cm}^3$$

• 保留小数点后两位, 例如 $14.28 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

소수점 이하 두 자리까지 적으세요. 예: $14.28 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

확인하다:

실제 밀도(ISO 3369-2006에 따라 결정)와 비교했을 때 상대 밀도는 $>95\% \pm 0.5\%$ 이어야 합니다.

편차가 $>2\% \pm 0.5\%$ 인 경우 화학 분석이나 진밀도 데이터를 확인하세요.

7.3 특수한 경우

불순물 함량이 $>1\% \pm 0.1\%$ 인 경우 불순물의 실제 밀도를 별도로 결정해야 합니다(참고 문헌 또는 실험적 결정).

성분이 완전히 혼합되지 않은 경우(편차 $> \pm 0.2\%$) 샘플을 다시 준비합니다.

8 가지 영향 요인

화학 분석 오류:

구성 요소 함량 편차 $> \pm 0.1\% \pm 0.01\%$ 이면 이론 밀도 편차 $> 0.2\% \pm 0.05\%$ 가 됩니다.

실제 밀도 값:

실제 밀도 데이터는 부정확하거나 ($> \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$) 결정 구조 변화가 고려되지 않아 밀도 편차가 $>0.5\% \pm 0.1\%$ 입니다.

주변 습도:

습도가 $50\% \pm 5\% \text{ RH}$ 를 초과하면 샘플 안정성에 영향을 미칠 수 있으므로 건조가 필요합니다.

샘플 동질성:

계층화 또는 혼합 부족(편차 $> \pm 0.2\%$)으로 인해 계산 결과가 일관되지 않습니다.

9 결과 표현

이론 밀도: 소수점 이하 두 자리까지 g/cm^3 로 표현, 예: $14.28 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

상대 밀도: 소수점 첫째 자리까지 %로 표현, 예: $98.5\% \pm 0.1\%$.

보고서 내용:

각 성분의 질량 분율(%).

각 구성 요소의 실제 밀도(g/cm^3).

계산 과정 및 이론 밀도 값.

10 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보:

샘플 번호, 배치 번호.

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 카바이드의 종류(WC-Co, WC-Ni 등)

수분 함량(측정된 경우, 예: $<0.2\% \pm 0.05\%$).

테스트 조건:

화학 분석 방법(참고 GB/T 5124-2017).

환경 조건: 온도 $20-25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $<50\% \pm 5\% \text{RH}$.

테스트 결과:

각 성분의 질량 분율(예: WC $80\% \pm 0.1\%$, Co $10\% \pm 0.1\%$).

실제 밀도 값(예: WC $15.63 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$).

이론적인 밀도 값과 계산 과정(예: $14.28 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$).

상대 밀도(실제 밀도 데이터가 있는 경우, 예: $98.5\% \pm 0.1\%$).

표준 번호: GB/T 3850-2015.

테스트 날짜 및 운영자: 예를 들어, 2025년 5월 23일, 운영자 서명.

11 검사 규칙

샘플링: GB/T 4505-2008에 따라 각 배치($\leq 100 \text{ kg}$)에서 3~5개의 샘플을 채취하며, 각 샘플의 중량은 $\geq 5 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 입니다.

검사 빈도:

공장 검사: 각 배치를 테스트합니다.

유형 검사: 연 1회 또는 프로세스가 변경될 때 실시합니다.

결정 규칙:

3가지 계산 결과는 모두 $< \pm 0.2\% \pm 0.05\%$ 로 합격으로 간주됩니다.

편차가 $\pm 0.2\% \pm 0.05\%$ 이상인 경우, 새로운 샘플을 재검사할 수 있습니다.

재검사에도 불합격하면 해당 배치는 부적합으로 간주됩니다.

숫자 반올림: GB/T 8170-2008 규칙에 따라 소수점 이하 두 자리까지 유지합니다.

12 품질 보증

테스트 일관성: 동일 배치 내 다양한 샘플의 이론적인 밀도 편차는 $< \pm 0.3\% \pm 0.05\%$ 입니다.

기록 보관: 테스트 데이터는 원본 기록 및 보고서를 포함하여 1년 ± 0.1 년 동안 보관됩니다.

이의 처리: 사용자가 결과에 이의가 있는 경우, 샘플을 수령한 날로부터 30일 ± 1 일 이내에 이의를 제기해야 합니다. 양측은 이 기준을 바탕으로 재검토하여 판정합니다.

부록 A (정보 부록) 일반적인 시멘트 카바이드 구성 요소의 실제 밀도 값

텅스텐 카바이드(WC): $15.63 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

코발트(Co): $8.90 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

니켈(Ni): $8.90 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

바나듐 카바이드(VC): $5.41 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

탄화크롬(Cr_3C_2): $6.68 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

부록 B(규범 부록) 진밀도 측정에 대한 보충 설명

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

실제 밀도 소스:

결정 구조의 실제 밀도를 결정하는 데는 X 선 회절(XRD)이 가장 많이 사용됩니다.

실험 데이터가 없는 경우 GB/T 5124-2017 부록이나 국제 표준(예: ISO 3369-2006)을 참조하세요.

구경 측정:

실제 밀도 편차가 $>\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ 인 경우 표준 시료로 확인해야 합니다.

환경 영향:

측정하는 동안 온도가 $25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$ 이상이거나 습도가 $50\% \pm 5\% \text{ RH}$ 이상이면 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 제어해야 합니다.

부록 C (정보 부록) 일반적인 초경합금의 이론 밀도 값

WC-6%Co: $14.95 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

WC-10%Co: $14.50 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

WC-12%Ni: $14.20 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

WC-10%Co-5%Ni: $14.30 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



GB/T 1479.1-2011 금속 분말
체적 밀도의 결정
1 부: 깔때기 방식

다음은 표준 형식에 명시된 중국 국가 표준 GB/T 1479.1-2011 "금속 분말의 겉보기 밀도 측정법 1 부: 깔때기법"의 상세 내용입니다. 해당 표준의 원문은 저작권으로 보호되므로, 아래 내용은 공개 정보와 업계 관행을 기반으로 하며, 표준 프레임워크와 요건을 최대한 반영하여 범위, 참조 문서, 용어, 시험 방법, 영향 요인, 보고 요건 등 모든 주요 내용을 포괄하여 완전하고 상세한 내용을 제공합니다.

1 범위

본 표준은 깔때기법을 이용하여 금속 분말의 겉보기 밀도를 측정하는 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비, 시료 요건, 시험 절차, 결과 계산 및 표현, 시험 보고서 등이 포함됩니다.

본 표준은 금속 분말(예: 텅스텐 카바이드 WC, 코발트 Co, 니켈 Ni 분말 등)의 겉보기 밀도 측정에 적용 가능하며, 입자 크기가 $0.1\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 인 분말에 적용됩니다. 본

방법은 유동성이 매우 낮은 분말(홀 유량 $> 60\text{ 초}/50\text{g}\pm 0.5\text{ 초}$)이나 응집이 심한 분말(응집률 $> 20\%\pm 2\%$)에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 날짜가 표시된 참고 문서의 경우 해당 문서의 버전만 적용되며, 날짜가 표시되지 않은 참고 문서의 경우 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

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 1479.2-2005 금속 분말의 체적 밀도 측정 2부: 고정 높이 방법
GB/T 5060-1985 금속 분말 샘플링 방법
GB/T 6283-2008 화학 제품의 수분 함량 측정 - Karl Fischer 방법
GB/T 19077.1-2008 레이저 회절법에 의한 입자 크기 분포 제1부: 일반
GB/T 8170-2008 값 반올림 규칙

3 용어 및 정의

겉보기 밀도: 외부 압축이나 진동이 없는 자연적 적층 상태에서의 금속 분말의 밀도로, g/cm^3 로 표현합니다.

깔때기법: 표준 깔때기를 통해 분말을 용기에 자유롭게 떨어뜨려 분말의 자연적 밀도를 측정하는 방법입니다.

부피: 자연적으로 축적된 후 분말이 차지하는 부피(cm^3)입니다.

유동성: 분말이 표준 깔때기를 통과하는 데 걸리는 시간으로, 50g 당 초 단위로 표현됩니다.

응집률: 분말에서 응집된 입자의 비율(%)입니다.

4 테스트 원리

금속 분말을 표준 깔때기를 통해 부피가 정해진 용기에 자유 낙하시킵니다. 분말은 중력에 의해 자연적으로 축적됩니다. 분말의 질량과 축적 부피를 측정하여 겉보기 밀도를 계산합니다. 공식:

$$\rho_b = \frac{m}{V}$$

其中:

- ρ_b : 松装密度 (g/cm^3);
- m : 粉末质量 (g);
- V : 粉末自然堆积后的体积 (cm^3).

5. 장비

깔때기:

배출구 내경: $6\text{ mm} \pm 0.1\text{ mm}$.

배출구에서 컨테이너 상단까지의 높이: $25\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$.

깔때기 경사 각도: $60^\circ \pm 2^\circ$, 내벽은 매끄럽고 버가 없습니다.

눈금 실린더:

용량: $25\text{ mL} \pm 0.1\text{ mL}$.

척도 정확도: $0.1\text{ mL} \pm 0.01\text{ mL}$.

재질: 투명한 유리 또는 플라스틱, 매끄러운 내부 벽.

분석용 저울:

정확도: $0.01\text{ g} \pm 0.001\text{ g}$.

측정 범위: $\geq 100\text{ g} \pm 1\text{ g}$.

건조 장비:

오븐: 온도 조절 정확도 $\pm 2^\circ\text{C}$, 최대 온도 $\geq 100^\circ\text{C}$.

환경 조건:

온도: $20\text{--}25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

습도: $<50\% \pm 5\%$ RH, 분말에 의한 수분 흡수를 방지합니다.
주변 환경은 강한 기류 간섭이 없습니다(풍속 $<0.5 \text{ m/s} \pm 0.1 \text{ m/s}$).

6. 샘플

건본 추출:

GB/T 5060 에 따라 각 배치($\leq 100 \text{ kg}$)에서 3~5 개의 샘플을 채취합니다. 각 샘플은 $50 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 입니다.

샘플링 중 균일성을 보장하고 계층화를 방지합니다(편차 $<2\% \pm 0.5\%$).

샘플 준비:

건조: 분말의 수분 함량이 $>0.2\% \pm 0.05\%$ 인 경우 $80^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ 의 오븐에서 2 시간 ± 0.1 시간 동안 건조한 후 실온으로 식혀 밀폐 용기에 보관합니다.

수분 측정: 수분 함량은 GB/T 6283 에 따라 측정하고 $<0.2\% \pm 0.05\%$ 로 관리해야 합니다. 큰 입자나 응집물(응집률 $<5\% \pm 1\%$)을 제거하기 위해 스크리닝 을 수행해야 합니다(스크린 개구부 $0.1\text{--}500 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

혼합: 균일성을 보장하기 위해 수동 또는 기계적 혼합(속도 $60\text{rpm} \pm 5\text{rpm}$, 5 분 ± 0.5 분)을 실시합니다(편차 $<2\% \pm 0.5\%$).

입자 크기 분석:

는 GB/T 19077.1 에 따라 결정되었으며 $0.1\text{--}500 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 범위 내에 있도록 보장되었습니다.

7 테스트 절차

7.1 장비 교정

칼때기 교정:

배출구의 내경($6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$)을 점검하여 막힘이나 변형이 없는지 확인하세요.

배출구에서 용기 상단까지의 높이를 측정합니다($25\text{mm} \pm 1\text{mm}$). 편차는 $< \pm 1\text{mm}$ 입니다.

실린더 교정:

증류수(밀도 $0.998 \text{ g/cm}^3 \pm 0.001 \text{ g/cm}^3$, 20°C)를 사용하여 측정한 결과, 편차는 $< \pm 0.1 \text{ mL} \pm 0.01 \text{ mL}$ 였습니다.

균형 교정:

저울은 표준추(정확도 $0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$)를 사용하여 교정되었으며, 편차는 $< \pm 0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$ 입니다.

7.2 테스트 절차

샘플 무게 측정:

$50\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 의 분말을 달아 $0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$ 의 정확도로 질량 m 을 기록합니다.

샘플 로딩:

칼때기 위에 분말을 놓고 밸브를 천천히 열어 분말이 측정 실린더에 자유롭게 떨어지도록 합니다.

분말이 날아가거나 내벽에 붙는 것을 방지하고, 블랭킹 공정 중에 외부 힘의 개입이 없습니다.

가루는 표면에 쌓이고 자연스럽게 원뿔 모양을 형성하며 떨어지는 것이 멈춥니다.

부피 측정:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

실린더를 가볍게 두드려 (<5 회, 힘 <0.1 N ± 0.01 N) 분말 표면을 평평하게 만듭니다. 분말 용량 V를 0.1mL ± 0.01mL의 정확도로 읽고, 3번의 판독값을 기록하고 평균값을 취합니다.

체적 밀도를 계산하세요:

按公式计算: $\rho_h = \frac{m}{V}$
重复3次试验, 取平均值, 偏差 <±2%±0.5%.

7.3 특수한 경우

분말의 유동성이 좋지 않은 경우(홀 유량 >30 초/50g±0.5 초), 적하 시간을 늘리거나 깔때기를 가볍게 두드립니다(<5 회).

분말이 심하게 응집된 경우(응집률 > 5% ± 1%), 재차 선별하거나 건조해야 합니다(수분 함량 < 0.1% ± 0.01%).

8 가지 영향 요인

주변 습도:

습도 >50%±5% RH에서는 분말이 수분을 흡수하고 응집(응집률 >5%±1%)되며 밀도가 낮습니다(편차 >5%±1%).

분말 특성:

입자 크기는 <0.1 μm±0.01 μm 이고, 입자 간의 반데르발스 힘은 강화되었으며(>10⁻⁹N±10⁻¹⁰ N), 유동성이 좋지 않고, 밀도 편차는 >4%±0.5%입니다.

입자 크기는 >500 μm±0.01 μm 이고, 입자 간 간격이 크고, 적층이 느슨하며, 편차는 >4%±0.5%입니다.

불규칙한 형태(구형화율 <50%±2%)로 인해 편차가 >3%±0.5%인 불균일한 적층이 발생합니다.

퍼널 상태:

배출구가 막혔거나 내경 편차가 >±0.1mm로 인해 재료 배출이 고르지 않고 밀도 편차가 >3%±0.5%가 발생합니다.

블랭킹 높이 <24mm±1mm 또는 >26mm±1mm는 스택킹 상태에 영향을 미치며 편차는 >2%±0.5%입니다.

측정 실린더의 내벽:

거칠기 Ra >0.2 μm±0.02 μm 또는 분말 잔류물로 인해 부피 판독 오류가 >2%±0.5% 발생할 수 있습니다.

9 결과 표현

체적 밀도: 소수점 이하 두 자리까지 g/cm³로 표현, 예: 4.50 g/cm³ ± 0.01 g/cm³.

편차: 소수점 이하 두 자리까지 %로 표현합니다(예: ±1.50%±0.01%).

보고서 내용:

분말 질량 m(g).

자연 축적량 V(mL).

3 회 측정한 체적 밀도 값과 편차.

시험 조건(깔때기 높이, 실린더 용량 측정).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 정보:

샘플 번호, 배치 번호.

분말 유형(예: WC, Co).

입자 크기 범위(예: $0.1-500 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

수분 함량(GB/T 6283 에 따라 결정, 예: $<0.2\% \pm 0.05\%$).

테스트 조건:

깎때기 매개변수: 배출구 내경 $6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 높이 $25\text{mm} \pm 1\text{mm}$.

실린더 용량: $25 \text{ mL} \pm 0.1 \text{ mL}$.

환경 조건: 온도 $20-25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $<50\% \pm 5\% \text{ RH}$.

테스트 결과:

질량, 부피, 밀도는 매번 측정됩니다.

평균 겉보기 밀도 값 및 편차, 예를 들어 $4.50 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$, 편차 $\pm 1.50\% \pm 0.01\%$.

표준 번호: GB/T 1479.1-2011.

테스트 날짜 및 운영자: 예를 들어, 2025 년 5 월 23 일, 운영자 서명.

11 검사 규칙

샘플링: GB/T 5060 에 따라 각 배치($\leq 100 \text{ kg}$)에서 3~5 개의 샘플을 채취하며, 각 샘플은 $50 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 입니다.

검사 빈도:

공장 검사: 각 배치를 테스트합니다.

유형 검사: 연 1 회 또는 프로세스가 변경될 때 실시합니다.

결정 규칙:

세 가지 측정값의 편차는 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$ 로 합격으로 간주됩니다.

편차가 $\pm 2\% \pm 0.5\%$ 이상인 경우, 새로운 샘플을 재검사할 수 있습니다. 재검사가 여전히 불합격인 경우, 해당 배치는 부적합으로 간주됩니다.

숫자 반올림: GB/T 8170 규칙에 따라 소수점 이하 두 자리까지 유지합니다.

12 품질 보증

테스트 일관성: 동일 배치 내 다양한 샘플의 체적 밀도 편차는 $< \pm 3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

기록 보관: 테스트 데이터는 원본 기록 및 보고서를 포함하여 1 년 ± 0.1 년 동안 보관됩니다.

이의 처리: 사용자가 결과에 이의가 있는 경우, 샘플을 수령한 날로부터 30 일 ± 1 일 이내에 이의를 제기해야 합니다. 양측은 이 기준을 바탕으로 재검토하여 판정합니다.

부록 A (정보 부록) 일반적인 금속 분말 체적 밀도 값

텅스텐 카바이드(WC) 분말: $4.0-5.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ (입자 크기 $0.5-5 \mu\text{m}$).

코발트(Co) 분말: $4.5-5.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ (입자 크기 $1-3 \mu\text{m}$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

니켈(Ni) 분말 : $4.0-5.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ (입자 크기 $1-5 \text{ }\mu\text{m}$) .

철(Fe) 분말 : $2.5-3.5 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ (입자 크기 $10-100 \text{ }\mu\text{m}$) .

부록 B(규범 부록) 시험 방법에 대한 보충 참고 사항

칼때기 조정:

분말의 유동성이 좋지 않은 경우(홀 유량 $>30 \text{ 초}/50\text{g} \pm 0.5 \text{ 초}$), 칼때기를 가볍게 두드립니다(<5 회, 힘 $<0.1\text{N} \pm 0.01\text{N}$).

배출구가 막혔을 경우 부드러운 솔로 청소하고 딱딱한 물체에 닿지 않도록 주의하세요.

측정 실린더의 사용:

메스실린더 내벽에 분말이 남아 있을 경우 에탄올(순도 $\geq 99.5\% \pm 0.1\%$)로 세척하고 건조한 후 사용하세요.

환경 제어:

습도 조절: $<50\% \pm 5\% \text{ RH}$, 분말이 습기를 흡수하는 것을 방지합니다.

온도 변동: $<\pm 1^\circ \text{C}$, 용량 측정 시 오류 방지.

부록 C (정보 부록) 체적 밀도와 분말 특성 간의 관계

입자 크기의 영향:

입자 크기는 $<0.1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$ 이고 , 겉보기 밀도는 $<3.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 입니다 .

입자 크기는 $1-10 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$ 이고 , 겉보기 밀도는 $4.0-5.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.1 \text{ g/cm}^3$ 입니다 .

형태학적 영향:

구형 입자(구형화율 $>90\% \pm 2\%$)의 체적 밀도는 $5\%-10\% \pm 1\%$ 더 높습니다.

불규칙한 입자 (모서리 $>0.1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$)의 느슨한 밀도는 $3\%-5\% \pm 0.5\%$ 더 낮습니다.

습도 효과:

습도 $<30\% \pm 5\% \text{ RH}$, 겉보기 밀도는 안정적입니다.

습도 $>70\% \pm 5\% \text{ RH}$, 밀도 감소 $>5\% \pm 1\%$.

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



GB/T 5162-2014 금속 분말

탭 밀도 결정

1 범위

본 표준은 금속 분말의 탭 밀도 측정 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비, 시료 요건, 시험 절차, 결과 계산 및 표현, 시험 보고서 등이 포함됩니다.

본 표준은 금속 분말(예: 탄화텅스텐 WC, 코발트 Co, 니켈 Ni, 철 Fe 분말 등)의 탭 밀도 측정에 적용 가능하며, 입자 크기 범위가 $0.1\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 인 분말에 적용됩니다. 본

방법은 유동성이 매우 낮은 분말(홀 유량 $> 60\text{ 초}/50\text{g}\pm 0.5\text{ 초}$)이나 응집이 심한 분말(응집률 $> 20\%\pm 2\%$)에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 날짜가 표시된 참고 문서의 경우 해당 문서의 버전만 적용되며, 날짜가 표시되지 않은 참고 문서의 경우 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

GB/T 1479.1-2011 금속 분말의 겉보기 밀도 측정 1부: 깔때기법

GB/T 5060-1985 금속 분말 샘플링 방법

GB/T 6283-2008 화학 제품의 수분 함량 측정 - Karl Fischer 방법

ISO 3953:2011 금속 분말의 탭 밀도 측정

GB/T 8170-2008 값 반올림 규칙

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 용어 및 정의

탭 밀도: 특정 진동 조건(진폭, 주파수, 진동 횟수 등)에서 밀집된 상태의 금속 분말의 밀도로, g/cm^3 단위로 측정합니다.

겉보기 밀도: 금속 분말의 자연적 적층 상태에서의 밀도로, g/cm^3 로 표현합니다.

진동수: 분말이 진동하는 횟수를 시간 단위로 측정합니다.

진폭: 진동하는 장치가 위아래로 움직이는 거리(mm)입니다.

진동 주파수: 진동 장치가 1분 동안 진동하는 횟수를 분당 횟수로 측정합니다.

응집률: 분말에서 응집된 입자의 비율(%)입니다.

4 테스트 원리

탭 밀도계는 금속 분말을 일정 횟수만큼 진동시켜 중력과 진동의 작용으로 분말 입자가 재배열되어 더욱 조밀한 적층 상태를 형성합니다. 진동 후 분말의 질량과 부피를 측정하여 탭 밀도를 계산합니다. 공식:

$$\rho_t = \frac{m}{V_t}$$

其中:

- ρ_t : 振实密度 (g/cm^3) ;
- m : 粉末质量 (g) ;
- V_t : 振动后粉末体积 (cm^3) .

5. 장비

탭 밀도계:

진폭: $3 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$.

진동 주파수: $300 \text{ 회/분} \pm 10 \text{ 회/분}$.

압축 횟수: 조정 가능, 표준은 $3000 \text{ 회} \pm 50 \text{ 회}$ 입니다.

장비에는 추가적인 진동 간섭(주파수 $<1\text{Hz} \pm 0.1\text{Hz}$)이 발생하지 않도록 안정적인 지지대가 있어야 합니다.

눈금 실린더:

용량: $25 \text{ mL} \pm 0.1 \text{ mL}$ 또는 $100 \text{ mL} \pm 0.5 \text{ mL}$ (분말 용량에 따라 선택).

척도 정확도: $0.1 \text{ mL} \pm 0.01 \text{ mL}$.

재질: 투명한 유리 또는 플라스틱, 거친 부분이 없는 매끄러운 내부 벽.

분석용 저울:

정확도: $0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$.

측정 범위: $\geq 100 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$.

건조 장비:

오븐: 온도 조절 정확도 $\pm 2^\circ \text{C}$, 최대 온도 $\geq 100^\circ \text{C}$.

환경 조건:

온도: $20\text{--}25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$.

습도: $<50\% \pm 5\% \text{ RH}$, 분말에 의한 수분 흡수를 방지합니다.

주변 환경은 강한 기류 간섭이 없습니다(풍속 $<0.5 \text{ m/s} \pm 0.1 \text{ m/s}$).

6. 샘플

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전본 추출:

GB/T 5060 에 따르면, 각 배치(≤ 100 kg)에서 3~5 개의 샘플을 채취합니다. 각 샘플은 $50 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 또는 $100 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ 입니다(측정 실린더의 용량에 따라 다름).

샘플링 중 균일성을 보장하고 계층화를 방지합니다(편차 $< 2\% \pm 0.5\%$).

샘플 준비:

건조: 분말의 수분 함량이 $> 0.2\% \pm 0.05\%$ 인 경우 $80^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ 의 오븐에서 $2 \text{ 시간} \pm 0.1 \text{ 시간}$ 동안 건조한 후 실온으로 식혀 밀폐 용기에 보관합니다.

수분 측정: 수분 함량은 GB/T 6283 에 따라 측정하고 $< 0.2\% \pm 0.05\%$ 로 관리해야 합니다. 큰 입자나 응집물(응집물 $< 5\% \pm 1\%$)을 제거하기 위해 스크리닝 을 수행해야 합니다(스크린 개구부 $0.1\text{--}500 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

혼합: 균일성을 보장하기 위해 수동 또는 기계적 혼합(속도 $60\text{rpm} \pm 5\text{rpm}$, $5 \text{ 분} \pm 0.5 \text{ 분}$)을 실시합니다(편차 $< 2\% \pm 0.5\%$).

7 테스트 절차

7.1 장비 교정

압축기 교정 :

진폭 측정: 마이크로미터를 사용하여 진폭이 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 인지 확인합니다.

주파수 측정: 스톱워치를 사용하여 주파수가 $300 \text{ 회/분} \pm 10 \text{ 회/분}$ 인지 확인하세요.

교정 시간: 카운터의 정확도를 검증하기 위해 $3000 \text{ 배} \pm 50 \text{ 배}$ 로 설정합니다(편차 $< 1\% \pm 0.1\%$).

실린더 교정:

증류수(밀도 $0.998 \text{ g/cm}^3 \pm 0.001 \text{ g/cm}^3$, 20°C)를 사용하여 측정한 결과, 편차는 $< \pm 0.1 \text{ mL} \pm 0.01 \text{ mL}$ 였습니다.

균형 교정:

저울은 표준추(정확도 $0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$)를 사용하여 교정되었으며, 편차는 $< \pm 0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$ 입니다.

7.2 테스트 절차

샘플 무게 측정:

$50\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 의 분말을 달아서(또는 메스 실린더 용량에 따라 $100\text{g} \pm 0.5\text{g}$ 로 조정) 질량 m 을 $0.01\text{g} \pm 0.001\text{g}$ 단위로 기록합니다.

샘플 로딩:

분말이 튀거나 내벽에 붙지 않도록 분말을 측정 실린더에 천천히 붓습니다. 실린더를 가볍게 두드려(< 5 회, 힘 $< 0.1 \text{ N} \pm 0.01 \text{ N}$) 분말 표면을 평평하게 만듭니다.

진동:

진동기에 측정 실린더를 고정하고 측정 실린더가 수직(기울기 각도 $< 1^\circ \pm 0.1^\circ$)인지 확인하세요.

진동수는 3000 ± 50 회, 진폭은 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 주파수는 $300 \text{ 회/분} \pm 10 \text{ 회/분}$ 으로 설정합니다.

진동을 시작하고 분말의 부피 변화를 관찰하여 분말이 넘치지 않는지 확인합니다.

부피 측정:

진동이 완료되면 메스실린더를 꺼내 $1 \text{ 분} \pm 0.1 \text{ 분}$ 동안 그대로 두세요.

분말 부피 V_t 를 $0.1 \text{ mL} \pm 0.01 \text{ mL}$ 의 정확도로 읽고, 3 개의 판독값을 기록하고

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

평균값을 취합니다.
탭 밀도를 계산하세요.

- 按公式计算: $\rho_t = \frac{m}{V_t}$.
- 重复 3 次试验, 取平均值, 偏差 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$.

7.3 특수한 경우

분말 부피 변화가 $< 0.2 \text{ mL} \pm 0.01 \text{ mL}$ (즉, 부피가 안정적)인 경우, 탭핑 횟수를 1500 회 ± 50 회로 줄일 수 있습니다.

분말이 심하게 응집된 경우(응집률 $> 5\% \pm 1\%$), 재차 선별하거나 건조해야 합니다(수분 함량 $< 0.1\% \pm 0.01\%$).

8 가지 영향 요인

진동 조건:

진폭 편차 $> \pm 0.1 \text{ mm}$ 또는 주파수 편차 $> \pm 10$ 회/분인 경우 밀도 편차는 $> 3\% \pm 0.5\%$ 가 됩니다.

진동 시간은 스테킹 상태에 영향을 미칩니다.

주변 습도:

습도 $> 50\% \pm 5\%$ RH 에서는 분말이 수분을 흡수하고 응집(응집률 $> 5\% \pm 1\%$)되며 밀도가 낮습니다(편차 $> 5\% \pm 1\%$).

분말 특성:

입자 크기는 $< 0.1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$ 이고, 입자 간의 반데르발스 힘은 강화되었으며($> 10^{-9} \text{ N} \pm 10^{-10} \text{ N}$), 유동성이 좋지 않고, 밀도 편차는 $> 4\% \pm 0.5\%$ 입니다.

입자 크기가 $> 500 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$ 이고, 입자 간 간격이 크고, 압축 효과가 약하고, 편차가 $> 4\% \pm 0.5\%$ 입니다.

불규칙한 형태(구형화율 $< 50\% \pm 2\%$)로 인해 편차가 $> 3\% \pm 0.5\%$ 인 불균일한 적층이 발생합니다.

실린더 상태:

내벽이 거칠거나($R_a > 0.2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.02 \text{ } \mu\text{m}$) 분말 잔류물이 있어 부피 판독 오류가 $> 2\% \pm 0.5\%$ 가 됩니다.

