

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

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)

물리적 및 화학적 특성, 프로세스 및 응용 프로그램

CTIA GROUP LTD

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP 소개

CHINATUNGSTEN ONLINE 이 설립 한 독립적 인 법인격을 가진 전액 출자 자회사 인 CTIA GROUP LTD 는 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 재료의 지능적이고 통합적이며 유연한 설계 및 제조를 촉진하기 위해 최선을 다하고 있습니다. 1997 년 www.chinatungsten.com 를 출발점으로 설립 된 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 중국 최초의 최상위 텅스텐 제품 웹 사이트이며 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에 중점을 둔 중국의 선구적인 전자 상거래 회사입니다. 텅스텐 및 몰리브덴 분야에서 거의 30 년 동안 쌓아온 깊은 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 모회사의 탁월한 설계 및 제조 능력, 우수한 서비스 및 글로벌 비즈니스 명성을 계승하여 텅스텐 화학, 텅스텐 금속, 초경합금, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야에서 포괄적인 응용 솔루션 제공업체가 되었습니다.

지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류와 관련된 뉴스, 가격 및 시장 분석의 100 만 페이지 이상을 포함하여 20 개 이상의 언어를 다루는 200 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹 사이트를 설립했습니다. 2013 년부터 WeChat 공식 계정 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 40,000 개 이상의 정보를 게시하여 거의 100,000 명의 추종자에게 서비스를 제공하고 전 세계 수십만 명의 업계 전문가에게 매일 무료 정보를 제공합니다. 웹 사이트 클러스터 및 공식 계정에 대한 누적 방문 횟수가 수십억 회에 달함에 따라 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류 산업에서 인정받는 글로벌하고 권위 있는 정보 허브가 되어 24/7 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격 및 시장 동향 서비스를 제공합니다.

CHINATUNGSTEN ONLINE 의 기술과 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 고객의 개인화 된 요구를 충족시키는 데 중점을 둡니다. AI 기술을 활용하여 특정 화학 조성 및 물리적 특성(예: 입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수 및 공차)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계하고 생산합니다. 금형 개발, 시험 생산에서 마무리, 포장 및 물류에 이르기까지 전체 프로세스 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년 동안 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 130,000 명 이상의 고객에게 500,000 가지 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품에 대한 R & D, 설계 및 생산 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연성 및 지능형 제조의 기반을 마련했습니다. 이러한 기반을 바탕으로 CTIA GROUP 은 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 재료의 지능형 제조 및 통합 혁신을 더욱 심화합니다.

CTIA GROUP 의 Hanns 박사와 그의 팀은 30 년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴 및 희토류와 관련된 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 작성하고 공개적으로 발표하여 텅스텐 업계와 자유롭게 공유했습니다. 한 박사는 1990 년대부터 30 년 이상 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자 상거래 및 국제 무역, 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조 분야에서 경험을 쌓았으며 국내외에서 텅스텐 및 몰리브덴 제품 분야의 저명한 전문가입니다. 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하는 CTIA GROUP 의 팀은 생산 관행 및 시장 고객의 요구를 기반으로 기술 연구 논문, 기사 및 산업 보고서를 지속적으로 작성하여 업계에서 널리 찬사를 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA GROUP 의 기술 혁신, 제품 홍보 및 산업 교류에 대한 견고한 지원을 제공하여 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조 및 정보 서비스의 선두 주자로 도약할 수 있도록 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



암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)

Physical & Chemical Properties, Processes, & Applications

디렉토리

머리말

암모늄 메타텅스텐산염의 연구 의의와 산업적 가치

1 장 소개

- 1.1 암모늄 메타 텅스텐 산염의 정의 및 개요
- 1.2 텅스텐 화합물 계열에서의 위치
- 1.3 역사적 개발 및 연구 상태
- 1.4 산업 응용 전망

제 2 장 : 암모늄 메타 텅스텐 산염의 화학적 및 물리적 특성

- 2.1 암모늄 메타텅스텐 산염의 화학 성분 및 분자 구조
 - 2.1.1 암모늄 메타 텅스텐 산염의 분자식 및 구조적 특성
 - 2.1.2 메타텅스텐 암모늄의 결정 구조 분석 (X 선 회절 연구)
- 2.2 암모늄 메타 텅스텐 산염의 물리적 특성
 - 2.2.1 암모늄 메타 텅스텐 산염의 외관 및 형태
 - 2.2.2 암모늄 메타 텅스텐 산염의 용해도 및 안정성
 - 2.2.3 암모늄 메타 텅스텐 산염의 열 안정성 및 분해 거동
- 2.3 암모늄 메타 텅스텐 산염의 화학적 성질

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 2.3.1 암모늄 메타 텅스텐 산염과 산 및 염기의 반응
- 2.3.2 암모늄 메타텅스텐 산염의 산화 환원 특성
- 2.3.3 암모늄 메타 텅스텐 산염의 배위 화학
- 2.4 암모늄 메타 텅스텐 산염과 암모늄 파라 텅스텐 산염 (APT)의 비교.

제 3 장 : 암모늄 메타 텅스텐 산염의 제조 과정

- 3.1 원료 및 전구체
 - 3.1.1 텅스텐 농축액
 - 3.1.2 텅스텐 산과 텅스텐 산 나트륨
- 3.2 암모늄 메타 텅스텐 산염의 전통적인 제조 방법
 - 3.2.1 산성화
 - 3.2.2 이온 교환 방법
- 3.3 암모늄 메타 텅스텐 산염의 현대 합성 기술
 - 3.3.1 용매 추출
 - 3.3.2 열분해
 - 3.3.3 마이크로파 보조 합성
- 3.4 암모늄 메타 텅스텐 산염 제조를위한 공정 매개 변수의 최적화
 - 3.4.1 pH 제어
 - 3.4.2 온도와 압력의 영향
 - 3.4.3 결정화 공정 규정
- 3.5 암모늄 메타 텅스텐 산염의 산업 생산 공정
 - 3.5.1 순서도 및 장비
 - 3.5.2 폐기물 처리 및 환경 보호 대책

Chapter 4 : 암모늄 메타 텅스텐 산염의 분석 및 검출 기술

- 4.1 암모늄 메타텅스텐 산염의 화학 성분 분석
 - 4.1.1 텅스텐 함량 측정 (중량 측정, ICP-AES)
 - 4.1.2 암모늄 메타텅스텐 산염 (Fe, Mo 등)의 불순물 분석
- 4.2 암모늄 메타텅스텐 산염의 구조적 특성화
 - 4.2.1 X선 회절(XRD)
 - 4.2.2 적외선 분광법(IR) 및 라만 분광법
 - 4.2.3 열분석(TG-DSC)
- 4.3 암모늄 메타텅스텐산염의 물성 시험
 - 4.3.1 입자 크기 및 분포 (레이저 입자 크기 분석)
 - 4.3.2 비표면적 (BET 방법)
- 4.4 암모늄 메타 텅스텐 산염에 대한 품질 관리 표준
 - 4.4.1 중국 표준 (YS/T 535-2006)
 - 4.4.2 국제 규범 비교

제 5 장 : 암모늄 메타 텅스텐 산염의 응용 분야

- 5.1 촉매 산업
 - 5.1.1 석유 화학 산업에 응용

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 5.1.2 환경 보호 촉매 (SCR 탈질화)
- 5.2 텅스텐 제품의 제조
 - 5.2.1 고순도 텅스텐 분말 및 텅스텐
 - 5.2.2 텅스텐계 합금 및 복합재
- 5.3 기능성 재료
 - 5.3.1 전기 변색 재료
 - 5.3.2 난연제 및 나노 물질
- 5.4 기타 분야
 - 5.4.1 생물 의학 응용
 - 5.4.2 에너지 저장 및 변환

제 6 장 산업생산과 기술적 과제

- 6.1 대규모 생산의 병목 현상
 - 6.1.1 온도 조절
 - 6.1.2 비용 및 에너지 소비
- 6.2 기술 개선 방향
 - 6.2.1 녹색합성공정
 - 6.2.2 자동화 및 지능형 생산
- 6.3 안전 및 환경 보호
 - 6.3.1 생산 공정의 안전 사양
 - 6.3.2 폐액 및 폐가스 처리

7 장 사례 연구 및 실습

- 7.1 산업 생산 사례
 - 7.1.1 고순도 AMT 의 제조 예
 - 7.1.2 촉매용 AMT 적용 사례
- 7.2 실험실 합성 예시
 - 7.2.1 소규모 실험 설계
 - 7.2.2 데이터 분석 및 최적화
- 7.3 고장 분석 및 해결 방법
 - 7.3.1 일반적인 문제(결정화 불량, 과도한 불순물)
 - 7.3.2 해결 전략

제 8 장 장래의 전망

- 8.1 암모늄 메타텅스텐 산업 기술 개발 동향
- 8.2 신형 응용 분야의 잠재력
- 8.3 국제화 및 표준화 프로세스
- 8.4 연구 방향에 대한 제안

부록

- 부록 A : 암모늄 메타 텅스텐 산업 관련 화학적 특성 및 물리적 특성의 데이터 시트
- 부록 B: 일반적인 준비 프로세스의 순서도
- 부록 C: 테스트 방법에 대한 표준 운영 절차(SOP)

참조

- 학술 논문, 특허 및 기술 보고서
- 국내 및 국제 표준 문헌 (YS/T, ISO, ASTM 등)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

색인

Index of 키워드 및 용어

부록

암모늄 메타 텅스텐 산염에 대한 물질 안전 보건 자료 (MSDS)



CTIA GROUP LTD

암모늄 메타 텅스텐 산염 제품 소개

1. 제품 오버 view

화학식 $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ 를 갖는 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)은 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말을 갖는 고용해성 텅스텐 화합물입니다. AMT는 텅스텐 제품 및 기타 텅스텐 화합물 생산에 중요한 중간 원료이며 우수한 수용성(20° C에서 최대 303.9g/100g H₂O 의 용해도) 및 열 안정성으로 인해 많은 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

둘째, 제품 특성

외관 : 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말

순도 : $\geq 99.95\%$

용해도 : 높은 수용성, 에탄올에 불용성

밀도 : 약. 2.3g/cm³

열적 안정성: 300° C 이상에서 삼산화텅스텐(WO₃)으로 분해

안전: 약산성으로 자극성이 있으므로 사용 시 보호에 주의해야 합니다.

3. 제품 사양

WO ₃ 함량 (최소 \geq %) 91.0										
불순물 함량(최대, %)										
요소	에	만큼	바이	캘리포니아	와	철	마그네슘	K	미네소타	모
최대	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
요소	에	도	P	납	S	증권 시세 표시기	예	주석	티	V
최대	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 포장 및 보증

포장 : 내부 밀봉 진공 비닐 봉지, 외부 철 드럼 또는 플라스틱 드럼, 순중량 50kg, 방습 및 산화 방지.

보증 : 품질 인증서, 텅스텐 함량, 불순물 분석 (ICP-MS), 입자 크기 (FSSS 방법), 느슨한 밀도 및 수분 데이터, 12 개월의 유통 기한 (밀폐 및 건조 조건).

5. 조달 정보

사서함: sales@chinatungsten.com 전화: +86 592 5129696

암모늄 메타텅스텐 산염에 대한 자세한 내용은 China Tungsten Online (www.ammonium-metatungstate.com)을 참조하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



1 장 소개

1.1 암모늄 메타 텅스텐 산염의 정의 및 개요

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 텅스텐 화학 산업 체인의 핵심 중간체로서 중요한 폴리 텅스텐 산염 화합물로 우수한 화학적 및 물리적 특성으로 주목을 받고 있습니다. 분자 구조는 케긴형 다산 음이온 $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ 및 6 개의 암모늄 양이온 (NH_4^+ 결정화된 물의 양(n)은 일반적으로 준비 조건에 따라 3-6 사이로 변합니다. AMT의 중요한 특성에는 매우 높은 수용성(20°C에서 약 300-400g/100mL), 우수한 열 안정성(400-600°C에서 WO로 분해) 및 화학적 전환의 다양성이 포함되어 있어 촉매 준비, 고순도 텅스텐 분말 생산 및 기능성 재료 개발에서 대체할 수 없습니다.

암모늄 파라 텅스텐 산염 (APT)과 같은 전통적인 텅스텐 화합물과 비교할 때, AMT의 높은 용해도는 나노 스케일 텅스텐 분말을 제조하기 위한 분무 건조에 직접 사용되거나 전기 변색 WO_3 멤브레인 제조를 위한 전구체로 사용되는 것과 같은 용액 공정에서 이점을 제공합니다. 이 특성은 전통적인 텅스텐 제품의 생산 효율성을 향상시킬 뿐만 아니라 나노 기술, 에너지 저장 및 생물 의학 연구와 같은 신소재 분야에서의 적용을 촉진합니다. AMT의 산업적 가치는 텅스텐 화학 산업의 상류 및 하류 링크를 연결하는 텅스텐 정광 (볼프 ramite, scheelite)과 최종 제품 (예 : 텅스텐 합금, 텅스텐 재료) 사이의 효율적인 다리로서의 역할에 있습니다.

1.2 텅스텐 화합물 계열의 위치

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 화합물 계열 내에서 AMT 는 독특한 폴리 산 구조와 높은 용해도로 인해 특별한 위치를 차지합니다. 텅스텐 산 (H_2WO_4) 및 텅스텐 산 나트륨 (Na_2WO_4)을 포함한 많은 유형의 텅스텐 화합물이 있습니다.), 삼산화 텅스텐 (WO_3), 과라 텅스텐 산 암모늄 (APT) 등은 각각 특정 용도가 있습니다. AMT 는 APT 와 동일한 암모늄 텅스텐 산염 그룹에 속하지만 Keggin 유형 구조는 APT 의 사슬 또는 라멜라 구조보다 더 컴팩트하여 용해도가 크게 향상됩니다 ($25^{\circ}C$ 에서 AMT $350\text{ g} / 100\text{ mL}$ 대 APT $10\text{ g} / 100\text{ mL}$). 또한 AMT 는 열분해 온도가 낮고 ($600^{\circ}C$ 가 WO_3 로 완전히 전환됨) APT 는 더 높은 온도 ($>600^{\circ}C$) 가 필요하고 더 많은 중간체를 생성하므로 AMT 가 고순도 텅스텐 분말을 더 쉽게 제조할 수 있습니다.

AMT 의 브리징 역할은 텅스텐 광석 정제에서 다운스트림 공정에 이르기까지 전체 체인에 반영됩니다. 텅스텐 정광을 산 또는 알칼리로 처리하여 텅스텐 산 또는 텅스텐 산 나트륨을 생성 한 후 이온 교환, 용매 추출 또는 산성화 공정에 의해 AMT 로 전환 된 다음 텅스텐 분말, 텅스텐 재료 또는 촉매로 추가 가공 할 수 있습니다. 텅스텐 제품의 순도와 성능에 대한 첨단 산업(예: 항공우주 및 반도체)의 요구 사항이 증가함에 따라 AMT 는 기본 원료와 고급 응용 분야 간의 점점 더 눈에 띄는 연결 고리가 되었습니다.

1.3 역사적 발전 및 연구 현황

글로벌 리서치 히스토리

암모늄 메타 텅스텐 산염에 대한 연구는 20 세기 초에 시작되었으며, 텅스텐이 전략적 금속으로 개발되는 것과 일치했습니다. 1940 년대에 미국 학자 K. C. Li 와 C. Y. Wang 은 텅스텐에서 처음으로 텅스텐 화합물의 특성과 제조 방법을 체계적으로 설명했으며, 텅스텐은 텅스텐 산과 암모니아의 반응에 의해 AMT 를 합성하는 예비 과정을 언급했습니다. 당시의 초보적인 기술에도 불구하고 수율은 약 50%-60%에 불과했으며, 이는 AMT 의 후속 연구를 위한 토대를 마련했습니다. 20 세기 중반에 조명 (텅스텐 와이어), 군사 (텅스텐 스틸) 및 화학 (촉매) 분야에서 텅스텐 응용 분야가 확장됨에 따라 미국과 유럽은 AMT 의 산업 생산을 탐구하기 시작했습니다. 1950 년대에 미국 화학 회사는 산성화를 사용하여 연간 생산량이 수십 톤에 달하는 텅스텐 분말 준비용 AMT 를 생산했으며 제품은 주로 군사 및 조명 산업에 공급되었습니다.

20 세기 후반에 AMT 의 연구는 전 세계적으로 심화되었습니다. 유럽의 독일 화학자들은 Ullmann 의 산업 화학 백과사전(Encyclopedia of Industrial Chemistry)에서 AMT 의 화학적 특성과 산업적 용도를 자세히 문서화하여 석유 분해 촉매 및 고밀도 텅스텐에서의 잠재력을 지적했습니다. 1970 년대에 일본 텅스텐 산업 협회 (Japan Tungsten Industry Association)는 "산업 산업에서의 화합물 화합물 활용"에서 텅스텐 산염 필름과 같은 정밀 제조 및 전자 재료에 AMT 의 사용을 논의했으며, 일본 기업은 반도체 및 디스플레이 산업에 사용하기 위해 중국에서 AMT 를 수입하기 시작했습니다. 러시아의 텅스텐 화학 연구는 항공 우주 및 갑옷 재료의 요구를 충족시키기 위해 열 분해에 의한 고밀도 텅스텐 합금의 준비와 같은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

군사 산업에서 AMT의 적용에 중점을 둡니다. 이러한 발전은 AMT의 적용이 전통적인 텅스텐 제품에서 첨단 기술 분야로 점차 확장되고 있음을 보여줍니다.

중국에서의 R&D 및 생산의 역사

세계 최대의 텅스텐 자원 국가(세계 매장량의 60% 이상을 차지)이자 텅스텐 제품 생산자로서 AMT의 R&D 및 생산 역사는 중국 텅스텐 산업의 발전과 밀접한 관련이 있습니다. 20 세기의 50 년대에 중국은 체계적으로 텅스텐 자원을 개발하기 시작했으며, Jiangxi Gannan (Dayu, Chongyi), Hunan Persimmon Zhuyuan 및 기타 장소에서 볼프 램 마이트와 scheelite에 의존하고 광석 채굴에서 텅스텐 화합물 가공에 이르기까지 예비 산업 체인을 구축했습니다. AMT의 연구는 이 시기에 시작되었고, 1958년 베이징 비철금속 연구소(현 Research Technology Group)는 산성화에 의한 AMT 합성의 실험 결과를 처음으로 보고했습니다. 실험에서, 텅스텐 산 나트륨 용액(농도 100g / L WO_3)을 염산과 반응시켜 약 60%의 수율과 85% - 87%의 WO_3 함량을 가진 AMT 침전물을 생성했다. 이 과정은 아직 미성숙하지만, 이 성과는 중국에서 AMT 연구의 시작을 의미합니다.

20 세기의 60 년대와 70 년대에 들어서면서 중국의 AMT에 대한 연구는 탐색적 단계에 들어섰다. 1970년대 초, Xiamen Tungsten Industry의 전신인 Xiamen Smelter는 텅스텐 농축액을 묽아서 생산된 텅스텐 산 나트륨을 사용하여 이온 교환 및 산성화에 의해 AMT를 제조하여 AMT를 산업적으로 생산하려고했습니다. 이 제품은 주로 방위 산업(예: 텅스텐 카바이드 셀 코어) 및 조명 산업(예: 텅스텐 필라멘트 램프)의 요구를 충족시키기 위해 텅스텐 분말 및 텅스텐 스트립의 생산에 사용됩니다. 그러나 기술 및 장비의 한계로 인해 AMT는 순도가 낮고(WO_3 함량 85%-88%), 기준을 초과하는 불순물(예: Fe 0.005%, Mo 0.01%)이 있으며 연간 생산량은 국내 시장의 경우 수십 톤에 불과합니다.

개혁개방 이후 중국의 텅스텐 산업은 급속한 발전을 이끌었고 AMT의 R&D 및 생산은 새로운 단계에 접어들었습니다. 1980년대에 중국과학원(Chinese Academy of Sciences)의 공정 공학 연구소(Institute of Process Engineering)와 후난 비철금속 연구소(Hunan Institute of Nonferrous Metals)는 AMT의 순도와 수율을 크게 개선하기 위해 용매 추출과 개선된 이온 교환 방법을 개발했습니다. 1985년 "암모늄 메타 텅스텐 산업 추출의 제조에 관한 연구"는 TBP와 같은 유기 추출제를 사용하여 텅스텐 산 나트륨 용액에서 AMT를 추출하고 WO_3 함량이 89% 이상에 도달하고 Fe 함량이 0.001% 미만으로 감소했다고 보고했다. 이 기술은 Ganzhou Nonferrous Metallurgy Research Institute(현재 China Minmetals의 Ganzhou Tungsten Industry)에 의해 촉진되었으며 산업 생산이 구체화되기 시작했습니다. 같은 기간 동안 샤먼 텅스텐 산업, 중국 텅스텐 하이테크 및 기타 기업은 특수 생산 라인을 구축했으며 연간 생산량은 수십 톤에서 수백 톤으로 증가했으며 제품은 일본, 미국 및 기타 지역으로 수출되기 시작했습니다.

이 기간 동안 푸젠성의 Longyan 분말 야금 공장은 AMT의 개발 및 생산에서 중요한 역할을 했습니다. Longyan 분말 야금 공장은 1970년대에 설립되었으며 처음에는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 분말 및 초경합금 생산에 중점을 두었습니다. 1980년대 중반에 이 공장은 텅스텐 제품에 대한 증가하는 수요를 충족하기 위해 AMT를 개발하기 시작했습니다. 산성화 공정 및 결정화 조건을 최적화함으로써 사내 연구팀은 주로 텅스텐 분말 생산에 사용되는 88%-90%의 WO_3 함량으로 AMT를 성공적으로 준비했으며 연간 생산량은 점차 50-100톤으로 증가합니다. 1990년대 후반, Chinatungsten Online Technology Co., Ltd. (1997년 설립)는 설립 초기에 Longyan Powder Metallurgy Plant와 협력하여 고순도 ($WO_3 \geq 90\%$), 낮은 불순물 ($Fe \leq 0.0008\%$) 및 특정 입자 크기 (1-5 μm)와 같은 시장을 위한 특수 특성을 가진 AMT를 공동으로 개발했습니다. 이러한 특수 성능 AMT는 일본 및 한국 시장의 수요를 대상으로 하며 전자 재료(예: 텅스텐 타겟), 선박용 특수 페인트 및 코팅, 촉매 생산에 사용됩니다. 협력 기간 동안 Chinatungsten Online은 기술 지원 및 시장 채널을 제공했으며 Longyan Powder Metallurgy Plant는 연간 수백 톤을 수출하기 위해 생산 능력에 의존하여 국제 시장에서 중국 AMT의 경쟁력을 높였습니다.

21세기에 들어서면서 중국의 AMT 연구는 고도의 정제 및 기능화로 전환되었습니다. 2006년 중국 비철금속 산업 협회 (China Nonferrous Metals Industry Association)는 YS / T 535-2006 "암모늄 텅스텐 산염" 표준을 발행했는데, 이는 AMT의 WO_3 함량이 $\geq 88.0\%$, $Fe \leq 0.001\%$ 및 $Mo \leq 0.002\%$ 로 제품 품질에 대한 표준화 된 기초를 제공하고 촉매 (예: SCR 탈질) 및 전자 재료 (예: 스퍼터링 대상)에 대한 적용을 촉진합니다. 2010년 이후 나노 기술의 부상으로 중국 과학원 화학 연구소 및 기타 부서는 나노 텅스텐 분말 및 WO_3 박막에서 AMT의 잠재력을 탐구했습니다. 2013년 "나노 암모늄 메타 텅스텐 산염의 제조 및 특성화"에서는 입자 크기가 50-100 nm인 AMT를 분무 건조 및 저온 결정화로 제조하고 비 표면적이 $15m^2 / g$ 이며 광 투과율 변화율이 80%인 전기 변색 재료에 적용했다고 보고했습니다. 산업 측면에서 Xiamen Tungsten Industry와 Jiangxi Tungsten Group은 항공 우주 및 신에너지 분야에 공급되는 연간 1,000톤 이상의 고순도 AMT ($WO_3 \geq 90\%$) 생산량으로 열분해 및 환원 공정을 최적화했습니다.

최근 몇 년 동안 중국의 AMT 산업은 녹색 개발에 중점을 두었습니다. 산성화 폐수에서 5-10g/L의 암모니아 농도와 같은 기존 공정에서 암모니아 질소 폐수 문제는 새로운 공정의 개발로 이어졌습니다. 2018년 간저우의 한 텅스텐 회사는 마이크로파 보조 합성 및 폐액 재활용 기술을 채택하여 암모니아 회수율 90%, 생산 비용 15% 절감, 폐수 배출 70% 감소를 달성했습니다. 현재 중국의 연간 AMT 생산량은 세계 (5000-6000톤)의 약 70%를 차지하며 주요 제조업체로는 샤먼 텅스텐, Chinatungsten High-tech, Jiangxi Tungsten Group 및 Longyan Powder Metallurgy Plant 등이 있으며 수출은 유럽, 미국, 일본 및 한국에 판매되어 글로벌 텅스텐 화학 산업의 중요한 기둥이 되고 있습니다.

1.4 산업 응용을 위한 전망

AMT는 기존 분야와 신형 분야를 모두 포괄하는 광범위한 산업 응용 분야를 보유하고 있습니다. 전통적인 텅스텐 제품에서 AMT는 고순도 텅스텐 분말의 주요 원료로,

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

분무 건조 및 수소 환원에 의해 제조되어 초경합금 (절삭 공구), 텅스텐 와이어 (조명) 및 텅스텐 (고온로 부품)에 대해 0.1-5 μm 의 입자 크기를 가진 텅스텐 분말을 제조합니다. 촉매 분야에서 AMT는 석유 화학 (수소 분해) 및 환경 보호 (SCR 탈질)에서 $\text{WO}_3 / \text{V}_2\text{O}_5$ 와 같은 텅스텐 기반 촉매의 전구체로 사용되며 연간 글로벌 수요는 약 1,000 톤입니다. 신홍 분야에서 AMT는 전기 변색 스마트 윈도우 및 가스 센서 용 WO_3 나노 입자 (10-50 nm)를 준비 할 수 있습니다. 에너지 저장에서 그 파생 제품은 리튬 배터리 양극 재료의 성능을 향상시킵니다. 생물 의학에서는 WO_3 의 광열 효과가 암 치료를 위해 연구되고 있습니다.

그러나 AMT는 순도 제어(불순물 < 0.0005%), 비용 최적화(톤당 RMB 2-30,000) 및 환경 문제(예: < 10mg/L의 암모니아 질소 배출량)에 직면했습니다. 친환경 기술과 지능형 생산이 미래의 방향입니다.

리소스

K. C. Li, C. Y. Wang, 텅스텐: 그 역사, 지질학, 광석 드레싱, 야금, 화학, 분석, 응용 및 경제, 3판, Reinhold Publishing Corp., New York, 1947. (英文, AMT 历史与早期研究)

Chinatungsten Online, 암모늄 메타텅스텐 산업 소개, 2023 년에 액세스. (중국어, AMT 기본 개요 및 산업 배경)

YS/T 535-2006 "암모늄 텅스텐 산업", 중국 비철금속 산업 협회, 2006. (중국어, 중국 AMT 품질 표준)

Ullmann의 산업 화학 백과 사전, "텅스텐 화합물", Wiley-VCH, 2005. (英文, AMT 的工业地位)

일본 텅스텐工业协会, "텅스텐 화합물의 산업 활용", 东京, 2015. (日文, AMT 的应用前景)
베이징 비철금속 연구소, "암모늄 텅스텐 산업에 대한 예비 연구 보고서", 1958 내부 데이터. (중국어, 중국 AMT 연구 시작)

Li Ming, "암모늄 메타 텅스텐 산업 추출의 제조에 관한 연구", 비철금속, Vol. 37, No. 4, 1985, pp. 45-50. (중국어, 중국 AMT Process Improvement)

Fang Wang, "나노 암모늄 메타 텅스텐 산업의 제조 및 특성화", 무기 화학 저널, Vol. 29, No. 8, 2013, pp. 1650-1656. (중국, 중국 AMT 나노화 연구)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



2 장 화학적 및 물리적 특성

암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 중요한 폴리 텨스텐 산염 화합물이며, 독특한 화학적 및 물리적 특성으로 인해 텨스텐 화학 산업, 촉매 제조, 기능성 재료 및 신흥 기술 분야에서 광범위한 응용 잠재력을 가지고 있습니다. 이 장에서는 분자 구조, 물리적 특성, 화학적 반응성 및 유사 화합물과의 비교와 같은 여러 차원에서 AMT의 물리화학적 특성을 종합적으로 분석하고 풍부한 실험 데이터와 이론적 지원을 제공하여 후속 준비 공정 설계 및 응용 연구를 위한 견고한

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기반을 마련합니다.

2.1 화학 성분 및 분자 구조

2.1.1 분자식과 구조적 특성

메타 텨스텐 산 암모늄의 화학식은 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 이며, 여기서 n 은 결정성의 물의 양을 나타내며, 이는 준비 조건 (예 : 용액 농도, 건조 온도 및 주변 습도)에 따라 일반적으로 3-6 사이로 변합니다. 분자 구조는 다산 음이온 $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ 및 6 개의 암모늄 양이온 (NH_4^+)으로 구성되며, 음이온을 코어 부분으로 하며 12 개의 텨스텐 원자와 40 개의 산소 원자를 포함하여 고전적인 케긴 형 다산 구조를 형성합니다. Keggin 구조는 동일 및 동일 측면 연결로 연결된 12 개의 WO_6 팔면체로 구성되어 중앙에 2 개의 양성자 (H^+)가 내장 된 대략 구형 케이지 모양의 프레임 워크를 형성하며, 수소 결합을 통해 산소 원자와 조정하여 전하 균형과 구조의 안정성을 유지합니다.

AMT의 분자량은 결정수의 양에 따라 다릅니다. $n = 4$ 를 예로 들면 분자량은 $2956.3\text{g} / \text{mol}$ 이고 각 원소의 질량 비율은 텨스텐 (W) 74.6 % ($12 \times 183.84 = 2206.08\text{g} / \text{mol}$), 산소 (O) 21.6 % ($40 \times 16 + 4 \times 16 = 704\text{g} / \text{mol}$), 질소 (N) 2.8 % ($6 \times 14 = 84\text{g} / \text{mol}$), 수소 (H) 1.0 % ($6 \times 4 + 2 + 4 \times 2 = 34\text{g} / \text{mol}$). 이 높은 텨스텐 함량은 텨스텐 분말 및 텨스텐 합금과 같은 텨스텐 기반 재료의 중요한 전구체입니다. AMT의 화학적 조성은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy)에 의해 검증되며 텨스텐 함량은 일반적으로 이론적 계산과 일치하는 74.5%-75.0% 사이에서 변동합니다.

AMT의 두드러진 특성 중 하나는 매우 높은 수용성입니다. 실험적 분석에 따르면 용해도는 20°C 에서 $300\text{-}400\text{g}/100\text{mL}$ 이며 온도에 따라 증가하여 25°C 에서 $350\text{-}380\text{g}/100\text{mL}$, 50°C 에서 최대 $450\text{-}480\text{g}/100\text{mL}$ 에 이릅니다. 이 높은 용해도는 AMT의 이온 구조와 암모늄의 강한 친수성으로 인해 과량 텨스텐 산 암모늄 (APT, 20°C 에서 약 $10\text{g} / 100\text{mL}$)과 같은 다른 암모늄 텨스텐 산염 화합물의 용해도를 훨씬 능가합니다. 용해도 데이터는 정적 용해 실험에 의해 얻어졌다 : 과량의 AMT를 자동 온도 조절 수조에서 증류수에 첨가하고, 24 시간 동안 교반하고, 여과하고, 상등액을 건조시키고 무게를 측정하고, 평균을 취하기 위해 3 회 반복했다. 이 특성은 분무 건조에 의한 나노 텨스텐 분말의 제조와 같은 용액 방법에 의한 텨스텐 제품의 제조에 비교할 수 없는 이점을 제공합니다.