9 결과 표현

탭 밀도: 소수점 이하 두 자리까지 g/cm^3 로 표현, 예: $5.50 \text{ g/cm}^3 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

편차: 소수점 이하 두 자리까지 %로 표현합니다(예: $\pm 1.50\% \pm 0.01\%$).

보고서 내용:

분말 질량 $m(\text{g})$.

진동 후의 부피 $V_t(\text{mL})$.

3 회 측정된 탭 밀도 값과 편차.

테스트 조건(진폭, 주파수, 횟수)

10 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플 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

샘플 번호, 배치 번호.

분말 유형(예: WC, Co).

입자 크기 범위(예: $0.1\text{--}500\ \mu\text{m} \pm 0.01\ \mu\text{m}$).

수분 함량(GB/T 6283 에 따라 결정, 예: $<0.2\% \pm 0.05\%$).

테스트 조건:

진동기 매개변수: 진폭 $3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$, 주파수 $300\ \text{회/분} \pm 10\ \text{회/분}$, 횟수 $3000\ \text{회} \pm 50\ \text{회}$.

실린더 용량: $25\text{mL} \pm 0.1\text{mL}$ 또는 $100\text{mL} \pm 0.5\text{mL}$.

환경 조건: 온도 $20\text{--}25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $<50\% \pm 5\%\ \text{RH}$.

테스트 결과:

질량, 진동 후 부피, 탭 밀도가 매번 측정됩니다.

평균 탭 밀도 값 및 편차, 예를 들어 $5.50\ \text{g/cm}^3 \pm 0.01\ \text{g/cm}^3$, 편차 $\pm 1.50\% \pm 0.01\%$.

표준 번호: GB/T 5162-2014.

테스트 날짜 및 운영자: 예를 들어, 2025 년 5 월 23 일, 운영자 서명.

11 검사 규칙

샘플링: GB/T 5060 에 따라 각 배치($\leq 100\ \text{kg}$)에서 3~5 개의 샘플을 채취하며, 각 샘플은 $50\ \text{g} \pm 0.1\ \text{g}$ 입니다.

검사 빈도:

공장 검사: 각 배치를 테스트합니다.

유형 검사: 연 1 회 또는 프로세스가 변경될 때 실시합니다.

결정 규칙:

세 가지 측정값의 편차는 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$ 로 합격으로 간주됩니다.

편차가 $\pm 2\% \pm 0.5\%$ 이상인 경우, 새로운 샘플을 재검사할 수 있습니다. 재검사가 여전히 불합격한 경우, 해당 배치는 부적합으로 간주됩니다.

숫자 반올림: GB/T 8170 규칙에 따라 소수점 이하 두 자리까지 유지합니다.

12 품질 보증

테스트 일관성: 동일 배치 내 다양한 샘플의 탭 밀도 편차는 $< \pm 3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

기록 보관: 테스트 데이터는 원본 기록 및 보고서를 포함하여 1 년 ± 0.1 년 동안 보관됩니다.

이의 처리: 사용자가 결과에 이의가 있는 경우, 샘플을 수령한 날로부터 30 일 ± 1 일 이내에 이의를 제기해야 합니다. 양측은 이 기준을 바탕으로 재검토하여 판정합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 :

GB/T 34505-2017 시멘트 카바이드 분말 제조를 위한 기술 조건

1 범위

본 표준은 초경합금 분말 제조에 필요한 기술 조건을 명시하며, 여기에는 원료 요건, 제조 공정, 성능 지표, 시험 방법, 검사 규칙, 그리고 표시, 포장, 운송 및 보관 요건이 포함됩니다.

본 표준은 텅스텐 카바이드(WC)를 모재로 하고 코발트(Co) 및 니켈(Ni)과 같은 금속 결합제를 사용하여 분말 야금법으로 제조된 초경합금 분말에 적용됩니다. 초경합금은 절삭 공구, 광산 공구, 내마모성 부품 등의 제조에 널리 사용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 날짜가 있는 참조 문서의 경우 해당 날짜가 있는 버전만 적용되며, 날짜가 없는 참조 문서의 경우 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

GB/T 191 포장, 보관 및 운송을 위한 그림 표시

GB/T 1427 탄소재료 샘플링 방법

GB/T 3521 흑연의 화학 분석 방법

GB/T 3851 초경합금의 굽힘강도 측정방법

GB/T 5124 초경합금의 화학 분석 방법

GB/T 6283 화학 제품의 수분 함량 측정 - 칼 피셔 방법

GB/T 1482 금속 분말의 유동성 측정 - 홀 레오미터법

GB/T 19077.1 레이저 회절법에 의한 입자 크기 분포 제1부: 일반

GB/T 19587 가스흡착 BET 법에 의한 고체물질의 비표면적 측정

ASTM B212 금속 분말의 체적 밀도에 대한 표준 시험 방법

ASTM B213 금속 분말의 유동성에 대한 표준 시험 방법

ASTM B527 금속 분말의 탭 밀도에 대한 표준 시험 방법

3 용어 및 정의

이 표준에는 다음과 같은 용어와 정의가 적용됩니다.

초경합금 분말: 텅스텐 카바이드(WC)를 주성분으로 하고 코발트(Co), 니켈(Ni) 등의 금속 결합제를 첨가한 분말로, 혼합, 분쇄, 과립화 등의 가공을 거쳐 제조한 것으로, 초경합금 제품 생산에 사용된다.

Fisher 입자 크기(FSSS): Fisher Sub-Sieve Sizer 로 측정한 분말의 평균 입자 크기(마이크로미터 (μm) 단위).

체적 밀도: 자연적으로 쌓인 상태의 분말 밀도로 g/cm^3 로 표현합니다.

탭 밀도: 진동 또는 탭핑 후 밀집된 상태의 분말의 밀도로, g/cm^3 로 표현됩니다.

유동성: 분말이 표준 깔때기를 통과하는 데 걸리는 시간으로, 50g 당 초(s/50g)로 표현됩니다.

비표면적: 단위 질량당 분말의 총 표면적을 m^2/g 로 표현한 값입니다.

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

응집률: 분말에서 응집된 입자의 비율(%)입니다.

4 분류 및 코드

시멘트 카바이드 분말은 용도와 구성에 따라 분류됩니다.

용도: 절삭 공구(코드 Q), 광산 공구(코드 C), 내마모성 부품(코드 N)에 사용됨.

결합상별: WC-Co 분말(코드 WC-Co), WC-Ni 분말(코드 WC-Ni), WC-Co-Ni 분말(코드 WC-Co-Ni).

입자 크기에 따라: 초미립 ($FSSS \leq 1 \mu m$, 코드 UF), 미세($1 \mu m < FSSS \leq 3 \mu m$, 코드 F), 중립($3 \mu m < FSSS \leq 5 \mu m$, 코드 M), 조립 ($FSSS > 5 \mu m$, 코드 C).

예: WC-Co 초미립 절삭 공구 분말, 코드명은 WC-Co-UF-Q.

5. 기술적 요구 사항

5.1 원자재 요구 사항

텅스텐 카바이드(WC):

순도: $\geq 99.8\% \pm 0.1\%$, 불순물 ($0 < 0.15\% \pm 0.01\%$, Fe $< 0.05\% \pm 0.005\%$).

Fisher 입자 크기: $0.5-10 \mu m \pm 0.01 \mu m$, 용도 에 따라 선택하세요.

코발트(Co):

순도: $\geq 99.9\% \pm 0.1\%$, 불순물 ($0 < 0.1\% \pm 0.01\%$, Fe $< 0.02\% \pm 0.005\%$).

입자 크기: $\leq 2 \mu m \pm 0.01 \mu m$.

니켈(Ni):

순도: $\geq 99.9\% \pm 0.1\%$, 불순물 ($0 < 0.1\% \pm 0.01\%$, Fe $< 0.02\% \pm 0.005\%$).

입자 크기: $\leq 2 \mu m \pm 0.01 \mu m$.

첨가물: 곡물 억제제(VC, $Cr_3 C_2$ 등) 함량 $0.1\%-1\% \pm 0.01\%$, 순도 $\geq 99.5\% \pm 0.1\%$.

5.2 성분 요구 사항

WC-Co 분말: Co 함량 $6\%-20\% \pm 1\%$, 총 탄소 $5.5\%-6.2\% \pm 0.05\%$, 유리 탄소 $< 0.1\% \pm 0.01\%$.

WC-Ni 분말: Ni 함량 $6\%-15\% \pm 1\%$, 총 탄소 $5.5\%-6.2\% \pm 0.05\%$, 유리 탄소 $< 0.1\% \pm 0.01\%$.

WC-Co-Ni 분말: Co+Ni 함량 $8\%-20\% \pm 1\%$, 총 탄소 $5.5\%-6.2\% \pm 0.05\%$, 유리 탄소 $< 0.1\% \pm 0.01\%$.

산소 함량: $\leq 0.3\% \pm 0.01\%$, 질소 함량 $\leq 0.05\% \pm 0.005\%$.

5.3 물리적 특성

Fisher 입자 크기: $0.5-10 \mu m \pm 0.01 \mu m$, 편차 $\pm 5\% \pm 0.5\%$.

겉보기 밀도: $4.0-5.0 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$ (WC-Co 분말 $4.5 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$).

탭 밀도: $5.0-6.2 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$ (WC-Co 분말 $5.5 g/cm^3 \pm 0.1 g/cm^3$).

유동성: 13-16 초/50g ± 0.5 초 (WC-Co 분말 14 초/50g ± 0.5 초).

비표면적: $0.5-5 m^2 / g \pm 0.2 m^2 / g$ (입자 크기에 따라 조정).

응집율: $< 5\% \pm 1\%$.

5.4 형태학 요구 사항

입자 형태: 구형 또는 거의 구형, 구형화율 $> 90\% \pm 2\%$, 모서리 $< 0.1 \mu m \pm 0.01 \mu m$.

표면 품질: 눈에 띄는 산화물이나 불순물이 없고, 표면 거칠기 Ra $< 0.2 \mu m \pm 0.02 \mu m$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.5 프로세스 요구 사항

혼합: 균일성 $> 98\% \pm 1\%$, 습식 분쇄(볼 대 재료 비율 3:1-8:1 ± 0.1 , 회전 속도 300-500 rpm ± 10 rpm).
과립화: 분무 건조, 입자 크기 20-150 $\mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$, 공급 농도 25%-30% $\pm 1\%$, 입구 온도 200-250° C $\pm 5^\circ\text{C}$.
건조: 수분 $< 0.2\% \pm 0.05\%$, 진공 건조(80° C $\pm 2^\circ\text{C}$, $< 10^{-2}$ Pa $\pm 10^{-3}$ Pa).

6. 시험 방법

화학 성분:

총탄소, 유리탄소: 적외선 흡수법(GB/T 5124).

산소 및 질소 함량: 펄스 가열 불활성 가스 용합 방법(GB/T 5124).

Co 및 Ni 함량: ICP-AES 방법(GB/T 5124).

Fisher 입자 크기: Fisher 체 분석기 방법, 공기 압력 0.1-0.5 psi ± 0.01 psi, 다공성 0.4-0.5 ± 0.02 .

겉보기 밀도: ASTM B212, 실린더 측정법, 편차 $< 2\% \pm 0.5\%$.

탭 밀도: ASTM B527, 주파수 50Hz $\pm 1\text{Hz}$, 진폭 1mm $\pm 0.1\text{mm}$, 편차 $< 2\% \pm 0.5\%$.

유동성: ASTM B213, 홀 레오미터 방법(조리개 5mm $\pm 0.1\text{mm}$), 편차 < 1 초 ± 0.2 초.

비표면적: BET 방법(GB/T 19587).

응집 속도: SEM 방법(GB/T 16594), 입자 500 개 계수.

수분 함량: 칼 피셔 방법(GB/T 6283).

형태학: SEM 방법(GB/T 16594), 구형화 속도는 이미지 분석 소프트웨어로 계산했습니다.

7 검사 규칙

검사 범주:

공장 검사: 화학 성분, 피서 입자 크기, 겉보기 밀도, 탭 밀도, 유동성, 비표면적, 응집 속도, 수분 함량.

유형 검사: 모든 기술적 요구 사항(최소 1 년에 한 번 또는 프로세스가 변경되거나 고객이 요구할 때).

건본 추출:

GB/T 1427 에 따라 각 배치(≤ 1 톤)에서 각각 100g $\pm 1\text{g}$ 의 무게를 갖는 5 ± 1 개의 샘플을 채취하여 균등하게 혼합합니다.

샘플 보관: 밀봉, 습도 $< 50\% \pm 5\%$ RH, 온도 $< 30^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

결정 규칙:

모든 품목이 요건을 충족하면 해당 배치는 합격으로 간주되며, 하나라도 불합격하면 재검사가 허용됩니다. 재검사에도 불합격하면 해당 배치는 불합격으로 판정됩니다.

숫자 반올림: GB/T 8170 규칙에 따름.

8 표시, 포장, 운송 및 보관

심벌 마크:

포장의 외부 표면에는 GB/T 191 에 따라 제품명, 코드, 배치 번호, 순중량, 생산일자, 제조사, 보관 및 운송 표시가 표시되어야 합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

예: WC-Co-UF-Q, 배치 번호 20250523, 순중량 50kg, 생산일 2025-05-23, 특정
초경합금 회사.

패키지:

내부 포장: 밀봉된 플라스틱 봉지(두께 $>0.1\text{mm}\pm 0.01\text{mm}$), 진공 포장.

외부 포장: 철제 배럴 또는 플라스틱 배럴(용량 $50\text{--}100\text{L}\pm 1\text{L}$), 방습 및 충격 방지.

포장 무게: 배럴당 $50\text{kg}\pm 0.5\text{kg}$ 또는 고객 요구 사항에 따라 다름.

운송:

운송 중에는 습기와 충격을 방지하고, 고온($>50^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$) 및 고습($>80\%\pm 5\%\text{RH}$)을
피하십시오.

GB/T 191의 운송 요건을 준수하고 명확한 표시가 있어야 합니다.

저장:

보관환경: 온도 $10\text{--}30^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $<50\%\pm 5\%\text{RH}$, 직사광선을 피하세요.

보관기간: ≤ 12 개월 ± 1 개월, 유통기한 초과 시 재검사 필요.

9. 품질 보증

품질 약속: 제조업체는 제품명, 코드, 배치 번호, 테스트 결과, 생산 날짜 및 검사자
서명이 포함된 품질 인증서를 제공해야 합니다.

이의 제기 처리: 사용자는 제품 품질에 이의가 있는 경우, 제품 수령 후 30 일
이내에 이의를 제기해야 합니다. 공급 당사자와 수요 당사자는 이 기준을 바탕으로
공동으로 재검토하여 판정합니다.

부록 A (정보 부록) 시멘트 카바이드 분말의 일반적인 특성

WC-Co 초미분말(UF):

Fisher 입자 크기: $0.5\text{--}1\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$

탭 밀도: $5.5\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$

유동성: $14\text{ 초}/50\text{g}\pm 0.5\text{ 초}$

적용분야: 항공장비, 수명 $> 15\text{ 시간}\pm 1\text{ 시간}$

WC-Ni 중입자 크기 분말(M):

Fisher 입자 크기: $3\text{--}5\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$

탭 밀도: $5.8\text{ g/cm}^3\pm 0.1\text{ g/cm}^3$

유동성: $13\text{ 초}/50\text{g}\pm 0.5\text{ 초}$

적용분야: 광산용 드릴 비트, 수명 $> 1200\text{m}\pm 100\text{m}$

부록 B(규범 부록) 시험 방법에 대한 보충 참고 사항

Fisher 입자 크기 측정: 샘플 압축 압력 $0.5\text{--}1\text{ kg/cm}^2\pm 0.1\text{ kg/cm}^2$, 공기 흐름
편차 $<5\%\pm 0.5\%$.

유동성 측정: 분말이 습기를 흡수하여 결과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해
시험 환경의 습도는 $<50\%\pm 5\%\text{RH}$ 입니다.

비표면적 측정: 질소 흡착, 전처리 온도 $200^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, 표면 수분 제거.

요약하다

GB/T 34505-2017 표준은 초경합금 분말 제조를 위한 기술 조건을 명시하며, 원료,

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

조성, 물리적 특성, 형태, 공정 및 검사 요건을 포함합니다. 피셔-트로프쉬(Fischer-Tropsch) 입자 크기($0.5 \sim 10 \mu\text{m}$), 탭 밀도($5.0 \sim 6.2 \text{g/cm}^3$), 유동성($13 \sim 16$ 초/50g)과 같은 지표를 관리함으로써 항공 공구(수명 15 시간 이상) 및 광산 드릴 비트(수명 1200m 이상)와 같은 고급 응용 분야의 요건을 충족하는 분말 품질을 보장합니다. 이 표준은 과학적 시험 방법(ASTM B212, B213, B527)과 엄격한 검사 규칙(샘플링, 측정)을 통해 제품의 일관성과 신뢰성을 보장합니다.



부록 :

분포 의 품질을 평가하는 방법은 무엇입니까 ?

텅스텐 카바이드 분말(WC)의 입도 분포는 품질과 성능을 평가하는 중요한 지표이며, 시멘트 카바이드의 경도, 인성, 소결 거동 및 적용 효과에 직접적인 영향을 미칩니다.

(1) 평가방법

입자 크기 분포는 분말 입자 크기의 통계적 특성을 측정하여 평가합니다. 일반적으로 다음과 같은 방법이 사용됩니다.

레이저 입자 크기 분석:

GB/T 19077.1-2008 에 따르면, 입자 크기 분포는 레이저 회절 기술을 사용하여 측정됩니다.

주요 매개변수: D10(입자의 10%가 이 값보다 작음), D50(중간 직경, 입자의 50%가 이 값보다 작음), D90(입자의 90%가 이 값보다 작음).

정확도: 편차 $<5\pm 1\%$, $0.1-100\ \mu\text{m}\pm 0.01\ \mu\text{m}$ 범위에 적용 가능.

장점: 빠르고, 파괴적이지 않으며, 재현성이 높은 결과입니다.

주사전자현미경 (SEM):

GB/T 16594-2008 에 따라 입자 형태와 크기 분포가 관찰되었습니다.

측정: 100~500 개 입자의 크기를 직접 세거나 이미지 분석 소프트웨어를 사용하여 센다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

장점: 입자 형태(다각형, 구형)와 응집 ($<5\pm1\%$)을 직관적으로 반영합니다.

단점: 표본 대표성이 제한적이며 다른 방법과 결합해야 합니다.

침전 방법:

GB/T 14634.2-2010 에 따르면, 입자 크기 분포는 액체 내 입자의 침전 속도에 의해 계산됩니다.

적용범위 : 조립입자 ($> 5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

장점: 구형이 아닌 입자에 적합하고 비용이 저렴합니다.

미세분말($<1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)의 경우 정확도가 부족합니다.

비표면적법(BET):

GB/T 19587-2017 에 따르면, 평균 입자 크기는 질소 흡착을 통해 계산되었습니다.

적용 범위: 서브마이크론 수준($0.1-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$), 비표면적 $>1 \text{ m}^2 / \text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2 / \text{g}$.

장점: 입자의 표면적 특성을 반영하고 분포를 간접적으로 평가합니다.

온라인 모니터링:

레이저 입자 크기 온라인 분석기를 사용하면 혼합이나 준비 과정 중에 실시간으로 입자 크기 분포를 모니터링할 수 있습니다.

장점: 프로세스를 동적으로 조정하고 편차가 $3\pm0.5\%$ 미만입니다.

(2) 평가기준

입자 크기 분포의 품질은 다음 매개변수를 통해 정량적으로 평가됩니다.

분포 폭:

이상적인 값: $(D_{90} - D_{10})/D_{50} < 1.5 \pm 0.1$, 분포가 좁고 입자가 균일함을 나타냅니다.

품질 값이 좋지 않음: $>2.0 \pm 0.2$, 분포가 넓고 입자가 고르지 않음.

중요성: 좁은 분포($<1.5 \pm 0.1$)는 소결 기공률($<0.05\pm0.01\%$)을 감소시키고 밀도($>99\pm0.1\%$)를 향상시킵니다.

중량 직경(D50):

: 적용에 따라 서브미크론 수준 $0.3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 미크론 수준 $1-3 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 거친 수준 $5-10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

편차: $\pm 10\pm 1\%$, 이 한계를 초과하면 성능 일관성에 영향을 미칩니다.

일률:

표준: 입자 크기 표준 편차/평균 값 $<0.2 \pm 0.02$, 균일성 $>95\pm 1\%$.

중요성: 높은 균일성($>95\pm 1\%$)은 경도와 인성을 향상시킵니다($HV >3000 \pm 50$, $K_{1c} > 18 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \pm 0.5$).

형태학적 일관성:

표준: 구형화율 $>90\pm 2\%$ 또는 다각형 모서리 $<0.05 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 응집 율 $<5\pm 1\%$.

중요성: 균일한 형태는 압착 결합(균열 $<1\pm 0.2\%$)을 줄이고 유동성을 향상시킵니다($<30 \text{ 초}/50\text{g} \pm 2 \text{ 초}$, GB/T 1482-2010).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(3) 품질 판단

우수한 입자 크기 분포:

특성: $(D90 - D10)/D50 < 1.5 \pm 0.1$, $D50$ 편차 $< 10\% \pm 1\%$, 균일성 $> 95\% \pm 1\%$, 응집율 $< 5\% \pm 1\%$.

성능: 소결 후 밀도 $> 99\% \pm 0.1\%$, 경도 HV $> 2900 \pm 50$, 굽힘 강도 $> 4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, 마모량 $< 0.08 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$.

적용 분야: 항공 도구(수명 > 15 시간 ± 1 시간), PCB 드릴 비트(수명 > 10 5 개 구멍 ± 10 4 개 구멍).

일반적인 입자 크기 분포:

특성: $(D90 - D10)/D50 1.5 - 2.0 \pm 0.2$, $D50$ 편차 $10\% - 20\% \pm 1\%$, 균일성 $90\% - 95\% \pm 1\%$, 응집율 $5\% - 10\% \pm 1\%$.

성능: 밀도 $98\% - 99\% \pm 0.1\%$, 경도 HV $2500 - 2800 \pm 50$, 굽힘 강도 $3500 - 4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, 마모 손실 $0.08 - 0.15 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$.

적용 분야: 일반 용도 금형(수명 > 10 6 배 ± 10 5 배).

품질이 좋지 않은 입자 크기 분포:

특성: $(D90 - D10)/D50 > 2.0 \pm 0.2$, $D50$ 편차 $> 20\% \pm 1\%$, 균일성 $< 90\% \pm 1\%$, 응집율 $> 10\% \pm 1\%$.

성능: 밀도 $< 98\% \pm 0.1\%$, 기공률 $> 0.2\% \pm 0.02\%$, 경도 HV $< 2500 \pm 50$, 굽힘 강도 $< 3500 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$, 마모량 $> 0.15 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$.

적용 분야: 제한적이며 공구 고장이 발생하기 쉽습니다(수명 < 10 시간 ± 1 시간).

예:

우수: $D50 = 0.3 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$, $(D90 - D10)/D50 = 1.2 \pm 0.1$, 항공 공구에는 초경합금이 사용되며 수명은 15 시간 ± 1 시간 이상입니다.

품질 불량: $D50 = 2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$, $(D90 - D10)/D50 = 2.5 \pm 0.2$, 시멘트 카바이드 기공률 $> 0.3\% \pm 0.02\%$, 수명 < 8 시간 ± 1 시간.

(4) 최적화 제안

원자재 관리:

초기 입자 크기 편차를 줄이기 위해 고순도 텅스텐 분말($0 < 0.05\% \pm 0.01\%$)과 카본 블랙(입자 크기 $< 0.1 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.01 \text{ } \mu\text{m}$)을 선택했습니다.

준비 과정:

탄화 온도는 $1450 \sim 1600^\circ \text{C} \pm 10^\circ \text{C}$ 이며, 반응 시간을 조절($2 \sim 4$ 시간 ± 0.1 시간)하여 균일한 탄화를 보장합니다.

빠른 냉각($> 50^\circ \text{C/min} \pm 5^\circ \text{C/min}$)은 입자 성장을 억제합니다($< 0.01 \text{ } \mu\text{m/min} \pm 0.001 \text{ } \mu\text{m/min}$).

첨가물:

$0.1\% - 0.5\% \pm 0.01\%$ VC 또는 Cr_3C_2 는 입자성장을 억제하고 입자크기 편차는 $< 5\% \pm 1\%$ 입니다.

후처리:

공기 흐름 분류(GB/T 19077.1-2008)는 $< 2\% \pm 0.5\%$ 의 편차로 분포를 조정합니다.

체(기공 크기 $< 10 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.1 \text{ } \mu\text{m}$)를 사용합니다($< 5\% \pm 1\%$).

프로세스 모니터링:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

온라인 레이저 입자 크기 분석은 실시간으로 매개변수를 조정하여 D50 편차를 $<5\% \pm 0.5\%$ 로 유지합니다.

(5) 시험 및 품질관리

입자 크기 분포: 레이저 입자 크기 분석은 D50 정확도가 $\pm 5\% \pm 0.5\%$ 가 되도록 정기적으로(100 회 $\pm$ 10 회마다) 교정됩니다.

형태학적 분석: SEM 은 한 달에 한 번 실시하여 응집율($<5\% \pm 1\%$)과 형태학적 일관성을 평가했습니다.

성능 검증: 소결 후 경도(ISO 4499-2), 강도(GB/T 3851-2015), 내마모성(GB/T 12444-2006)을 시험하여 분포 데이터와 상관관계를 분석합니다.

통계 분석: 정규 분포 모형을 사용하였고, 표준 편차/평균은 $<0.2 \pm 0.02$ 로 계산되어 동질성을 확인했습니다.

텅스텐 카바이드 분말의 입도 분포는 레이저 입도 분석(D10, D50, D90), SEM, 침전법 및 BET 방법을 통해 평가합니다. 평가 기준에는 분포 폭($<1.5 \pm 0.1$), D50 편차($<10\% \pm 1\%$), 균일성($>95\% \pm 1\%$) 및 형태적 일관성이 포함됩니다. 우수한 분포((D90-D10)/D50 $<1.5 \pm 0.1$)는 고밀도($>99\% \pm 0.1\%$) 및 성능(HV $>2900 \pm 50$)을 보장하여 고급 응용 분야에 적합합니다. 불량한 분포($>2.0 \pm 0.2$)는 성능 저하로 이어집니다. 원자재, 공정 및 후처리를 최적화하고 실시간 모니터링을 통해 분포 품질을 개선하여 항공 공구(수명 >15 시간 ± 1 시간) 및 광산 드릴 비트(수명 $>1200\text{m} \pm 100\text{m}$)의 요구를 충족합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

부록 :

피셔 입자 크기란 무엇입니까?

Fisher Sub-Sieve Sizer(FSSS)는 공기 투과법을 이용하여 분말 입자의 평균 크기를 측정하는 전통적인 입도 분석법입니다. 초경합금 원료(예: 텅스텐 카바이드 분말(WC), 코발트 분말(Co), 니켈 분말(Ni)) 및 기타 금속 분말의 특성 분석에 널리 사용됩니다.

(1) 정의

Fisher 입도 분석기는 Fisher Sub-Sieve Sizer를 기반으로 합니다. 이 분석기는 분말 층의 공기 투과 저항을 측정하고 분말 입자의 평균 입자 크기를 간접적으로 추정합니다. 결과는 일반적으로 분말의 표면적과 기공 특성을 반영하는 미크론(μm) 단위로 표시되며, 특히 미세 입자의 입도 분포 분석에 적합합니다.

(2) 측정원리

피셔 입자 크기 측정은 다공성 매질 내 유체의 투과도와 입자 크기, 기공률, 그리고 매질의 두께 사이의 관계를 나타내는 카르만-코제니 방정식을 기반으로 합니다. 측정 과정은 다음과 같습니다.

샘플 준비

특정 질량의 분말(보통 $2-5\text{g} \pm 0.1\text{g}$)을 특수 시험관에 넣고 가볍게 압축하여 균일한 분말 층(두께 $1-2\text{cm} \pm 0.1\text{cm}$)을 형성하며, 이때 다공성은 $0.4-0.5 \pm 0.02$ 로 조절됩니다.

공기 침투

시험관을 통해 일정한 압력($0.1 \sim 0.5 \text{ psi} \pm 0.01 \text{ psi}$)의 건조 공기를 공급하고 분말 층을 통과하는 공기의 흐름 속도(단위 시간당 부피, mL/s)를 측정합니다.

저항 계산

분말 층의 공기 저항은 입자의 표면적에 비례합니다. 저항이 클수록 입자의 크기는 작아집니다. 공기 유량은 입자의 평균 직경의 제곱에 비례합니다.

입자 크기 추정

카르만-코제니 방정식과 검량선을 기반으로 분말의 표면적과 기공률을 결합합니다. 수학적 표현은 다음과 같이 단순화됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

数学表达式简化为:

$$D = k \cdot \sqrt{\frac{Q \cdot \eta \cdot L}{P \cdot A \cdot (1 - \epsilon)^2}}$$

其中:

- D : 费氏粒度 (μm)
- k : 仪器校准常数
- Q : 空气流量 (mL/s)
- η : 空气粘度 ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)
- L : 粉末层厚度 (cm)
- P : 压力差 (Pa)
- A : 粉末层横截面积 (cm^2)
- ϵ : 孔隙率

(3) 적용범위

입자 크기 범위: $0.1\text{--}50 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$, 특히 서브마이크론 및 마이크론 분말에 적합합니다(예: WC 분말의 경우 $0.3\text{--}10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

분말 특성: 입자 형태가 매우 일정(구형화율 $> 90\% \pm 2\%$)한 구형 또는 거의 구형 입자에 적합합니다.