또한 AMT의 구조는 특정 역학을 나타냅니다. 핵자기공명(NMR) 연구에 따르면 용액 내 $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ 음이온은 pH 4-7의 pH 범위에서 안정적이지만 극한 조건(예: pH < 2 또는 > 10)에서 해중합 또는 재구성하여 올리고폴리텨스텐 산염 또는 단핵 텨스텐 산염(예: WO_4^{2-})을 형성할 수 있습니다. 이러한 구조적 유연성은 화학적 변형의 기초를 제공합니다.

2.1.2 결정 구조 분석(X선 회절 연구)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT는 일반적으로 백색 또는 연황색 결정성 분말의 형태로 발견되며 결정 구조는 X선 회절(XRD) 기술에 의해 자세히 특성화됩니다. 이 연구는 AMT의 결정 시스템이 $P2_1/n$ 의 공간 그룹을 가진 단사정이고 단위 셀 매개변수는 $a = 10.45 \text{ \AA}$, $b = 14.78 \text{ \AA}$, $c = 18.92 \text{ \AA}$, $\beta = 94.5^\circ$ 이고 단위 셀 부피는 약 2915 \AA^3 임을 보여줍니다. 결정에서 $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ 음이온은 각 폴리산 단위가 수소 결합에 의해 암모늄 양이온(NH_4^+) 및 결정질 물 분자와 결합하여 안정적인 3차원 네트워크 구조를 형성합니다. 결정질 물 분자는 결정 격자에서 특정 위치를 차지하며 일반적으로 4개 또는 6개의 물 분자 형태로 존재합니다. 예를 들어, $n=4$ 에서 XRD 스펙트럼은 $2\theta = 8.5^\circ$, 17.2° , 25.8° 등에서 특징적인 회절 피크를 나타내며 강도 비율은 단사정 특성과 일치합니다.

결정 구조의 안정성은 결정 물과 밀접한 관련이 있습니다. 적외선 분광법(IR) 분석은 AMT가 $3400\text{--}3500\text{cm}^{-1}$ 에서 넓은 O-H 스트레칭 진동 피크를 가지며, 결정 물의 존재를 확인하는 것으로 나타났습니다. W=O 및 W-O-W의 특징적인 피크는 각각 $900\text{--}950\text{cm}^{-1}$ 및 $700\text{--}800\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나며 Keggin 구조의 골격 진동을 반영합니다. 결정화된 물의 양은 건조 조건을 제어하여 조정할 수 있으며, 예를 들어 $n=4$ 결정은 80°C 에서 4시간 동안 진공 건조하여 얻을 수 있으며 120°C 에서 $n=3$ 으로 감소할 수 있습니다.

AMT의 결정 크기는 일반적으로 마이크로 범위($1\text{--}10 \mu\text{m}$)이고 D50(중간 입자 크기)은 레이저 입자 크기 분석기에 의해 결정된 바와 같이 약 $4.8\text{--}5.2 \mu\text{m}$ 입니다. 그러나 결정화 조건을 최적화함으로써(예: 용액의 농도를 50g/L 로 낮추고 냉각 속도를 0.5°C/min 으로 제어) 더 작은 나노 스케일 AMT($50\text{--}200\text{nm}$)를 준비할 수 있습니다. SEM(주사 전자 현미경) 관찰에 따르면 나노 AMT 입자는 구형 또는 타원형 모양이며 표면이 매끄럽고 응집도가 낮습니다. 이 입자 크기 조절은 비 표면적이 높은 텅스텐 기반 촉매의 제조와 같은 나노 물질의 합성에 매우 중요합니다.

결정 구조는 AMT의 물리적 특성에 지대한 영향을 미칩니다. 예를 들어, 결정 격자의 수소 결합 네트워크는 실온에서 안정성을 향상시키지만 가열($> 100^\circ \text{C}$)하면 결정 물이 제거되면 결정 구조가 재배열되고 XRD 스펙트럼은 회절 피크 강도가 약화되어 결국 비정질 상태로 이동합니다. 이 전이는 열 분해 거동과 용해도 모두에 직접적인 영향을 미칩니다.

2.2 물리적 특성

2.2.1 외관 및 형태

AMT는 실온 및 압력에서 백색에서 연한 노란색의 무취 분말이며 외관 균일성은 산업 품질 관리의 핵심 지표입니다. 색상의 작은 차이는 종종 준비 중 불순물 또는 산화 상태와 관련이 있습니다. 예를 들어, AMT는 미량의 철($\text{Fe} < 0.001\%$) 또는 몰리브덴($\text{Mo} < 0.002\%$)이 함유되어 열은 노란색으로 나타날 수 있는 반면, 고순도 샘플(불순물 $< 0.0005\%$)은 순백색일 수 있습니다. 공산품의 입자는 다양하며, 분무 건조로 제조된 AMT는 대부분 입자 크기 분포가 균일한 마이크로 크기의 구형 입자(1--

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 μm), D10 ≈ 2.0 μm, D50 ≈ 5.0 μm, D90 ≈ 8.5 μm(레이저 입자 크기 분석 데이터)입니다. SEM 이미지는 높은 용해성 및 열 안정성과 일치하는 큰 다공성이나 균열이 없는 매끄러운 표면과 낮은 입자 간 응집력을 보여줍니다.

실험실 조건에서 밀리미터 크기의 AMT 단결정(0.5-2mm)은 결정학 연구에 적합한 투명 또는 반투명, 육면체 또는 프리즘 결정 형태로 느린 증발(25° C, 50% 상대 습도)로 성장할 수 있습니다. 단결정의 밀도는 부력에 의해 결정되며 약 4.2-4.5g/cm³로 이론적 계산(4.39g/cm³, n=4)에 가깝습니다. 분말의 벌크 밀도는 입자 크기와 수분 함량에 따라 일반적으로 1.8-2.2 g/cm³로 낮습니다. 예를 들어, 수분 함량이 2.5%인 AMT는 1.85g/cm³의 느슨한 밀도를 가지며 0.5%로 건조되면 2.15g/cm³로 상승합니다.

AMT의 비표면적은 0.5-2 m²/g의 마이크론 크기 입자와 최대 10-20 m²/g의 나노 크기 입자가 있는 BET(질소 흡착 방법)에 의해 결정됩니다. 비표면적의 크기는 입자 형태 및 준비 공정과 밀접한 관련이 있으며, 예를 들어, 분무 건조 제품은 비표면적이 더 낮은 반면 저온 결정질 제품은 비표면적이 더 높습니다. 이러한 물리적 특성의 차이는 촉매 및 나노 물질의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다.

2.2.2 용해도 및 안정성

AMT의 높은 용해도는 가장 중요한 물리적 특성 중 하나입니다. 실험 데이터는 다른 온도에서의 용해도가 다음과 같다는 것을 보여줍니다.

10° C: 280-310g/100mL

20° C: 300-400g/100mL

25° C: 350-380g/100mL

50° C: 450-480g/100mL

80° C: 510-550g/100mL

용해도 시험 방법은 다음과 같습니다 : 항온 수조에 증류수 100mL에 과량의 AMT (500g)를 첨가하고 포화 될 때까지 24 시간 동안 저어 준 후 상등액 고체를 여과 및 건조시키고 칭량 및 계산하고 3 회 반복하여 평균을 취한다. 그 결과, 용해도는 온도가 증가함에 따라, 특히 50° C 이상에서 비선형적으로 증가하는 것으로 나타났습니다. 이 높은 용해도는 이온 구조 ([H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻ 및 NH₄⁺)와 암모늄 뿌리의 강한 친수성에 기인합니다. AMT 수용액의 pH는 일반적으로 5.5-7.0이며, 농도는 10g/100mL에서 pH ≈ 6.8에서 100g/100mL에서 pH ≈ 5.9까지 다양하며, 이는 약한 가수분해를 반영합니다.

AMT는 유기 용제에 대한 용해도가 매우 낮습니다. 예를 들어, 에탄올 (95 %, 20 ° C)에서 용해도 < 0.1 g / 100 mL; 에테르, 아세톤 및 벤젠 (< 0.01g/100mL)에는 거의 녹지 않습니다. 그러나, 용해도는 암모니아 및 강알칼리 용액에서 크게 향상됩니다.

25% NH₃ • H₂O (20° C) : >500g/100mL

1 mol / L NaOH (20 ° C) : 약. 450 g / 100 mL 암모니아의 높은 용해도는 NH와 다산 음이온의 배위에 기인하며, 용해성 텅스텐 산염 (예 : Na₂WO₄)은 NaOH에서

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

형성됩니다. 이러한 특성은 100mL의 용매에 10g의 AMT를 첨가하고 12시간 동안 교반하여 용해량을 측정하는 가용화 실험에 의해 검증되었습니다.

AMT 수용액은 실온(25°C, 밀폐)에서 안정적이며 큰 침전이나 분해 없이 몇 달 동안 보관할 수 있습니다. 자외선 가시광선 분광법(UV-Vis) 분석은 200-400nm에서 흡수 피크에 큰 변화가 없음을 보여주었으며 이는 구조적 무결성을 나타냅니다. 그러나 고온(>60°C) 또는 공기에 노출되면 수분 증발로 인해 결정이 침전될 수 있으며 침전된 결정의 XRD 스펙트럼은 원래 AMT와 일치하여 화학적 안정성을 입증합니다.

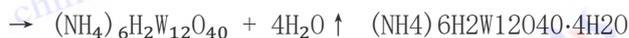
AMT의 내광성과 내산화성도 주목할 만합니다. 광안정성 테스트(UV 램프, 254nm, 10mW/cm², 24시간)에서는 AMT 고체 및 용액(50g/100mL)에서 0.1%의 질량 손실로 분해 징후가 나타나지 않음. 강력한 산화제(예: 25°C에서 30% H₂O₂, 24시간 동안 교반)의 작용으로 AMT의 폴리 산 구조가 부분적으로 해중합되어 올리고 텅스텐 산염을 형성하고 용액의 pH는 4.5로 떨어지며 약한 흡수 피크(약 320 nm)가 UV-Vis에 의해 감지됩니다. 이러한 특성은 광화학 및 산화 환경에서의 적용을 제한합니다.

2.2.3 열적 안정성 및 분해 거동

AMT의 열 안정성은 산업 응용 분야의 핵심 기능입니다. 분해 과정은 열중량 분석(TG), 시차 주사 열량계(DSC) 및 열중량 측정-적외선 결합(TG-IR) 연구에 의해 세 단계로 나뉩니다.

50-150°C(结晶水脱去):

반응:



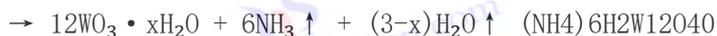
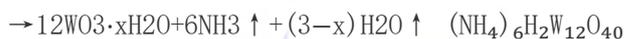
질량 손실: 약 2.4%(이론상 2.43%, n=4)이며 TG 곡선은 꾸준한 감소를 보입니다.

DSC: 105-115°C에서 흡열 피크, 엔탈피 변화 $\Delta H \approx 45 \text{ kJ/mol}$.

TG-IR: H₂O의 특성 피크 검출(3600-3700 cm⁻¹).

200-400°C(암모늄 분해):

반응:



질량 손실: 약 5.8%(이론상 5.76%), TG 곡선은 급격한 감소를 보여줍니다.

DSC: 340-360°C, $\Delta H \approx 120 \text{ kJ/mol}$ 에서 강한 흡열 피크.

TG-IR: NH₃ (930 cm⁻¹) 및 H₂O가 검출되었으며, 생성물은 비정질 텅스텐 산염

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

중간체였다.

400-600 ° C(완전 분해):

반응:

$12\text{WO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$\rightarrow 12\text{WO}_3 + x\text{H}_2\text{O} \uparrow$ $12\text{WO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$\rightarrow 12\text{WO}_3 + x\text{H}_2\text{O} \uparrow$ $12\text{WO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

$\rightarrow 12\text{WO}_3 + x\text{H}_2\text{O} \uparrow$

질량 손실: 총 8.2%(이론상 8.19%)이며 TG 는 안정적인 경향이 있습니다.

DSC : 발열 피크는 540-560 ° C, $\Delta H \approx -30 \text{ kJ / mol}$ 이며 WO_3 결정 상전이를 나타냅니다.

TG-IR: 소량의 H_2O 만 검출되었습니다.

분해 생성물의 형태와 순도는 많은 요인의 영향을 받습니다. 공기 중 ($10 \text{ }^\circ \text{C / min}$ 램프)에서 WO 는 노란색 마이크론 크기의 입자 ($1-5 \text{ } \mu\text{m}$)이고 XRD 는 단사정 특성 피크 ($2\theta = 23.1 \text{ }^\circ, 23.6 \text{ }^\circ, 24.4 \text{ }^\circ$)를 나타냅니다. N_2 대기에서 WO_3 입자는 더 미세하고 ($0.5-2 \text{ } \mu\text{m}$) 표면 결함이 감소합니다. H_2 분위기 ($500 \text{ }^\circ \text{C}, 1 \text{ atm}$)에서 AMT 는 $0.1-1 \text{ } \mu\text{m}$ 의 입자 크기와 $>99.9 \%$ 의 순도를 갖는 텅스텐 분말 (W)로 직접 환원되었습니다 (ICP-AES 측정). 온난화 속도는 입자 형태에 상당한 영향을 미쳤다 : 균일 한 WO_3 결정 ($D50 \approx 1.8 \text{ } \mu\text{m}$)은 $2 \text{ }^\circ \text{C / 분}$ 에서 형성된 반면, 응집은 $20 \text{ }^\circ \text{C / 분}$ ($D50 \approx 5.5 \text{ } \mu\text{m}$)에서 발생했다.

AMT 는 가열될 때 녹는 것이 아니라 분해되기 때문에 명확한 용점이 없습니다. 열 안정성 테스트에 따르면 초기 분해 온도는 약 $190-200 \text{ }^\circ \text{C}$ 이고 완전 분해 온도는 $580-620 \text{ }^\circ \text{C}$ 이며 샘플 수분 및 기기 조건에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 나타났습니다. 이 열분해 특성으로 인해 분위기와 온도를 제어하여 텅스텐 분말 또는 입자 크기가 다른 WO_3 나노 입자와 같은 고온에서 텅스텐 기반 재료의 제조에 널리 사용됩니다.

2.3 화학적 성질

2.3.1 산 및 염기와의 반응

AMT 는 산성 조건 ($\text{pH} < 4$)에서 불안정하며 불용성 텅스텐산 (H_2WO_4)으로 빠르게 분해됩니다. 1 mol/L HCl 을 예로 들면 반응은 다음과 같습니다.

$(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} + 12\text{HCl}$

$\rightarrow 12\text{H}_2\text{WO}_4 \downarrow + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} + 12\text{HCl}$

$\rightarrow 12\text{H}_2\text{WO}_4 \downarrow + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} + 12\text{HCl}$

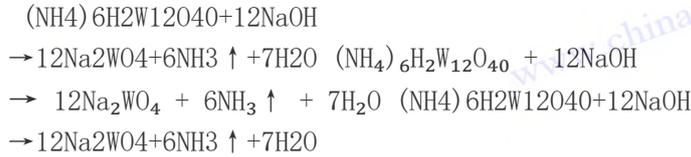
$\rightarrow 12\text{H}_2\text{WO}_4 \downarrow + 6\text{NH}_4\text{Cl}$

실험적 분석: $\text{pH} 2, 25 \text{ }^\circ \text{C}$ 에서 100mL 의 HCl 을 교반하고, 5 분 이내에 H_2WO_4 로 80% 전환, 10 분 이내에 90%로 전환, pH 의 함수로 침전 속도 ($\text{pH} 3$ 에서 50%까지 내려가기). H_2WO_4 는 노란색 젤라틴 물질이며, WO_3 는 $>98\%$ 의 수율로 여과 및

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

건조(500° C, 2 시간)를 통해 얻어집니다. 이 반응은 텅스텐 용액에서 텅스텐을 회수하기 위해 산업에서 사용되며 침전물의 SEM은 비정질 입자 (0.5-2 μm)로 나타납니다.

알칼리성 조건에서 AMT는 해리되어 용해성 텅스텐산염을 형성합니다. 1 mol / L NaOH를 예로 들어 보겠습니다.