제한 사항: 제한된 공기 투과성으로 인해 입자 크기가 $50 \mu\text{m}$ 이상인 분말이나 심하게 응집된 분말($10\% \pm 1\%$)에는 적합하지 않습니다.

(4) 장점과 단점

이점:

간단하고 빠름: 측정 시간 $< 5 \text{ 분} \pm 0.5 \text{ 분}$, 작동이 쉽고 일괄 테스트에 적합합니다.

표면적 관련: 분말의 특정 표면적($> 1 \text{ m}^2 / \text{g} \pm 0.2 \text{ m}^2 / \text{g}$)을 반영하며, 이는 소결 거동과 밀접한 관련이 있습니다.

저렴한 비용: 장비 가격이 저렴하고($< 5000 \text{ USD} \pm 500 \text{ USD}$) 유지 관리가 쉽습니다.

결점:

단일 지표: 평균 입자 크기만 제공하고, 입자 크기 분포 정보(예: D_{10} , D_{90})는 제공하지 않습니다.

교정에 따라 다름: 결과는 교정 곡선과 분말 압축 정도에 영향을 받으며 최대 $\pm 10\% \pm 1\%$ 까지 달라질 수 있습니다.

형태적 한계: 구형이 아니거나 다공성 입자(응집된 분말 등)의 측정 오차는 큼($> 15\% \pm 2\%$).

(5) 계산방법 및 교정

교정: 표준 분말(예: 입자 크기가 알려진 SiC 또는 Al_2O_3 , $0.5\text{--}10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)을 사용하여 기기를 교정하여 측정 정확도가 $\pm 5\% \pm 0.5\%$ 가 되도록 합니다.

반복성: 각 배치를 3~5 회 시험하여 평균값을 구하였으며, 표준 편차는 $< 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 였습니다.

보정 계수: 분말 밀도(WC $15.63 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$)에 따라 Karman-Cohen 상수를

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

조정합니다 .

(6) 영향 요인

분말 다짐: 다짐 압력 $0.5-1 \text{ kg/cm}^2 \pm 0.1 \text{ kg/cm}^2$. 다짐 압력이 너무 강하면 ($>2 \text{ kg/cm}^2$) 기공률이 감소하여 ($<0.3 \pm 0.02$) 결과가 작아집니다. 다짐 압력이 너무 약하면 ($<0.2 \text{ kg/cm}^2$) 기공률이 높아져 ($>0.6 \pm 0.02$) 결과가 커집니다.

습도: 샘플 수분 함량이 $0.5 \pm 0.1\%$ 이상이면 공기 흐름에 영향을 미치므로 건조해야 합니다 ($0.1 \pm 0.01\%$).

입자 형태: 구형이 아닌 입자 (모서리 $> 0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 로 인해 표면적 추정 오류가 $> 10\% \pm 1\%$ 가 됩니다.

($\text{O}_2 < 5 \text{ ppm} \pm 1 \text{ ppm}$) 의 방해물을 피하기 위해 건조한 공기에서 시험을 수행해야 합니다 .

(7) 적용효과

초경합금 준비:

입자 크기가 $0.5-2 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 인 WC 분말은 소결 후 밀도가 $>99 \pm 0.1\%$ 이고 경도가 $\text{HV} > 2900 \pm 50$ 으로 항공 도구에 적합합니다 (수명 > 15 시간 ± 1 시간).

피셔-트롭쉬 입자 크기가 $3-5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 이고 굽힘 강도가 $> 4000 \text{ MPa} \pm 100 \text{ MPa}$ 인 WC-Co 분말은 광산 드릴 비트 (수명 $> 1200 \text{ m} \pm 100 \text{ m}$) 에 적합합니다.

품질 관리:

배치 간 Fisher 입자 크기 편차는 $< 10\% \pm 1\%$ 로 소결 일관성 (기공률 $< 0.05 \pm 0.01\%$) 을 보장합니다.

레이저 입도분석 (D50) 과 비교한 결과, 분포폭이 검증되었다 ($(\text{D90}-\text{D10})/\text{D50} < 1.5 \pm 0.1$).

(8) 시험 및 품질관리

기기 교정: 표준 분말을 사용하여 매월 교정하고 교정 곡선 편차가 $< 5\% \pm 0.5\%$ 가 되도록 기록합니다.

시험 조건: 주변 온도 $20-25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$, 습도 $< 40\% \text{ RH} \pm 5\%$, 공기가 건조한지 확인하세요.

결과 검증: BET 비표면적법 (GB/T 19587-2017) 과 비교 시 표면적 편차는 $< 10\% \pm 1\%$ 입니다.

기록: 각 배치에 대한 Fisher 입자 크기 값, 압축 압력 및 공기 흐름을 기록하고 1 년 ± 0.1 년 동안 보관합니다.

요약하다

Fisher 입자 크기는 공기 투과도를 기반으로 하는 전통적인 입자 크기 측정 방법입니다. Karman-Cohen 방정식을 사용하여 평균 분말 입자 크기 ($0.1-50 \mu\text{m}$) 를 추정합니다. 특히 시멘트 카바이드 원료의 표면적 및 기공 특성 분석에 적합합니다. 측정은 간단하고 빠르며 (5 분 미만) 비용이 저렴하지만 평균값만 제공하고 보정 및 입자 형태에 의존합니다. 다짐 압력 ($0.5-1 \text{ kg/cm}^2$) 과 습도 제어 (0.1% 미만) 를 최적화하면 정확도 ($\pm 5\%$) 를 향상시킬 수 있습니다. 시멘트

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

카바이드 제조에서 Fisher 입자 크기는 분말 미세화 ($0.5-5\mu\text{m}$) 를 안내하여 소결 성능 (밀도>99%, 경도>2900HV) 을 보장하며 항공 도구 및 광산 드릴 생산에 널리 사용됩니다.

분말 전처리 불밀용 볼의 종류

텅스텐 카바이드(WC) 분말과 같은 초경합금 분말의 전처리 공정에서 볼 밀링은 분말 혼합, 미세화 및 균일한 분포를 달성하는 핵심 공정입니다. 볼 밀링에 사용되는 볼의 종류는 분쇄 효율, 분말 순도 및 최종 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

(1) 볼 밀링에 일반적으로 사용되는 볼 유형

탄소강 볼:

재질: 저탄소강 또는 중탄소강(예: 45#강, 60Mn 강), 표면은 크롬 도금이 가능합니다.
특성:

밀도: $7.8-7.9 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC 50-60 $\pm$ 2.

내마모성: 마모율 $<0.1\% \pm 0.02\%/h$.

비용: 저렴하고 대량 생산에 적합합니다.

장점: 가격이 저렴하고 충격력이 강하며 거친 분쇄에 적합합니다(입자 크기 $>5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$).

단점: Fe 불순물($>0.02\% \pm 0.005\%$)이 쉽게 유입되어 WC 분말의 순도($<99.9\% \pm 0.01\%$)에 영향을 미치고 후속 산세척이 필요합니다.

용도: WC-Co 분말의 1차 혼합 및 거친 분쇄.

스테인리스 스틸 볼:

재질: 오스테나이트계 스테인리스강(304, 316L 등)

특성:

밀도: $7.9-8.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC 25-35 $\pm$ 2.

부식 저항성: 탄소강보다 우수, 부식 속도 $<0.01\text{mm/년} \pm 0.002\text{mm/년}$ (pH 2-12).

내마모성: 마모율 $<0.05\% \pm 0.01\%/h$.

장점: 내식성, 낮은 Fe 오염($<0.01\% \pm 0.002\%$), 미세 분쇄에 적합.

단점: 카바이드 볼보다 경도가 낮고 분쇄 효율이 낮습니다.

$0.1-1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$ 미세 분쇄.

카바이드 볼:

재료: WC-Co 합금 (Co 함량 $6-12\% \pm 0.5\%$).

특성:

밀도: $14.5-15.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC 65-75 $\pm$ 2.

내마모성: 마모율 $<0.01\% \pm 0.002\%/h$.

내식성: 탄소강보다 우수, 부식 속도 $<0.005\text{mm/년} \pm 0.001\text{mm/년}$.

장점: 경도가 높고, 내마모성이 뛰어나며, 오염이 적습니다(WC 상 일관성 $>99.8\% \pm 0.02\%$). 고순도 요구 사항에 적합합니다.

단점: 비용이 많이 든다(탄소강의 약 10~20 배).

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

응용분야: 초미립 WC 분말($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 고정밀 시멘트 카바이드 의 제조 .

지르코니아 볼 (ZrO_2) :

재료: 안정화 지르코늄 산화물(Y_2O_3 안정화, $3\%-5\% \pm 0.1\%$).

특성:

밀도: $6.0-6.1 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC $70-80 \pm 2$.

내마모성: 마모율 $<0.02\% \pm 0.005\%/h$.

부식 저항성: 우수하고 높은 화학적 안정성(pH 0-14).

장점: 금속 오염 없음, 고순도 WC 분말에 적합($0 < 0.05\% \pm 0.01\%$), 매끄러운 표면($Ra < 0.2 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$) .

단점: 밀도가 낮고, 카바이드 볼보다 분쇄 효율이 낮습니다.

응용분야: 나노스케일 WC 분말($<0.1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 생체의학 소재.

알루미나 볼 (Al_2O_3) :

재료 : 고순도 알루미나 (Al_2O_3 함량 $> 99\% \pm 0.01\%$) .

특성:

밀도: $3.6-3.9 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC $80-90 \pm 2$.

내마모성: 마모율 $<0.03\% \pm 0.005\%/h$.

부식 저항성: 양호, 산 및 알칼리 저항성(pH 2-12).

장점: 경도가 높고, 비용이 적당하며, 금속 오염이 없습니다.

단점: 부서지기 쉽고 깨지기 쉽다(파손률 $<1\% \pm 0.2\%$).

응용분야: 중간-조대 WC 분말($1-5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 및 세라믹 재료의 분쇄.

질화규소 볼 (Si_3N_4) :

재료: 질화규소 , Y_2O_3 또는 Al_2O_3 로 안정화됨 .

특성:

밀도: $3.2-3.3 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$.

경도: HRC $85-95 \pm 2$.

내마모성: 마모율 $<0.01\% \pm 0.002\%/h$.

내식성: 우수하고 강산과 강알칼리에 강함.

장점: 경도가 높고, 밀도가 낮으며, 고속 연삭에 적합합니다.

단점: 비용이 많이 들고 생산이 복잡함.

응용분야: 고순도 나노 WC 분말 및 첨단 전자소재.

(2) 선정기준

경도 및 내마모성:

고경도 재료(예: 카바이드 볼, ZrO_2 , Si_3N_4) 는 미세분쇄 및 초미분말($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$) 에 적합하며 마모율은 $<0.01\% \pm 0.002\%/h$ 입니다 .

경도가 낮은 재료(탄소강 볼 등)는 거친 분쇄에 적합하며, 효율성은 높지만

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

내마모성이 약합니다.

오염 방지:

금속 오염이 필요하지 않습니다($0 < 0.05\% \pm 0.01\%$, $\text{Fe} < 0.01\% \pm 0.002\%$), ZrO_2 를 선택하세요. Al_2O_3 또는 Si_3N_4 .

약간의 오염($\text{Fe} < 0.02\% \pm 0.005\%$)이 허용되며 탄소강 볼 또는 스테인리스강 볼을 선택할 수 있습니다.

밀도 및 분쇄 효율:

고밀도 볼(예: 카바이드 볼, $14.5\text{--}15.0 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$)은 강력한 충격력을 제공하며 단단한 재료를 연삭하는 데 적합합니다.

저밀도 볼(Al_2O_3 등, $3.6\text{--}3.9 \text{ g/cm}^3 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$)은 가벼운 분쇄에 적합하며 과도한 분쇄를 줄여줍니다.

비용 및 크기:

탄소강 볼이나 스테인리스강 볼은 저렴한 비용($< 10 \text{ USD/kg} \pm 1 \text{ USD/kg}$)으로 대량 생산에 사용됩니다.

고급 응용 분야의 경우 카바이드 볼이나 ZrO_2 ($50\text{--}200 \text{ USD/kg} \pm 10 \text{ USD/kg}$)를 선택하세요.

볼 직경 일치:

거친 분쇄: $10\text{--}20 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ (탄소강 볼 등).

미세분쇄: $2\text{--}10 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ (예: 카바이드볼, ZrO_2).

초미세분쇄: $0.5\text{--}2 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$ (예: Si_3N_4).

(3) 응용 사례

탄소강 볼: WC-Co 조혼합에 사용(입자 크기 $5\text{--}10 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$), 분쇄 효율 $> 90\% \pm 2\%$, 하지만 Fe 불순물은 산세적으로 제거해야 함($< 0.01\% \pm 0.002\%$).

초경 볼: WC 초미세 연삭에 사용($0.3 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$), 경도 $\text{HV} > 2900 \pm 50$, 오염 $< 0.005\% \pm 0.001\%$, 항공 도구에 적합(수명 $> 15 \text{ 시간} \pm 1 \text{ 시간}$).

ZrO_2 볼: 나노 WC 분말($0.1 \text{ }\mu\text{m} \pm 0.01 \text{ }\mu\text{m}$)에 사용, 0 오염 $< 0.03\% \pm 0.005\%$, PCB 드릴 비트(수명 $> 10^5 \text{ 홀} \pm 10^4 \text{ 홀}$)에 사용.

Si_3N_4 볼: 고순도 WC 나노파우더에 사용, 경도 $\text{HV} > 3000 \pm 50$, 내식성이 우수하고 화학 장비에 적합(수명 $> 2 \text{ 년} \pm 0.2 \text{ 년}$).

(4) 최적화 및 유지관리

볼 대 재료 비율: $5:1 \sim 10:1 \pm 0.1$ 이 권장됩니다. 너무 높으면 과도한 분쇄(입자 크기 편차 $> 10\% \pm 1\%$)가 발생하고, 너무 낮으면 효율이 저하됩니다.

회전 속도: $200\text{--}400 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$. 회전 속도가 너무 높으면($500 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$ 이상) 마모가 증가합니다($0.1\% \pm 0.02\%/\text{h}$ 이상).

세척: 교차 오염을 방지하기 위해 매번 분쇄 후 에탄올이나 희석된 HCl($\text{pH} 2 \pm 0.1$)로 세척합니다($\text{Fe} < 0.005\% \pm 0.001\%$).

마모율 모니터링을 기준으로 $500 \text{ 시간} \pm 50 \text{ 시간}$ 마다, ZrO_2 는 $1000 \text{ 시간} \pm 100 \text{ 시간}$ 마다 교체합니다.

볼 밀링에 사용되는 볼 종류로는 탄소강 볼(저가, 조분쇄), 스테인리스강 볼(내식성,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

미세 분쇄), 초경 볼(고경도, 초미분쇄), 산화지르코늄 볼(무공해, 나노미터급), 알루미늄 볼(중조분쇄), 질화규소 볼(고순도 및 내식성) 등이 있습니다. 경도, 내마모성, 오염 방지, 밀도 및 비용, 볼 직경($0.5 \sim 20\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$) 및 적용 요건을 고려하여 볼을 선택합니다. 초경 볼과 ZrO_2 볼은 고정밀 WC 분말($<0.5 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)에 적합하며, 탄소강 볼은 황삭 가공에 적합합니다. 볼 대 재료 비율($5:1 \sim 10:1 \pm 0.1$)과 회전 속도($200 \sim 400\text{rpm} \pm 10\text{rpm}$)를 최적화하고 정기적인 유지 관리(세척, 교체)를 통해 분쇄 효율과 분말 품질을 개선하여 항공 공구(수명 >15 시간 ± 1 시간) 및 광산 드릴 비트(수명 $>1200\text{m} \pm 100\text{m}$)의 성능 요구 사항을 충족할 수 있습니다.

분말 전처리의 비금속 결합제

초경합금 제조 시, 분말 전처리는 분말의 유동성과 가압 성능을 향상시키는 핵심 단계입니다. 비금속 결합제(유기 결합제라고도 함)는 이 공정에서 중요한 역할을 하며, 입자 결합을 촉진하고, 성형체의 강도를 향상시키며, 후속 소결 전 안정성을 보장합니다. 다음은 비금속 결합제의 종류, 특성, 작용 기전, 적용 영향 및 최적화 전략 측면에서 자세히 분석한 내용입니다.

(1) 비금속 결합제의 종류 및 특성

비금속 결합제는 일반적으로 초경합금의 성능에 부정적인 영향을 미치지 않도록 우수한 접착력, 낮은 분해 온도, 그리고 손쉬운 제거성을 가져야 하는 유기 화합물입니다. 일반적인 유형은 다음과 같습니다.

폴리비닐알코올(PVA)

화학 구조: $[-CH_2-CH(OH)-]_n$, 수용성 고분자.

특징: 높은 접합 강도($>5 MPa \pm 0.5 MPa$), 분해 온도 $250-350^\circ C \pm 5^\circ C$, 잔류 탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

장점: 물에 잘 녹고, 섞기 쉽고, 비용이 저렴합니다.

단점: 흡습성이 매우 강함(습기 흡수율 $>2\% \pm 0.2\%$), 습도 조절이 필요함($<50\% RH \pm 5\%$).

폴리에틸렌 글리콜(PEG)

화학 구조: $HO-(CH_2CH_2O)_n-H$, 다양한 분자량(200-6000)이 가능합니다.

특성: 분해 온도 $300-400^\circ C \pm 5^\circ C$, 양호한 윤활성(마찰 계수 $<0.2 \pm 0.02$), 잔류 탄소 $<0.05\% \pm 0.01\%$.

장점: 유동성이 우수(<20 초/50g ± 2 초), 미세분말에 적합($<0.5 \mu m \pm 0.01 \mu m$).

단점: 낮은 온도에서 점도가 높습니다($>10 Pa \cdot s \pm 1 Pa \cdot s$), 혼합을 위해 가열이 필요합니다($60^\circ C \pm 2^\circ C$).

파라핀 왁스

화학 구조: $C_n H_{2n+2}$ ($n=20-40$), 탄화수소 화합물.

특성: 녹는점 $50-70^\circ C \pm 2^\circ C$, 분해온도 $200-300^\circ C \pm 5^\circ C$, 잔류탄소 $<0.2\% \pm 0.01\%$.

장점: 윤활성이 강함(마찰계수 $<0.15 \pm 0.02$), 제거가 쉬움.

단점: 고온($>80^\circ C \pm 2^\circ C$)에서 휘발성이 있으며, 낮은 온도에서 보관해야 합니다.

스테아르산

화학식: $C_{17}H_{35}COOH$, 지방산.

특성: 녹는점 $69^\circ C \pm 2^\circ C$, 분해온도 $250-350^\circ C \pm 5^\circ C$, 잔류탄소 $<0.1\% \pm 0.01\%$.

장점: 윤활성과 접합성이 모두 뛰어나며, 고압 성형($>500MPa \pm 10MPa$)에 적합합니다.

단점: 고온에서 분해되기 쉽고, 가공 온도를 제어해야 함($<100^\circ C \pm 2^\circ C$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기타 바인더

폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA): 분해온도 $300-400^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 고정밀 성형에 적합함.
에틸셀룰로오스(EC): 에탄올에 용해되며, 분해온도는 $250-350^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 이고, 분무과립화에 적합합니다.

(2) 작용기전

비금속 결합제는 분말 전처리 과정에서 물리적, 화학적 효과를 통해 분말 특성을 개선합니다.

입자 결합:

혼합 과정(회전 속도 $300\text{ rpm} \pm 10\text{ rpm}$) 동안 바인더는 WC와 Co/Ni 입자를 감싸 필름(두께 $< 0.1\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$)을 형성하여 입자 간의 결합력을 강화했습니다($> 3\text{ MPa} \pm 0.5\text{ MPa}$).

예를 들어, PVA 용액(농도 $5\% \pm 0.1\%$)은 수소 결합(결합 에너지 $\sim 20\text{ kJ/mol} \pm 2\text{ kJ/mol}$)을 통해 입자를 결합합니다.

향상된 이동성:

파라핀과 PEG는 입자 간의 마찰을 감소시키고(마찰 계수 $< 0.2 \pm 0.02$), 분말 유동성은 $< 20\text{ 초}/50\text{g} \pm 2\text{ 초}$ 로 향상됩니다(GB/T 1482-2010).

미세입자($< 0.5\text{ }\mu\text{m} \pm 0.01\text{ }\mu\text{m}$) 및 응집 감소($< 5\% \pm 1\%$)에 적합합니다.

블랭크의 강도를 강화하세요:

압착(압력 $200-500\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$) 후, 바인더는 네트워크 구조(기공률 $< 10\% \pm 1\%$)를 형성하고 그린바디 강도는 $> 10\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$ 로 취급 및 가공 안정성을 보장합니다.

예를 들어, $2\% \pm 0.1\%$ 파라핀을 함유한 블랭크의 압축 강도는 $> 15\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$ 입니다.

제거 용이성:

바인더는 예비소결 단계($300-500^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)에서 CO_2 와 H_2O 로 분해되며(분해율 $> 99\% \pm 1\%$), 잔류 탄소는 $< 0.1\% \pm 0.01\%$ 로 시멘트 초경의 성능에 영향을 미치지 않습니다.

(3) 적용 영향

비금속 바인더의 선택 및 사용은 시멘트 카바이드 제조 공정 및 최종 성능에 중요한 영향을 미칩니다.

분말 유동성:

$1\% \pm 0.1\%$ 의 PEG를 함유한 WC-Co 분말은 $< 20\text{ 초}/50\text{g} \pm 2\text{ 초}$ 의 유동성을 갖고 있으며 자동 프레스에 적합합니다(효율 $> 500\text{ 개}/\text{시간} \pm 50\text{ 개}/\text{시간}$).

μm 의 유동성을 $10\% \pm 2\%$ 향상시키고 금형 마모를 감소시켰습니다($< 0.01\text{ mm} \pm 0.002\text{ mm}$).

신체 특성:

PVA($2\% \pm 0.1\%$)는 그린바디 강도($> 12\text{ MPa} \pm 1\text{ MPa}$)를 향상시키고 복잡한 형상 성형에 적합합니다(치수 편차 $< 0.05\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$).

스테아르산($1\% \pm 0.1\%$)은 압착 압력을 감소시키고($< 400\text{ MPa} \pm 10\text{ MPa}$) 그린바디의 균열을 감소시킵니다($< 1\% \pm 0.2\%$).

소결 성능:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

바인더의 잔류 탄소량은 $<0.1\pm0.01\%$ 로, 소결 후 밀도는 $>99\pm0.1\%$, 경도 HV 는 $>2000\pm30$ 을 보장합니다.

과도한 잔류 탄소($>0.2\pm0.01\%$)는 다공성($>0.2\pm0.02\%$)의 증가와 굽힘 강도의 $5\pm1\%$ ($<4000\text{ MPa}\pm100\text{ MPa}$) 감소로 이어집니다.

최고의 성능:

μm) 파라핀 $2\pm0.1\%$ 함유, 경도 HV 2200 ± 30 , 항공 도구에 사용(수명 $>15\text{ 시간}\pm1\text{ 시간}$).

$1\pm0.1\%$ PVA 를 함유한 그린 바디는 소결 후 기공률이 $<0.05\pm0.01\%$ 이고 압축 강도가 $>4200\text{ MPa}\pm100\text{ MPa}$ 로 광산 드릴 비트(수명 $>1200\text{m}\pm100\text{m}$)에 적합합니다.

(4) 최적화 전략

위해서는 첨가량, 혼합과정, 제거과정 등을 최적화하는 것이 필요하다.

추가 금액:

$1\sim3\pm0.1\%$ 가 권장됩니다. 과도($5\pm0.1\%$ 초과) 시 잔류 탄소량($0.3\pm0.01\%$ 초과)이 증가하고 경도가 $3\pm0.5\%$ 감소합니다 (HV $<2000\pm30$).

예를 들어, $2\pm0.1\%$ PEG 는 유동성($<20\text{ 초}/50\text{g}\pm2\text{ 초}$)과 그린바디 강도($>10\text{MPa}\pm1\text{MPa}$)를 최적화했습니다.

혼합 과정:

습식 혼합: PVA 와 PEG 를 물이나 에탄올(농도 $5\pm0.1\%$)에 녹인 후 분무 과립화(회전 속도 $1000\text{rpm}\pm50\text{rpm}$)하며, 입자 균일도는 $>95\pm1\%$ 입니다.

건식 혼합: 파라핀과 스테아르산을 가열하여 녹이고($60^\circ\text{C}\pm2^\circ\text{C}$), 볼밀(속도 $300\text{rpm}\pm10\text{rpm}$, 시간 $5\sim10\text{ 시간}\pm0.5\text{ 시간}$)하여 응집을 줄입니다($<3\pm1\%$).

최적화: 행성 볼 밀링(볼 대 재료 비율 $5:1\pm0.1$)을 사용하여 바인더의 균일한 분포(편차 $<5\pm1\%$)를 보장합니다.

제거 프로세스:

예비소결: $300\sim500^\circ\text{C}\pm5^\circ\text{C}$, H_2 분위기($\text{O}_2 < 10\text{ ppm}\pm1\text{ ppm}$), 가열 속도 $2^\circ\text{C}/\text{min}\pm0.2^\circ\text{C}/\text{min}$, 분해율 $>99\pm1\%$.

진공 탈지: $<10^{-2}\text{ Pa}\pm10^{-3}\text{ Pa}$, $400^\circ\text{C}\pm5^\circ\text{C}$, 잔류 탄소 $<0.05\pm0.01\%$.

잔류물이 없도록 단계적 가열($200^\circ\text{C}\pm5^\circ\text{C}$ 에서 $1\text{ 시간}\pm0.1\text{ 시간}$, $400^\circ\text{C}\pm5^\circ\text{C}$ 에서 $2\text{ 시간}\pm0.1\text{ 시간}$)을 실시합니다.

환경 제어:

습도 $<50\%\text{ RH}\pm5\%$ 로 유지하여 PVA 가 습기를 흡수하여 본체가 갈라지는 것을 방지합니다($<1\pm0.2\%$).

파라핀의 휘발을 방지하기 위해 온도는 $<30^\circ\text{C}\pm2^\circ\text{C}$ 입니다(손실 $<0.1\pm0.01\%$).

(5) 시험 및 품질관리

결합제 함량: 열중량 분석(TGA, GB/T 27761-2011), 첨가량과 잔류량(편차 $<0.05\pm0.01\%$)을 측정합니다.

유동성: GB/T 1482-2010 에 따라 유량을 측정합니다($<20\text{ 초}/50\text{g}\pm2\text{ 초}$).

그린바디 강도 : 압축시험(GB/T 3851-2015), 강도 $>10\text{MPa}\pm1\text{MPa}$.

잔류탄소 : 적외선 흡수법(GB/T 5124-2017), 잔류탄소 $<0.1\pm0.01\%$.

온라인 모니터링: 적외선 열화상 기술로 탈지 온도(편차 $<5^\circ\text{C}\pm1^\circ\text{C}$)를

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

모니터링하여 완전한 분해를 보장합니다.

요약하다

비금속 결합제 (PVA, PEG, 파라핀, 스테아르산 등)는 초경합금 분말 전처리에서 입자 결합, 유동성 향상 (<20 초/50g±2 초) 및 성형체 강도 향상 (>10MPa±1MPa)을 통해 중요한 역할을 합니다. PVA와 PEG는 습식 혼합에 적합하고, 파라핀과 스테아르산은 건식 혼합에 적합하며, 첨가량은 1%~3%±0.1%로 조절합니다. 습식/건식 혼합, 예비 소결/진공 탈지 최적화 공정을 통해 잔류 탄소 함량을 <0.1%±0.01%로 유지합니다. 최적화된 바인더 적용은 시멘트 카바이드의 소결 성능 (밀도>99%±0.1%)과 최종 성능 (경도 HV>2000±30, 굽힘 강도>4000MPa±100MPa)을 개선하고 항공 공구 (수명>15 시간±1 시간) 및 광산 드릴 비트 (수명>1200m±100m)에 널리 사용됩니다.