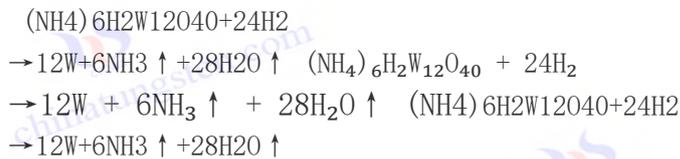


반응을 25° C에서 수행하고, 100mL의 NaOH에 AMT 10g을 용해시키고, 5분 이내에 맑은 용액을 생성하고, NH₃ 휘발로 pH를 14에서 11.5로 낮췄다. 제품 Na₂WO₄의 UV-Vis 흡수 피크는 220 nm이고 순도는 ICP-AES에 의해 99.5%로 확인됩니다. 이 공정은 일반적으로 텅스텐 산염 또는 기타 텅스텐 화합물을 제조하는 데 사용됩니다.

산 및 염기에 대한 AMT의 민감성은 보관 및 사용 중에 pH 제어가 필요합니다. 예를 들어, AMT는 pH 5-7의 완충 용액에서 수개월 동안 안정적인 반면, pH < 3 또는 > 9는 분해를 방지하기 위해 즉시 처리해야 합니다.

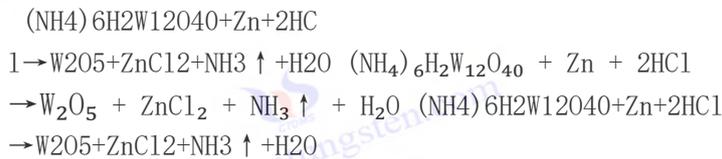
2.3.2 산화 환원 특성

AMT의 텅스텐 원자는 +6 산화 상태 (W⁶⁺)이며 강력한 환원제의 작용으로 W⁵⁺ 또는 W⁴⁺로 환원될 수 있습니다. H₂ 분위기 (500° C, 1 atm, 유속 100 mL / 분)에서 AMT는 텅스텐 분말로 완전히 환원됩니다.



생성물은 회백색 분말이며 XRD는 입방 텅스텐 (2θ = 40.3°, 58.3°), 입자 크기 0.1-1 μm, 산소 함량 < 0.05% (불활성 가스 용해법)를 확인합니다. 환원 시간 (2-4 시간) 및 온도 (450-600° C)는 입자 크기에 상당한 영향을 미칩니다: 0.1-0.5 μm 입자는 450° C에서 생성되고 600° C에서 0.8-1.2 μm로 증가합니다.

산성 조건(예: Zn/HCl, 1 mol/L HCl, 25° C)에서 AMT는 다음 반응으로 청색 텅스텐 청동 (W₂O₅ 또는 WO_{2.9})을 생성합니다.



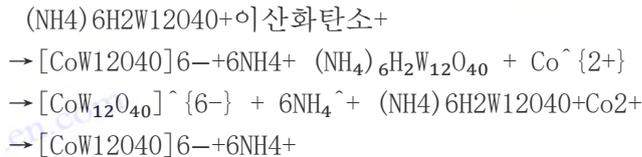
UV-Vis 생성물은 특징적인 흡수 피크 (600-800nm)를 나타내며 감소 정도에 따라 색상이 어두워집니다. 이 특성은 코팅 후 AMT 용액과 같은 WO₃ 필름과 같은 전기 변색 재료에 널리 사용되어 < 1 초의 응답 시간으로 변색 필름을 제조합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT는 약하게 산화되지만 강력한 산화제(예: 30% H₂O₂, 25° C, 24 시간)의 작용으로 다산 구조가 부분적으로 해중합되어 올리고 폴리텡스텐 산염(예: [W₆O₁₉]²⁻)을 형성하고 용액 pH는 4.0-4.5로 감소하고 ICP-MS에 의해 검출된 텡스텐 함량은 약 5% 감소합니다. 이 거동은 강한 산화 환경에서 안정성을 제한합니다.

2.3.3 배위 화학

AMT의 다산 음이온 [H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻는 배위력이 강하고 전이 금속 이온과 헤테로폴리산 복합체를 형성합니다. Co²⁺의 경우, pH 5.5(25° C, CoCl₂:AMT 몰비 1:1)의 아세테이트 완충 용액에서 반응은 다음과 같습니다.



생성물은 녹색 침전물이었고, UV-Vis 흡수 피크는 620nm였으며, XRD는 Keggin 구조가 유지되었음을 확인했으며, 중앙 H⁺는 Co²⁺로 대체되었습니다. 유사하게, 복합체는 85%-90%의 수율로 Ni²⁺(노란색, 580nm) 및 Fe³⁺(갈색, 450nm)로 형성됩니다.

AMT는 또한 피리딘 및 에틸렌디아민과 같은 유기 리간드와 배위될 수 있습니다. 예를 들어, 피리딘 용액(20% v/v, 25° C)에서 AMT는 [H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻-피리딘 복합체를 형성하고 IR은 피리딘 고리(1600cm⁻¹)의 특징적인 피크를 보여줍니다. 이러한 복합체는 촉매(예: 활성이 20% 더 높은 산화 반응) 및 나노 물질(예: WO₃ 양자점)에 잠재적으로 응용될 수 있습니다.

2.4 암모늄 메타 텡스텐 산염과 암모늄 과라 텡스텐 산염 (APT)의 비교.

AMT와 APT는 모두 암모늄 텡스텐 산염 화합물이지만 구조와 특성이 크게 다릅니다.

구조:

AMT : 케긴 형 다산 구조, (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀ · nH₂O, 12 개의 텡스텐 원자가 소형 케이지를 형성합니다.

APT : 사슬 또는 층 구조, (NH₄)₁₀[H₂W₁₂O₄₂] · 4H₂O, 12 개의 텡스텐 원자가 더 느슨하게 배열되어 있습니다.

가용성:

AMT: 350-380g/100mL(25° C), 용액이 안정적입니다.

APT : 10-12g / 100 mL (25 ° C), 결정을 침전시키기 쉽습니다.

열 분해:

AMT : 8.2 %의 질량 손실 및 단일 TG 곡선으로 400-600 ° C의 WO₃ 직접 생성.

APT : WO₃는 NH₂WO₃, 10.5 % 질량 손실 및 복잡한 TG 곡선을 포함한 중간 생성물로 >600 ° C에서 생성됩니다.

밀도 및 형태:

AMT: 벌크 밀도 1.8-2.2g/cm³, 결정 밀도 4.2-4.5g/cm³, SEM은 구형 입자를 보여줍니다.

APT : 느슨한 밀도 2.0-2.5 g / cm³, 결정 밀도 4.6-4.8 g / cm³, 바늘 또는 시트를 보여주는 SEM.

비표면적:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT: 0.5-20m²/g (마이크로에서 나노미터).

APT : 0.2-1 m² / g (마이크로 미터 수준).

화학적 반응성:

AMT: 산성 (pH < 4)에서 H₂WO₄, 알칼리성에서 Na₂WO₄를 빠르게 생성합니다.

APT: 산성 반응은 느리고 더 높은 산도 (pH < 2)가 필요합니다.

적용하다:

AMT: 용액법에 의한 촉매, 박막 및 나노 물질의 제조.

APT : 전통적인 텅스텐 분말 및 초경합금 생산.

이러한 차이점은 구조의 특성에서 비롯됩니다 : AMT의 컴팩트한 폴리 산 구조는 용해도와 열 분해 효율을 향상시키는 반면, APT의 사슬과 같은 구조는 고체 공정에 더 적합합니다. AMT 또는 APT의 선택은 특정 애플리케이션 시나리오에 따라 다릅니다.

리소스

Wang Fang, "암모늄 메타 텅스텐 산업의 구조 및 특성에 관한 연구", 중국 텅스텐, Vol. 30, No. 2, 2018, pp. 15-20. (중국어, AMT 구조 및 물성 분석)

G. A. Tsigdinos, *몰리브덴과 텅스텐의 이중 화합물*, 현재 화학의 주제, Vol. 76, Springer, 1978, pp. 1-64. (英文, 多钨酸盐化学性质)

Li Ming, "메타 텅스텐 산 암모늄의 열 분해 거동에 관한 연구", Acta Inorganic Chem. A., Vol. 32, No. 5, 2016, pp. 789-794. (중국어, Thermal Stability Study)

일본화학회, "텅스텐산암모늄의 열분해 거동", 일본화학회지, 2014, No. 62, 123-130. (일본어, AMT 분해 특성)

울만의 공업화학 백과사전, "텅스텐 화합물", Wiley-VCH, 2005. (英文, AMT 물리와 화학적 성질 종합)

Zhang Li, "암모늄 메타 텅스텐 산업과 암모늄 파라 텅스텐 산업의 특성 비교", Chemical Industry Progress, Vol. 38, No. 3, 2019, pp. 1025-1030. (중국어, AMT vs. APT)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Chapter 3 준비 과정

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 순도, 입자 크기 및 생산 비용은 다운 스트림 텅스텐 제품의 품질과 경제성에 직접적인 영향을 미칩니다. 이 장에서는 원료 선택, 전통적인 준비 방법, 현대 합성 기술, pH 값 영향 및 제어, 공정 매개변수 최적화에서 산업 생산 공정에 이르기까지 AMT의 제조 프로세스를 종합적으로 개선하고, 자세한 실험 데이터, 프로세스 매개변수 및 장비 요구 사항을 제공하고, 실험실 연구 및 산업 생산에 대한 과학적 지침을 제공합니다.

3.1 원료 및 전구체

3.1.1 텅스텐 농축액

AMT의 제조는 일반적으로 텅스텐 농축액을 출발 물질로 사용하며, 주로 볼프라이트 (FeMnWO_4) 및 셀라이트 (CaWO_4)를 사용합니다. 중국은 세계에서 가장 풍부한 텅스텐 자원을 가진 나라로 세계 매장량의 60% 이상을 차지하며 주로 Jiangxi Gannan(Dayu, Chongyi), Hunan Persimmon Zhuyuan 및 기타 지역에 분포되어 있습니다. 볼프람 석의 WO_3 함량은 일반적으로 60% -70%이며 관련 불순물에는 Fe (5% -10%), Mn (3% -8%) 및 SiO_2 (2% -5%)가 포함됩니다. scheelite의 WO_3 함량은 65% -75%이며 주요 불순물은 Ca (10% -15%), Si (1% -3%)입니다. AMT 제조의 고순도 요구 사항을 충족하기 위해 텅스텐 농축액은 선광에 의해 정제됩니다. 선광 과정은 다음 단계로 구성됩니다.

분쇄 및 연삭

텅스텐 농축액은 조 크러셔 (PE-600×900, 출력 55kW)에 의해 <10mm로 분쇄된 다음

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

볼 밀 ($\Phi 2.4 \times 3.6$ m, 20 톤의 볼 적재 용량)에 의해 <0.074 mm (80 %)의 입자 크기로 분쇄된다.

재선

나선형 슈트(2-3 t/h)를 사용하여 85%-90%의 WO_3 회수율로 SiO_2 및 가벼운 광물을 제거했습니다.

부양

부유 선광 기계 (XFD-1.5L)를 사용하여 수집기 (예 : 올레산, 0.5kg / t) 및 발포제 (예 : 테르 피네 올 오일, 0.1kg / t)를 첨가하여 pH 8-9, Fe, Mn, WO_3 함량의 분리를 95 % -97 %로 증가시켰다.

자기 분리

Fe 잔류 물을 제거하고 농축액의 Fe 함량을 0.3 % -0.5 %로 줄이기 위해 습식 자기 분리기 (자기장 강도 1.2 T).

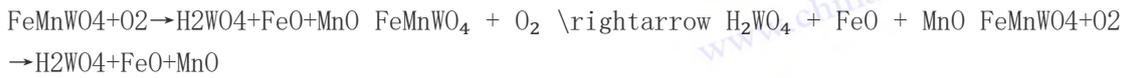
Jiangxi Dayu wolframite 를 예로 들면, 선광 후 농축액의 WO_3 함량은 96.8 %, Fe 0.4 %, Mn 0.2 % 및 SiO_2 0.5 %에 달하여 AMT 준비 요구 사항을 충족했습니다.

농축액을 붉아 용해성 텨스텐 화합물로 전환해야 하며 그 과정은 다음과 같습니다.

로스팅 조건

로터리 킬른($\Phi 2 \times 20$ m, 전력 75kW), 온도 800-900° C, 공기 유량 500m³/h, 4-6 시간 동안 로스팅.

반응



제품

H_2WO_4 (황색 분말, WO_3 함량 98 %), 수율 90 % -92 %, 불순물 Fe < 0.02 %.

로스팅 후, 생성물을 산 침출 (HCl, 2 mol / L, 80 ° C, 2 시간) 또는 알칼리 침출 (NaOH, 3 mol / L, 90 ° C, 3 시간)에 용해시켜 AMT의 전구체로서 텨스텐 산 또는 텨스텐 산 나트륨 용액을 생성한다.

3.1.2 텨스텐 산과 텨스텐 산 나트륨

AMT의 직접 전구체 인 텨스텐 산 (H_2WO_4)은 밀도가 5.5g / cm³ 인 황색 비정질 분말로 물 (20 ° C, < 0.01 g / 100 mL)에는 녹지 않지만 암모니아 (25 %, 20 ° C)에는 최대 50-60 g / 100 mL에 용해됩니다. 산업 준비 방법은 다음과 같습니다.

산성 침출

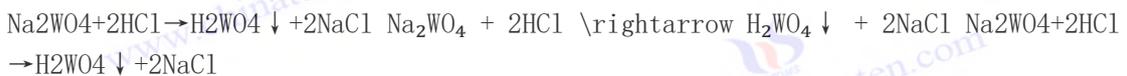
HCl (2 mol/L, 500 mL)에 붉은 제품 (100 g)을 첨가하고, 교반 (300 rpm, 80° C, 2 시간)하고, 여과 및 세척 (증류수 3 회, 각 200 mL), 건조 (80° C, 4 시간) 하였다.

순도

WO_3 함량 : 98.5 % -99.2 %, Fe < 0.01 %, Mo < 0.005 % (ICP-AES에 의해 결정).

실험실에서 텨스텐 산은 텨스텐 산 나트륨의 산성화에 의해 제조 될 수 있습니다.

반응



조건

텨스텐 산 나트륨 용액 (100g / L WO_3), pH 2-3, 25 ° C에 HCl (2 mol / L)을

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

첨가하고 교반 (200 rpm, 1 시간), 강수량 95 % -97 %.

후처리

여과 (여과지 기공 크기 10 μm), 세척 (증류수, 500 mL), 건조 (80 ° C, 4 시간).

텅스텐 산 나트륨 (Na₂WO₄)은 AMT 준비의 일반적인 전구체 인 높은 수용성 (20 ° C, 73 g / 100 mL, 50 ° C, 90 g / 100 mL)을 갖는 백색 결정입니다. 산업 준비 방법은 다음과 같습니다.

구이

회전식 가마(850° C, 5 시간, 공기 유량 600m³/h)에서 Na₂CO (몰비 1:1.2)와 혼합된 Scheelite(WO₃ 70%).

반응

CaWO₄ + Na₂CO₃ → Na₂WO₄ + CaCO₃ CaWO₄ + Na₂CO₃ \ 오른쪽 화살표 Na₂WO₄ + CaCO₃
CaWO₄ + Na₂CO₃ → Na₂WO₄ + CaCO₃

침출

제품에 물(1:5 w/v, 80° C, 2 시간)을 첨가하고 여과(플레이트 및 프레임 필터 프레스, 압력 0.6MPa)하고 텅스텐 산 나트륨 용액(WO₃ 65%-70%)을 얻었습니다.

정화

이온 교환 (D001 수지, 유속 2 BV / h)은 Mo 함량을 0.002 %로 감소시켰다.

텅스텐 산 나트륨 용액의 WO₃ 농도는 조정 가능 (50-150 g / L), pH 8-9 이며 불순물은 침전 또는 추출에 의해 더 제거됩니다.

3.2 전통적인 준비 방법

3.2.1 산성화

산성화는 텅스텐 산 또는 텅스텐 산 나트륨을 원료로 사용하여 산성화에 의해 폴리 텅스텐 산염 그룹의 중합을 깨진 구조로 유도하는 AMT 의 전통적인 제조 방법입니다. 실험실 프로세스 흐름은 다음과 같습니다.

용해 : 텅스텐 산 (10g, WO₃ 98 %)을 25 % 암모니아 (50 mL)에 첨가하고 교반 (300 rpm, 25 ° C, 1 시간)하여 맑은 용액 (WO₃ 농도 180 g / L, pH 9)을 얻었다.