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

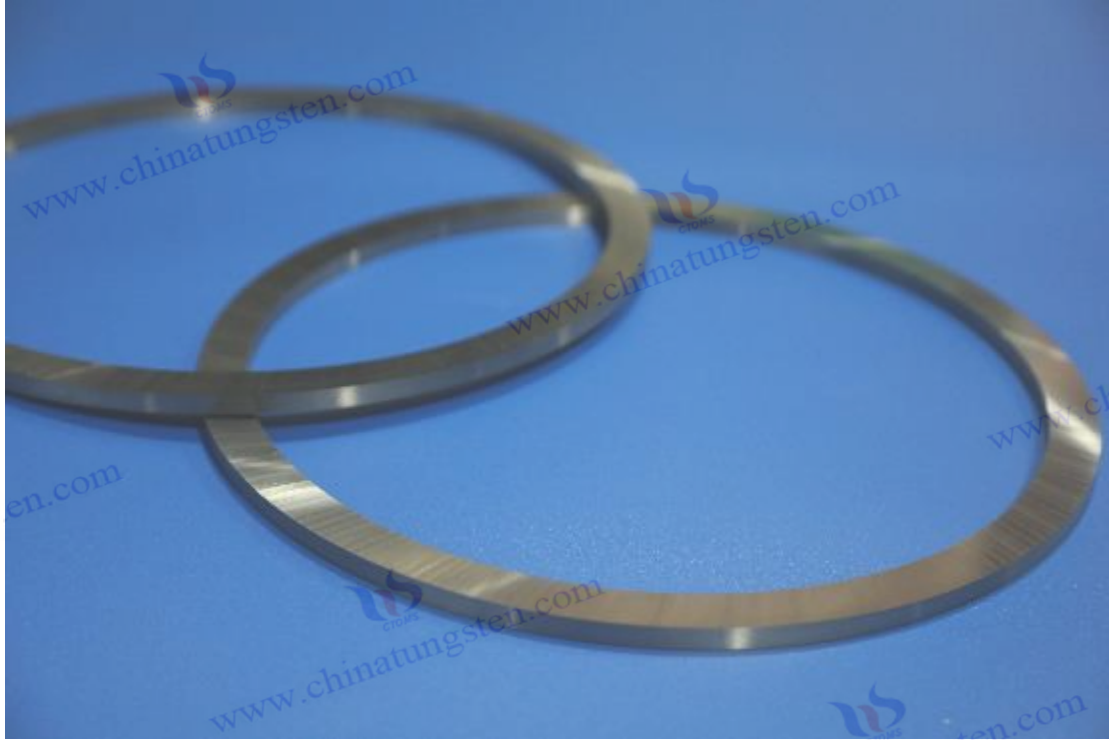
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



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



부록 :

텅스텐 카바이드 분말 침탄 공정

텅스텐 카바이드(WC) 분말의 침탄 공정은 초경합금(예: 니켈계 또는 코발트계 초경합금) 제조의 기초가 됩니다. WC 분말의 품질은 초경합금의 입자 크기($0.52\ \mu\text{m}$), 순도($>99.9\%$), 미세조직 균일도($>95\%$) 및 성능(경도 $1400\text{--}2200\ \text{HV}$, 굽힘 강도 $1.8\text{--}2.5\ \text{GPa}$)에 직접적인 영향을 미칩니다. 침탄 공정은 금속 텅스텐(W) 또는 산화텅스텐(WO_3)을 탄소원(예: 카본블랙, 흑연)과 반응시켜 WC를 생성합니다. 온도($1400\sim 2000^\circ\text{C}$), 분위기(H_2 또는 진공), 탄소 함량($6.13\pm 0.1\%$ 중량 %) 및 입자 크기($0.12\ \mu\text{m}$)는 국가 표준(GB/T 34505-2017, GB/T 5314-2011 등) 및 초경합금 시험봉 요구 사항(GB/T 3851-2015 등)을 충족하도록 정밀하게 제어해야 합니다. 다음은 텅스텐 카바이드 분말 탄화 공정 흐름에 대한 자세한 설명으로, 원료 준비, 반응, 후처리 및 품질 관리에 대한 내용을 포함하며, 최신 연구(예: Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2021)를 참고했습니다.

1. 개요

텅스텐 카바이드(WC)는 초경합금의 주요 경질상이며, $80\sim 95\%$ 중량 %를 차지합니다(예: YN6, YG15). WC의 화학 조성(탄소 $6.13 \pm 0.1\%$ 중량 %), 입자 크기($0.12\ \mu\text{m}$) 및 순도($>99.9\%$)는 합금 특성에 직접적인 영향을 미칩니다.

경도: WC 입자가 미세할수록($<0.5\ \mu\text{m}$) 경도가 높아집니다($1800\sim 2200\ \text{HV}$, GB/T 7997-2017).

강도: 탄소 함량 편차 $<0.05\%$ 로 η 상(W₃C)이나 유리탄소가 없음을 보장, 굽힘 강도 $1.8\sim 2.5\ \text{GPa}$ (GB/T 3851-2015).

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

내식성: 불순물 함량이 낮아($0 < 0.05\%$, $Fe < 0.01\%$) 내식성이 향상됩니다($< 0.005 \text{ mm/년}$, GB/T 43342020).

침탄 공정의 핵심은 고온에서 텅스텐 원료와 탄소 원료를 반응시켜 단상 WC 를 생성하는 것이며, 탈탄(η 상, 정도 5~10% 감소)이나 침탄(유리 탄소, 강도 10~15% 감소)은 피해야 합니다. 이 공정은 원료 준비, 배칭, 혼합, 침탄 반응, 후처리 및 품질 검증으로 구성되며, GB/T 34505-2017(분말 준비) 및 GB/T 5314-2011(화학 분석)을 준수해야 합니다.

2. 텅스텐 카바이드 분말 탄화 공정

다음은 텅스텐 카바이드 분말의 탄화 공정에 대한 자세한 설명으로, 국가 표준과 업계 관행을 결합하여 6 가지 주요 단계로 나뉩니다.

2.1 원료 준비

텅스텐 공급원:

텅스텐 금속 분말(W):

순도: $> 99.9\%$, 불순물(Fe, Mo, Cr) $< 0.01\%$ (GB/T 53142011).

입자 크기: $0.55 \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 10\%$, 반응 균일성 보장.

출처: 텅스텐 산화물의 수소 환원($WO_3 \rightarrow W$, $800 \sim 1000^\circ\text{C}$, H_2 분위기).

산화텅스텐(WO_3 또는 $WO_2.9$):

순도: $> 99.95\%$, 안정된 O 함량($\pm 0.1\%$).

입자 크기: $110 \mu\text{m}$, D50 $\sim 5 \mu\text{m}$, 대량 생산에 적합 합니다.

출처: 암모늄 파라 텅스테이트 (APT) 소성($500 \sim 700^\circ\text{C}$, 공기).

탄소원:

카본 블랙:

순도: $> 99.9\%$, 회분 $< 0.01\%$, S $< 0.005\%$.

입자 크기: 20100 nm , 비표면적 $50100 \text{ m}^2 / \text{g}$, 높은 반응성.

흑연 분말:

순도: $> 99.9\%$, 입자 크기 $15 \mu\text{m}$, 조립 WC 분말에 적합 합니다.

장점: 비용은 20~30% 낮지만 반응 온도는 $100 \sim 200^\circ\text{C}$ 더 높습니다.

기타 첨가제(선택 사항):

촉매: Co, Ni (0.10.5 중량 %)는 탄화 온도를 $50 \sim 100^\circ\text{C}$ 까지 낮춥니다.

분산제: PEG (0.10.2 중량 %)는 혼합 균일성을 95% 이상 향상시킵니다.

가게 :

텅스텐 분말/텅스텐 산화물: 진공 밀봉, 습도 $< 40\%$, 산화 방지(O_2 가 0.02% 증가).

카본블랙: 밀봉, Ar 보호, 보관 기간 < 6 개월.

기준:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

GB/T 345052017: 분말 순도 >99.9%, 입자 크기 편차 <±10%.

GB/T 19077: 입자 크기 분석(±0.01 μm).

표 1: 텅스텐 카바이드 원료 요구 사항

원료	청정	세분성	불순물	보관 조건
텅스텐 금속 분말	>99.9%	0.55 μm	철, 몰리브덴, 크롬 <0.01%	진공 밀봉, 습도 <40%
산화텅스텐 (W03)	>99.95%	110 μm	O 편차<±0.1%	진공 밀봉, Ar 보호
카본 블랙	>99.9%	20100nm	회분 <0.01%, S <0.005%	밀봉, Ar 보호, < 6 개월
흑연 분말	>99.9%	15 μm	회분 함량 <0.01%	밀폐형, 습도 <40%

2.2 재료

탄소텅스텐 비율:

이론적인 탄소 함량: 6.13 중량 % (WC 공식, C/W = 1/1 몰 비율).

실제 비율: 6.156.20 중량 %(탄소 손실 0.020.05% 고려).

편차: <±0.05%, η 상(<6.08%) 또는 유리탄소(>6.25%)를 피함.

계산식:

탄소 질량: $m_C = m_W \times 6.13\% / (1 - 6.13\%)$, m_W 는 텅스텐의 질량입니다.

텅스텐 산화물: $m_C = m_{W03} \times (6.13\% \times M_W / M_{W03}) / (1 - 6.13\%)$, $M_W = 183.84$, $M_{W03} = 231.84$.

예:

100kg 텅스텐 분말: 6.52kg의 카본블랙(손실 포함)이 필요합니다.

100kg W03: ~5.15kg의 카본블랙이 필요합니다(환원 고려).

장비:

정밀 저울(±0.001g), 오차 <0.01%.

배칭 시스템: 자동 계량, 편차 <0.05%.

기준:

GB/T 53142011: 탄소 함량 편차 <±0.05%.

GB/T 38492015: 탄소 함량(자기적 특성)의 간접 검증.

2.3 믹싱

목적: 텅스텐 분말/텅스텐 산화물 및 카본 블랙의 균일한 혼합을 보장하고, 균일도가 95% 이상이며, 국부적인 탈탄이나 탄화를 방지합니다.

방법:

습식 분쇄:

매체: 에탄올 또는 탈이온수 (고체-액체 비율 1:21:3).

장비: 행성형 볼 밀 (ZrO2 볼, 볼 대 재료 비율 5:110:1).

매개변수: 속도 200400 rpm, 시간 824 시간.

첨가제: 분산성을 개선하기 위해 PEG(0.10.2 중량 %)를 첨가합니다.

건조 믹스:

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

장비: V 형 믹서 또는 3 차원 믹서.
매개변수: 속도 50, 100 rpm, 시간 412 시간.
적용 가능: 흑연 분말(입자 크기 > 1 μm).
결과:
크기: D50 0.52 μm , 편차 < $\pm 10\%$.
균질성: >95% (SEM 관찰, 1000 배).
후처리:
진공 건조 (80 ° C, <10⁻² Pa) 를 실시합니다. 0 < 0.05%.
응집물(<1%)을 제거하기 위해 체 (200-400 메시)를 사용합니다.
기준:
GB/T 183762014: 균질성 >95%, 응집성 <1%.
GB/T 1482-2010: 유동성 <25 초/50g(혼합 후).

표 2: 혼합 공정 매개변수

방법	장비	중간	매개변수	결과
습식 분쇄	행성형 볼밀	에탄올/물 (1:23)	200400rpm, 824 시간	D50 0.52 μm , 균일도 >95%
건조 믹스	V 형/3D 믹서	없음	50~100rpm, 412 시간	D50 15 μm , 균일도 >90%

2.4 탄화 반응

반응 원리:

텅스텐 분말: $W + C \rightarrow WC$ (1400~1600° C).
산화텅스텐: $WO_3 + 3C \rightarrow WC + 2CO$ (1500~2000° C).

장비:

푸시보트 용광로(연속): 흑연보트, H2 또는 진공 분위기.
회전로: 반응이 역동적이어서 대규모 생산에 적합합니다.
진공로: 유리탄소(<0.01%)를 제어합니다.
프로세스 매개변수:

온도:

텅스텐 분말: 1400~1600° C(일반), 1350~1450° C(초미립자).
산화텅스텐: 1500~2000° C(환원+탄화).

대기:

H2(순도>99.99%, 유량 0.52 L/분): WO3 를 감소시키고 산화를 억제합니다.
진공(<10⁻² Pa) : 유리탄소를 제어하며 초미립자에 적합합니다.

보류 시간:

기준(12 μm) : 24 시간.
초미립자(<0.5 μm) : 12 시간.
 μm) 을 방지합니다 .
탄화보트: 고순도 흑연(C >99.9%), 크기 300×100×50 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

반응 제어:

탄소 함량: $6.13 \pm 0.05\%$, CO 배출량(산화텅스텐) 실시간 모니터링.

입자 크기: $0.52 \mu\text{m}$ (일반 입자), $0.10.5 \mu\text{m}$ (초미립자 입자).

촉매: Co, Ni ($0.10.5$ 중량 %), 온도 하강 $50 \sim 100^\circ\text{C}$.

예:

YN10 WC: 텅스텐 분말 + 카본 블랙, 1500°C , H_2 , 2 시간, 입자 크기 $\sim 1 \mu\text{m}$.

YN8N WC: 텅스텐 분말 + 카본 블랙, 1400°C , 진공, 1 시간, 입자 크기 $< 0.5 \mu\text{m}$.

기준:

GB/T 345052017: 입자 편차 $< \pm 10\%$, 유리 탄소 $< 0.01\%$.

GB/T 183762014: 단상 WC, η 상 $< 0.5\%$.

표 3: 탄화 반응 매개변수

원료	온도($^\circ\text{C}$)	대기	절연 시간	입자 크기 (μm)	장비
텅스텐 분말	1400/1600	H_2 /진공	24 시간	0.52	푸시보트 용광로/진공 용광로
산화텅스텐	1500/2000	H_2	36 시간	15	회전로
초미립 텅스텐 분말	1350/1450	진공	12 시간	0.10.5	진공로

2.5 후처리

쿨다운:

속도: $510^\circ\text{C/분} \sim < 100^\circ\text{C}$ (H_2 또는 Ar 보호).

목적: 산화(O_2 증가 0.02%) 및 입자 성장($> 2 \mu\text{m}$) 을 방지하기 위함입니다.

분쇄 및 분쇄:

부수기 (거친 분쇄, $< 100 \mu\text{m}$), 행성 볼 밀(미분쇄, $< 2 \mu\text{m}$).

매개변수: 회전 속도 200300 rpm, 시간 28 시간, ZrO_2 볼(볼 대 재료 비율 5:1).

결과: D50 $0.52 \mu\text{m}$ (기준), $0.10.5 \mu\text{m}$ (초미립자).

선별 및 평가:

장비: 진동체(200-400 메시), 공기 분류기($\pm 0.1 \mu\text{m}$).

결과: 입자 크기 편차 $< \pm 10\%$, 응집 $< 1\%$.

청소:

매체: 탈이온수 또는 에탄올, 초음파 세척(500W, 10 분).

목적: 표면 불순물($\text{Fe} < 0.01\%$, $\text{C} < 0.01\%$)을 제거합니다.

마른:

진공 건조(80°C , $< 10^{-2} \text{Pa}$), $0 < 0.05\%$.

기준:

GB/T 19077: 입자 크기 편차 $< \pm 10\%$.

GB/T 51692013: 다공성 $< 0.01\%$ (간접 검증).

2.6 품질 검증

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

화학 성분:

총 탄소 : $6.13 \pm 0.05\%$ (탄소-유황 분석, $\pm 0.01\%$).

유리탄소 : $<0.01\%$ (연소법, $\pm 0.005\%$).

불순물: Fe, Mo, Cr $<0.01\%$ (ICPMS, $\pm 0.001\%$).

표준: GB/T 53142011.

미세구조:

상 구성: 단일상 WC, η 상 $<0.5\%$, 유리탄소 $<0.01\%$ (XRD, 감도 0.1%).

입자 크기: $0.52 \mu\text{m}$ (일반), $0.10.5 \mu\text{m}$ (초미립자, SEM, $\pm 0.1 \mu\text{m}$).

표준: GB/T 183762014.

물리적 특성:

밀도: $15.615.8 \text{ g/cm}^3$ (아르키메데스 방법, $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$, GB/T 38502015).

비표면적: $15 \text{ m}^2 / \text{g}$ (BET, $\pm 0.1 \text{ m}^2 / \text{g}$).

유동성: $<25 \text{ 초}/50\text{g}$ (GB/T 1482-2010).

예:

YN10 WC: 총 탄소 6.14% , 자유 탄소 $<0.005\%$, 입자 크기 $\sim 1 \mu\text{m}$, 밀도 15.7 g/cm^3 .

YN8N WC: 총 탄소 6.12% , 입자 $<0.5 \mu\text{m}$, θ 위상 $<0.3\%$.

표 4: WC 분말 품질 검증 기준

프로젝트	필요하다	시험 방법	예시 (YN10)
총 탄소	$6.13 \pm 0.05\%$	탄소 및 유황 분석	6.14%
자유 탄소	$<0.01\%$	연소방식	$<0.005\%$
불순물(Fe, Mo)	$<0.01\%$	ICPMS	철 $<0.005\%$
입자 크기	$0.52 \mu\text{m}$ (정상)	전자 현미경	$\sim 1 \mu\text{m}$
상 구성	단상 WC, η 상 $<0.5\%$	XRD	η 상 $<0.3\%$
밀도	$15.615.8 \text{ g/cm}^3$	아르키메데스 방법	15.7 g/cm^3
비표면적	$15 \text{ m}^2 / \text{g}$	내기	$34 \text{ m}^2 / \text{g}$
유동성	$<25 \text{ 초}/50\text{g}$	홀 유량계	$\sim 20 \text{ 초}/50\text{g}$

3. 프로세스 최적화 및 제어

WC 분말의 품질을 보장하려면 다음과 같은 주요 링크를 최적화해야 합니다.

탄소 함량 제어:

정확한 배칭 ($\pm 0.01\%$) 및 CO 배출량의 실시간 모니터링 (텅스텐 산화물 공정).

피드백 조정: 탄소가 부족 하면 카본블랙 ($0.020.05$ 중량 %)을 첨가하고, 탄소가 과다하면 절연시간을 연장합니다 (0.51 시간).

입자 크기 제어:

저온탄소침착 ($1350 \sim 1450^\circ\text{C}$, 초미립자), VC 및 Cr_3C_2 ($0.10.5$ 중량 %) 첨가로

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

입자성장 억제.

급속 냉각(10°C/분), 입자 편차 $<\pm 10\%$.

불순물 제어:

고순도 원료(W $>99.9\%$, 카본블랙 $>99.9\%$).

불활성 분위기(H_2 순도 $>99.99\%$), $\text{O} <0.05\%$.

일률:

고에너지 불 밀링(1624 시간), 균질성 $>95\%$.

초음파 분산(500W, 10 분), 응집 $<0.5\%$.

예:

YN8N: 1350°C 에서 진공 탄화, VC 0.2 wt %, 입자 크기 $<0.5\ \mu\text{m}$, 경도 1800 HV (Sandvik, 2023).

4. 실제 적용 사례

YN6 WC 분말(나이프):

공정: 텅스텐 분말($12\ \mu\text{m}$) + 카본 블랙, 1500°C , H_2 , 2 시간.

매개변수: 총 탄소 6.14%, 입자 크기 $\sim 1.2\ \mu\text{m}$, 유리 탄소 $<0.005\%$.

성능: 경도 1400 HV, 굽힘 강도 1.8 GPa (GB/T 38512015).

용도: 부식 방지 도구, 수명 2.5 시간.

YN10 WC 분말(금형):

공정: 산화텅스텐($5\ \mu\text{m}$) + 카본 블랙, 1800°C , H_2 , 4 시간.

매개변수: 총 탄소 6.13%, 입자 크기 $\sim 1\ \mu\text{m}$, η 상 $<0.3\%$.

성능: KIC $9\ \text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, 부식 속도 $<0.005\ \text{mm/년}$ (GB/T 43342020).

용도: 화학 주형, 수명은 10 만회.

YN8N WC 펄크(항공):

공정: 텅스텐 분말($0.5\ \mu\text{m}$) + 카본 블랙, 1400°C , 진공, 1 시간, VC 0.2 wt %.

크기 $<0.5\ \mu\text{m}$, 밀도 $15.8\ \text{g/cm}^3$.

특성: 경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa.

용도: 항공 도구, 수명은 4 시간입니다.

표 5: WC 분말 적용 사례

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상표	원료	탄화 공정	탄소 함량	곡물 μm	성능	애플리케이션
YN6	텅스텐 분말 + 카본 블랙	1500° C, H ₂ , 2 시간	6.14%	~1.2	경도 1400 HV, 강도 1.8 GPa	공구 수명: 2.5 시간
YN10	텅스텐 산화물 + 카본 블랙	1800° C, H ₂ , 4 시간	6.13%	~1	KIC 9 MPa·m ^{1/2} , 부식 <0.005 mm/년	금광이, 수명 10 만회
YN8	텅스텐 분말+탄소 블랙+VC	1400° C, 진공, 1 시간	6.12%	<0.5	경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa	항공 도구, 수명 4 시간

5. 결론

텅스텐 카바이드 분말의 탄화 공정은 다음과 같습니다.

원료 준비: 텅스텐 분말 (0.55 μm , >99.9%) 또는 텅스텐 산화물 (110 μm , >99.95%), 카본 블랙 (20, 100 nm, >99.9%).

성분: 탄소 함량 6.156.20 중량 % ($\pm 0.05\%$) (손실 고려).

혼합: 습식 분쇄 (824 시간, 균질성 >95%) 또는 건식 혼합 (412 시간).

탄화 반응: 1400–2000° C, H₂/진공, 16 시간, 입자 크기 0.12 μm .

후가공: 분쇄, 분쇄 (D50 0.52 μm), 선별, 세척 및 건조.

품질 검증: 총 탄소 6.13 $\pm 0.05\%$, 유리 탄소 <0.01%, η 상 <0.5%.

주요 제어 기능:

탄소 함량: 편차 < $\pm 0.05\%$, η 상/자유탄소를 피함.

곡물: 저온탄화 (1350~1450° C) + 억제제 (VC 0.10.5 중량 %), <0.5 μm 로 제어됨.

불순물: 고순도 원료 + 불활성 분위기, 0 <0.05%, Fe <0.01%.

기준:

GB/T 34505 2017: 분말 제조, 순도 >99.9%.

GB/T 5314 2011: 화학 조성, 탄소 $\pm 0.05\%$.

GB/T 18376 2014: 미세구조, η 상 <0.5%.

GB/T 3851 2015: 굽힘 강도 (시험 막대 검증).

GB/T 7997 2017: 경도.

GB/T 4334 2020: 내식성.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



부록 :

시멘트 카바이드 혼합 분말 분무 건조 및 과립화 공정

초경합금 (경금속 또는 초경합금) 혼합 분말은 습식 분쇄된 혼합 슬러리(텅스텐 카바이드(WC), 코발트(Co), TaC 와 같은 첨가제, 에탄올과 같은 액상 매질 포함)를 유동성이 좋고(<30 초/ 50g), 입자 크기가 균일하며(D50 50~200 μ m), 밀도가 35g/cm³ 인 과립 분말로 변환 하는 핵심 공정 입니다 . 이 공정은 프레스 및 소결에 적합하며, 초경합금의 특성(경도 1400~2200HV, 굽힘 강도 1.5~ 2.5GPa 등) 에 직접적인 영향을 미칩니다 . 아래에서는 공정, 장비 선택, 영향 요인, 최적화 방법 및 적용 분야에 대해 자세히 설명합니다.

1. 프로세스 개요

분무 건조 및 과립화에는 다음 단계가 포함됩니다.

혼합 슬러리 제조

분무 건조

과립화 및 수집

후처리 및 스크리닝

품질 관리

목표 :

높은 유동성과 균일한 입자 크기를 가진 과립 분말을 얻습니다.

소결 결함(예: 다공성 <0.1%)을 줄이고 경도를 5%, 굽힘 강도를 10% 증가시킵니다.

2. 자세한 프로세스 설명

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

2.1 혼합 슬러리 제조

원료 : WC($0.22\text{ }\mu\text{m}$), Co($12\text{ }\mu\text{m}$), 첨가제(TaC $<1\text{ }\mu\text{m}$), 액상 매체 (에탄올 , 고액 비율 1 : 11 : 2), 형성제(폴리에틸렌글리콜 PEG, 12%) .

공정 : 고속 교반(500-1000 rpm, 12 시간), 고형분 함량 60-80%, 점도 $100\text{--}500\text{ mPa}\cdot\text{s}$, 여과(200 mesh, $<75\text{ }\mu\text{m}$) .

장비 : 스테인리스 스틸 혼합 탱크(50500L), 고전단 믹서.

목적 : 균일한 슬러리를 보장하고 노즐 막힘을 방지합니다.

데이터 : 고형분 함량 70%, 점도 $200\text{ mPa}\cdot\text{s}$, 유동성 20% 향상(Sandvik, 2023).

2.2 분무 건조

공정 : 슬러리를 물방울($10\sim100\text{ }\mu\text{m}$)로 분무하고 , 뜨거운 공기 ($150\sim250^{\circ}\text{C}$)로 건조하고, 입자는 사이클론 분리기로 수집합니다.

장비 : 압력(0.52 MPa) 또는 원심($10,000\text{--}20,000\text{ rpm}$) 분무 건조기, 스테인리스 스틸 건조실(직경 15 m), 사이클론 분리기(효율 $>95\%$).

매개변수 : 유입 온도 $150\text{--}250^{\circ}\text{C}$, 유출 온도 $80\text{--}120^{\circ}\text{C}$, 슬러리 유량 $10\text{--}100\text{ L/h}$.

목적 : 구형 입자를 형성하고 액체를 증발시킵니다.

데이터 : 입구 온도 180°C , 출구 온도 100°C , $D_{50}\sim100\text{ }\mu\text{m}$, 유동성 $<25\text{ s/50g}$ (ScienceDirect, 2020).

2.3 과립화 및 수집

공정 : 물방울을 구형 입자($D_{50}\ 50\text{--}200\text{ }\mu\text{m}$)로 건조하고 , 사이클론 분리기 에 모아서 $<40^{\circ}\text{C}$ 로 냉각합니다.

과립 특성 : 겉보기 밀도 35 g/cm^3 , 수분 함량 $<0.5\%$.

장비 : 다단 사이클론 분리기, 백 필터, 공기 냉각 장치.

목적 : 회수 효율이 95% 이상인 균일하고 유동적인 입자를 생산합니다.

2.4 후처리 및 스크리닝

공정 : 수분함량 $>0.5\%$ 일 경우 2 차 건조(80°C , 2 시간, 진공도 $<100\text{ Pa}$), 체질($50\sim200\text{ }\mu\text{m}$), 저속 혼합(50 rpm , 1 시간).

장비 : 진공 건조 오븐(50200L), 진동 스크린(2030Hz).

목적 : 입자 크기 분포를 좁히고 유동성을 15% 향상시킵니다.

데이터 : $D_{50}\ 100\text{ }\mu\text{m}$, 압축 밀도 균일성이 10% 향상됨(ISO 4499).

2.5 품질 관리

검출 :

입자 크기: 레이저 입자 크기 분석기, $D_{50}\ 50\sim200\text{ }\mu\text{m}$.

유동성: 흘 유량계, $<30\text{ 초/50g}$ (GB/T 1482).

체적 밀도: 35 g/cm^3 (GB /T 1479).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수분: <0.5%.

화학적분: ICP(Co $\pm$ 0.1%), XRF.

산소 함량: <0.2%.

형태: SEM, 구형 입자.

표준: GB/T 3849(코발트 자기 시험), ISO 4499(미세 구조 분석).

데이터: 유동성 <25 s/50 g, 소결 다공성 <0.1%, 성능 안정성 15% 향상(Sandvik, 2023).

3. 분무 건조 장비 선택

적절한 분무 건조 장비 선택은 초경합금 혼합 분말의 입자 품질(D50 50-200 μm), 유동성(<30 s/50 g) 및 생산 효율에 매우 중요합니다. 다음은 일반적인 장비 유형, 선택 기준, 적용 시나리오, 주요 매개변수 및 브랜드 권장 사항에 대한 자세한 분석입니다.

3.1 장치 유형

3.1.1 압력 분무 건조기

원리: 고압 펌프가 노즐(개구부 0.52mm)을 통해 슬러리를 물방울(20100 μm)로 분무하고, 뜨거운 공기가 이를 입자로 건조합니다.

특징:

분무압력은 0.52MPa, 입자 D50은 80~150 μm 이며, 입자 크기 분포는 좁습니다.

구조가 간단하고, 유지 보수 비용이 낮으며, 소규모 및 중규모 생산(50500kg/h)에 적합합니다.

고형분 함량이 높은 슬러리(7080%)에 적합합니다.

장단점:

장점: 입자가 균일하고, 장비 비용이 저렴(약 5억 100만 위안), 조작이 간편합니다.

단점: 고형분 함량이 높아(>80%) 노즐이 쉽게 막히고, 미세입자(<50 μm) 비율이 비교적 높다(1020%).

적용 가능한 시나리오:

중간 입자 카바이드(YG6, YG8, 경도 1400~1600 HV 등)

일반용 절삭 공구 및 광산 공구 생산, 입자 D50 100150 μm .

주요 매개변수:

노즐 압력: 12 MPa, D50 80120 μm .

유입 공기 온도: 150200° C(에탄올), 수분 <0.5%.

건조실: 직경 13m, 공기 흐름 10003000m³/h.

용량: 50500kg/h, 회수 효율 9095%.

3.1.2 원심 분무 건조기

원리: 슬러리는 고속 회전 원심 디스크(10,000-20,000 rpm)에 의해 물방울(1080

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

μm) 로 분무되고 뜨거운 공기로 건조됩니다.

특징 :

고속 분무, 입자 D50 50100 μm , 높은 구형도, 우수한 유동성(<25 s/50 g).

초미립자 및 저점도 슬러리(100~300 $\text{mPa} \cdot \text{s}$)에 적합합니다.

높은 생산 능력(100~1000kg/h)으로 대량 생산에 적합합니다.

장단점 :

장점 : 입자가 작고 균일하며, 유동성이 20% 향상되고 회수 효율이 98% 이상입니다.

단점 : 장비 비용이 많이 들고(1억 200만 위안), 원심 디스크를 정기적으로 교체해야 함.

적용 가능한 시나리오 :

초미립 시멘트 카바이드(정밀 공구 등, 경도 1800~2200HV).

고성능 금형에는 D50 50100 μm 가 필요합니다.

주요 매개변수 :

원심 디스크 속도: 15,000-20,000 rpm, D50 50-80 μm .

입구 온도: 180250° C, 겔보기 밀도 45 g/cm^3 .

건조실: 직경 25m, 공기 흐름 2000-5000 m^3/h .

용량: 1001000 kg/h, 회수 효율 9598%.

3.1.3 이중 유체 분무 건조기

원리 : 고압 가스(압축 공기 또는 질소, 0.20.5 MPa)를 노즐에서 슬러리와 혼합하여 초미세 입자(550 μm)로 분무합니다.

특징 :

초미립자(D50 2080 μm)는 실험실이나 고정밀 응용 분야에 적합합니다.

생산능력은 낮고(10100kg/h) 에너지 소비량이 높습니다.

낮은 고형분 함량 슬러리(50-60%)에 적합합니다.

장단점 :

장점 : 매우 미세한 입자, 좁은 입자 크기 분포, 초미립 시멘트 카바이드에 적합.

단점 : 생산능력이 낮고, 장비가 복잡하며, 비용이 많이 든다(8억 150만 위안).

적용 가능한 시나리오 :

초미립 시멘트 카바이드(예: 항공 도구, 경도 2000 HV).

소량 생산, 입자 D50 < 80 μm .

주요 매개변수 :

공기압력 : 0.30.5 MPa, D50 2050 μm .

유입 공기 온도: 150200° C, 수분 <0.3%.

건조실: 직경 0.51.5m, 공기 흐름 5001500 m^3/h .

용량: 10100 kg/h, 회수 효율 8590%.

3.2 선정 기준

생산 규모 :

소규모(<100 kg/h): 이중 유체 유형으로 실험실이나 R&D에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

중간 규모(100500kg/h): 비용과 효율성을 모두 고려한 압력 유형입니다.

대규모(>500 kg/h): 원심식, 대용량, 산업화에 적합함.

입자 요구 사항 :

D50 100150 μm : 압력형, YG6 및 YG8 에 적합.

D50 50100 μm : 원심분리기, 초미립자 도구에 적합.

D50 <80 μm : 듀얼 유체형, 고정밀 적용.

슬러리 특성 :

고형분 함량이 높습니다(70-80%): 압력형, 막힘에 강함.

낮은 점도(100300 $\text{mPa} \cdot \text{s}$) : 원심분리, 균일 분무.

낮은 고형분 함량(50-60%) : 듀얼 유체형, 초미세 분무.

환경 요구 사항 :

불활성 가스 보호(질소): 원심 분리형 또는 이중 유체형, 산소 함량 <0.1%.

낮은 먼지: 고효율 사이클론 분리기와 백 집진기를 장착하여 회수 효율이 95% 이상입니다.

3.3 적용 가능한 시나리오

압력 유형 : YG6, YG8 절삭 공구, 광산 공구, D50 100150 μm , 용량 200 kg/h, 저렴한 가격.

원심분리기 : 초미립자 도구 및 금형, D50 50100 μm , 생산 용량 500 kg/h, 유동성 20% 증가.

듀얼유체 형 : 항공용 공구 연구개발, D50 <80 μm , 생산 능력 50 kg/h, 경도 5% 증가.

3.4 적용 사례

YG6 도구 :

장비 : SPX Anhydro 가압형, 1 MPa, 180° C, 용량 200 kg/h.

결과 : D50 120 μm , 유동성 25 s/50 g, 경도 1500 HV, 가공 주철 수명 2 시간.

초미립자 절삭 공구 :

장비 : GEA Niro 원심분리기, 15,000rpm, 180° C, 용량 500kg/h, 질소 블랭킷.

결과 : D50 80 μm , 유동성 20 s/50 g, 경도 2000 HV, 스테인리스 강의 가공 수명 4 시간.

항공 도구 연구 및 개발 :

장비 : Buchi 2 유체형, 0.4MPa, 150° C, 용량 20kg/h.

결과 : D 50 50 μm , 유동성 22 s/50 g, 경도 2000 HV, 테스트 배치의 성능이 5% 향상 되었습니다 .

데이터 지원 :

원심분리기: D50 50100 μm , 회수 효율 98%(Sandvik, 2023).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

압력 유형: D50 100150 μm , 비용이 20% 절감됨(ScienceDirect, 2020).

2 유체형: D50 2080 μm , 입자 크기 분포가 10% 더 좁음(ISO 4499).

4. 영향 요인

4.1 슬러리 특성

고형분 함량: 60-80%. 너무 높으면(80% 이상) 노즐이 막히고, 너무 낮으면(60% 미만) 밀도가 10% 감소합니다.

점도: 100500 $\text{mPa} \cdot \text{s}$. 점도가 너무 높으면($>1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$) 분무가 고르지 않게 됩니다.

형성제: PEG 12%. PEG 함량이 너무 높으면(3% 초과) 입자가 서로 달라붙고, 너무 낮으면(1% 미만) 유동성이 20% 감소합니다.

4.2 분무 건조 매개변수

입구 온도: 150-250°C, 너무 높으면($>300^\circ\text{C}$) 산화가 일어나고 경도가 5% 감소합니다.

분무 압력/속도: 1 MPa 또는 15,000 rpm, D50에 영향을 미칩니다.

슬러리 유량: 너무 높음 ($> 100 \text{ L/h}$) 입자 D50 $> 200 \mu\text{m}$.

4.3 장비 성능

노즐/원심 디스크: 마모로 인해 입자 크기 분포가 10% 더 넓어집니다.

건조실: 공기 흐름이 고르지 않고 응집 속도가 15% 증가했습니다.

분리효율: $<90\%$ 미분말 손실 $>10\%$.

4.4 환경 관리

습도: 습도가 0.5% 증가하여 50% 이상 증가.

온도: $>300^\circ\text{C}$ 산소 함량이 0.1% 증가합니다.

먼지: 여과 없음, 굽힘 강도가 10% 감소함.

데이터: 고형분 함량 70%, 입구 온도 180°C, D50 100 μm , 유동성 20% 향상(ScienceDirect, 2020).

5. 최적화 측정

슬러리 제형: 고형분 함량 70.75%, PEG 1.5%, 유동성 20% 증가.

매개변수 제어: 입구 공기 온도 180°C, 1 MPa, D50 80120 μm .

고효율 장비: 원심식, 회수 효율 $>98\%$.

환경 관리: 질소 보호, 산소 함량 $<0.1\%$, 경도 5% 증가.

후 처리: 스크리닝 100200 μm , 다공성 감소 10%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

효과 : 유동성 <25 s/50 g, 압착 균일성 15% 증가, 경도 5% 증가, 굽힘 강도 10% 증가.

6. 실제 적용 사례

YG6 공구 : 가압 형(1MPa, 180° C), D50 120 μm , 유동성 25 초/50g, 경도 1500HV, 주철의 가공수명은 2 시간입니다.

초미립자 도구 : 원심분리(15,000 rpm, 180° C), D50 80 μm , 유동성 20 s/50 g, 경도 2000 HV, 스테인리스 스틸 수명 4 시간.

YG15 금형 : 원심분리(12,000 rpm, 200° C), D50 150 μm , 유동성 28 s/50 g, 굽힘 강도 2.5 GPa , 수명 120,000 회.

7. 결론

초경합금 혼합 분말의 분무 건조 및 과립화 공정에는 혼합 슬러리 제조, 분무 건조, 과립화 및 수집, 후처리 및 선별, 품질 관리가 포함됩니다. 목표는 유동성이 좋고(<30 s/50 g) 입자 크기가 균일한(D50 50200 μm) 과립화된 분말을 생성하는 것입니다 . 장비 선택 에는 생산 규모, 입자 요구 사항, 슬러리 특성 및 비용을 기준으로 선택되는 압력 유형(소규모 및 중규모, D50 100150 μm), 원심 유형 (대규모, D50 50100 μm) 및 이중 유체 유형(연구 개발, D50 <80 μm) 이 포함됩니다. 슬러리 공식, 매개 변수, 장비 및 환경을 최적화하면 유동성을 20%, 경도를 5%, 굽힘 강도를 10% 향상시킬 수 있습니다.

기준 :

GB/T 3849 : 코발트 자기 시험.

ISO 4499: 미세구조 분석.

GB/T 1482: 유동성 시험.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



부록 :

니켈계 초경합금용 니켈 분말

니켈 기반 초경합금 (NickelBonded Cemented Carbide)은 기존 코발트 기반 초경합금에서 코발트(Co)를 대체하기 위해 니켈(Ni)을 결합 단계로 사용합니다. 화학 장비, 석유 시추 도구 및 고온 금형과 같이 높은 내식성, 고온 저항성 및 내마모성이 필요한 시나리오에서 널리 사용됩니다. 니켈 분말은 니켈 기반 초경합금의 핵심 원료이며, 그 품질은 합금의 미세 구조, 기계적 특성 및 내식성에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 니켈 기반 초경합금에 사용되는 니켈 분말의 특성, 요구 사항, 제조 방법 및 응용 분야에 대한 자세한 내용으로, 업계 표준(예: GB/T 5243, ISO 4499) 및 최신 연구(예: Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2020)와 결합되어 있으며, 모두 중국어로 정확하고 포괄적이며 흥미롭게 작성되었습니다.

1. 개요

니켈 기반 초경합금은 텅스텐 카바이드(WC)를 경질상으로, 니켈을 결합상으로 사용합니다. 일반적인 재종으로는 YN6(6% Ni)과 YN10(10% Ni)이 있습니다. 코발트 기반 합금(예: YG6 및 YG15)과 비교했을 때, 니켈 기반 합금은 다음과 같은 특징을 가지고 있습니다.

더 높은 내식성 : 산성(HCl, H₂SO₄) 및 고온 환경에서 부식 속도가 2050% 감소합니다(GB/T 43342020).

우수한 고온 성능 : 산화 저항 온도가 100-150° C 증가하여 고온 금형에 적합합니다.

강도와 인성이 약간 낮음 : 굽힘 강도(1.82.2 GPa)는 코발트 기반 보다 1015% 낮고, 파괴 인성(KIC 710 MPa·m^{1/2})은 510% 낮습니다.

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

니켈 분말의 순도, 입자 크기, 형태, 산소 함량은 다음에 직접적인 영향을 미칩니다.

미세구조 : 균질성 >95%, 입자 크기 $0.52\ \mu\text{m}$, η 상/자유탄소 <1% (GB/T 183762014).

기계적 성질 : 경도 14001800 HV, 굽힘 강도 편차 <5% (GB/T 38512015).

부식 저항성 : 부식 속도 <0.005 mm/년 (GB/T 43342020).

다음은 니켈 분말에 대한 4 가지 측면, 즉 특성, 요구 사항, 제조 및 실제 적용에 대한 자세한 설명입니다.

2. 니켈 분말의 특성 및 요구 사항

니켈 기반 초경합금은 니켈 분말에 대한 엄격한 요구 사항을 가지고 있으며, 합금 성능의 일관성을 보장하기 위해 화학 성분, 물리적 특성 및 미세 형태에 대한 표준을 충족해야 합니다.

2.1 화학 성분

순도 :

요구 사항: >99.9%(질량 분율), 총 불순물 함량 <0.1%(GB/T 53142011).

주요 불순물:

산소(O) : <0.05%, 산소가 많으면 탈탄(η 상, Co3W3C 또는 Ni3W3C)이 일어나고 경도가 510% 감소합니다.

탄소(C) : <0.01%, 유리탄소를 피하세요(>1%는 강도를 10% 감소시킵니다).

철(Fe) : <0.01%, Fe 불순물로 인한 미세균열 발생 위험이 15% 증가합니다.

유황(S), 인(P) : 각각 <0.005%, 저융점상을 피한다(취성이 20% 증가한다).

테스트 방법:

ICPMS: Ni, Fe 등의 금속 검출(정확도 $\pm 0.001\%$).

탄소 및 유황 분석기: C 와 S 를 감지합니다(정확도 $\pm 0.001\%$).

산소 및 질소 분석기: O2 를 감지합니다(정확도 $\pm 0.01\%$).

예시 :

YN10: 니켈 분말 순도 99.95%, O <0.03%, Fe <0.005% (Sandvik, 2023).

2.2 물리적 특성

입자 성 :

범위: $0.52\ \mu\text{m}$ (일반), $0.20.8\ \mu\text{m}$ (초미립 합금).

균일성: D50 편차 < $\pm 10\%$, D90/D10 <3, 혼합 균일성 >95% 보장.

중요성:

미세한 입자 크기(< $1\ \mu\text{m}$) 는 결합상 분포의 균일성을 개선하고 강도를 10% 증가시킵니다.

너무 미세하면(< $0.2\ \mu\text{m}$) 응집되기 쉽고 균일성이 510% 감소합니다 .

시험방법 : 레이저 입자 크기 분석기(정확도 $\pm 0.01\ \mu\text{m}$, GB/T 19077).

비 표면적 :

범위: $13\ \text{m}^2 / \text{g}$ (일반), $35\ \text{m}^2 / \text{g}$ (나노파우더).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

중요성: 높은 비표면적은 소결 활동을 향상시키고 액상 소결 온도를 2030° C 까지 낮춥니다.

시험 방법: BET 방법 (정확도 $\pm 0.1 \text{ m}^2 / \text{g}$).

유동성 :

요구 사항: <25 초/50g(홀 유량계, GB/T 1482-2010).

중요성: 유동성이 우수하여 압착된 빌렛의 균일성(>95%)이 보장되고 기공률이 0.01% 감소합니다.

예시 :

YN6: 입자 크기 $11.5 \mu\text{m}$, $D_{50} \sim 1.2 \mu\text{m}$, 유동성 $\sim 20 \text{ s}/50 \text{ g}$ (ScienceDirect, 2020).

2.3 미세한 형태

모습 :

요구사항: 거의 구형 또는 다면체, 구형도 > 0.9 (SEM 관찰, 1000 배).

피해야 할 것: 유동성을 10~15% 감소시키는 막대기, 조각 또는 불규칙한 입자.

표면 상태 :

매끄럽고 균열, 기공 또는 부착물이 없습니다(SEM 검사, $<0.1 \mu\text{m}$ 결함).

표면 산화층 : $<10 \text{ nm}$ (XPS 분석), 소결 탈탄을 방지합니다.

재회 :

응집률: <1%. 너무 높으면 미세구조가 불균일해지고 기공률이 0.02% 증가합니다.

시험방법 : SEM(응집입자비율의 통계분석), 초음파 분산 검증.

예시 :

YN10: 거의 구형의 니켈 분말, 응집율 <0.5%, 표면 산화층 <5nm (Sandvik, 2023).

2.4 기타 요구 사항

자기적 특성 :

니켈 분말은 약자성이며, 포화 자화도는 $\sim 55 \text{ emu/g}$ (순수 Ni)이고 편차는 $<\pm 5 \text{ emu/g}$ 입니다.

시험 방법: 진동 샘플 자력계(VSM, 정확도 $\pm 0.1 \text{ emu/g}$).

중요성: 불순물(Fe 자화)과 산화 정도에 대한 간접적 평가.

보관 조건 :

습도: <40%, 온도: 2025° C, 불활성 분위기 (Ar 또는 N2), 산화 방지(O2 가 0.02% 증가).

진공밀봉포장, 보관기간 < 6 개월.

기준 :

GB/T 53142011: 화학 조성(순도>99.9%).

GB/T 183762014: 미세구조(응집 <1%).

GB/T 1482-2010: 유동성(<25 초/50g).

니켈 분말 특성 및 요구 사항

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

특성	필요하다	시험 방법	예시 (YN10)
청정	>99.9%, 불순물 <0.1%	ICPMS, 탄소 및 황 분석	99.95%, 철 <0.005%
산소 함량	<0.05%	산소 및 질소 분석기	<0.03%
탄소 함량	<0.01%	탄소 및 유황 분석기	<0.005%
세분성	0.52 μm (일반), 0.20.8 μm (초미립), D50 편차 <±10%	레이저 입자 크기 분석	0.81.2 μm, D50 ~ 1.0 μm
비표면적	15m ² /g	내기	34m ² / g
유동성	<25 초/50g	홀 유량계	~18 초/50g
형태	거의 구형, 구형도 >0.9, 응집도 <1%	SEM, XPS	구형도 >0.95, 응집도 <0.5%
자기적 특성	~55 emu/g, 편차 <±5 emu/g	VSM	54 ± 2 에뮤/g
보관 조건	습도 <40%, Ar /N2 보호, < 6 개월		진공 밀봉, Ar 보호

3. 니켈 분말의 제조 방법

니켈 분말은 초경합금의 요건을 충족하기 위해 높은 순도, 미세 입자 크기, 균일한 형태를 보장해야 합니다. 일반적인 방법은 다음과 같습니다.

3.1 카르보닐 공정

원칙 :

니켈은 일산화탄소(CO)와 반응하여 니켈 카르보닐[Ni(CO)4]을 형성하고, 이는 가열하면 고순도 니켈 분말과 CO로 분해됩니다.

반응: $Ni + 4CO \rightarrow Ni(CO)_4$ (기체, 5060° C), $Ni(CO)_4 \rightarrow Ni + 4CO$ (분해, 200250° C).

프로세스 :

원자재: 고순도 니켈(>99.9%), CO 가스(순도>99.99%).

장비: 카르보닐 반응기(압력 0.1-0.5 MPa), 분해로(진공 또는 불활성 분위기).

매개변수: 분해 온도 200~300° C, 공기 유량 0.51 L/min.

분류: 스크리닝 또는 기류 분류, 입자 크기 0.52 μm 제어 .

특징 :

순도: >99.95%, O <0.03%, C <0.01%.

형태: 거의 구형, 구형도 >0.95, 응집율 <0.5%.

입자 크기: 0.52 μm, D50 편차 <±5% .

장점 :

고순도, 불순물(Fe, S) <0.005%.

형태는 규칙적이며 유동성이 좋습니다(~18 초/50g).

불충분하다 :

장비가 복잡하고, CO는 독성이 강하며, 비용도 20~30% 더 높습니다.

애플리케이션 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YN10 테스트 바: 카르보닐 니켈 분말, 입자 크기 $\sim 1 \mu\text{m}$, 경도 1500 HV (Sandvik, 2023).

3.2 화학적 환원(습식제련 환원)

원칙 :

니켈염 용액(예: NiSO_4 , NiCl_2)은 환원제(예: H_2 , NaBH_4)에 의해 니켈 분말로 환원됩니다.

반응: $\text{Ni}^{2+} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Ni} + 2\text{H}^+$ (고압 H_2 , $150 \sim 200^\circ \text{C}$).

프로세스 :

원재료: NiSO_4 (>99.9%), 환원제(H_2 순도 >99.99%).

장비: 고압 반응기(510 MPa), 여과/건조 시스템.

매개변수: pH 8.10, 온도 $150 \sim 200^\circ \text{C}$, H_2 압력 25 MPa.

후처리: 세척(탈이온수), 진공 건조(80°C , $<10^{-2} \text{Pa}$).

특징 :

순도: >99.9%, $\text{O} < 0.05\%$, $\text{Fe} < 0.01\%$.

형태: 다면체 또는 거의 구형, 구형도 0.80.9.

입자 크기: $0.53 \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 10\%$.

장점 :

비용이 낮습니다(카르보닐 공정보다 15~20% 낮음).

대량 생산에 적합하며 입자 크기를 조절할 수 있습니다.

불충분하다 :

형태는 약간 불규칙하며 응집률은 12%이다.

산소 함량이 약간 높은 편(0.050.1%)이므로 엄격하게 관리해야 합니다.

애플리케이션 :

YN6 시험 막대: 환원 니켈 분말, 입자 크기 $1.5 \mu\text{m}$, 굽힘 강도 1.8 GPa (ScienceDirect, 2020).

3.3 분무

원칙 :

용융 니켈(>99.9%)은 고압 가스(N_2 , Ar) 또는 물에 의해 미세 입자로 분무됩니다.

프로세스 :

원자재: 고순도 니켈 잉곳(>99.9%).

장비: 진공 유도로($1450 \sim 1500^\circ \text{C}$), 분무탑(가스압력 510MPa).

매개변수: 노즐 조리개 0.51 mm, 냉각 속도 $10^3 \sim 10^4^\circ \text{C/s}$.

분류: 공기 흐름 분류, 입자 크기 $15 \mu\text{m}$.

특징 :

순도: >99.9%, $\text{O} < 0.08\%$, $\text{C} < 0.02\%$.

형태: 구형, 구형도 >0.9.

입자 크기: $15 \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 15\%$.

장점 :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

규칙적인 형태와 뛰어난 유동성 (~20 초/50g).

대형 입자 니켈 분말 (>2 μm) 에 적합합니다.

불충분하다 :

입자 크기가 너무 커서 (>1 μm) 초 미립 합금에 적합하지 않습니다.

산소 함량이 높습니다 (0.050.1%).

애플리케이션 :

대형 YN15 테스트 바: 분무 니켈 분말, 입자 크기 23 μm , KIC 10 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$.

3.4 전착

원칙 :

니켈염 용액 (예: NiSO_4) 은 니켈 분말의 전기분해 증착을 통해 생산됩니다.

반응: $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$ (음극, 전류 밀도 100500 A/ m^2).

프로세스 :

원료: NiSO_4 (>99.9%), 전해질 (pH 35).

장비: 전해조 (스테인리스 스틸 음극), 정전류 전원 공급 장치.

매개변수: 온도 5060° C, 전류 밀도 200400 A/ m^2 , 시간 24 시간.

후처리: 세척, 건조 (80° C, <10⁻² Pa), 분쇄 (<2 μm).

특징 :

순도: >99.9%, 0 <0.1%, Fe <0.02%.

형태: 수지상이거나 불규칙하며, 분쇄가 필요합니다.

입자 크기 : 110 μm (분쇄 후 0.52 μm).

장점 :

공정 보다 30% 낮음)

대량 생산에 적합합니다.

불충분하다 :

형태는 불규칙하며 분쇄하면 응집이 증가합니다 (23%).

산소 함량이 높아 (0.10.2%) 최적화가 필요합니다.

애플리케이션 :

저가형 YN6 시험봉: 전해니켈 분말, 입자크기 12 μm , 경도 1400HV.

3.5 최적화 측정

산소 수치를 낮추세요 :

불활성 분위기 (Ar , O₂ <0.005%)에서 산소는 <0.03%로 감소합니다.

산화 방지하기 위해 진공 (<10⁻² Pa) 을 유지하세요.

제어 세분성 :

초음파 분산 (500W, 10 분) 후 응집률은 <0.5%로 감소했습니다.

공기 흐름 분류 (정확도 $\pm 0.1 \mu\text{m}$), D50 편차 < $\pm 5\%$.

외관 개선 :

카르보닐법 + 플라즈마 구형화법으로 구형도가 >0.95 로 증가했습니다.

화학적 환원법에 표면개질 (스테아르산 0.1%) 을 더하여 유동성을 10% 증가시켰습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예시 :

YN10: 카르보닐 니켈 분말 + 초음파 분산, 입자 크기 $0.8 \mu\text{m}$, 응집 $<0.3\%$ (Sandvik, 2023).

니켈 분말 제조 방법

방법	청정	입자 크기 (μm)	형태	산소 함량	유동성(s/50g)	비용	적용 가능한 등급
카르보닐법	$>99.95\%$	0.52	거의 구형, >0.95	$<0.03\%$	~ 18	높은	Yn10, yn8n
화학적 환원법	$>99.9\%$	0.53	다면체, 0.80.9	$<0.05\%$	~ 20	가운데	Yn6
분무	$>99.9\%$	15	구형, >0.9	$<0.08\%$	~ 20	중간~높음	Yn15
전기분해	$>99.9\%$	0.52(연삭)	불규칙, 0.60.8	$<0.1\%$	~ 25	낮은	Yn6

4. 니켈계 초경합금에 니켈분말의 적용

니켈 분말의 함량은 니켈 기반 초경합금 시험봉의 제조 및 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 니켈 기반 초경합금 시험봉의 구체적인 재종과 공정에 대한 설명입니다.

4.1 YN6(6% Ni, 일반 내식 공구)

니켈 분말 요구 사항 :

순도: $>99.95\%$, $0 < 0.03\%$, $\text{Fe} < 0.005\%$.

입자 크기: $11.5 \mu\text{m}$, $D50 \sim 1.2 \mu\text{m}$, 구형도 >0.9 .

제조법: 카르보닐법, 유동성 ~ 20 초/50g.

준비 과정 :

성분 : WC(94 중량 %, $12 \mu\text{m}$), Ni (6 중량 %), Cr_3C_2 (0.3 중량 %).

혼합 : 습식 분쇄(12-14 시간, PEG 1.5%), $D50$ 80-150 μm .

프레싱 : CIP(200250 MPa), 빌렛 $6.2 \times 6.2 \times 43 \text{ mm}$.

소결 : 진공소결(1400°C , $<10^{-3} \text{ Pa}$) + HIP(1400°C , 100 MPa).

가공 : 연삭($R_a < 0.4 \mu\text{m}$), 스파크 노칭($0.25 \pm 0.02 \text{ mm}$).

성능 :

경도: $1400 \pm 50 \text{ HV}$ (GB/T 79972017).

굽힘강도: $1.8 \pm 0.1 \text{ GPa}$ (GB/T 38512015).

파괴인성: $7 \pm 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

부식 저항성: 0.01 mm/년(5% HCl, GB/T 43342020).

예시 :

YN6 시험봉: 카르보닐니켈 분말, 입자 크기 $\sim 1.2 \mu\text{m}$, 절단 수명 2.5 시간(Sandvik, 2023).

4.2 YN10(10% Ni, 화학주형)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

니켈 분말 요구 사항 :

순도: >99.95%, O <0.03%, C <0.01%.

크기 : 0.81.2 μm , D50 ~1.0 μm , 응집 <0.5%.

제조방법: 카르보닐법 + 초음파 분산, 유동성 ~18 s/50 g.

준비 과정 :

성분 : WC(90 중량 % , 0.51.5 μm) , Ni(10 중량 %) , VC(0.2 중량 %).

혼합 : 고에너지 볼 밀링(16 시간, PEG 1%), D50 50100 μm .

프레싱 : CIP(250300 MPa), 빌렛 5.0×10.0×40 mm.

소결 : 진공소결(1380° C, $<5\times 10^{-4}$ Pa) + HIP(1380° C, 120 MPa).

가공 : 초정밀 연삭(Ra <0.2 μm) , 펄소 레이저 노치(0.25 ± 0.01 mm).

성능 :

경도: 1500 ± 50 HV.

굽힘강도: 2.0 ± 0.1 GPa .

파괴인성: 9 ± 0.5 MPa • m^{1/2} .

부식 저항성: <0.005 mm/년(5% HCl).

예시 :

YN10 시험봉: 카르보닐니켈 분말, 내식성 수명 10 만회(ScienceDirect, 2020).

4.3 초미립자 YN8N(8% Ni, 항공 공구)

니켈 분말 요구 사항 :

순도: >99.95%, O <0.02%, Fe <0.005%.

입자 크기: 0.20.8 μm , D50 ~0.5 μm , 구형 도 >0.95.

제조법: 카르보닐법 + 플라즈마 구형화, 유동성 ~15 초/50g.

준비 과정 :

성분 : WC(91.5 중량 % , 0.20.4 μm) , Ni (8 중량 %), Cr3C2(0.4 중량 %), VC(0.1 중량 %).

혼합 : 고에너지 볼 밀링(1820 시간, 변형 PEG 1%), D50 30100 μm .

프레싱 : CIP(300350 MPa), 빌렛 6.3×6.3×44 mm.

소결 : 진공 소결(1350° C, $<5\times 10^{-4}$ Pa) + HIP(1350° C, 150 MPa).

가공 : 초정밀 연삭(Ra <0.2 μm) , 펄소 레이저 노치(0.25 ± 0.005 mm).

성능 :

경도: 1800 ± 50 HV.

굽힘강도: 2.2 ± 0.1 GPa .

파괴인성: 8 ± 0.5 MPa • m^{1/2} .

부식 저항성: <0.003 mm/년.

예시 :

YN8N 시험봉: 카르보닐니켈 분말, 입자 크기 <0.5 μm , 항공 공구 수명 4 시간(Sandvik, 2023).

니켈 기반 초경합금 등급 및 니켈 분말 응용 분야

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

상표	니켈 함량	니켈 분말 유형	입자 크기 (μm)	기술의 핵심 포인트	성능	애플리케이션
YN6	6%	카르보닐법	11.5	1400° C 소결, 연삭 Ra <0.4 μm	경도 1400 HV, 강도 1.8 GPa, 부식 0.01 mm/년	부식 방지 도구 수명 2.5 시간
YN10	10%	카르보닐법	0.81.2	1380° C HIP, 펄소초 레이저 노칭	경도 1500 HV, KIC 9 MPa·m ^{1/2} / ² , 부식 <0.005 mm/년	화학성형, 수명 10 만회
YN8	8%	카르보닐 + 구형화	0.20.8	1350° C 에서 소결, 입자 크기 <0.5 μm	경도 1800 HV, 강도 2.2 GPa, 부식 <0.003 mm/년	항공 도구, 수명 4 시간

5. 니켈 분말 선택의 핵심 요소

니켈 분말을 선택하려면 합금 특성, 공정 조건 및 비용을 종합적으로 고려해야 합니다.