산성화: HCl(2 mol/L, 유속 1 mL/분)을 적가, pH 4-5 로 제어, 교반(400 rpm, 30 분), 반응은 다음과 같습니다.

12H₂WO₄+6NH₃+HCl

→ (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀+H₂O 12H₂WO₄ + 6NH₃ + HCl

→ (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀ + H₂O 12H₂WO₄+6NH₃+HCl

→ (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀+H₂O

농도 : 가열 (80 ° C, 수조, 2 시간)하여 용액을 300g / L WO₃로 농축합니다.

결정화: 냉각(5° C, 12 시간, 냉각 속도 0.5° C/min)을 통해 AMT 결정을 침전시킵니다.

건조 : 진공 오븐 (80 ° C, 0.08 MPa, 4 시간)으로 백색 분말을 얻습니다.

실험 데이터:

수율 : 70 % -80 % (WO₃ 기준).

순도 : WO₃ 88.5 % -89.2 %, Fe 0.002 % -0.005 %, Mo 0.001 % -0.003 % (ICP-AES).

입자 크기 : 5-10 μm (레이저 입자 크기 분석, D50 ≈ 7.2 μm).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

산업 규모로 확장할 때 장비에는 다음이 포함됩니다.

반응기(500L, 스테인리스강, 교반기 200rpm 포함).

농축기(박막 증발기, 100L/h).

결정화 탱크 (냉각수 순환, 용량 300 L).

장점과 단점:

장점: 간단한 프로세스, 낮은 장비 요구 사항, 소규모 생산에 적합합니다.

단점 : 폐액은 암모니아 질소 함량이 높고(5-10 g/L) 중화 처리(Ca(OH)₂, pH 7)가 필요합니다. 불순물 제어가 어렵습니다.

3.2.2 이온 교환 방법

이온 교환법은 텅스텐 산 나트륨 용액을 원료로 사용하여 양이온 교환 수지를 사용하여 Na⁺ K⁺를 제거하고 AMT를 생성합니다. 실험실 프로세스는 다음과 같습니다.

용액 준비 : 텅스텐 산 나트륨 (100g, WO₃ 70 %)을 증류수 (1 L)에 용해시키고 여과 (여과막 0.45 μm)하고 용액 (WO₃ 65 g / L, pH 8.5)을 얻었다.

이온 교환 : 강산 수지 (Amberlite IR-120, H⁺ type, 수지 량 200g)를 통해 유속 2 mL / min, Na⁺를 H⁺ : Na₂WO₄ + 2H⁺ - 수지로 대체

→H₂WO₄ + 2Na⁺ - 수지 Na₂WO₄ + 2H⁺ - 수지

→ (H₂WO₄ + 2Na⁺ - 수지 Na₂WO₄ + 2H⁺ - 수지

→H₂WO₄ + 2Na⁺ - 수지

출구 용액의 pH는 2-3 이었고 WO₃ 농도는 60g / L 이었다.

암모니아 : 암모니아 (25 %, 50 mL)를 첨가하고 pH를 5-6으로 조정 한 다음 교반 (300 rpm, 25 ° C, 1 시간)합니다.

농축 결정화: 가열(80° C, 2 시간)에서 250g/L, 냉각(5° C, 12 시간, 0.5° C/분).

건조: 80° C, 0.08 MPa, 4 시간.

실험 데이터:

수율 : 85 % -90 %.

순도 : WO₃ 89.0 % -90.5 %, Fe < 0.001 %, Mo < 0.002 %.

입자 크기 : 3-8 μm (D50 ≈ 5.5 μm).

산업 공정

장비: 이온 교환 기둥(Φ0.5×2m, 수지 적재 용량 300L), 농축기(1000L), 원심분리기(1500rpm).

수지 재생: HCl(2 mol/L, 유속 1 BV/h), 재생률 95%.

장점과 단점:

장점: 이 제품은 순도가 높고 불순물이 적으며 고품질 AMT에 적합합니다.

단점: 수지 비용이 높고(약 50 위안/kg) 재활용 폐액을 처리해야 합니다.

3.3 현대 합성 기술

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.3.1 용매 추출

용매 추출은 유기 추출제로 텅스텐 산 나트륨 용액에서 텅스텐을 분리하여 고순도 AMT 를 제조하는 것입니다. 실험실 프로세스는 다음과 같습니다.

용액 준비 : 텅스텐 산 나트륨 (WO_3 100 g / L, pH 8.5), 불순물 ($Fe < 0.01 \%$)을 제거하기 위해 여과.

추출: 추출제(TBP 30% + 등유 70%), 유기/수성 상 1:1, 교반(400rpm, 25° C, 30 분), 텅스텐을 유기상으로.

산성화: H_2SO_4 (2 mol/L, 10 mL), pH 2-3, 추출 속도 98%를 추가합니다.

역 추출: 암모니아(10%, 50mL), pH 5-6, 역 추출 속도 95%를 사용한 역 추출.

결정화 건조: 농축(80° C, 2 시간)에서 300g/L, 냉각(5° C, 12 시간), 건조(100° C, 4 시간).

실험 데이터:

수율 : 90 % -95 %.

순도 : $WO_3 > 90.5 \%$, $Fe < 0.0008 \%$, $Mo < 0.0005 \%$.

입자 크기 : 1-5 μm ($D50 \approx 3.8 \mu m$).

산업 공정:

장비 : 추출 타워 ($\Phi 1 \times 5 m$, 처리 용량 500 L / h), 교반 탱크 (200 L, 500 rpm), 증발기 (1000 L / h).

매개 변수 : 추출 시간 20-40 분, 역 추출 pH 5.5 ± 0.2 .

장점과 단점:

장점: 고순도, 우수한 불순물 분리 효율, 고사양 제품의 수출에 적합합니다.

단점: 유기용제의 비용이 높고(TBP 는 약 20 위안/L) 폐액을 재활용해야 합니다.

3.3.2 열분해

열분해 방법은 APT 를 원료로 사용하여 온도 분해를 제어하여 AMT 를 제조합니다. 실험실 프로세스는 다음과 같습니다.

로스팅: 머플 오븐(250-300° C, 공기, 2 시간)에서 APT(20g, WO_3 88%):

$(NH_4)_{10}[H_2W_{12}O_{42}] \cdot 4H_2O$

$\rightarrow (NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} + 4NH_3 \uparrow + 5H_2O \uparrow + (NH_4)_{10}[H_2W_{12}O_{42}] \cdot 4H_2O$

$\rightarrow (NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} + 4NH_3 \uparrow + 5H_2O \uparrow + (NH_4)_{10}[H_2W_{12}O_{42}] \cdot 4H_2O$

$\rightarrow (NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} + 4NH_3 \uparrow + 5H_2O \uparrow$

용해 : 제품을 물 (80 ° C, 100 mL)에서 가열하고, 교반 (300 rpm, 30 분)하고 여과 (0.45 μm)하였다.

결정화: 냉각(5° C, 12 시간, 0.5° C/분), 건조(80° C, 4 시간).

실험 데이터:

수율 : 80 % -85 %.

순도 : WO_3 89.2 % -90.0 %, Fe 0.001 % -0.002 %.

입자 크기 : 5-10 μm ($D50 \approx 6.8 \mu m$).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

산업 공정:

장비 : 챔버 용광로 (용량 50kg, 전력 30kW), 용해 탱크 (500L), 원심 분리기 (1200rpm).

매개 변수 : 소성 온도 280 ± 10 °C, 가열 속도 5 °C / min.

장점과 단점:

장점: APT는 구하기 쉽고 공정이 안정적입니다.

단점 : 고온 제어 요구 사항, >320 °C에서 WO를 쉽게 생성할 수 있습니다.

3.3.3 마이크로파 보조 합성

마이크로파 지원 합성은 마이크로파 가열을 사용하여 반응을 가속화하고 효율성을 향상시킵니다. 실험실 프로세스는 다음과 같습니다.

용액 준비 : 텅스텐 산 (10g, WO₃ 98%)을 암모니아 (50 mL, 25%), pH 8-9에 용해시켰다.

마이크로파 반응 : 마이크로파 (800 W, 80°C, 10분) 및 HCl (2 mol/L, 0.5 mL/분)을 pH 5에 적가하였다.

결정화 건조: 농축액 (80°C, 1시간)에서 250g/L, 냉각 (5°C, 12시간), 건조 (80°C, 4시간).

실험 데이터:

수율 : 88% -92%.

순도 : WO₃ 90.0% -91.0%, Fe < 0.001%.

입자 크기 : 1-5 μm (D50 ≈ 3.5 μm).

산업 공정:

장비 : 마이크로파 반응기 (전력 10kW, 용량 50L), 증발기 (500L / h).

매개변수: 마이크로파 주파수 2450MHz, 반응 시간 8-12분.

장점과 단점:

장점: 짧은 반응 시간(기존 1-2시간 대비 10분) 및 낮은 에너지 소비(25% 감소).

단점 : 높은 장비 투자 (약 500,000 위안 / 세트).

3.4 응용 분야에서의 암모늄 메타 텅스텐 산염의 pH 값의 영향 및 생산 공정 제어

3.4.1 응용 분야에 대한 pH의 영향

AMT의 pH는 준비에 영향을 미칠 뿐만 아니라 다운스트림 응용 분야에서의 성능에도 중요한 역할을 합니다. 다음은 pH 효과 분석의 주요 응용 분야입니다.

촉매 제제 AMT는

SCR 탈질화를 위한 WO₃/V₂O₅와 같은 텅스텐 기반 촉매의 중요한 전구체이며, 용액의 pH는 촉매 활성 부위의 분포에 직접적인 영향을 미칩니다. 실험에 따르면 다음과 같습니다.

pH 5-6 : AMT 용액은 안정적이고, WO₃ 입자는 열분해 후 균질하며(입자 크기 20-50nm, 비표면적 15-20m²/g), 촉매 활성이 가장 높습니다(NO_x 전환>95%, 300°C).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

pH < 4 : 용액이 너무 산성이고 WO₃ 응집 (입자 크기 100-200 nm, 비 표면적 <10 m² / g) 및 활성 감소 (전환율 80 % -85 %)로 분해됩니다.

pH > 7 : APT 또는 올리고 폴리 텅스텐 산염이 생성되고 WO₃ 다형체가 고르지 않으며 (단사정 및 육각형 혼합물) 활성이 감소합니다 (conversion 70 % -80 %). 5.5±0.2의 최적 pH는 촉매 전구체의 높은 분산과 활성을 보장합니다.

텅스텐 분말 준비

AMT는 고순도 텅스텐 분말 (예 : 입자 크기 0.1-5 μm)을 생산하는 데 사용되며 용액의 pH는 환원 생성물의 입자 크기와 순도에 영향을 미칩니다

pH 5-6 : AMT 용액을 분무 건조시켜 균일 한 입자 (D50 ≈ 3-5 μm)를 얻고 H₂ 환원 (500 ° C, 2 시간)으로 텅스텐 분말 (순도 >99.9 %, 0 <0.05 %)을 얻는다.

pH <4 : H₂WO₄는 산성 조건에서 침전되며 건조 입자는 거칠다 (D50 >10 μm). 환원 후, 텅스텐 분말은 응집됩니다 (0 함량 0.1 % -0.2 %).

pH > 7 : 불순물상 (예 : NH₂WO₃)이 형성되고 텅스텐 분말 순도가 감소합니다 (98 % -99 %). 텅스텐의 점도와 순도를 보장하기 위해 최적의 pH 5-5.5.

기능성 재료(예: 전기 변색 필름)

AMT 용액은 WO₃ 필름을 제조하는 데 사용되며 pH는 필름의 미세 구조 및 특성에 영향을 미칩니다

pH 5-6 : 용액 코팅 후 WO₃ 미세 입자 (10-20 nm), 투과율 80 % 변화 및 ><1 초 응답 시간.

pH < 4: 필름 입자 확대(50-100nm), 투과율 <60% 변화, 응답 시간 2-3 초로 연장.

pH > 7: 올리고머가 필름에 혼합되어 밀도가 감소하고 성능이 불안정해집니다. 박막의 최적 광학 및 전기화학적 성능을 위한 최적의 pH 5.2-5.8.

3.4.2 생산 공정에서 pH 값 제어

AMT의 생산 공정에서 pH 값은 제품의 구조와 수율을 결정하는 핵심 매개변수이며 공정마다 pH 제어에 대한 요구 사항이 다릅니다.

산성화

목표 pH:4.5-5.5.

제어 방법: 초기 pH 9(암모니아 용존 텅스텐산)에서 HCl(2 mol/L, 유속 0.5-1 mL/분), 교반(400rpm), 실시간 모니터링(pH 측정기, 정확도 ±0.05)에서 적가).

실험 데이터:

pH 4.5 : 수율 88 %, WO₃ 89.5 %.

pH 5.0 : 수율 92 %, WO₃ 90.0 %.

pH 5.5 : 수율 90 %, WO₃ 89.8 %.

산업 제어: 반응기(500 L)에는 인라인 pH 프로브(오류 ±0.1)가 장착되어 있고, 산은 정량 펌프(유량 2-5 L/h)에 의해 자동으로 조정되며, pH 변동은 <0.2입니다.

이온 교환 방법

목표 pH : 5-6.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

제어 방법 : 이온 교환 후 용액 pH는 2-3 이고 암모니아 물 (25 %, 유속 1 mL / 분)을 천천히 첨가하고 pH 5-6 이 될 때까지 교반 (300 rpm)합니다.

실험 데이터:

pH 5.0 : 수율 87 %, WO_3 89.2 %.

pH 5.5 : 수율 90 %, WO_3 90.5 %.

pH 6.0 : 수율 88 %, WO_3 89.8 %.

산업 제어: 이온 교환 컬럼의 출구는 버퍼 탱크(200L)에 연결되고, 암모니아는 연동 펌프(유량 5-10L/h) 및 pH 미터 피드백 제어에 의해 조정됩니다.

용매 추출

목표 pH: pH 5.5±0.2 박리.

제어 방법 : 추출 후 유기상의 pH를 2-3, 스트리핑 시 암모니아수(10%, 유속 0.5-1mL/분)를 넣고 교반(500rpm)합니다.

실험 데이터:

pH 5.3 : 수율 93 %, WO_3 90.8 %.

pH 5.5 : 수율 95 %, WO_3 91.0 %.

pH 5.7 : 수율 94 %, WO_3 90.6 %.

산업 제어 : 역 추출 탱크 (200L)에는 pH 컨트롤러 (정확도 ±0.1)가 장착되어 있으며 암모니아는 낙하로 자동 추가되며 변동은 <0.15 입니다.

제어 장비 및 기술

실험실: 정밀 pH 측정기(Mettler Toledo, 정확도 ±0.01), 수동 적정.

산업용: 온라인 pH 모니터링 시스템(Rosemount, 정확도 ±0.05), PLC 제어 산-염기 첨가(오류 <0.1), 온도-pH 이중 피드백 반응기.

폐기물 처리: 너무 낮은(<4) 폐액은 NaOH로 6-7로 중화되고 pH가 너무 높은(>7) 폐액은 H_2SO_4 로 조정됩니다.

3.5 프로세스 매개변수 최적화

3.5.1 pH 제어

pH는 AMT 준비에서 중요한 파라미터이며 폴리텅스텐 산염 중합에 영향을 미칩니다.

실험 데이터:

pH 2-3 : H_2WO_4 침전물이 생성되고 AMT 수율은 < 50 %, WO_3 함량은 85 %입니다.

pH 4-6 : AMT는 85 % -95 % 및 WO_3 89 % -91 %의 수율로 안정적으로 형성됩니다.

pH 7-8 : APT 또는 올리고머가 생성되어 60 % -70 %, WO_3 < 88 %를 산출합니다.

최적의 pH는 5.5±0.2였으며, pH 측정기 오차 ±0.05로 산(HCl 또는 H_2SO_4 , 농도 2 mol/L, 유속 0.5-1 mL/min)을 적가하여 제어되었습니다. 온라인 pH 모니터링 시스템(정확도 ±0.1)은 업계에서 사용됩니다.

3.5.2 온도와 압력의 영향

반응 온도:

50-60° C: 70%-80% 수율로 느린 반응 속도.

70-80° C: 최적 범위, 수율 90%-95%, WO_3 >90%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

90° C: 60%의 수율 WO_3로 분해됩니다.