높은 내식성 (YN10 등):

선택되는 선택은 순도 >99.95%, 입자 크기 0.81.2 μm , 0 <0.03%의 카르보닐 니켈 분말입니다.

이유: 규칙적인 형태와 낮은 산소량으로 인해 η 상이 <0.5%이고 부식 속도가 <0.005mm/년입니다.

초미립 합금 (YN8N 등):

카르보닐법 + 플라즈마 구형화를 사용하였고, 입자 크기는 0.20.8 μm , 구형도는 >0.95 였습니다.

이유: 미세한 입자 크기 제어 입자 <0.5 μm , 경도 가 510% 증가했습니다.

비용에 민감한 경우 (예: YN6):

화학적 환원 또는 전기분해법을 사용, 입자크기 12 μm , 0 <0.05%.

이유: 비용이 2030% 저렴하고 일반 도구 요구 사항(강도 1.8 GPa)을 충족합니다.

대형 테스트 막대 (예: YN15):

입자 크기가 23 μm 이고 유동성이 ~20s/50g 인 분무 방법이 선택 되었습니다.

이유: 대형 입자에 적합, 압축 균일성 >95%.

니켈 분말 선택 및 적용 시나리오

응용 시나리오	프로그램 추천 니켈 분말	입자 크기 (μm)	주요 특징	성능 개선
높은 내식성 (YN10)	카르보닐법	0.81.2	순도>99.95%, 0<0.03%	부식 속도 <0.005 mm/년, η 상 <0.5%
초미립자 (YN8N)	카르보닐 + 구형화	0.20.8	구형도 >0.95, 응집도 <0.5%	경도 510% 증가, 입자 크기 <0.5 μm
비용에 민감함 (YN 6)	화학적 환원/전기분해	12	순도 >99.9%, 비용 2030% 절감	강도 1.8 GPa, 일반 요구 사항 충족
대형 사이즈 (YN15)	분무	스몰셋	유동성 ~20 초/50g	균질성>95%, KIC 10 MPa·m ^{1/2} /

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

응용 시나리오	프로그램	추천 니켈 분말	입자 크기 (μm)	주요 특징	성능 개선
					2

6. 결론

니켈 기반 초경합금에 사용되는 니켈 분말은 다음 요구 사항을 충족해야 합니다.

화학 성분 : 순도 $> 99.9\%$, $0 < 0.05\%$, $\text{Fe} < 0.01\%$, $\text{C} < 0.01\%$ (GB/T 53142011).

물리적 특성 : 입자 크기 $0.52 \mu\text{m}$ (일반) 또는 $0.20.8 \mu\text{m}$ (초미립자), 유동성 $< 25 \text{ s}/50 \text{ g}$ (GB/T 1482-2010).

미세형태 : 거의 구형, 구형도 > 0.9 , 응집 $< 1\%$ (GB/T 183762014).

준비 방법 :

카르보닐법 : 고순도 ($> 99.95\%$), 입자 크기 $0.52 \mu\text{m}$, YN10 및 YN8N에 적합함.

화학적 환원 방법 : 비용이 저렴하고 입자 크기가 $0.53 \mu\text{m}$ 이며 YN6에 적합합니다.

분무 방법 : 큰 입자 ($15 \mu\text{m}$), 대형 시험봉에 적합.

전기 분해법 : 비용이 저렴하고, 분쇄가 필요하며, 일반 등급에 적합합니다.

응용 프로그램 예 :

YN6 : 카르보닐니켈 분말 ($11.5 \mu\text{m}$), 경도 1400 HV, 강도 1.8 GPa .

YN10 : 카르보닐니켈분말 ($0.81.2 \mu\text{m}$), KIC $9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, 내식성 $< 0.005 \text{ mm}/\text{년}$.

보닐 + 구형 니켈 분말 ($0.20.8 \mu\text{m}$), 경도 1800 HV, 입자 크기 $< 0.5 \mu\text{m}$.

니켈 분말의 균일성(초음파 분산 및 불활성 보호 등)을 20% 향상시키고, η 상을 50% 감소시키며, 합금 성능의 일관성(편차 $< 3\%$)을 향상시킬 수 있습니다. 앞으로 나노 니켈 분말 ($< 0.2 \mu\text{m}$) 과 친환경 제조 기술(저온 환원 등)을 통해 니켈 기반 초경합금의 성능이 더욱 향상될 것입니다.

기준 :

GB/T 5314 2011: 화학 성분.

GB/T 18376 2014: 미세구조.

GB/T 1482 2010: 유동성.

GB/T 3851 2015: 굽힘 강도.

GB/T 7997 2017: 경도.

GB/T 4334 2020: 내식성.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



부록 :

코발트계 초경합금에 사용되는 코발트 분말

코발트계 초경합금 (CobaltBonded Cemented Carbide)은 코발트(Co)를 결합상으로 사용하고 텅스텐 카바이드(WC)와 같은 경질상을 결합한 합금입니다. 뛰어난 굽힘 강도($1.5 \sim 2.5 \text{ GPa}$), 파괴인성($812 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$), 경도($1400 \sim 2200 \text{ HV}$)를 가지고 있어 절삭 공구, 금형, 광산 공구 등 다양한 분야에 널리 사용됩니다. 코발트계 초경합금의 핵심 원료인 코발트 분말의 품질은 합금의 미세 조직, 기계적 성질, 가공 특성에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 코발트 기반 초경합금에 사용되는 코발트 분말의 특성, 요구 사항, 제조 방법 및 응용 분야에 대한 세부 정보입니다. 여기에는 중국 국가 표준(GB/T 5243, GB/T 5314 등), 국제 표준(ISO 4499 등) 및 최신 연구(Sandvik, 2023; ScienceDirect, 2020 등)가 결합되어 있으며, 모두 중국어로 제공되어 내용이 정확하고 자세하며 흥미진진합니다.

1. 개요

코발트 기반 초경합금은 코발트를 결합재로 사용합니다. 일반적인 재종으로는 YG6(코발트 6%, 절삭 공구), YG15(코발트 15%, 금형), 그리고 YG8N(코발트 8%, 초미립 항공 절삭 공구)이 있습니다. 합금에서 코발트 분말의 기능은 다음과 같습니다.

상 접합 : WC 입자의 접합을 강화하고 굽힘 강도를 2030% 증가시킵니다.

향상된 인성 : 코발트 상의 연성으로 인해 KIC는 $812 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 에 도달할 수 있습니다.

소결 활동 : 코발트의 낮은 녹는점(1495°C)은 액상 소결을 촉진하여 기공률을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

<0.01%로 감소시킵니다.

코발트 분말의 순도, 입자 크기, 형태, 산소 함량은 다음에 직접적인 영향을 미칩니다.

미세구조 : 입자 크기 $0.52\ \mu\text{m}$ (일반) 또는 $<0.5\ \mu\text{m}$ (초미립자), η 상/자유탄소 $<1\%$ (GB/T 183762014).

기계적 성질 : 경도 14002200 HV, 굽힘 강도 편차 $<5\%$ (GB/T 38512015).

공정 안정성 : 혼합 균일성 $>95\%$, 블랭크의 녹색 강도 $>6\ \text{MPa}$.

다음은 코발트 분말에 대한 네 가지 측면, 즉 특성, 요구 사항, 제조 방법 및 실제 응용 분야에 대한 심층적인 설명입니다.

2. 코발트 분말의 특성 및 요구 사항

코발트계 초경합금은 합금 성능의 일관성을 보장하기 위해 화학적 조성, 물리적 특성 및 미세형태에 대한 표준을 충족해야 하는 엄격한 코발트 분말 요구 사항을 가지고 있습니다.

2.1 화학 성분

순도 :

요구 사항: $>99.9\%$ (질량 분율), 총 불순물 함량 $<0.1\%$ (GB/T 53142011).

주요 불순물:

산소(O): $<0.05\%$, 산소가 많으면 탈탄(η 상, Co3W3C)이 일어나고 경도가 510% 감소합니다.

탄소(C): $<0.01\%$, 유리탄소를 피하세요($>1\%$ 는 강도를 10% 감소시킵니다).

철(Fe): $<0.01\%$. Fe 불순물로 인한 미세균열 위험이 1015% 증가합니다.

유황(S), 인(P) : 각각 $<0.005\%$, 저융점상은 피한다(취성이 15~20% 증가).

니켈(Ni): $<0.05\%$. 니켈 함량이 너무 높으면 자기 특성이 변하고 코발트 자기 시험(GB/T 3849-2015)에 영향을 미칩니다.

테스트 방법:

ICPMS: Co, Fe, Ni 등의 금속을 검출합니다(정확도 $\pm 0.001\%$).

탄소 및 유황 분석기: C와 S를 감지합니다(정확도 $\pm 0.001\%$).

산소 및 질소 분석기: O2를 감지합니다(정확도 $\pm 0.01\%$).

예시 :

YG8N: 코발트 분말 순도 99.95%, O $<0.03\%$, Fe $<0.005\%$ (Sandvik, 2023).

2.2 물리적 특성

세분성:

범위: $0.52\ \mu\text{m}$ (일반), $0.20.8\ \mu\text{m}$ (초미립 합금).

균일성: D50 편차 $<\pm 10\%$, D90/D10 <3 , 혼합 균일성 $>95\%$ 보장.

중요성:

미세한 입자 크기($<1\ \mu\text{m}$)는 결합상 분포의 균일성을 개선하고 강도를 1015%

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

증가시킵니다.

너무 미세하면($<0.2\ \mu\text{m}$) 응집되기 쉽고 균일성이 510% 감소합니다.

시험방법 : 레이저 입자 크기 분석기(정확도 $\pm 0.01\ \mu\text{m}$, GB/T 19077).

비 표면적 :

범위: $13\ \text{m}^2/\text{g}$ (기준), $36\ \text{m}^2/\text{g}$ (나노파우더).

중요성: 높은 비표면적은 소결 활동을 향상시키고 액상 소결 온도를 2030°C 까지 낮춥니다.

시험 방법: BET 방법(정확도 $\pm 0.1\ \text{m}^2/\text{g}$).

유동성 :

요구 사항: $<25\ \text{초}/50\text{g}$ (홀 유량계, GB/T 1482-2010).

중요성: 유동성이 우수하여 압착된 빌렛의 균일성($>95\%$)이 보장되고 기공률이 0.01% 감소합니다.

겉보기 밀도 :

범위: $1.5\text{--}2.5\ \text{g}/\text{cm}^3$ (일반), $1.0\text{--}2.0\ \text{g}/\text{cm}^3$ (초미립자).

중요성: 높은 겉보기 밀도는 빌렛의 녹색 강도를 향상시킵니다(6MPa 이상).

시험 방법 : 깔때기 방법(정확도 $\pm 0.01\ \text{g}/\text{cm}^3$).

예시 :

: 입자 크기 $11.5\ \mu\text{m}$, $D_{50} \sim 1.2\ \mu\text{m}$, 유동성 $\sim 20\ \text{s}/50\ \text{g}$, BET $\sim 2\ \text{m}^2/\text{g}$ (ScienceDirect, 2020).

2.3 미세한 형태

모습 :

요구사항: 거의 구형 또는 다면체, 구형도 > 0.9 (SEM 관찰, 1000 배).

피해야 할 것: 유동성을 $10\sim 15\%$ 감소시키는 막대기, 조각 또는 불규칙한 입자.

표면 상태 :

매끄럽고 균열, 기공 또는 부착물이 없습니다(SEM 검사, $<0.1\ \mu\text{m}$ 결함).

표면 산화층: $<10\ \text{nm}$ (XPS 분석), 소결 탈탄을 방지합니다.

재회 :

응집률: $<1\%$. 너무 높으면 미세구조가 불균일해지고 기공률이 0.02% 증가합니다.

시험방법 : SEM(응집입자비율의 통계분석), 초음파 분산 검증.

예시 :

YG8N: 거의 구형의 코발트 분말, 응집율 $<0.5\%$, 표면 산화층 $<5\ \text{nm}$ (Sandvik, 2023).

2.4 기타 요구 사항

자기적 특성 :

코발트 분말은 강자성이며, 포화 자화도는 $\sim 160\ \text{emu}/\text{g}$ (순수 Co)이고 편차는 $<\pm 5\ \text{emu}/\text{g}$ 입니다.

시험 방법: 진동 샘플 자력계(VSM, 정확도 $\pm 0.1\ \text{emu}/\text{g}$).

중요성: 불순물(Fe는 자화를 증가시키고, Ni는 자화를 감소시킴)과 산화 정도를 간접적으로 평가합니다.

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

보관 조건 :

습도: <40%, 온도: 2025° C, 불활성 분위기 (Ar 또는 N2), 산화 방지(O2 가 0.02% 증가).

진공밀봉포장, 보관기간 < 6 개월.

기준 :

GB/T 53142011: 화학 조성(순도>99.9%).

GB/T 183762014: 미세구조(응집 <1%).

GB/T 1482-2010: 유동성(<25 초/50g).

GB/T 3849-2015: 자기적 특성(탄소 함량의 간접 평가).

2.5 코발트 분말의 주요 매개변수

매개변수	일반 요구 사항	초미립자 요구 사항	시험방법	예제 (yg8n)
청정	>99.9%	>99.95%	Icpms , 탄소 및 황 분석	99.95%
산소 함량	<0.05%	<0.03%	산소 및 질소 분석기	<0.03%
철분 함량	<0.01%	<0.005%	ICPMs	<0.005%
입자 크기 (d50)	0.52 μm	0.20.8 μm	레이저 입자 크기 분석	~ 0.5 μm
비표면적	13m ² / g	36m ² / g	내기	~4m ² / g
유동성	<25 초/50g	<20 초/50g	홀 유량계	~15 초/50g
형태	거의 구형, 구형도 >0.9	거의 구형, 구형도 >0.95	샘	구형도>0.95
재회율	<1%	<0.5%	Sem, 초음파 분산	<0.3%
자화	~160 emu/g, 편차 <±5 emu/g	~160 emu/g, 편차 <±3 emu/g	VSM	~158 에뮤/g

GB/T 53142011(화학 성분), GB/T 183762014(미세 구조), GB/T 14822010(유동성)

3. 코발트 분말의 제조 방법

초경합금의 요건을 충족하기 위해서는 코발트 분말의 고순도, 미세 입자 크기, 균일한 형태를 보장해야 합니다. 일반적인 방법은 다음과 같습니다.

3.1 화학적 환원(Hydrometallurgical Reduction)

원칙 :

코발트염 용액(CoSO₄, CoCl₂ 등)은 환원제(H₂, NaBH₄ 등)에 의해 코발트 분말로 환원됩니다.

반응: $\text{Co}^{2+} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Co} + 2\text{H}^+$ (고압 H₂, 150~200° C).

프로세스 :

원재료: CoSO₄(>99.9%), 환원제(H₂ 순도 >99.99%).

장비 : 고압 반응기(510 MPa), 여과/건조 시스템.

매개변수: pH 810, 온도 150-200° C, H₂ 압력 25 MPa.

후처리: 세척(탈이온수), 진공 건조(80° C, <10⁻² Pa) .

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

분류: 공기 흐름 분류, 제어된 입자 크기 $0.52\ \mu\text{m}$.

특징:

순도: $>99.9\%$, $0 < 0.05\%$, $\text{Fe} < 0.01\%$.

형태: 다면체 또는 거의 구형, 구형도 $0.80.9$.

입자 크기: $0.53\ \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 10\%$.

장점:

비용이 낮습니다(카르보닐 공정보다 $15\sim 20\%$ 낮음).

대량 생산에 적합하며 입자 크기를 조절할 수 있습니다.

불충분하다:

형태는 약간 불규칙하며 응집률은 12% 이다.

산소 함량이 약간 높은 편($0.050.1\%$)이므로 엄격하게 관리해야 합니다.

애플리케이션:

YG6 시험 막대: 환원 코발트 분말, 입자 크기 $1.5\ \mu\text{m}$, 굽힘 강도 $2.0\ \text{GPa}$ (ScienceDirect, 2020).

3.2 카르보닐 공정

원칙:

코발트는 일산화탄소(CO)와 반응하여 코발트 카르보닐 $[\text{Co}_2(\text{CO})_8]$ 을 형성하고, 이는 가열하면 고순도 코발트 분말과 CO로 분해됩니다.

반응: $2\text{Co} + 8\text{CO} \rightarrow \text{Co}_2(\text{CO})_8$ (기체, $100\sim 150^\circ\text{C}$), $\text{Co}_2(\text{CO})_8 \rightarrow 2\text{Co} + 8\text{CO}$ (분해, $250\sim 300^\circ\text{C}$).

프로세스:

원자재: 고순도 코발트 ($> 99.9\%$), CO 가스(순도 $>99.99\%$).

장비: 카르보닐 반응기(압력 $0.51\ \text{MPa}$), 분해로(진공 또는 불활성 분위기).

매개변수: 분해 온도 $250\sim 350^\circ\text{C}$, 공기 유량 $0.51\ \text{L/min}$.

분류: 스크리닝 또는 기류 분류, 입자 크기 $0.52\ \mu\text{m}$ 제어.

특징:

순도: $>99.95\%$, $0 < 0.03\%$, $\text{C} < 0.01\%$.

형태: 거의 구형, 구형도 >0.95 , 응집율 $<0.5\%$.

입자 크기: $0.52\ \mu\text{m}$, D50 편차 $< \pm 5\%$.

장점:

고순도, 불순물(Fe , S) $< 0.005\%$.

형태는 규칙적이며 유동성이 좋습니다(~ 18 초/50g).

부족함:

장비가 복잡하고, CO는 독성이 강하며, 비용도 $20\sim 30\%$ 더 높습니다.

애플리케이션:

YG8N 테스트 바: 카르보닐 코발트 분말, 입자 크기 $\sim 0.8\ \mu\text{m}$, 경도 $2000\ \text{HV}$ (Sandvik, 2023).

3.3 분무

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

원칙 :

용융 코발트(>99.9%)를 고압 가스(N_2 , Ar) 또는 물에 의해 미세 입자로 분무합니다.

프로세스 :

원자재 : 고순도 코발트 잉곳(>99.9%).

장비 : 진공 유도로($1500 \sim 1550^\circ C$), 분무탑(가스압력 510MPa).

매개변수 : 노즐 조리개 0.51 mm, 냉각 속도 $10^3 \sim 10^4^\circ C/s$.

분류 : 공기 흐름 분류, 입자 크기 15 μm .

특징 :

순도 : >99.9%, O <0.08%, C <0.02%.

형태 : 구형, 구형도 >0.9.

입자 크기 : 15 μm , D50 편차 $\pm 15\%$.

장점 :

규칙적인 형태와 뛰어난 유동성(~ 20 초/50g).

대형 입자 코발트 분말(>2 μm)에 적합합니다.

부족함 :

입자 크기가 너무 커서(>1 μm) 초 미립 합금에 적합하지 않습니다.

산소 함량이 높습니다(0.050.1%).

애플리케이션 :

YG15 시험봉 : 분무 코발트 분말, 입자 크기 23 μm , KIC 12 MPa $\cdot m^{1/2}$.

3.4 전착

원칙 :

코발트 분말은 코발트 염 용액(예: $CoSO_4$)의 전기분해 증착을 통해 생산됩니다.

반응 : $Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$ (음극, 전류 밀도 100500 A/ m^2).

프로세스 :

원재료 : $CoSO_4$ (>99.9%), 전해질(pH 35).

장비 : 전해조(스테인리스 스틸 음극), 정전류 전원 공급 장치.

매개변수 : 온도 $50 \sim 60^\circ C$, 전류 밀도 200400 A/ m^2 , 시간 24 시간.

후처리 : 세척, 건조($80^\circ C$, $<10^{-2}$ Pa), 분쇄(<2 μm).

특징 :

순도 : >99.9%, O <0.1%, Fe <0.02%.

형태 : 수지상이거나 불규칙하며, 분쇄가 필요합니다.

입자 크기 : 110 μm (분쇄 후 0.52 μm).

장점 :

비용이 저렴합니다(카르보닐 공정보다 30% 저렴).

대량 생산에 적합합니다.

불충분하다 :

형태는 불규칙하며 분쇄하면 응집이 증가합니다(23%).

산소 함량이 높아(0.10.2%) 최적화가 필요합니다.

애플리케이션 :

YG6 테스트 바 : 전해 코발트 분말, 입자 크기 12 μm , 경도 1500 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5 최적화 측정

산소 수치를 낮추세요 :

불활성 분위기 (Ar , O₂ <0.005%) 보호, 산소 <0.03%로 감소.

산화를 방지하기 위해 진공(<10⁻² Pa)을 유지하세요.

제어 세분성 :

초음파 분산(500W, 10 분)으로 응집율이 <0.5%로 감소했습니다.

공기 흐름 분류(정확도 ±0.1 μm) , D50 편차 <±5%.

외관 개선 :

카르보닐법 + 플라즈마 구형화법으로 구형도가 >0.95 로 증가했습니다.

화학적 환원법에 표면개질(스테아르산 0.1%)을 더하여 유동성을 10% 증가시켰습니다.

예시 :

YG8N: 카르보닐코발트 분말 + 초음파 분산, 입자 크기 0.5 μm , 응집 < 0.3% (Sandvik, 2023).

코발트 분말 제조 방법 비교표

방법	청정	입자 크기 (μm)	형태	산소 함량	유동성(s/50g)	비용	적용 가능한 등급
화학적 환원법	>99.9%	0.53	다면체, 0.80.9	<0.05%	~22	가운데	YG6, YG15
카르보닐법	>99.95%	0.52	거의 구형, >0.95	<0.03%	~18	높은	YG8N
분무	>99.9%	15	구형, >0.9	<0.08%	~20	가운데	YG15 (대형)
전기분해	>99.9%	0.52(연삭)	불규칙, 0.70.8	<0.1%	~25	낮은	YG6(저가형)

최적화 측정 :

산소 함량을 줄이세요 : Ar 보호(O₂ <0.005%), 진공 건조(<10⁻² Pa).

입자 크기 제어 : 초음파 분산(500W, 10 분), 응집율 <0.5%.

형태 최적화 : 카르보닐법 + 플라즈마 구형화, 구형도 >0.95.

4. 코발트계 초경합금에 코발트 분말을 적용

코발트 분말의 선정 및 최적화는 코발트 기반 초경합금 시험봉의 제조 및 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 다음은 코발트 기반 초경합금 시험봉의 구체적인 재종 및 공정에 대한 설명입니다.

4.1 YG6(6% Co, 일반용 공구)

코발트 분말 요구 사항 :

순도: >99.95%, O <0.03%, Fe <0.005%.

입자 크기: 11.5 μm , D50 ~1.2 μm , 구형 도 >0.9.

제조법: 카르보닐법 또는 화학적 환원법, 유동성은 ~20 s/50 g 이다.

준비 과정 :

성분 : WC(94 중량 % , 12 μm) , Co (6 중량 %), Cr₃C₂(0.3 중량 %).

혼합 : 습식 분쇄(12-14 시간, PEG 1.5%), D50 80-150 μm .

프레싱 : CIP(200250 MPa), 빌렛 6.2×6.2×43 mm.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결 : 진공소결(1400° C, $<10^{-3}$ Pa) + HIP(1400° C, 100 MPa).

가공 : 연삭(Ra $<0.4 \mu\text{m}$), 스파크 노칭($0.25 \pm 0.02 \text{ mm}$).

성능 :

경도: $1500 \pm 50 \text{ HV}$ (GB/T 79972017).

굽힘강도: $2.0 \pm 0.1 \text{ GPa}$ (GB/T 38512015).

파괴인성: $8 \pm 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

예시 :

YG6 테스트 바: 카르보닐 코발트 분말, 입자 크기 $\sim 1.2 \mu\text{m}$, 절단 수명 2 시간(Sandvik, 2023).

4.2 YG15(15% Co, 고인성 금형)

코발트 분말 요구 사항 :

순도: $>99.9\%$, $0 < 0.05\%$, $\text{Fe} < 0.01\%$.

입자 크기: $1.52 \mu\text{m}$, $D50 \sim 1.8 \mu\text{m}$, 응집 $< 1\%$.

준비: 화학적 환원 또는 분무, 유동성 $\sim 22 \text{ s}/50 \text{ g}$.

준비 과정 :

성분 : WC(85 중량 %, $1.52.5 \mu\text{m}$), Co (15 중량 %), Cr_3C_2 (0.5 중량 %).

혼합 : 습식 분쇄(14-16 시간, PVA 1%), $D50 100-200 \mu\text{m}$.

프레싱 : CIP(250300 MPa), 빌렛 $5.0 \times 10.0 \times 40 \text{ mm}$.

소결 : 진공소결(1450° C, $<10^{-3}$ Pa) + HIP(1450° C, 120 MPa).

가공 : 연삭(Ra $<0.2 \mu\text{m}$), 스파크 노칭($0.25 \pm 0.01 \text{ mm}$).

성능 :

경도: $1400 \pm 50 \text{ HV}$.

굽힘강도: $2.5 \pm 0.1 \text{ GPa}$.

파괴인성: $12 \pm 0.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

예시 :

YG15 시험봉: 코발트 분말 감소, 입자 크기 $\sim 1.8 \mu\text{m}$, 편칭 수명 120,000 회(ScienceDirect, 2020).

4.3 YG8N(8% Co, 초미립 항공공구)

코발트 분말 요구 사항 :

순도: $>99.95\%$, $0 < 0.02\%$, $\text{Fe} < 0.005\%$.

입자 크기: $0.20.8 \mu\text{m}$, $D50 \sim 0.5 \mu\text{m}$, 구형도 >0.95 .

제조법: 카르보닐법 + 플라즈마 구형화, 유동성 $\sim 15 \text{ 초}/50\text{g}$.

준비 과정 :

성분 : WC(91.5 중량 %, $0.20.4 \mu\text{m}$), Co (8 중량 %), Cr_3C_2 (0.4 중량 %), VC(0.1 중량 %).

혼합 : 고에너지 볼 밀링(1820 시간, 변형 PEG 1%), $D50 30100 \mu\text{m}$.

프레싱 : CIP(300350 MPa), 빌렛 $6.3 \times 6.3 \times 44 \text{ mm}$.

소결 : 진공 소결(1350°C , $<5 \times 10^{-4} \text{ Pa}$) + HIP(1350°C , 150 MPa).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

가공 : 초정밀 연삭($Ra < 0.2 \mu m$) , 펄초 레이저 노치($0.25 \pm 0.005 mm$).

성능 :

경도: $2000 \pm 50 HV$.

굽힘강도: $2.2 \pm 0.1 GPa$.

파괴인성: $9 \pm 0.5 MPa \cdot m^{1/2}$.

예시 :

YG8N 시험봉: 카르보닐코발트 분말, 입자 크기 $< 0.5 \mu m$, 항공 공구 수명 4 시간(Sandvik, 2023).

5. 코발트 분말 선정의 핵심 요소

코발트 분말을 선택하려면 합금 특성, 공정 조건 및 비용을 포괄적으로 고려해야 합니다.

고성능 합금 (YG8N 등):

선호되는 선택은 순도 $> 99.95\%$, 입자 크기 $0.20.8 \mu m$, $O < 0.02\%$ 를 갖는 카르보닐 코발트 분말입니다 .

이유: 미세한 입자 크기와 낮은 산소 함량으로 인해 입자 크기가 $0.5 \mu m$ 미만으로 보장되고 경도 가 510 % 증가합니다.

고인성 합금 (YG15 등):

화학적 환원 또는 분무법을 사용, 입자크기 $1.52 \mu m$, $O < 0.05\%$.

이유: 약간 더 큰 입자 크기는 높은 코발트 함량에 적합하며, KIC 는 10% 증가했습니다.

비용에 민감한 경우 (YG6 등):

를 사용, 입자 크기 $12 \mu m$, $O < 0.05\%$.

이유: 비용이 20-30% 저렴하고, 일반 도구 요구 사항을 충족합니다(강도 $2.0 GPa$) .

대형 테스트 막대 (예: YG15):

분무법을 사용하였고, 입자 크기는 $23 \mu m$, 유동성 은 $\sim 20 s/50 g$ 입니다.

이유: 대형 입자에 적합, 압축 균일성 $> 95\%$.

6. 결론

코발트 기반 초경합금에 사용되는 경우 다음 요구 사항을 충족해야 합니다.

화학 성분 : 순도 $> 99.9\%$, $O < 0.05\%$, $Fe < 0.01\%$, $C < 0.01\%$ (GB/T 53142011).

물리적 특성 : 입자 크기 $0.52 \mu m$ (일반) 또는 $0.20.8 \mu m$ (초미립자) , 유동성 $< 25 s/50 g$ (GB/T 1482-2010).

미세형태 : 거의 구형, 구형도 > 0.9 , 응집 $< 1\%$ (GB/T 183762014).

준비 방법 :

카르보 닐법 : 고순도($> 99.95\%$), 입자 크기 $0.52 \mu m$, YG8N 에 적합 .

화학적 환원 방법 : 비용 이 저렴하고 입자 크기가 $0.53 \mu m$ 이며 YG6 및 YG15 에 적합합니다.

분무 방법 : 큰 입자($15 \mu m$) , 대형 시험봉에 적합 .