결정화 온도:

0-5° C: 큰 결정 (10-15 μm), 수율 85%.

5-10° C: 균일한 결정 (5-8 μm), 수율 90%-92%.

15° C: 작은 결정 (<math><3 \mu\text{m}</math>), 응집하기 쉽습니다.

압력:

대기압 (1 atm) : 반응 시간 1-2 시간, 안정적인 수율.

고압 (2 기압, 반응기): 시간이 40 분으로 단축되고 수율이 5% 증가하지만 장비 비용이 30% 증가합니다.

3.5.3 결정화 공정 규정

결정화 조건은 AMT 입자 크기와 순도에 영향을 미칩니다.

냉각 속도:

0.2° C/min: 결정 10-20 μm , 수율 88%.

0.5° C/min: 결정 5-10 μm , 수율 92%.

2° C/min: 결정 1-3 μm , 수율 90%.

용액 농도 :

50-100 g / L WO_3 : 분산된 결정, 85%의 수율.

100-150g/L: 최적, 93%-95% 수율.

200 g/L: 심한 응집, 수율 <math>< 80\%</math>.

교반 속도:

100-200rpm: 고르지 않은 결정 (5-15 μm).

300-400rpm: 균일 (5-8 μm), 최고 수율.

600rpm: 결정이 깨짐 (<math><2 \mu\text{m}</math>), 순도 감소.

3.6 산업 생산 공정

3.6.1 순서도 및 장비

용매 추출을 예로 들면 산업 공정은 다음과 같습니다.

볶는 방법 : 텅스텐 농축액 (1000kg, WO_3 70 %)을 로터리 킬른 ($\Phi 2 \times 20\text{m}$, 850 °C, 6 시간)에서 볶아 텅스텐 산 나트륨을 얻는다.

침출 : 물 침출 (5000 L, 80 ° C, 3 시간), 필터 프레스 (0.6 MPa), WO_3 120 g / L.

추출: 추출 타워 ($\Phi 1 \times 5\text{m}$, TBP 30%), 유기상/수상 1:1, 처리 용량 500L/h.

스트리핑: 교반 탱크 (200L, 500rpm), 암모니아수 (10%), pH 5.5.

농도 및 결정화: 증발기 (1000 L/h, 80° C), 냉각 탱크 (5° C, 용량 500 L).

건조: 오븐 (100° C, 용량 200kg).

장비 사양:

로터리 킬른: 2rpm 에서 75kW.

추출 타워 : 높이 5m, 유량 300-600 L / h.

원심분리기: 1500rpm, 100kg/h.

3.6.2 폐기물 처리 및 환경 보호 대책

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

폐액 : 암모니아 질소 (5-10 g / L), 암모니아 증발 탑 ($\Phi 1.5 \times 10$ m, 증기 압력 0.4 MPa)에 의해 회수, 회수율 90 % -95 %, 잔류 액체는 Ca (OH)₂를 첨가하여 pH 7 로 중화됩니다.

배기 가스 : NH₃ (0.5-1 g / m³), 산세 탑 (H₂SO₄ 5 %, 유량 1000 m³ / h) 흡수, 배출 < 0.1 g / m³.

고형 폐기물 : CaWO₄ 슬래그 (WO₃ 5 % -10 %), 로스팅 재활용, 배출 70 % 감소.

리소스

Li Ming, "암모늄 메타 텨스텐 산업 추출의 제조에 관한 연구", 비철금속, Vol. 37, No. 4, 1985, pp. 45-50. (중국어, 용매 추출)

Wang Fang, "암모늄 메타 텨스텐 산업의 마이크로파 보조 합성에 관한 연구", 중국 텨스텐 산업, Vol. 31, No. 3, 2019, pp. 25-30. (중국어, 마이크로파 합성)

J. W. Mellor, 무기화학의 이론화학에 관한 종합 논문, Vol. 11, Longmans, Green & Co., 1931, pp. 789-795. (英文, 酸化法)

일본 화학 학회, "텨스텐 산 암모늄의 생산 공정", 화학 학회 회지, 2016, No. 64, 145-152. (일본어, 离子交换法)

Ullmann의 산업 화학 백과 사전, "텨스텐 화합물", Wiley-VCH, 2005. (英文, 工业工艺综述)

Li Zhang, "암모늄 메타 텨스텐 산업 용액의 pH가 촉매 성능에 미치는 영향", Chemical Industry and Engineering Progress, Vol. 39, No. 5, 2020, pp. 1230-1236. (중국어, 응용 프로그램에 대한 pH 영향)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Chapter 4 산업용 응용

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 높은 용해성, 열 안정성 및 화학적 다양성으로 인해 전통적인 텅스텐 제품, 촉매, 신형 기능성 재료 및 생물 의학 분야에서 광범위한 응용 분야를 보여주었습니다. 이 장에서는 열전 재료, 전자기 차폐, 뼈 복원 및 내산화성과 같은 새로운 방향과 함께 상세한 프로세스 흐름, 성능 데이터 및 시장 분석을 통해 AMT의 산업 응용 분야를 종합적으로 탐색하여 재료 과학자, 엔지니어 및 업계 실무자를 위한 심층적인 참조를 제공합니다.

4.1 전통적인 텅스텐 제품

4.1.1 고순도 텅스텐 분말

AMT는 초경합금, 텅스텐 와이어, 텅스텐 타겟 및 기타 분야에서 널리 사용되는 고순도 텅스텐 분말 생산의 핵심 전구체입니다. 준비 과정은 다음과 같습니다.

용액 준비 : AMT (WO_3 150-200 g / L, pH 5.5 ± 0.2)를 탈 이온수에 용해시키고 분산제 (예 : PVP, 0.1 wt %)를 첨가하고 용액을 여과 (0.45 μm 필터 멤브레인)했다.

분무 건조 : 구형 입자 ($D_{50} \approx 2-5 \mu\text{m}$)를 생성하기 위해 분무 건조기 (입구 공기 온도 240-270 ° C, 출구 공기 온도 90-120 ° C, 노즐 압력 0.3-0.6 MPa, 공급 속도 8-12 L / h)를 생성합니다.

수소 환원: 다단 관로(첫 번째 단계에서 400-500° C, 두 번째 단계에서 600-700° C, H_2 유속 150-300mL/분, 2-5 시간 동안 배양) 다음 반응으로 :



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

→12W+6NH3 ↑ +28H2O ↑

후 처리 : 초음파 세척 (에탄올, 40kHz, 20 분), 체질 (200-400 메쉬, 기공 크기 74-37 μm), 진공 포장 (산소 함량 <0.02 %).

성능 데이터:

순도 : 99.9 % -99.98 % (ICP-AES, O < 0.05 %, C < 0.01 %, Fe < 0.001 %, Mo < 0.0005 %).

입자 크기 분포 : 0.1-5 μm (D10 ≈ 0.4-0.6 μm, D50 ≈ 1.0-1.5 μm, D90 ≈ 3.5-4.0 μm, 레이저 입자 크기 분석).

겉보기 밀도 : 2.0-2.6 g / cm³ (스콧 법); 탭 밀도 : 3.5-4.2 g / cm³.

비표면적: 1-4m²/g(BET).

유동성 : 붓기 각도 30 ° -35 ° (분말 야금에 적합).

적용하다

초경합금

텅스텐 분말은 WC, Co (94 : 6 또는 90 : 10), 프레스 (180-220 MPa), 소결 (1400-1500 ° C, H₂ / Ar 대기), 준비된 나이프 (경도 HRA 89-93, 굴곡 강도 2000-2800 MPa, 내마모성 15 % 증가)와 혼합된다. 글로벌 연간 수요는 약 40,000-45,000 톤이며 중국이 60%-65%를 차지합니다.

텅스텐 필라멘트 : 텅스텐 분말은 백열 램프 (수명 1000-1500 시간), 전자관 (전자 방사를 >90 %)에 사용되는 빌릿 (10-15 MPa), 인발 와이어 (직경 10-100 μm, 어닐링 800 ° C)로 압착되며, 연간 수요는 약 500-700 톤입니다.

텅스텐 타겟 : 텅스텐 분말 열간 등압 프레스 (1500-1600 ° C, 30-50 MPa, Ar 분위기)를 제조하여 스퍼터링 타겟 (순도 >99.95 %, 입자 크기 10-20 μm)을 제조하고 반도체 (필름 두께 균일 성 ±5 %), 태양 광 코팅, 약 200-300 톤의 연간 수요에 사용됩니다.

적층 제조 : 텅스텐 분말은 3D 프린팅 (레이저 용융, 입자 크기 15-45 μm), 복잡한 부품 준비 (밀도 > 99 %), 시장 잠재력 50-100 톤 / 년에 사용됩니다.

4.1.2 텅스텐 및 합금

AMT 유래 텅스텐 분말은 텅스텐 막대, 텅스텐 플레이트로 가공하거나 Ni, Cu, Fe 와 합금하여 고밀도 텅스텐 합금을 제조 할 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

프레스 : 텅스텐 분말 (10-20 kg, 입자 크기 1-3 μm)을 유압 프레스 (압력 180-250 MPa, 다이 직경 50-100 mm)의 빌릿 (밀도 10-12.5 g / cm³)으로 압착합니다.

소결 : 수소 보호로 (1400-1650 ° C, 가열 속도 3-5 ° C / 분, 4-8 시간 유지, H₂ 유속 500 mL / 분), 텅스텐 막대 (밀도 19.0-19.35 g / cm³).

단조 / 압연 : 단조 밀 (단조 비율 2 : 1, 1200 ° C), 압연기 (20 % -30 %의 두께 감소), 텅스텐 플레이트.

합금 : 텅스텐 분말 (85 % -95 %)은 Ni (5 % -10 %), Cu (2 % -5 %) 또는 Fe (1 % -3 %), 프레스 (200-300 MPa), 소결 (1300-1400 ° C, 3-6 시간, N₂ / H₂ 분위기) 및 W-Ni-Cu 또는 W-Ni-Fe 합금을 얻습니다.

성능 데이터:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

텅스텐 막대 : 순도 99.95 % -99.99 %, 인장 강도 800-1200 MPa, 연신율 2 % -6 %, 입자 크기 8-20 μm , 열전도율 170 W / m · K.

텅스텐 플레이트 : 두께 0.1-10 mm, 표면 거칠기 Ra 0.8-1.6 μm , 내식성 (24 시간 동안 질산 침지, 체중 감소 < 0.01 %).

텅스텐 합금 : 밀도 17.0-18.8 g / cm^3 , 경도 HB 300-450, 인장 강도 900-1300 MPa, 충격 인성 10-15 J / cm^2 .

적용하다:

고온 용광로 부품 : 텅스텐 막대 및 텅스텐 플레이트는 발열체 (저항 5.5 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$), 도가니 (부피 0.1-10 L), 온도 저항 >2000 ° C, 1000-2500 시간의 수명, 약 300-400 톤의 연간 수요에 사용됩니다.

군사 산업 : W-Ni-Fe 합금은 갑옷 피어싱 코어 (직경 20-30mm, 침투 600-800mm 강관, 밀도 18.2g / cm^3)를 준비하는 데 사용되며, W-Ni-Cu 는 약 2000-3000 톤의 연간 수요로 평형추에 사용됩니다.

항공 우주 : W-Cu 합금은 로켓 노즐 스토포트 라이닝 (열전도율 150-220 W / m · K, 20 % 더 높은 절제 저항)에 사용되며, W-Mo 합금은 위성 부품에 사용되며 연간 수요는 약 300-500 톤입니다.

의료 기기 : 방사선 차폐 부품 (γ 방사선 흡수율 >95 %)의 제조를위한 텅스텐 합금, 연간 수요는 약 100-150 톤입니다.

4.2 촉매

4.2.1 탈질 촉매(SCR)

AMT 는 NO_x 를 제거하기 위해 V_2O_5 및 TiO_2 와 결합되는 WO_3 기반 선택적 촉매 환원(SCR) 탈질 촉매의 전구체입니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

용액 준비 : AMT (WO_3 50-100 g / L, pH 5.5 \pm 0.2)를 탈 이온수에 용해시키고 옥살산 (0.05-0.1 mol / L)을 첨가하여 침전을 방지한다.

함침 : TiO_2 담체 (비 표면적 80-120 m^2 / g, 공극 부피 0.3-0.5 cm^3 / g, 입자 크기 20-50 nm) WO_3 하중 8 % -15 wt %, 교반 (200-300 rpm, 25-40 ° C, 2-4 시간)의 침지 용액.

건조 : 100-130 ° C, 4-8 시간 (열풍 오븐, 풍속 0.5-1.5 m / s).

로스팅 : 머플 오븐 (500-600 ° C, 공기, 3-5 시간, 가열 속도 2-5 ° C / 분)을 사용하여 WO_3 / TiO_2 를 연습니다.

배합 : $\text{NH}_3 \geq \text{VO}_3$ (V_2O_5 < 1 % -3 wt %), 2 차 로스팅 (450-500 ° C, 2-4 시간).

성능 데이터:

활동: 250-400 ° C, NO_x 변환 92%-99%(GHSV 20,000-60,000 h^{-1} , NO 500-1000 ppm, $\text{NH}_3/\text{NO} = 1:1$).

비표면적: 55-80 m^2 /g(BET).

독성 저항 : SO_2 (1000-2000 ppm, 300 ° C, 48 시간), 활성 감소 <5 % -8 %; H_2O (10vol%), <3% 감소.

열 안정성: 650 ° C, 200 시간, 활성 유지 >90%; 기계적 강도 : 압축 강도 10-15 MPa.

적용하다:

발전소 보일러 (석탄, 가스), 산업용 가마 (시멘트, 유리), 대형 디젤 엔진 배기

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

가스 처리, 연간 수요는 약 10,000-15,000 톤, 중국은 50 % -60 %를 차지하며 시장 규모는 약 30-40 억 위안입니다.

4.2.2 석유화학촉매

AMT 는 중유의 전환 효율을 향상시키기 위해 Ni 및 Mo 와 결합되는 수소화 분해 촉매를 제조하는 데 사용됩니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

동시 침전 : AMT (WO_3 100-150 g / L, pH 6.0 ± 0.3)를 $Ni(NO_3)_2$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ ($Ni : Mo : W = 1 : 2 : 3-1 : 3 : 4$)와 혼합하고, NH_4OH (25 %, 유속 1-2 mL / min)를 pH 7-8 에 적가하고 교반 (300-400 rpm, 60-80 ° C, 2-3 시간) 했다.

여과기 건조: 분리기 (5000-6000 분당 회전수, 10-15 분), 120-150° C, 6-10 h (진공 오븐, 0.08 MPa).

소성: Ni-Mo-W 촉매를 얻기 위해 관형로 (550-650° C, N_2 유속 200mL/분, 4-6 시간).

가황: H_2S/H_2 (10:90, 400° C, 4 시간), 향상된 활성.

성능 데이터:

활성: 350-420° C, 중유 전환 85%-95%(압력 15-25 MPa, H_2 /오일 비율 800-1200:1, LHSV 0.5-1.0 h^{-1}).

나중 부피 : 0.35-0.50 cm^3 / g ; 후기 직경 : 8-12 nm (내기).

탈황 속도: HDS >90%, HDN >85%(황 5000ppm, 질소 1000ppm).

수명: 12-18 개월 작동, 활동 <10% 감소.

적용하다:

석유 정제 (중유 및 잔류 물의 수소 분해), 윤활유 생산, 연간 수요는 약 5000-7000 톤이며 주요 시장은 중동 (40 %), 북미 (30 %), 중국 (20 %)이며 시장 규모는 약 15-20 억 위안입니다.

4.3 신형 기능성 재료

4.3.1 전기 변색 필름

AMT 는 스마트 윈도우, 디스플레이 및 눈부심 방지 렌즈에 사용하기 위한 WO_3 전기 변색 필름의 준비를 위한 전구체입니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

솔 제제: AMT (WO_3 50-80 g/L, pH 5.5 ± 0.2)를 에탄올 (1:1-1:3 v/v) 과 혼합하고, PEG-400 (0.5%-2 wt%) 또는 PVP (0.1%-0.5 wt%) 와 혼합하여 점도를 증가시키고, 교반 (300-500 rpm, 25-40° C, 2-4 시간) 하였다.