전기 분해법 : 비용이 저렴하고, 분쇄가 필요하며, 일반 등급에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

응용 프로그램 예 :

YG6: 카르보닐 또는 환원 코발트 분말($11.5 \mu\text{m}$) , 경도 1500 HV, 강도 2.0 GPa .
 된 코발트 분말($1.52 \mu\text{m}$) , KIC $12 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.
 구형화 코발트 분말($0.20.8 \mu\text{m}$) , 경도 2000 HV, 입자 크기 $< 0.5 \mu\text{m}$.
 코발트 분말의 균일성(초음파 분산 및 불활성 보호 등)을 20% 향상시키고, η 상을 50% 감소시키며, 합금 성능의 일관성(편차 $< 3\%$)을 향상시킬 수 있습니다. 앞으로 나노 코발트 분말($< 0.2 \mu\text{m}$) 과 친환경 제조 기술(저온 환원 등)을 통해 코발트 기반 초경합금의 성능이 더욱 향상될 것입니다.

기준 :

GB/T 5314 2011: 화학 성분. GB/T 18376 2014: 미세 구조.

GB/T 1482 2010: 유동성. GB/T 3851 2015: 휨 강도.

GB/T 7997 2017: 경도. GB/T 3849 2015: 자기적 특성.

코발트 분말과 니켈 분말의 비교표

특성	코발트 분말	니켈 분말
청정	$> 99.9\%$, $> 99.95\%$ (초미립자)	$> 99.9\%$, $> 99.95\%$ (높은 내식성)
세분성	$0.52 \mu\text{m}$, $0.20.8 \mu\text{m}$ (초미립자)	$0.52 \mu\text{m}$, $0.20.8 \mu\text{m}$ (초미립자)
산소 함량	$< 0.05\%$, $< 0.03\%$ (초미립자)	$< 0.05\%$, $< 0.03\%$ (높은 내식성)
형태	거의 구형, 구형도 > 0.9	거의 구형, 구형도 > 0.9
자화	~ 160 에뮤/g	~ 55 에뮤/g
주요 제조 방법	카르보닐화, 화학적 환원, 분무, 전기분해	카르보닐화, 화학적 환원, 분무, 전기분해
비용	더 높은 (니켈 분말보다 20 % 더 높음)	낮추다
합금 특성	강도 $1.52.5 \text{ GPa}$, KIC $812 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$	강도 $1.82.2 \text{ GPa}$, KIC $710 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$
내식성	$0.01\text{mm}/\text{년}$ (5% HCl)	$< 0.005\text{mm}/\text{년}$ (5% HCl)
응용 시나리오	절삭 공구, 다이, 광산 도구	화학 장비, 석유 공구, 고온 금형

표준 : GB/T 43342020(내식성), GB/T 38512015(굽힘 강도).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

30 Years of Cemented Carbide Customization Experts

Core Advantages

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

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

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

Serving Customers

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

Service Commitment

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

Contact Us

Email : sales@chinatungsten.com

Tel : +86 592 5129696

Official website : www.ctia.com.cn

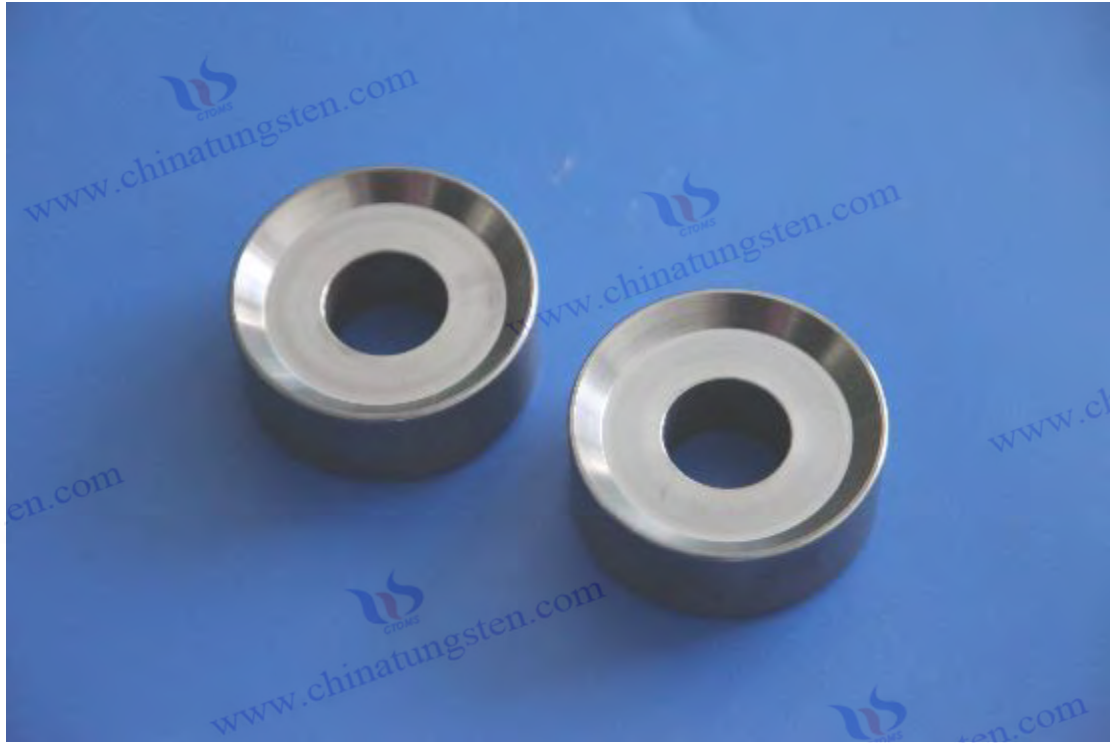
WeChat : Follow "China Tungsten Online"



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



부록 :

GB/T 7997-2017 초경합금의 비커스 경도 및 미소경도 시험 방법

GB/T 7997-2017 "초경합금의 비커스 경도 및 미소경도 시험 방법"은 초경합금의 비커스 경도(HV) 및 미소경도(미시 비커스 경도, HVM) 시험 방법을 규정하는 중국 국가 표준입니다. 이 표준은 초경합금 재료(예: WC-Co, WC-Ni 등)의 경도 시험에 적용됩니다.

1 범위

본 규격은 초경합금의 비커스 경도 및 미소경도 시험 방법을 규정하며, 여기에는 시험 원리, 장비, 시험 조건, 시험 절차, 결과 계산, 시험 보고서 등이 포함됩니다. 본 규격은 소결 초경합금 제품(절삭 공구, 광산 공구, 내마모성 부품 등) 및 비소결 초경합금 블랭크의 경도 측정에 적용 가능하며, HV 500~HV 3000의 경도 범위에 적용됩니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 날짜가 표시된 참고 문서의 경우 해당 문서의 버전만 적용되며, 날짜가 표시되지 않은 참고 문서의 경우 최신 버전(모든 개정 내용 포함)이 적용됩니다.

GB/T 230.1 금속재료의 로크웰경도 시험 제1부: 시험방법(A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T 스케일)

GB/T 4340.1 금속재료의 비커스 경도 시험 제1부: 시험 방법

GB/T 4340.2 금속 재료의 비커스 경도 시험 2부: 경도계 검증 및 교정

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 4340.3 금속 재료의 비커스 경도 시험 3 부: 표준 경도 블록의 교정

GB/T 4505 시멘트 카바이드에 대한 샘플링 및 시편 준비 방법

GB/T 5124 초경합금의 화학 분석 방법

GB/T 16594 금속 재료의 미세 구조 검사를 위한 일반 규칙

3 용어 및 정의

비커스 경도(HV): 비커스 경도계를 사용하여, 정사면체 다이아몬드 압입자를 특정 하중으로 시편 표면에 압입하고, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하여 경도값을 계산합니다. 단위는 HV 입니다.

1kgf 미만의 하중으로 작은 크기의 시편이나 국소적인 미소 영역의 경도 시험에 적합합니다 .

압입 대각선: 비커스 압입의 두 대각선의 길이(mm)입니다.

경도 값: 압입의 대각선 길이와 하중을 기준으로 계산된 경도 (kgf /mm², HV 로 변환).

4 테스트 원리

비커스 경도 및 미소경도 시험은 정사각뿔 다이아몬드 압입자(꼭짓점각 136° ±0.5°)를 사용하여 시편 표면에 일정 하중을 가하고 일정 시간 동안 유지한 후, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하고 다음 공식을 사용하여 경도 값을 계산합니다.

공식은 다음과 같습니다.

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

안에:

- HV: 维氏硬度值 (kgf/mm², 单位为 HV) ;
- F: 试验载荷 (kgf) ;
- d: 压痕对角线的平均长度 (mm) .

5 장비 및 재료

경도 시험기:

비커스 경도 시험기: GB/T 4340.2 에 따라, 하중 범위 1-50 kgf ±0.1 kgf .

미소경도 시험기: 하중 범위 0.01-1 kgf ±0.001 kgf , 현미경 장착(배율 ≥400 배) .

압입자: 정사면체 다이아몬드 압입자, 꼭지각 136° ±0.5° , 표면 결함 없음.

표준 경도 블록: GB/T 4340.3 에 따라, 경도 범위는 HV 500~HV 3000 입니다.

샘플 표면 처리: 표면 거칠기 Ra ≤ 0.2 μm ±0.02 μm 로 연마하여 산화물 층 이나 균열이 없도록 함.

환경 조건: 온도 20-25° C ±1° C, 습도 40%-60% ±5% RH, 진동 간섭 없음.

6. 샘플

샘플 요구 사항:

샘플링은 GB/T 4505 에 따라 평평한 표면과 압입 깊이의 1.5 배 이상(약 0.1-0.5mm)의 두께로 수행되어야 합니다.

표본 크기: 최소 면적 5mm × 5mm ± 0.1mm, 최대 크기 50mm × 50mm ± 0.1mm.

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

표면 처리:

연마: 금속 조직용 사포(입자 크기 800-2000 메시)와 연마 페이스트(입자 크기 $\leq 1 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$)를 사용합니다.

세척: 에탄올(순도 $\geq 99.5\% \pm 0.1\%$)을 사용하여 기름 얼룩을 제거하세요.

시편 수: 배치당 3-5 개 시편, 동일한 시편에 최소 5 개의 압입이 있어야 합니다.

7 가지 테스트 단계

7.1 비커스 경도 시험

장비 교정:

경도 시험기는 편차가 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$ 인 표준 경도 블록을 사용하여 교정됩니다.

상단 각도 편차가 $< \pm 0.5^\circ$ 가 되도록 압입기 형상을 보정합니다.

부하 선택:

일반적인 하중: 5 kgf, 10 kgf, 30 kgf ± 0.1 kgf (경도 범위에 따라 선택).

하중 유지 시간: 10-15 초 ± 1 초.

압입 측정:

경도 시험기 작업대에 샘플을 놓고 샘플 표면이 수평인지 확인하세요.

하중을 가하고, 일정 시간 동안 유지한 후 하중을 내립니다.

압입부의 두 대각선 길이(d_1 및 d_2)를 $0.001\text{mm} \pm 0.0001\text{mm}$ 의 정확도로 측정합니다.

압입 간격: 대각선 길이의 3 배 이상(약 0.3-1.5mm).

경도 계산:

공식에 따라 HV 값을 계산하고 5 개의 압입값의 평균값을 취합니다.

편차 $< \pm 3\% \pm 0.5\%$, 그렇지 않으면 다시 테스트하세요.

7.2 미소경도 시험

장비 교정:

미소경도 시험기, 교정된 하중 및 현미경 배율(≥ 400 배)을 사용합니다.

편차 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$.

부하 선택:

일반적인 하중: 0.05 kgf, 0.1 kgf, 0.5 kgf ± 0.001 kgf.

하중 유지 시간: 10-15 초 ± 1 초.

압입 측정:

현미경으로 압입을 관찰하고 대각선 길이(d_1 및 d_2)를 $0.0005\text{mm} \pm 0.0001\text{mm}$ 의 정확도로 측정합니다.

압입 간격: 대각선 길이의 ≥ 5 배(약 0.05-0.2mm).

경도 계산:

공식에 따라 HVM 값을 계산하고 5 개 압입의 평균값을 취합니다.

편차 $< \pm 4\% \pm 0.5\%$, 그렇지 않으면 다시 테스트하세요.

8 결과 표현

경도 값: HV 또는 HVM 으로 표현하며, 정수를 사용합니다(예: HV 1800 또는 HVM 2000).

보고서 내용:

시편 번호, 하중 값, 압입의 대각선 길이, 평균 경도 값 및 편차.

환경 조건(온도, 습도)

테스트 날짜와 운영자.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

예: WC-10%Co 시편, 하중 30 kgf, 평균 대각선 $0.042 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$, HV 1800 ± 50 .

9 가지 영향 요인

샘플 표면: 표면 거칠기 $R_a > 0.2 \text{ } \mu\text{m} \pm 0.02 \text{ } \mu\text{m}$ 은 흐릿한 압입과 낮은 경도를 초래합니다(편차 $> 5\% \pm 1\%$).

하중 편차: 하중 편차 $> \pm 0.1 \text{ kgf}$ 는 압입 깊이에 영향을 미치고 정도 편차 $> 3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

환경 진동: 진동 주파수 $> 1 \text{ Hz} \pm 0.1 \text{ Hz}$ 는 압입 편차를 유발하므로 진동 방지가 필요합니다.

압입자 상태: 압입자 결함(균형 $> 0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$)은 경도를 낮추므로 정기적인 검사가 필요합니다.

10 가지 검사 규칙

샘플링: GB/T 4505 에 따라 각 배치($\leq 100 \text{ kg}$)에서 3~5 개의 샘플을 채취하고 각 샘플에 대해 5 개의 압입을 측정합니다.

검사 빈도: 공장 검사(배치별로), 유형 검사(연 1 회 또는 공정이 변경될 때)

판단: 정도 값이 요구 사항을 충족하면 모든 샘플이 합격으로 판정됩니다. 샘플 중 하나라도 불합격하면 재검사가 허용되고, 재검사에서도 불합격하면 해당 배치는 불합격으로 판정됩니다.

11 테스트 보고서

테스트 보고서에는 다음 내용이 포함되어야 합니다.

샘플에 대한 설명(구성, 준비 과정)

시험 방법(비커스 또는 미소경도).

하중 값, 압입의 대각선 길이, 정도 값 및 편차.

환경 조건(온도 $20-25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$, 습도 $40\%-60\% \pm 5\% \text{ RH}$).

표준번호(GB/T 7997-2017).

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 초경합금의 일반적인 정도 값

WC-6%Co: HV $1800-2000 \pm 50$, 절삭 공구에 적합합니다.

WC-10%Co: HV $1500-1700 \pm 50$, 광산 도구에 적합합니다.

WC-12%Ni: HV $1400-1600 \pm 50$, 내마모성 부품에 적합합니다.

부록 B(규범 부록) 시험 방법에 대한 보충 참고 사항

압입 측정: 미소경도를 측정할 때 현미경 배율은 ≥ 400 배이어야 하며, 시야가 깨끗해야 합니다.

환경 제어: 테스트 환경에는 공기 흐름 방해가 없고 온도 변동은 $< \pm 1^\circ \text{C}$ 입니다.

압입자 유지관리: 500 회 테스트 후 압입자를 검사하고 흠집이 $> 0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$ 이면 압입자를 교체하세요.

요약하다

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 7997-2017 표준은 초경합금의 비커스 경도 및 미소경도 시험 방법을 규정합니다. 이 시험 방법은 정사면체 다이아몬드 압입자(정점각 $136^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$)를 사용하여 압입부의 대각선 길이를 측정하여 경도(HV 500-3000)를 계산합니다. 이 표준은 경도 시험의 정확성(편차 $< \pm 3\%$)을 보장하기 위해 장비 교정(편차 $< \pm 2\%$), 시료 준비($Ra \leq 0.2 \mu m$), 시험 단계 및 결과 표현 방법을 규정합니다. 이 방법은 항공 공구(HV 1800-2000) 및 광산 공구(HV 1500-1700)와 같은 초경합금 제품의 품질 관리에 적합합니다.

부록 :

GB/T 4340.1-2017 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험

1 부: 테스트 방법

1 범위

이 규격은 금속 재료의 비커스 경도 시험에 대한 시험 방법을 규정하며, 시험 원리, 시험 장비, 시편 요건, 시험 절차, 경도 계산, 결과 표현 및 시험 보고서의 내용을 포함합니다.

본 규격은 금속 재료 및 일부 비금속 재료(예: 초경합금 및 세라믹)의 비커스 경도 측정에 적용되며, 경도 범위는 HV 5에서 HV 3000 이고 하중 범위는 0.01 kgf에서 50 kgf 입니다 .

본 표준은 표면 거칠기가 지나치게 높은($R_a > 0.4 \mu m \pm 0.02 \mu m$) 시편 이나 압입 깊이를 견디기에 두께가 부족한 시편 에는 적용할 수 없습니다.

2 규범적 참조

다음 문서는 본 표준 구현에 필수적인 참고 문서입니다. 참조된 문서의 지정된 버전만 적용됩니다.

GB/T 230.1 금속재료의 로크웰경도 시험 제 1 부: 시험방법(A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T 스케일)

GB/T 4340.2 금속 재료의 비커스 경도 시험 2 부: 경도계 검증 및 교정

GB/T 4340.3 금속 재료의 비커스 경도 시험 3 부: 표준 경도 블록의 교정

GB/T 4505 시멘트 카바이드에 대한 샘플링 및 시편 준비 방법

GB/T 16594 금속 재료의 미세 구조 검사를 위한 일반 규칙

GB/T 8170 값 반올림 규칙

3 용어 및 정의

비커스 경도(HV): 특정 하중 하에서 꼭짓각이 136° 인 정사각뿔 다이아몬드 압입자를 시료 표면에 압입하고, 압입된 부분의 대각선 길이를 측정하여 경도를 계산합니다. 단위는 HV 입니다.

1kgf 미만일 때 현미경으로 측정한 비커스 경도 .

압입 대각선: 비커스 압입의 두 대각선의 길이(mm)입니다.

시험 하중: 압입자에 가해지는 힘, 단위는 kgf 또는 N($1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$).

유지 시간: 하중이 적용된 후 유지되는 시간(초)입니다.

4 테스트 원리

비커스 경도 시험은 꼭짓각이 $136^\circ \pm 0.5^\circ$ 인 정사각뿔 다이아몬드 압입자를 사용합니다. 압입자를 시료 표면에 일정한 하중으로 눌러 일정 시간 동안 유지한 후 하중을 제거합니다. 압입자국의 두 대각선 길이(d_1 과 d_2)를 측정하여 평균값 d 를 계산합니다. 경도 값은 다음 공식에 대입하여 계산합니다.

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

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

其中:

- * HV: 维氏硬度值 (kgf/mm², 换算为 HV) ;
- * F: 试验载荷 (kgf) ;
- * d: 压痕对角线的算术平均值 (mm) , $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$.

若以 N 为单位, 则公式为:

$$HV = 0.1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

其中 F 单位为 N.

5 테스트 장비

비커스 경도 시험기:

하중 범위: 0.01 kgf ~ 50 kgf ± 0.1 kgf .

하중 정확도: GB/T 4340.2 에 따라 편차 < ±1% ± 0.1%.

측정 시스템: 현미경 또는 내장 광학 시스템, 정확도 0.001mm ± 0.0001mm.

압력 헤드:

정사면체 다이아몬드 압입자, 꼭지각 136° ± 0.5° , 모서리 직진도 < 0.002 mm ± 0.0002 mm.

표면에 긁힘이나 결함이 없습니다(긁힘 < 0.01 mm ± 0.001 mm).

표준 경도 블록:

GB/T 4340.3 에 부합하며 경도 범위는 HV 100~HV 3000 입니다.

환경 조건:

온도: 20-25° C ± 1° C.

습도: 40%-60% ± 5% RH.

진동 방해 없음(주파수 < 1 Hz ± 0.1 Hz).

6. 샘플

크기 요구 사항:

최소 두께: 압입 깊이의 ≥ 1.5 배(약 0.1-0.5mm).

최소 면적: 10mm × 10mm ± 0.1mm, 최대 크기 50mm × 50mm ± 0.1mm.

표면 준비:

연마 : 금속조직용 사포(800~2000 메시) 및 연마페이스트(입자크기 ≤ 1 μm ± 0.01 μm) , 표면조도 Ra ≤ 0.2 μm ± 0.02 μm .

세척: 에탄올(순도 ≥ 99.5% ± 0.1%)을 사용하여 기름 얼룩을 제거하세요.

수량:

각 배치에서 3~5 개의 표본을 채취하고, 각 표본에는 최소한 5 개의 압입이 있어야 합니다.

7 테스트 절차

장비 교정:

경도 시험기는 편차가 < ±2% ± 0.5%인 표준 경도 블록을 사용하여 교정됩니다.

압입자의 기하학을 확인하십시오. 상단 각도 편차는 < ±0.5° 입니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

부하 선택:

일반적인 하중: 0.1 kgf , 0.3 kgf , 0.5 kgf , 1 kgf , 5 kgf , 10 kgf , 30 kgf $\pm$ 0.1 kgf .

추천하는 경질 합금: 10 kgf 또는 30 kgf $\pm$ 0.1 kgf .

미소경도: 0.01-1 kgf $\pm$ 0.001 kgf .

테스트 조건:

유지 시간: 10-15 초 $\pm$ 1 초(초경합금의 경우 15 초 $\pm$ 1 초가 권장됨).

압입 간격: 대각선 길이의 3 배 이상(약 0.3-1.5mm).

압입부와 시편 가장자리 사이의 거리: 대각선 길이의 $\geq$ 2.5 배.

압입 측정:

현미경 배율: $\geq$ 400 배(미소경도), $\geq$ 100 배(일반 경도).

대각선 d_1 과 d_2 를 0.001mm $\pm$ 0.0001mm의 정확도로 측정합니다.

경도 계산:

압입 의 평균값을 취하면 편차는 $<\pm 3\%\pm 0.5\%$ 입니다.

8 가지 영향 요인

표면 품질: $R_a > 0.2 \mu m \pm 0.02 \mu m$ 은 흐릿한 압입과 낮은 경도를 초래합니다(편차 $>5\%\pm 1\%$).

하중 편차: $>\pm 1\%\pm 0.1\%$ 는 압입 깊이에 영향을 미치고, 경도 편차는 $>3\%\pm 0.5\%$ 입니다.

주변 진동: 주파수 $>1Hz \pm 0.1Hz$ 는 압입 이동을 유발합니다.

시편 기울기: 기울기 각도 $> 2^\circ \pm 0.1^\circ$ 는 비대칭 압입을 발생시키므로 재조정이 필요합니다.

9 결과 표현

경도 값: HV 로 표시하고 정수를 그대로 사용합니다. 예: HV 1800 $\pm$ 50.

기호: 하중 뒤에 HV 가 추가됩니다. 예를 들어, 30kgf 의 하중은 HV30 입니다.

보고서 내용:

시편번호, 하중값, 압입대각선길이, 경도값 및 편차.

환경 조건(온도, 습도)

테스트 날짜와 운영자.

10 테스트 보고서

표본에 대한 설명(재료, 준비 과정)

시험 조건(하중, 유지 시간, 압입 간격)

경도 값의 평균과 편차.

환경 조건(온도 20-25 $^\circ$ C $\pm$ 1 $^\circ$ C, 습도 40%-60% $\pm$ 5% RH).

표준번호(GB/T 4340.1-2017).

테스트 날짜와 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 일반 금속 재료의 비커스 경도 값

시멘트 카바이드(WC-10%Co): HV 1500-1800 $\pm$ 50.

경화강(HRC 60): HV 700-800 $\pm$ 30.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

순수 알루미늄: HV 20-50±5.



GB/T 4340.2-2017 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험

2 부: 경도계 검증 및 교정

1 범위

이 부분은 하중 정확도, 압입자 형상, 측정 시스템 정확도 및 반복성 검증을 포함하여 비커스 경도기의 검사 및 교정 방법을 명시합니다.

본 내용은 비커스 경도기(일반 및 미세경)의 공장 검사, 정기 교정 및 사용 전 검사에 적용됩니다.

2 규범적 참조

GB/T 4340.1 금속재료의 비커스 경도 시험 제1부: 시험 방법

GB/T 4340.3 금속 재료의 비커스 경도 시험 3부: 표준 경도 블록의 교정

JJG 112-2005 비커스 경도 시험기 검증 절차

GB/T 8170 값 반올림 규칙

3 용어 및 정의

하중 오차: 실제 하중과 표시된 하중 사이의 편차를 %로 표현합니다.

측정 시스템 오차: 대각선 측정값과 실제값 사이의 편차(μm)입니다.

반복성: 동일한 조건에서 여러 번 측정한 경도 값의 일관성을 HV로 나타낸 것입니다.

교정 주기: 경도계 교정 사이의 시간 간격으로, 보통 6개월에서 1년입니다.

4 검사 항목

하중 정확도: 편차 $< \pm 1\% \pm 0.1\%$.

압입자 형상:

정점 각도: $136^\circ \pm 0.5^\circ$.

모서리 직진도: $< 0.002 \text{ mm} \pm 0.0002 \text{ mm}$.

정점 편차: $< 0.001 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$.

측정 시스템:

대각선 측정 오차: $< \pm 0.2 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ (미세경도계).

현미경 확대 오차: $< \pm 1\% \pm 0.1\%$.

보류 시간: 편차 $< \pm 0.5 \text{ 초} \pm 0.1 \text{ 초}$.

반복성: 5회 측정의 표준 편차 $< \pm 1\% \pm 0.1\%$.

5. 교정 장비

표준 경도 블록:

GB/T 4340.3에 부합하며, 경도 범위는 HV 100-3000입니다.

균일성: $< \pm 3\% \pm 0.5\%$.

마이크로미터: 정확도 $0.001 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$.

하중 교정 장치: 정확도 $0.01 \text{ kgf} \pm 0.001 \text{ kgf}$.

광학현미경: 배율 ≥ 1000 배, 정확도 $0.0001 \text{ mm} \pm 0.00001 \text{ mm}$.

환경 조건:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

온도: $20-25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

습도: $40\%-60\% \pm 5\% \text{ RH}$.

6 교정 절차

부하 교정:

표준추 또는 힘 센서를 사용하여 각 하중 지점(0.1kgf, 1kgf, 5kgf, 10kgf, 30kgf $\pm 0.1\text{kgf}$) 을 교정 합니다.

편차가 $< \pm 1\% \pm 0.1\%$ 이면 기록하고, 그렇지 않으면 부하 시스템을 조정합니다.

압입자 검사:

광학 현미경을 사용하여 압입자 상단 각도($136^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$)와 모서리 직진도를 측정했습니다.

압입자 표면을 점검하여 굽힘이 $0.01\text{mm} \pm 0.001\text{mm}$ 이상인 경우 교체하세요.

측정 시스템 교정:

표준 경도 블록(예: HV 1800 ± 10)을 사용하여 압입의 대각선을 측정합니다.

을 $< \pm 0.2 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$ 의 정확도로 교정합니다 .

시간 보정 유지:

스톱워치를 사용하여 보정, 10-15 초 ± 1 초, 편차 $< \pm 0.5 \text{ 초} \pm 0.1 \text{ 초}$.

반복성 테스트:

표준 경도 블록에서 5 회 연속 측정하여 표준 편차를 계산합니다($< \pm 1\% \pm 0.1\%$).

조정 및 기록:

만족스럽지 않을 경우 경도 시험기(하중, 압입자 또는 측정 시스템)를 조정하세요.

년 동안 보관합니다 .

7 가지 영향 요인

온도 변화: $> \pm 1^{\circ}\text{C}$ 는 하중 시스템의 안정성에 영향을 미치고 경도 편차는 $> 2\% \pm 0.5\%$ 입니다.

압입자 마모: 굽힘 $> 0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$ 로 인해 경도가 낮아짐($> 3\% \pm 0.5\%$).

부하 변동: 불안정한 전원 공급($> \pm 1\text{V} \pm 0.1\text{V}$)으로 인해 부하 오차가 발생합니다.

8 결과 표현

하중 오차: 소수점 이하 두 자리까지 %로 표현, 예: $\pm 0.50\% \pm 0.01\%$.

측정 오차: μm 로 표현 , 예: $\pm 0.10 \mu\text{m} \pm 0.01 \mu\text{m}$.

반복성: HV 로 표현, 예: $\pm 10 \text{ HV} \pm 1 \text{ HV}$.

9 교정 보고서

경도계 모델 및 번호.

교정 항목(하중, 압입자, 측정 시스템, 반복성)

교정 결과 및 편차.

환경 조건(온도 $20-25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 $40\%-60\% \pm 5\% \text{ RH}$).

표준번호(GB/T 4340.2-2017).

교정 날짜 및 작업자 서명.

부록 A(정보 부록) 교정 주기 권장 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

일반적인 사용: 6 개월마다 교정하세요.

고빈도 사용(100 회/일 이상): 3 개월마다 교정하세요.

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

GB/T 4340.3-2017 금속 재료에 대한 비커스 경도 시험

3 부: 표준 경도 블록의 교정

1 범위

이 부분에서는 비커스 경도 표준 경도편의 교정 방법을 명시하며, 여기에는 경도값 측정, 균일성 검사, 불확도 평가 및 교정 증명서 내용이 포함됩니다.

경도 범위가 HV 100에서 HV 3000인 비커스 경도계 교정용 표준 경도편에 적용됩니다.

2 규범적 참조

GB/T 4340.1 금속재료의 비커스 경도 시험 제1부: 시험 방법

GB/T 4340.2 금속 재료의 비커스 경도 시험 2부: 경도계 검증 및 교정

JJF 1071-2010 국가 측정 및 교정 사양

GB/T 8170 값 반올림 규칙

GB/T 16594 금속 재료의 미세 구조 검사를 위한 일반 규칙

3 용어 및 정의

표준 경도 블록: 경도 시험기를 교정하는 데 사용되는 알려진 경도 값을 갖는 금속 블록입니다.

경도 균일성: 경도 블록 표면의 경도 값의 일관성을 HV로 측정합니다.

불확실성: 경도 값 측정 결과의 신뢰 구간(HV).

교정 주기: 표준 경도 블록을 재교정하는 시간 간격으로, 보통 1~2년입니다.

4 교정 요구 사항

경도값: HV 100-3000, 편차 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$.

균일성: 동일 표면의 10개 지점의 경도 값 편차는 $< \pm 3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

불확실성: $\leq \pm 10 \text{ HV} \pm 1 \text{ HV}$ (95% 신뢰 수준).

표면 품질: $R_a \leq 0.2 \mu\text{m} \pm 0.02 \mu\text{m}$, 긁힘이나 산화층 없음.

5. 교정 장비

비커스 경도 시험기:

GB/T 4340.2에 부합하며 합격 판정을 받았습니다.

부하 정확도: $< \pm 1\% \pm 0.1\%$.

압력 헤드:

정점 각도 $136^\circ \pm 0.5^\circ$, 인증됨.

표면 결함(긁힘 $< 0.01 \text{ mm} \pm 0.001 \text{ mm}$)이 없습니다.

측정 시스템:

현미경 정확도: $0.001 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$.

환경 조건:

온도: $20-25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$.

습도: $40\%-60\% \pm 5\% \text{ RH}$.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

6 교정 절차

샘플 준비:

경도 블록의 표면을 $Ra \leq 0.2 \mu m \pm 0.02 \mu m$ 로 연마 하고 에탄올로 세척한 후 건조했습니다.

경도 측정:

하중을 선택하세요: 5 kgf , 10 kgf , 30 kgf ± 0.1 kgf (경도 범위에 따라).

대각선 길이의 3 배 이상의 압입 간격을 두고 10 개 지점을 측정하고 유지 시간은 10~15 초 ± 1 초입니다.

균일성 검사:

지점 의 경도 값의 평균과 표준 편차를 계산합니다 . 편차는 $< \pm 3\% \pm 0.5\%$ 입니다.

불확실성 평가:

경도계 오차, 측정 시스템 오차, 환경적 영향 등이 포함됩니다.

불확실성 $\leq \pm 10 \text{ HV} \pm 1 \text{ HV}$.

확인하다:

국가계량기관이나 기준실험실의 결과와 비교하였을 때, 편차는 $< \pm 2\% \pm 0.5\%$ 이다.

7 가지 영향 요인

표면 품질: $Ra > 0.2 \mu m \pm 0.02 \mu m$ 로 경도가 낮습니다 ($> 3\% \pm 0.5\%$).

주변 온도: $> \pm 1^\circ \text{C}$ 는 압입 측정 정확도에 영향을 미칩니다.

경도계 상태: 하중 오차 $> \pm 1\% \pm 0.1\%$ 또는 압입자 결함이 결과에 영향을 미칩니다.

8 결과 표현

경도 값: HV 로 표시하고 정수를 그대로 사용합니다. 예: HV 1800 ± 10 .

균일성: 최대 편차로 표현됨, 예: $\pm 20 \text{ HV} \pm 1 \text{ HV}$.

불확실성: HV 로 표현됨, 예: $\pm 8 \text{ HV} \pm 1 \text{ HV}$.

9 교정 인증서

경도 블록 번호, 경도 값 및 불확도.

균일성 데이터 및 측정 지점 분포.

교정 조건(부하, 환경).

표준번호(GB/T 4340.3-2017).

교정 날짜, 만료 날짜 및 작업자 서명.

부록 A (정보 부록) 표준 경도 블록의 일반적인 값

HV 200 ± 5 : 연강.

HV 800 ± 10 : 경화강.

HV 1800 ± 20 : 경질 합금.

부록 B (규범 부록) 교정 주기 및 유지 관리

교정 주기: 1 년에 한 번 또는 500 회 사용 후.

유지관리: 경도 블록 표면이 긁히지 않도록 주의하고 건조한 환경(습도 $< 50\% \pm 5\%$)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

RH) 에 보관하세요.



부록 :

니켈 기반 카바이드 심해 썰 및 심해 밸브

니켈 기반 초경합금 (WC + Ni) 은 뛰어난 내식성, 내마모성, 고강도 (2.0~2.8 GPa) 및 고온 안정성 (>1000° C) 을 갖춰 심해 썰, 썰 및 심해 밸브의 핵심 소재로 자리 잡았습니다. 심해 석유 및 가스 생산, 심해 밸브 시스템, 고압 장비 (예: 15,000~20,000 psi) 에 널리 사용됩니다. 이러한 구성 요소는 극한 환경 (50° C~200° C, H₂S, CO₂, 해수 부식) 을 견뎌야 하고, NACE MR0175 표준을 준수해야 하며, 다공성 (<0.01%), 경도 (1400~2200 HV) 및 밀봉 성능 (누설률 <10⁻⁶) 요구 사항을 충족해야 합니다. 이 기사에서는 국가 표준 (GB/T 183762014, GB/T 38502015 등) 과 업계 관행을 결합하여 니켈 기반 시멘트 카바이드 심해 썰 및 심해 밸브의 소결 공정, 성능, 응용 분야 및 선택 권장 사항을 자세히 소개합니다.

1. 니켈계 초경합금 소결로 공정

니켈 기반 초경합금 심해용 썰 및 밸브는 고온 소결로 제작해야 합니다. 소결로에는 진공 소결로, 열간 등방압 가압 (HIP) 소결로, 그리고 분위기 소결로가 있습니다. 공정 변수는 심해 환경에 최적화되어 있습니다.

1.1 소결로 유형 및 공정 매개변수

진공소결로:

적용 분야: 복잡한 모양의 썰링 링 (예: Ø 5200 mm) 및 밸브 구성품 (예: 밸브 시트 Ø 50500 mm) 생산.

프로세스 매개변수:

200600 ° C, 가열 속도 25° C/분, 진공도 10⁻² Pa, H₂ 유량 515 L/분, 24 시간, 탈락스율 >99.5%.

소결: 1350~1450° C, 가열 속도 510° C/분, 진공도 10⁻⁴~10⁻⁵ Pa, 24 시간 동안 보존합니다.

냉각: 1015° C/분 (Ar 강제 냉각), 최대 100° C.

특성: 밀도 14.514.9 g/ cm³, 경도 14002000 HV, 기공률 <0.01%.

열간 등방압 압착로 (HIP):

용도: 고성능 썰과 밸브 (고압 밸브 코어 등) 를 생산하고 미세 기공을 제거합니다.

프로세스 매개변수:

소결: 1350~1450° C, 승온속도 58° C/분, 압력 100~150MPa (Ar), 13 시간 보존.

후처리: 1300~1350° C, 80~100 MPa, 12 시간, 기공률 <0.001%로 감소.

냉각: 1520° C/분 (고압 Ar) 에서 200° C 까지.

특성: 밀도 >99.9% (14.815.0 g/cm³), 경도 18002200 HV, 강도 2.22.8 GPa .

분위기 소결로:

적용 분야: 썰 (예: O-링) 및 밸브 구성 요소 (예: 밸브 본체) 의 대량 생산.

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

프로세스 매개변수:

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>99%(14.514.8 g/cm³), 경도 14001800 HV, 치수 편차 ±0.10.5 mm.

1.2 프로세스 최적화

온도 제어: PID+AI 알고리즘, 정확도 ±3° C, 균일성 ±5° C, 열 응력 30% 감소.

탈랍: 진공 + H₂ 조합, 잔류 탄소 <0.05%, Ni 상 산화 방지.

HIP: 1350° C, 120 MPa, 2 시간 유지, 밀도 0.5% 증가, 사이클 20% 단축.

분위기: H₂ 순도 >99.999%, O₂ <5 ppm, 산화 속도가 50% 감소했습니다.

2. 니켈계 초경합금 심해용 셀의 성능

코발트계 초경합금 (WC + Co) 에 비해 니켈계 초경합금 (WC + Ni, Ni 함량 615%)은 해수부식 및 H₂S/CO₂ 에 대한 저항성이 강하여 극한의 심해환경의 요구조건을 충족합니다.

2.1 재료 특성

구성: WC(8594%), Ni(615%), 미량 Cr/Mo(내식성 향상).

밀도: 14.515.0 g/cm³ (GB /T 38502015), 편차 ±0.05 g/ cm³.

경도: 14002200 HV(GB/T 79972017), 편차 ±3050 HV.

강도 : 굽힘강도 2.02.8 GPa (GB/T 38512015).

다공성:<0.01%(진공/대기), <0.001%(HIP, GB/T 51692013).

부식 저항성: NACE MR0175 를 준수하여 H₂S(>1000 ppm), CO₂, 해수(pH 3.9)에 대한 저항성이 있습니다.

2.2 밀봉 성능

누출률: <10⁻⁶mbar • L /s(헬륨 테스트, 15,000 psi).

압력 범위: 진공 ~ 20,000 psi(138 MPa).

온도 범위: 50° C~200° C(일반적인 심해 조건).

표면처리 : Ni/Cr 전기도금 또는 PTFE 코팅, 마찰계수 20% 감소, 내마모성 30% 증가.

동적 밀봉: 약간의 동적 움직임(연결/분리)을 지원하며, 수명은 1000 회 이상 연결됩니다.

2.3 일반적인

O-링: Ø 5200 mm, 압축률 1520%, 자체 강화 셀.

C 형 셀: 스프링 반발력이 높아 고압 동적 밀봉에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

밸브 밀봉 표면: 밸브 시트/밸브 코어, 표면 거칠기 Ra 0.20.4 μm , 침식 방지.

추천: CTIA GROUP LTD 에서 생산하는 니켈 기반 시멘트 카바이드 심해 씰 및 씰링 링은 고급 HIP 소결 기술을 채택하여 높은 밀도(>99.9%)와 우수한 내식성을 보장하여 심해 석유 및 가스 개발의 요구 사항을 충족합니다.

3. 니켈 기반 초경 심해 밸브의 성능

심해 밸브(게이트 밸브 및 볼 밸브 등)는 니켈 기반 시멘트 카바이드를 사용하여 밸브 시트, 밸브 코어 및 밀봉 표면을 제조하여 고압(15,000~20,000psi), 부식성 유체(해수, H₂S) 및 빈번한 스위칭(>10,000 회)을 견뎌냅니다.

3.1 밸브 구성 요소 특성

재질: WC+Ni (Ni 812%), HIP 소결, 밀도>99.9%.

경도: 18002200 HV, 내마모성은 스텔라이트 합금보다 우수합니다.

강도: 2.22.8 GPa, 강한 충격 저항성, 파괴 인성 KIC 1012 MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$.

부식 저항성: 해수, H₂S(>1000 ppm), CO₂ 에 대한 저항성이 Inconel 625 보다 우수합니다.

표면: 거울 연마(Ra <0.2 μm), PTFE/Ni 코팅, 마찰 계수 <0.1.

3.2 밸브 성능

압력: API 6A 표준에 따라 15,000-20,000 psi.

온도: 50°C~200°C, 저온 취성에 강함.

누출률: <10⁻⁶ mbar $\cdot\text{L/s}$ (시트/코어 씰).

수명: 스위칭 횟수 > 10,000 회, 유지 보수 기간 > 5 년.

전형적인:

밸브 시트: 니켈 기반 경질 합금 표면, 두께 25mm, 내식성.

밸브 코어: 일체형 HIP 소결, 치수 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

밀봉 표면: C 형 또는 E 형 금속 씰, 탄성 변형률 1520%.

추천사항: CTIA GROUP LTD 에서 생산하는 니켈 기반 시멘트 카바이드 심해 밸브 구성품은 진공 소결 및 HIP 공정을 채택하고 API 6A 및 NACE MR0175 표준을 충족하며 심해 고압 밸브 시스템에 적합합니다.

4. 응용 프로그램 시나리오

심해 물개:

적용 분야: 심해 석유 및 가스 생산을 위한 유압 커플러 및 파이프 커넥터(15,000 psi, 50°C~150°C).

성능: 밀도 14.815.0 g/cm³, 경도 18002200 HV, 누출률 <10⁻⁶ mbar $\cdot\text{L/s}$.

예: O-링 ($\varnothing$ 50 mm), HIP 소결, 1400°C, 120 MPa, 4 시간, 기공률 <0.001%, H₂S 저항성 1000 ppm, 수명 >1000 개 연결.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

심해 밸브:

시나리오: 심해 크리스마스 트리, 초크 밸브, 게이트 밸브 (20,000 psi, H₂S/CO₂ 환경).

성능: 시트 경도 2000 HV, 강도 2.5 GPa, 스위칭 수명 >10,000 회.

케이스: 볼 밸브 시트 (Ø 100 mm), HIP 소결, 1350° C, 150 MPa, 3 시간, 밀도 14.9 g/cm³, 해수 부식 저항성, 유지보수 기간 5 년.

5. 니켈 기반 시멘트 카바이드 심해 밸브 부품 선정을 위한 권장 사항

응용 프로그램 환경에 따라:

심해 유압 커플러 (고동적 씰):

추천품: HIP 소결 C-링, Ni 함량 1012%, PTFE 코팅.

이유: 스프링 반발력이 높고, 누설률 <10⁻⁶ mbar • L /s, 수명 >1000 회.

심해 밸브 (고압, 내식성):

추천품: HIP 소결 밸브 시트/밸브 코어, Ni 함량 812%, 거울 광택 처리.

이유: 밀도 > 99.9%, H₂S/CO₂ 저항성, 스위칭 횟수 > 10,000 회.

성능 요구 사항에 따르면:

고정밀 (±0.01 mm): 진공소결 + HIP, 수축 편차 <±0.5%.

높은 내식성: Ni 함량 1015%, 미량 Cr/Mo 첨가, 10 년간 해수에 대한 내성이 있음.

낮은 누설: HIP 소결, 표면 Ra <0.2 μm, Ni/PTFE 코팅.

비용 예산에 따르면:

저렴한 가격: 분위기 소결로, 0.8 kWh/kg, 대량의 씰에 적합합니다.

고성능: HIP 소결로, 2kWh/kg, 밸브 중요 부품에 적합.

소결로 선택:

소규모 및 중규모 배치 (<50 kg/로): 높은 유연성을 갖춘 단일 챔버 진공 소결로.

대용량 배치 (>200 kg/로): 다중 챔버 진공/분위기 소결로, 비용 20% 절감.

고성능: HIP 소결로, 밀도 >99.9%, 기공률 <0.001%.

6. 최적화 제안

소결 공정:

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

탈랍: 진공 (10⁻² Pa) + H₂ (10 L/분), 잔류 탄소 <0.05%.

HIP: 1350° C, 120 MPa, 2 시간, 강도가 15% 증가함.

재료:

Ni 함량: 1012%, 경도와 내식성의 균형.

코팅: Ni/PTFE, 마찰 계수는 20% 감소하고, 내마모성은 30% 증가했습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

미량 원소: Cr/Mo 0.52%, H₂S 저항성이 25% 증가했습니다.

장비 유지관리:

온라인 모니터링: 온도, 압력, O₂를 실시간으로 모니터링하여 고장률을 20% 줄입니다.

구성 요소 검사: 폴리브덴/텅스텐 가열 요소는 4,000 시간마다 유지 관리해야 하며, 수명이 25% 증가합니다.

7. 표준

GB/T 345052017: 치수 정확도 $\pm 0.01\text{mm}$.

GB/T 183762014: 다공성 $< 0.01\%$.

GB/T 38502015: 밀도 $> 99\%$.

GB/T 51692013: 다공성 A02B00C00.

GB/T 38512015: 강도 2.0–2.8 GPa .

GB/T 7997–2017: 경도 1400–2200 HV.

NACE MR 0175 : H₂S/CO₂ 부식에 강함.

API 6A: 심해 밸브 압력 15,000–20,000 psi.

8. 결론

니켈 기반 초경합금 심해용 씰 및 밸브는 높은 밀도 ($> 99.9\%$), 경도 (1400~2200 HV), 내식성 (H₂S/CO₂/해수 내성), 낮은 누설률 ($< 10^{-6}$ mbar • L /s) 덕분에 심해 석유 및 가스 채굴의 극한 요구 조건을 충족하며 널리 사용되고 있습니다. 진공 소결로, HIP 소결로, 분위기 소결로는 각각 고정밀, 고성능, 대량 생산에 적합합니다. 공정 매개변수 최적화 (예: 1350° C, 120 MPa, H₂O₂ < 5 ppm)는 제품 성능을 크게 향상시킵니다. CTIA GROUP LTD는 니켈 기반 초경합금 심해용 씰, 씰링 링, 밸브 생산에 첨단 소결 기술을 사용하여 심해 엔지니어링을 지원하는 매우 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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



부록 :

니켈 기반 카바이드 화학 펌프 본체 및 셸

니켈 기반 초경합금 (WC + Ni) 은 뛰어난 내식성, 내마모성, 고강도 (2.0~2.8 GPa) 및 고온 안정성 (>1000° C) 을 갖춰 화학 펌프 본체, 셸 및 셸에 이상적인 소재입니다. 화학, 석유 및 제약 산업에서 부식성 유체 (산, 알칼리 및 염 용액 등), 고온 (50~300° C) 및 고압 (500~5000 psi) 에 대처하기 위해 널리 사용됩니다. 이러한 부품은 경도 (1400~2200 HV), 기공률 (<0.01%), 밀봉 성능 (누설률 <10⁻⁶ mbar • L / s) 및 내식성 (NACE MR0175 준수) 을 포함한 엄격한 성능 요건을 충족해야 합니다. 본 논문에서는 국가 표준 (GB/T 183762014, GB/T 38502015 등) 과 업계 관행을 결합하여 니켈 기반 시멘트 카바이드 화학 펌프 본체 및 셸의 소결 공정, 성능, 응용 분야 및 선택 권장 사항을 자세히 소개합니다.

1. 니켈계 초경합금 소결로 공정

니켈 기반 초경합금 화학 펌프 본체 및 셸은 고온 소결로 제작됩니다. 소결로는 진공 소결로, 열간 등방압 가압 (HIP) 소결로, 그리고 분위기 소결로가 있습니다. 공정 변수는 화학적 부식성 환경에 최적화되어 있습니다.

1.1 소결로 유형 및 공정 매개변수

진공소결로:

적용 분야: 정밀 셸 (예: Ø 5150 mm) 및 펌프 부품 (예: 임펠러 Ø 50300 mm) 생산.

프로세스 매개변수:

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

200600 °C, 가열 속도 25° C/분, 진공도 10^{-2} Pa, H₂ 유량 515 L/분, 24 시간, 탈락스율 >99.5%.

소결: 1350~1450° C, 가열 속도 510° C/분, 진공도 10^{-4} ~ 10^{-5} Pa, 24 시간 동안 보온합니다.

냉각: 1015° C/분 (Ar 강제 냉각), 최대 100° C.

특성: 밀도 14.514.9 g/cm³, 경도 14002000 HV, 기공률 <0.01%.

열간 등방압 압착로(HIP):

적용 분야: 고성능 셀 및 펌프 본체(예: 펌프 하우징 Ø 100-500 mm) 생산, 미세 기공 제거.

프로세스 매개변수:

소결: 1350~1450°C, 승온속도 58°C/분, 압력 100~150MPa (Ar), 13 시간 보온.

후처리: 1300-1350° C, 80-100 MPa, 12 시간, 기공률 <0.001%로 감소.

냉각: 1520° C/분(고압 Ar) 에서 200° C 까지.

특성: 밀도>99.9%(14.815.0 g/cm³), 경도 18002200 HV, 강도 2.22.8 GPa.

분위기 소결로:

적용 분야: 셀(기계 셀 등) 및 펌프 부품(부싱 등)의 대량 생산.

프로세스 매개변수:

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>99%(14.514.8 g/cm³), 경도 14001800 HV, 치수 편차 ±0.10.5 mm.

1.2 프로세스 최적화

온도 제어: PID+AI 알고리즘, 정확도 ±3° C, 균일성 ±5° C, 열 응력 30% 감소.

탈랍: 진공 + H₂ 조합, 잔류 탄소 <0.05%, Ni 상 산화 방지.

HIP: 1350° C, 120 MPa, 2 시간 유지, 밀도 0.5% 증가, 사이클 20% 단축.

분위기: H₂ 순도 >99.999%, O₂ <5 ppm, 산화 속도가 50% 감소했습니다.

2. 니켈 기반 초경합금 화학 펌프 본체의 성능

화학 펌프 본체(원심 펌프 케이싱, 임펠러, 부싱 등)는 부식성 유체(황산, 염산 등) 및 연마 입자(고형분 함량 <20%)에 대처하기 위해 니켈 기반 시멘트 카바이드로 제작됩니다.

2.1 재료 특성

성분: WC(8594%), Ni(615%), Cr/Mo(0.52%)로 내식성이 향상됩니다.

밀도: 14.515.0 g/cm³ (GB/T 38502015), 편차 ±0.05 g/cm³.

경도: 14002200 HV(GB/T 79972017), 편차 ±3050 HV.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

강도 : 굽힘강도 2.02.8 GPa (GB/T 38512015).

다공성: <0.01%(진공/대기), <0.001%(HIP, GB/T 51692013).

부식 저항성: 황산(50%), 염산(30%), NaOH(40%)에 대한 저항성이 있으며 NACE MR0175 를 준수합니다.

2.2 펌프 성능

압력: 5005000 psi, 중압 및 고압 화학 펌프에 적합합니다.

온도: 50300° C, 고온 유체에 강함.

내마모성: 마모 손실 <0.05 mm³ / h (ASTM G65), 316L 스테인리스 스틸보다 우수합니다.

표면처리 : Ni/Cr 전기도금 또는 DLC 코팅, 마찰계수 20% 감소, 내마모성 30% 증가.

수명: 연속 작동 시간 >10,000 시간, 유지 보수 주기 >2 년.

2.3 일반적인

펌프 케이싱: Ø 100500 mm, 벽 두께 520 mm, HIP 소결, 고압 저항성.

임펠러: Ø 50300 mm, 복잡한 곡면, 정확도 ±0.05 mm.

부싱: Ø 20100 mm, 표면 Ra <0.4 μ m, 내마모성.

추천: CTIA GROUP LTD 에서 생산하는 니켈 기반 시멘트 카바이드 화학 펌프 바디는 HIP 소결 공정을 채택하여 높은 밀도(>99.9%)와 우수한 내식성을 보장하여 화학 산업의 엄격한 요구 사항을 충족합니다.

3. 니켈 기반 카바이드 쉘의 성능

셸(기계식 씰링 링 및 O-링 등)은 부식성 유체의 누출을 방지하기 위해 화학 펌프의 동적 및 정적 씰링에 사용됩니다.

3.1 재료 특성

재질: WC+Ni (Ni 812%), HIP 소결, 밀도>99.9%.

경도: 18002200 HV, 내마모성은 SiC 보다 우수합니다 .

강도 : 2.22.8 GPa , 파괴인성 KIC 1012 MPa • m^{1/2} .

내식성: 산, 알칼리 및 염 용액 내성 측면에서 탄화규소보다 우수합니다.

표면: 거울 광택(Ra <0.2 μ m) , PTFE/DLC 코팅, 마찰 계수 <0.1.

3.2 밀봉 성능

누출률: <10⁻⁶ mbar • L /s (헬륨 테스트, 3000psi).

압력: 진공에서 5000psi 까지.

온도: 50300° C, 고온 유체에 강함.

동적 씰: 속도 1000-5000 rpm, 수명 >5000 시간.

정적 밀봉: 압축률 1520%, 수명 >10,000 시간.

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

3.3 일반적인

기계적 썰 링: $\varnothing$ 10150 mm, 평탄도 <0.001 mm, 고압에 강함.

O-링: $\varnothing$ 5100 mm, 자체 강화 썰, 부식 방지.

벨로우즈 썰: 높은 탄성으로 동적 밀봉에 적합합니다.

추천: CTIA GROUP LTD 에서 생산하는 니켈 기반 카바이드 썰과 썰링 링은 진공 소결 및 HIP 기술을 채택하여 화학 펌프의 높은 내식성과 낮은 누출 요구 사항을 충족합니다.

4. 응용 프로그램 시나리오

화학 펌프 본체:

시나리오: 비료 공장 및 정유 공장 등 황산(50%), 염산(30%) 또는 입자가 포함된 유체(고체 $<20\%$)를 운반하는 경우.

성능: 밀도 $14.815.0 \text{ g/cm}^3$, 경도 18002200 HV, 수명 $>10,000$ 시간.

사례: 원심 펌프 케이싱 ($\varnothing$ 200 mm), HIP 소결, 1400°C , 120 MPa, 4 시간, 기공률 $<0.001\%$, 황산 부식 저항성, 12,000 시간 작동.

물개:

시나리오: 화학 펌프 기계적 썰, 파이프 연결부(3000psi, 100200°C).

성능: 경도 2000 HV, 누설률 $<10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{L/s}$, 동적 수명 >5000 시간.

예: 기계적 썰 링 ($\varnothing$ 50 mm), HIP 소결, 1350°C , 150 MPa, 3 시간, 밀도 14.9 g/cm^3 , NaOH 저항성 40%, 수명 6000 시간.

5. 선택 권장 사항

응용 프로그램 환경에 따라:

부식성 유체(산/염기):

추천품: HIP 소결 펌프 하우징/썰 링, Ni 함량 1012%, DLC 코팅.

이유: 황산/염산에 강하고 수명이 10,000 시간 이상입니다.

연마 유체(입자 포함):

추천품: HIP 소결 임펠러/부싱, Ni 812%, 경도 2000 HV.

이유: 마모율 $<0.05 \text{ mm}^3/\text{h}$, 내마모성.

성능 요구 사항에 따르면:

고정밀($\pm 0.05 \text{ mm}$): 진공소결 + HIP, 수축 편차 $<\pm 0.5\%$.

높은 내식성: Ni 1015%, Cr/Mo 0.52%, 5 년간의 산 및 알칼리 저항성.

낮은 누설: HIP 소결, $\text{Ra} <0.2 \mu\text{m}$, PTFE/DLC 코팅.

비용 예산에 따르면:

저렴한 가격: 분위기 소결로, 0.8 kWh/kg , 대량의 썰에 적합합니다.

고성능: HIP 소결로, 2 kWh/kg , 주요 펌프 부품에 적합합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

소결로 선택:

소규모 및 중규모 배치 (<50 kg/로): 높은 유연성을 갖춘 단일 챔버 진공 소결로.

대용량 배치 (>200 kg/로): 다중 챔버 진공/분위기 소결로, 비용 20% 절감.

고성능: HIP 소결로, 밀도 >99.9%, 기공률 <0.001%.

6. 최적화 제안

소결 공정:

온도 조절: $\pm 3^{\circ}\text{C}$, 균일성 $\pm 5^{\circ}\text{C}$, 일관성이 10% 증가했습니다.

탈랍: 진공(10^{-2} Pa) + H_2 (10 L/분), 잔류 탄소 <0.05%.

HIP: 1350°C , 120 MPa, 2 시간, 강도가 15% 증가했습니다.

재료:

Ni 함량: 1012%, 경도와 내식성의 균형.

코팅: PTFE/DLC, 마찰 계수는 20% 감소하고, 내마모성은 30% 증가했습니다.

미량 원소: Cr/Mo 0.52%, 산 및 알칼리 저항성이 25% 증가했습니다.

장비 유지관리:

온라인 모니터링: 온도, 압력, O_2 를 실시간으로 모니터링하여 고장률을 20% 줄입니다.

구성 요소 검사: 몰리브덴/텅스텐 가열 요소는 4,000 시간마다 유지 관리해야 하며, 수명이 25% 증가합니다.

7. 표준

GB/T 345052017: 치수 정확도 $\pm 0.05\text{mm}$.

GB/T 183762014: 다공성 <0.01%.

GB/T 38502015: 밀도 >99%.

GB/T 51692013: 다공성 A02B00C00.

GB/T 38512015: 강도 2.0-2.8 GPa .

GB/T 7997-2017: 경도 1400-2200 HV.

NACE MR0175: 산 및 알칼리 부식 저항성.

API 610: 화학 펌프의 성능 요구 사항.

8. 결론

니켈 기반 초경합금 화학 펌프 본체 및 씬은 고밀도(>99.9%), 경도(1400~2200 HV), 내식성(산, 알칼리/염용액 내성), 낮은 누설률(< $10^{-6}\text{ mbar}\cdot\text{L/s}$)을 특징으로 하며, 화학 산업의 엄격한 요구 사항을 충족합니다. 진공 소결로, HIP 소결로, 분위기 소결로는 각각 고정밀, 고성능, 대량 생산에 적합합니다. 최적화된 공정(예: 1350°C , 120 MPa, H_2O_2 <5 ppm)은 제품 성능을 크게 향상시킵니다. CTIA GROUP LTD는 니켈 기반 초경합금 씬, 씬링 링, 화학 펌프 본체 생산에 첨단 소결 기술을 사용하여 화학 장비의 효율적인 작동을 지원하는 매우 신뢰할 수 있는 솔루션을 제공합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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