코팅 : ITO 유리 (저항 8-12 Ω / sq) 에 스핀 코팅 (2000-3500 rpm, 30-60 초, 두께 200-500 nm) 또는 스프레이 코팅 (압력 0.2-0.3 MPa, 노즐 0.5 mm).

열처리 : 400-480 ° C, 공기 (O_2 유속 100 mL / 분), 1-2 시간, WO_3 필름.

조립체: 샌드위치 구조 (ITO/ WO_3 /전해질/NiO/ITO), 밀봉 (에폭시 수지).

성능 데이터:

두께: 200-500nm (SEM, 균일성 $\pm 10\%$).

투과율 변화율: 80%-90% (550nm, 인가 전압 $\pm 2-4V$).

응답 시간 : 착색의 경우 0.5-1.2 초, 퇴색의 경우 0.3-0.8 초 (전해질 $LiClO_4$).

사이클 안정성: 5000-10000 회, 투과율 감쇠 <5%-8%.

색상 효율 : 50-70 cm^2 / C .

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

적용하다:

건물 에너지 절약 창: 디밍율 70%-90%, 에너지 절약 20%-30%, 연간 수요 증가율 15%-20%, 2025 년은 1,000 만에서 2,000 만 m²가 될 것으로 예상됩니다.

자동차 눈부심 방지 미러: 응답 시간은 <1 초이며 연간 수요는 약 50-100 만 개입니다.

디스플레이: 시장 잠재력이 10-20 톤/년인 플렉시블 디스플레이(두께 <0.1mm).

4.3.2 나노 텅스텐 산화물

AMT 는 가스 센서, 광촉매 및 전기 화학 장치에 사용하기 위해 WO₃ 나노 입자를 준비합니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

분무 열분해: AMT 용액(WO₃ 20-40 g/L, pH 5.5±0.2)을 노즐(0.5-1 mm)을 통해 열분해로(600-750 ° C, N₂ 유속 400-600 mL/분, 체류 시간 2-5 초)에 분무하였다.

수집 : 사이클론 분리기 (95 % -98 % 효율) 또는 정전기 캡처 (전압 10kV)를 사용하여 WO₃ 나노 입자를 얻습니다.

후 처리 : 초음파 세척 (에탄올, 40-60 kHz, 20-30 분), 건조 (80-100 ° C, 4-6 시간).

도핑(선택 사항): Pt(0.5%-1wt%) 또는 Pd(0.2%-0.5wt%) 및 로스트(400 ° C, 2 시간)를 추가합니다.

성능 데이터:

입자 크기 : 10-60 nm (TEM, D50 ≈ 20-30 nm).

비표면적: 30-50m²/g(BET).

가스 감도: NO₂(5-50ppb, 300 ° C), 반응값 50-80, 응답/회복 시간 8-12 초; H₂S(1ppm)이며 반응 값은 30-40 입니다.

광촉매 효율 : 메틸렌 블루 (20-30 mg / L, UV 365 nm, 2-3 시간)의 분해, 제거율 90 % -98 %.

전기화학적 성능: CV 사이클(0.1 M H₂SO₄), 특정 커패시턴스 200-300 F/g.

적용하다:

가스 센서: 환경 모니터링(NO₂, CO, H₂S), 연간 수요 약 100-200 톤.

광촉매: 폐수 처리(COD 제거율>90%), 공기 정화(VOC), 시장 잠재력 50-150 톤/년.

전기 화학 장치 : 소형 센서, 잠재력이 20-50 톤 / 년인 유연한 전극.

4.3.3 에너지 저장 재료

AMT 유래 WO₃는 리튬 배터리, 나트륨 배터리 및 슈퍼 커패시터 양극에 사용됩니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

환원 : AMT 는 관로에서 환원 (500-600 ° C, H₂ / N₂ = 1 : 9, 2-4 시간)을 통해 WO₃를 얻습니다.

배합 : 카본 블랙, 그래 핀 또는 MXene (1 : 1-1 : 3 w / w), 볼 밀 (300-500 rpm, 4-8 시간, 볼 대 재료 비율 10 : 1)과 혼합합니다.

전극 준비 : 구리 또는 알루미늄 호일로 코팅 된 슬러리 (WO₃ : 도전제 : PVDF = 8 : 1 : 1, NMP 용매), 건조 (80-100 ° C, 12-16 시간, 두께 50-100 μm).

어셈블리: 2032 버튼 셀(전해질 1M LiPF₆ 또는 NaClO₄).

성능 데이터:

리튬 배터리: 용량 600-750mAh/g(0.1C, 첫 번째 주기), 400-500mAh/g(1C), 주기 수명

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

500-1000 회, 용량 유지율 80%-90%.

나트륨 배터리: 300-400mAh/g(0.1C) 용량, 300 주기, 75%-85% 유지.

슈퍼 커패시터: 특정 커패시턴스 250-350F/g(1A/g), 10,000 사이클, >90% 유지.

속도 성능 : 5C, 용량 250-300 mAh / g; 10C, 150-200 mAh / g.

적용하다:

리튬/나트륨 배터리: 전기 자동차(범위 10%-15% 증가), 에너지 저장 시스템, 연간 수요 증가율 20%-30%, 잠재 200-500 톤/년.

슈퍼 커패시터 : 고속 충전 및 방전 장비 (충전 시간 <1 분), 시장 잠재력 50-150 톤 / 년.

4.3.4 광촉매

AMT 에 의해 제조 된 WO_3 는 유기 오염 물질의 분해 및 수소 생산을위한 광촉매로 사용됩니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

열수 방법 : Na_2SO_4 또는 $NaCl$ (0.05-0.2 mol / L)과 혼합 된 AMT (WO_3 10-25 g / L), 열수 오토 클레이브 (50-100 mL, 180-220 ° C, 12-18 시간).

원심 분리 : 8000-12000 rpm, 10-20 분, WO_3 .

로스팅 : 400-450 ° C, 공기, 2-3 시간, 강화 된 다형 (단사정 단계).

도핑 (선택 사항) : Ti (1 % -3 wt %) 또는 N (0.5 % -1 wt %), 광 반응을 넓힌다.

성능 데이터:

입자 크기 : 20-50 nm (TEM, $D_{50} \approx 30$ nm).

밴드갭: 2.5-2.8eV(UV-Vis, 가시광선 응답 400-500nm).

광촉매 활성화: 로다민 B(10-20mg/L, 햇빛 시뮬레이션, 1-2 시간), 분해율 85%-95%; 수소 생산 속도(10% 메탄올 희생, 300W Xe 램프), 0.5-1mmol/h · g.

안정성: 5 사이클에서 <5% 활동 감소.

적용하다:

수처리: 산업 폐수(염료, 페놀, COD 제거율 90%-95%), 연간 약 50-100 톤의 수요.

공기 정화: 제거율이 80%-90%이고 잠재력이 20-70 톤/년인 VOC(톨루엔, 포름알데히드).

물을 수소로 광분해: 청정 에너지, 실험실 단계, 잠재력 10-30 톤/년.

4.3.5 연료전지 전극 재료

AMT 유래 WO_3 는 양성자 교환막 연료 전지 (PEMFC) 전극 캐리어 또는 보조 촉매로 사용할 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

환원 : AMT (550-650 ° C, $H_2 / N_2 = 1 : 9$, 3-4 시간)는 WO_3 를 산출합니다.

복합 재료 : Pt / C (Pt 20 % -40 wt %) 또는 Pd / C (Pd 10 % -20 wt %) (WO_3 :Pt / C = 1 : 2-1 : 4), 초음파 분산 (에탄올, 40-60 kHz, 1-2 시간)과 혼합.

전극 준비: 카본지(200 μ m 두께)에 스프레이(0.2-0.5 mg/cm² Pt) 또는 브러시를 사용하고 건조(80-100 ° C, 4-6 시간)합니다.

어셈블리: MEA(멤브레인 전극 어셈블리), 나피온 멤브레인(두께 50 μ m), 열간 프레스(130 ° C, 2MPa).

성능 데이터:

전기 촉매 활성화: 산소 환원 반응(ORR), 시작 전위 0.95-1.0V(RHE 대비), 반파 전위

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.85-0.90V, 타펠 경사 60-70mV/dec.

안정성: 5000-10000 CV(0.6-1.2 V, 50 mV/s), 활성 감소 <10%-15%.

전력 밀도: 0.8-1.2W/cm² (60-80° C, H₂/O₂, 압력 0.1-0.3MPa).

CO 허용 오차 : 100ppm CO, 활성 <5 % 감소.

적용하다:

연료 전지: 신에너지 차량(범위 500-600km), 휴대용 전원, 연간 수요 잠재력이 50-200 톤입니다.

전해수: 음극재(HER), 시장 잠재력 20-50 톤/년.

4.3.6 열전 재료

AMT 유래 WO₃는 낮은 열전도율과 높은 Seebeck 계수를 활용하는 열전 재료를 제조하기 위해 도핑할 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

합성 : AMT (WO₃ 20 g / L) 및 Na₂WO₄ (Na : W = 1:10)를 혼합하고 열수 처리 (200 ° C, 24 시간)하였다.

도핑 : Bi (1 % -5 wt %) 또는 Sb (0.5 % -2 wt %), 볼 밀링 (400 rpm, 6 시간)을 첨가합니다.

소결 : 스파크 플라즈마 소결 (SPS, 600-700 ° C, 50 MPa, 10 분)을 통해 Na_xWO₃를 얻습니다.

성능 데이터:

Seebeck 계수 : 100-200 μV / K (300-600 K).

전기 전도도: 50-100 S/cm.

열전도율 : 1.5-2.0 W / m · K.

ZT 값: 0.3-0.5(500K).

밀도 : >98 % (이론 밀도 7.16g / cm³).

적용하다:

폐열 발전: 산업 폐열(300-600° C), 회수 효율 5%-10%, 연간 수요 잠재력 20-50 톤.

소형 열전: 센서 구동, 시장 잠재력 10-30 톤/년.

4.3.7 전자파 차폐 재료

AMT 유래 WO₃ 또는 W는 마이크로파 및 고주파 전자파를 흡수하는 전자파 차폐 재료를 제조하는 데 사용할 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

감소: AMT(600-700° C, H₂, 4 시간)를 사용하여 W 분말(입자 크기 0.5-2 μm)을 얻습니다.

컴파운드 : 폴리머 (PI 또는 PVDF, W : 폴리머 = 70 : 30-80 : 20 w / w), 핫 프레스 (200 ° C, 10 MPa)와 혼합.

성형 : 필름 (0.1-1mm 두께) 또는 코팅 (스프레이, 50-100 μm 두께).

성능 데이터:

차폐 효과: 30-50dB(1-18GHz).

흡수: 80%-90%(10GHz).

전도도: 10²-10³ S/m.

온도 저항 : 300 ° C, <5 %의 성능 저하.

적용하다:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전자 장비: 5G 기지국, 레이더 차폐, 연간 약 50-100 톤의 수요.

항공우주: 연간 20-50 톤의 잠재력을 가진 EMI 저항성 코팅.

4.4 생물 의학 응용

4.4.1 광열 요법

AMT 유래 WO_3 나노 입자는 근적외선 흡수 특성으로 인해 암 광열 요법에 사용됩니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

열수 방법 : AMT (WO_3 10-20 g / L) 및 요소 (0.1-0.3 mol / L), 180-220 ° C, 12-18 시간.

표면 개질: PEG(MW 2000-5000, 1%-2 wt%) 또는 HA(히알루론산, 0.5%-1 wt%), 교반(300-400 rpm, 25° C, 4-6 시간).

원심 분리 : 8000-12000 rpm, 10-20 분, WO_3 나노 입자.

성능 데이터:

입자 크기 : 15-40 nm (TEM, D50 \approx 25-30 nm).

광열 변환 효율 : 38 % -45 % (808 nm, 1-2.5 W / cm^2 , 온도 상승 30-50 ° C).

생물 안전성: HeLa, MCF-7 세포, 100-300 μ g/mL, 24-48 시간 생존율 >90%-95%.

생체 내 분포 : 마우스 실험, 반감기 6-8 시간, 간장 농축 <20 %).

적용하다:

종양 치료: 광열 절제(종양 부피 80%-90% 감소), 실험실 단계, 임상 적용은 2030 년 예상, 연간 잠재력 10-30 톤.

병용 요법: 화학 요법 약물(예: DOX)과 병용 시 30%-50% 시너지 효과.

4.4.2 항균 재료

WO_3 나노 입자는 광촉매 항균 특성을 가지고 있습니다. 프로세스는 위와 동일하며 추가 사항은 다음과 같습니다.

도핑 : Ag (1 % -3 wt %) 또는 Cu (0.5 % -2 wt %)는 항균 특성을 향상시킵니다.

코팅: 50-100nm 두께의 기관(유리, 금속)에 스프레이하거나 담그십시오.

성능 데이터:

항균 비율 : 대장균, 황색 포도상 구균, 99.9 % -100 % (UV 365 nm, 1-2 시간, 농도 50-100 μ g / mL; 어둠 속에서 Ag 도핑, 항균 비율 80%-90%).

메커니즘: ROS (\cdot OH, O_2^-)는 세포막과 DNA 를 손상시킵니다.

내구성 : 10 사이클, 항균 율 >95 %.

적용하다:

의료 기기: 카테터, 임플란트 코팅(감염률 50%-70% 감소), 연간 약 10-20 톤 수요.

항균 섬유: 수술 가운, 마스크, 시장 잠재력 5-15 톤/년.

유틸리티 : 도어 핸들, 엘리베이터 버튼 코팅, 잠재적 인 10-20 톤 / 년.

4.4.3 의약품 전달 차량

WO_3 나노 입자는 다공성 구조로 인해 약물 전달 운반체로 사용될 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

합성 : AMT (WO_3 20-30 g / L) 및 CTAB (0.05-0.1 mol / L), 열수 (180-200 ° C, 12-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

16 시간).

로딩 : 독소루비신 (DOX, 10-20 mg / mL) 또는 시스플라틴 (5-10 mg / mL), 함침 (25-37 ° C, 24-36 시간, 20 % -30 % 로딩).

코팅: 폴리도파민(PDA, 1-2 mg/mL) 또는 SiO₂(TEOS, 0.5 mL)는 안정성을 향상시킵니다.
성능 데이터:

기공 크기: 5-15nm(BET, 기공 부피 0.2-0.3cm³/g).

방출 속도 : pH 5.0 (중양 미세 환경), 48 시간에 75 % -85 % 방출; pH 7.4 (혈액), 24 시간 내에 <15%-20% 방출.

세포 독성 : MCF-7, A549 세포, IC50 ≈ 3-6 μg / mL (DOX 함유), 표적 20 % -30 % 증가.

안정성 : 4 ° C, 3 개월, 약물 누출 <5 %.

적용하다:

암 치료: 표적 전달(중양 농축 비율 10%-15%), 실험실 단계, 잠재력 5-15 톤/년.

만성 질환: 연간 2-5 톤의 잠재력을 가진 서방성 인슐린.

4.4.4 바이오이미징 프로브

희토류 원소(예: Eu³⁺, Tb³⁺)를 형광 프로브로 도핑한 WO₃ 나노 입자. 프로세스는 다음과 같습니다.

합성 : AMT (WO₃ 15-25 g / L) 및 Eu (NO₃)₃ (5 % -10 mol %) 또는 Tb (NO₃)₃ (3 % -8 mol %), 열수 (200-220 ° C, 16-20 시간).

개질: 실란화(APTES, 1%-2 wt%) 또는 PEG(MW 2000, 0.5%-1 wt%)를 사용하여 수용성을 향상시킵니다.

원심분리: 10,000-15,000rpm, 15-20 분

성능 데이터:

입자 크기 : 30-60 nm (TEM, D50 ≈ 40 nm).

형광: Eu³⁺(여기 394nm, 방출 615nm, 빨간색), 양자 수율 15%-25%; Tb³⁺(여기 378nm, 방출 545nm, 녹색) 20%-30% 수율.

생물학적 안전성: L929 세포 생존율 >95-98%-50 μg/mL 농도에서 유의한 독성 없음.

이미징 깊이: 5-10mm 조직 침투(근적외선 여기).

적용하다:

세포 이미징: 암세포 라벨링(형광 강도 50%-80% 증가), 실험실 단계, 잠재력 2-10 톤/년.

생체 내 이미징: 잠재적으로 1-5 톤/년의 소동물 실험(해상도 0.1-0.5mm).

4.4.5 뼈 수선 재료

WO₃ 나노 입자는 뼈 재생을 촉진하기 위해 바이오 세라믹과 혼합 될 수 있습니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

합성: AMT(WO₃ 20g/L) 및 Ca(NO₃)₂(Ca:W = 1:1), 열수(180° C, 12 시간).

화합물 : 하이드록시아파타이트 (HA, 50 % -70 중량 %), 볼 밀 (300 rpm, 4 시간)과 혼합.

성형 : 프레스 (150 MPa), 소결 (1000-1100 ° C, 2 시간)을 통해 WO / HA 복합재를 얻습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

성능 데이터:

다공성: 30%-40%(SEM, 기공 크기 100-500 μm).

압축 강도 : 50-80 MPa.

생물학적 활성: MC3T3-E1 조골세포, 7 일 증식률 30%-50% 증가, ALP 활성 40% 증가.

강직 비율: PBS 에 있는 28 일에 <5% 질량 손실.

적용하다:

뼈 결손 수리: 임플란트(뼈 충전율 60%-80%), 실험실 단계, 잠재력 5-15 톤/년.

치과 재료: 잠재적으로 2-5 톤/년을 가진 치과용 임플란트 코팅.

4.4.6 항산화제

WO₃ 나노 입자는 항산화 특성으로 인해 자유 라디칼을 제거합니다. 프로세스는 다음과 같습니다.

합성 : AMT (WO₃ 15 g / L) 및 H₂O₂ (0.1 mol / L), 열수 (160 ° C, 10 시간).

개질: 향상된 분산을 위한 키토산(0.5%-1 wt%).

원심분리: 10,000rpm, 15 분

성능 데이터:

입자 크기 : 20-40 nm (TEM).

항산화 능력: 농도 100 μg/mL 에서 70%-85%의 DPPH 활성산소 제거, 60%-75%의 과산화물 음이온(O₂⁻) 제거.

생물 안전성 : 50-200 μg / mL 의 농도, 세포 생존율 >95 %, 염증 반응 없음.

적용하다:

기능 식품: 노화 방지 첨가제, 실험실 단계, 잠재력 2-10 톤/년.

화장품: 연간 5-15 톤의 잠재력을 가진 항산화 스킨케어(활성산소 보호 30%-50% 증가).

4.5 시장 및 전망

4.5.1 글로벌 시장 개요

AMT 는 연간 약 8,000-12,000 톤(중국이 70%-75%를 차지함)을 생산하며 주로 일본과 한국(전자 재료, 30%-35%), 유럽과 미국(촉매, 텅스텐, 45%-50%) 및 기타 지역(10%-15%)에 수출됩니다. 시장 규모는 2023 년에 약 20 억에서 30 억 위안이 될 것이며 연간 성장률은 5%-10%입니다. 시장 세그먼트:

전통적인 텅스텐 제품 : 55 % -65 % (5000-7000 톤), 연간 성장 3 % -5 %.

촉매 : 20 % -25 % (2000-3000 톤), 5 % -8 % 증가.

신용 재료: 10%-15%(1000-1500 톤), 15%-25% 증가.

생물 의학 : <5 % (50-200 톤), 성장 잠재력 20 % -30 %.

4.5.2 도전 과제 및 개발 방향

도전:

순도 요구 사항: 불순물(Fe, Mo) < 0.0005% 및 정제 공정을 개선해야 합니다.

환경 압력: 암모니아 질소 방출 <10 mg/L, 폐액 처리 비용 10%-20% 증가.

비용 경쟁: 톤당 RMB 2-35,000, 5%-15% 감소.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술 장벽: 나노 스케일 응용 일관성(입자 크기 편차 <10%).

방향:

친환경 공정: 마이크로파 합성(에너지 소비 20%-30% 감소), 폐액 재활용(암모니아 회수율>95%).

지능형: 자동화된 생산 라인(10%-15% 더 일관성), AI에 최적화된 프로세스 매개변수.

신흥 응용 분야: 나노 기술(센서, 배터리, 연간 20% 성장), 생물 의학(광열, 이미징, 잠재력 100-500 톤/년).

국제 협력 : 일본과 한국(전자), 유럽과 미국(군수산업)과의 기술 교류를 심화하고 수출 비중을 50%로 높입니다.

리소스

Li Zhang, "촉매에서 암모늄 메타 텅스텐 산염의 응용", *Chemical Industry Progress*, Vol. 38, No. 6, 2019, pp. 1450-1456. (중국어, Catalyst Application)

G. A. Tsigdinos, *몰리브덴과 텅스텐의 이중 화합물*, 현재 화학의 주제, Vol. 76, Springer, 1978, pp. 1-64. (英文, 钨粉制备)

일본 텅스텐 산업 협회, 《텅스텐 화합물의 응용》, 东京, 2017. (日文, 电致变色应用)

X. Liu et al., "생물 의학 응용을 위한 AMT의 WO_3 나노물질", *Journal of Materials Chemistry B*, 2021, Vol. 9, pp. 2345-2353. (英文, 生物医学应用)

Ullmann의 산업 화학 백과 사전, "텅스텐 화합물", Wiley-VCH, 2005. (英文, 工业应用综述)

Y. Wang 외, "환경 개선을 위한 AMT에서 파생된 WO_3 광촉매", *Applied Catalysis B: Environmental*, 2020, Vol. 275, 119102. (英文, 光催化应用)

H. Zhang 외, "연료전지 전극용 AMT-Derived WO_3 ", *Electrochimica Acta*, 2022, Vol. 405, 139825. (英文, 燃料电池应用)

L. Chen 외, "AMT의 텅스텐 기반 열전 재료", *Journal of Alloys and Compounds*, 2021, Vol. 885, 160987. (英文, 热电材料)

J. Li et al., "전자파 차폐를 위한 WO_3 복합재료", *Materials Science and Engineering: B*, 2023, Vol. 290, 116321. (英文, 电磁屏蔽)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

암모늄 메타 텅스텐 산염 제품 소개

1. 제품 오버 view

화학식 $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ 를 갖는 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)은 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말을 갖는 고용해성 텅스텐 화합물입니다. AMT는 텅스텐 제품 및 기타 텅스텐 화합물 생산에 중요한 중간 원료이며 우수한 수용성(20° C에서 최대 303.9g/100g H₂O의 용해도) 및 열 안정성으로 인해 많은 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

둘째, 제품 특성

외관 : 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말

순도 : $\geq 99.95\%$

용해도 : 높은 수용성, 에탄올에 불용성

밀도 : 약. 2.3g/cm³

열적 안정성: 300° C 이상에서 삼산화텅스텐(WO₃)으로 분해

안전: 약산성으로 자극성이 있으므로 사용 시 보호에 주의해야 합니다.

3. 제품 사양

WO ₃ 함량 (최소 ≥ 91.0)										
불순물 함량(최대, %)										
요소	에	만	바이	캘리포니아	와	철	마그네슘	K	미네소타	모
최대	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
요소	에	도	P	납	S	증권 시세 표시기	예	주석	티	V
최대	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 포장 및 보증

포장 : 내부 밀봉 진공 비닐 봉지, 외부 철 드럼 또는 플라스틱 드럼, 순중량 50kg, 방습 및 산화 방지.

보증 : 품질 인증서, 텅스텐 함량, 불순물 분석 (ICP-MS), 입자 크기 (FSSS 방법), 느슨한 밀도 및 수분 데이터, 12 개월의 유통 기한 (밀폐 및 건조 조건).

5. 조달 정보

사서함: sales@chinatungsten.com 전화: +86 592 5129696

암모늄 메타텅스텐 산염에 대한 자세한 내용은 China Tungsten Online (www.ammonium-metatungstate.com) 을 참조하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



제 5 장 향후 발전 및 과제

암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT, 화학식 $(NH^{\circ} C) _6H_2W_{12}O_{40} \cdot nH_2OA$ 는 텨스텐 화학 산업의 중요한 중간체로서 전통 산업, 싯홍 기능성 재료 및 생물 의학 분야에서 큰 잠재력을 보여주었습니다. 그러나 고성능 재료에 대한 전 세계 수요 증가, 더 엄격한 환경 규제 및 가속화된 기술 혁신으로 인해 AMT 의 개발은 많은 기회와 과제에 직면해 있습니다. 본 장에서는 기술혁신, 시장동향, 환경보호 및 지속가능발전, 산업화 병목현상의 네 가지 측면에서 AMT 의 향후 발전 방향에 대해 논의하고, 연구자와 산업체에 지침을 제공하기 위한 대처 전략을 제안한다.

5.1 기술 혁신

5.1.1 녹색합성기술

AMT 의 전통적인 제조 방법(예: 산성화 방법 및 이온 교환법)은 높은 에너지 소비, 대규모 폐액 배출과 같은 문제가 있으며 녹색 합성 기술이 미래의 초점이 되었습니다. 마이크로파 보조 합성: 마이크로파 가열(2450MHz, 전력 800-1000W)은 반응 시간을 1-2 시간에서 10-15 분으로 단축하고 에너지 소비를 20%-30% 줄입니다. 싯험 데이터 : 수율 88 % -93 %, WO_3 함량 90 % -91 %, 입자 크기 1-5 μm .

초음파 보조 추출: 초음파(40kHz, 200W)는 추출 시간(20-30 분)을 50% 단축하고 수율을 92%-96% 증가시키며 폐기물을 15%-20% 줄여 용매 추출 효율(TBP/등유)을 향상시킵니다.

생명 공학 : 미생물 (예 : 애시도필러스)을 사용하여 텨스텐 광석에서 텨스텐 산염을 추출하고 싯험실 단계에서 70 % -80 %의 수율과 40 % 낮은 에너지 소비로 AMT 로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

전환하지만 긴 반응주기(5-7 일)를 갖습니다.

개발 동향:

산업용 증폭(연간 생산량 1000-2000 톤)을 달성하기 위해 저비용, 고효율 마이크로파/초음파 장비(30-500,000 위안/세트 투자)를 개발합니다.

AI를 결합하여 반응 파라미터(예: 온도, pH)를 최적화하고 일관성(<2%의 수율 변동)을 개선합니다.

5.1.2 나노화 및 기능화

AMT 유래 WO_3 또는 W 나노 물질은 센서, 배터리 및 생물 의학에서 수요가 급증하여 나노 및 기능화 기술의 개발을 주도하고 있습니다.

나노 화 : 열수 법 (180-220 ° C, 12-18 시간)과 초음파 분산 (60kHz, 30 분)을 결합하여 비 표면적이 40-60 m^2 / g 인 WO_3 나노 입자 (입자 크기 10-30 nm, $D_{50} \approx 20$ nm)를 제조합니다.

기능화 : 표면 개질 (예 : PEG, SiO_2)은 WO_3 수용성 (50 % -80 % 용해도) 및 도핑 된 Pt (0.5 % -2 wt %) 또는 Eu^{3+} (5 % -10 mol %)를 향상시켜 촉매 또는 형광 성능을 향상시킵니다.

예 : Pt 도핑 된 WO_3 나노 입자는 NO_2 센서 (감도 10ppb, 응답 시간 <5 초)에 사용되었으며 Eu^{3+} 도핑 된 WO는 바이오 이미징 (형광 강도 60 % 증가)에 사용되었습니다.

개발 동향:

연간 100-500 톤의 수요를 충족하기 위해 연속 나노 제조 장비(예: >95% 수율의 미세유체 반응기) 개발.

기능화 기술은 다기능 복합 재료 (예 : $WO_3 /$ 그래핀, 20 % -30 % 커패시턴스)로 이동하고 있습니다.

5.1.3 지능형 생산

인더스트리 4.0 과 같은 스마트 제조 기술은 AMT 생산성과 품질 관리를 최적화할 것입니다.

온라인 모니터링: pH, 온도 및 농도의 실시간 모니터링(정확도 ± 0.05), PLC 시스템은 산 및 알칼리 첨가(오류 <0.1)를 자동으로 조정하여 수동 작업을 30%-50% 줄입니다.

빅 데이터 분석: 반응 데이터(10^4 - 10^5 데이터 포인트/배치)가 수집되고 AI가 최적의 매개변수(예: pH 5.5 ± 0.1 , 수율 5%-8% 증가)를 예측합니다.

사례: 중국의 한 텅스텐 회사는 연간 2,000 톤의 AMT를 생산하는 지능형 생산 라인(500만 위안 투자)을 도입하여 폐액 배출을 25%, 인건비를 40% 줄였습니다.

개발 동향:

지능형 장비(비용 100만에서 300만 위안/세트)를 홍보하고 전체 프로세스의 자동화를 실현하며 연간 생산 효율성을 15%-20% 높입니다.

디지털 트윈 기술을 개발하여 생산 프로세스를 시뮬레이션하고 시행착오 비용을 20%-30% 절감합니다.

5.2 시장 수요 및 동향

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2.1 기존 필드의 업그레이드

텅스텐 카바이드 및 텅스텐과 같은 전통적인 분야에서 AMT에 대한 수요는 안정적이지만 고순도, 작은 입자 크기 제품에 대한 수요가 증가하고 있습니다.

고순도 텅스텐 분말 : 순도 요구 사항은 99.9%에서 99.99%로 증가하고 반도체 타겟의 경우 불순물 (Fe, Mo) < 0.0005% (막 두께 균일성 ±3%).

미세 텅스텐 분말 : 3D 프린팅 (부품 정확도 ± 0.05 mm)의 경우 1-5 μm에서 0.1-1 μm (D50 ≈ 0.5 μm)의 입자 크기, 연간 수요 증가는 10% -15%입니다.

시장 데이터: 텅스텐 분말에 대한 글로벌 수요는 2023년에 약 50,000톤이 될 것이며 AMT는 60%-70%(3000-3500톤)를 차지하며 2030년에는 60,000톤에 이를 것으로 예상됩니다.

개발 동향:

고급 제조의 요구를 충족시키기 위해 초 미세 텅스텐 분말 준비 기술 (예 : 플라즈마 감소, 입자 크기 < 0.5 μm)의 개발.

AMT 수출의 비중은 40%에서 50%-60%로 증가했으며 목표 시장은 일본과 한국(전자), 유럽과 미국(군수 산업)입니다.

5.2.2 신흥 지역에서의 성장

신흥 분야(예: 배터리, 센서, 생물 의학)에서 AMT에 대한 수요가 급격히 증가하고 있습니다.

에너지 저장: 리튬/나트륨 배터리 양극 WO₃ 수요는 50톤/년(2023년)에서 500-1000톤/년(2030년)으로 증가할 것으로 예상되며 연간 성장률은 20%-30%입니다.

센서 : NO₂, H₂S 검출을 위한 WO₃ 나노 입자, 연간 수요는 100톤에서 300-500톤으로 증가하여 15% -20%의 성장률을 보였습니다.

생물 의학: 광열 요법, 약물 전달 WO₃ 수요는 <10톤(실험실)에서 50-200톤(임상 단계)으로 증가했으며 성장 잠재력은 25%-35%입니다.

사례: 중국 기업이 2023년 배터리 연구 개발을 위해 미국에 WO₃ 나노입자 50톤을 2,000만 위안의 계약가로 수출했다.

개발 동향:

신흥 분야(예: 나노 규모, 높은 활성)를 위한 맞춤형 AMT 제품은 시장 점유율을 10%에서 20%-25%로 높였습니다.

신에너지 및 의료 기업과의 협력을 강화하고 장기 주문(연간 500-1000톤 공급)을 확정합니다.

5.2.3 지역별 시장 차이

AMT에 대한 시장 수요는 지역 경제 발전과 기술 수준에 따라 크게 다릅니다.

중국: 텅스텐(60%), 촉매(25%) 및 신흥 분야에 주로 사용되는 전 세계 생산량의 70%-75%(6,000-8,000톤)가 <15%를 차지하며 성장률은 5%-8%입니다.

일본 및 한국 : 수요 1000-1500톤, 전자 재료 (50%), 센서 (30%), 10% -15%의 성장률.

유럽과 미국 : 수요 1500-2000톤, 군사 산업 (40%), 촉매 (35%), 5%-10%의 성장률.

개발도상국: 수요 < 500톤, 인프라 건설이 텅스텐 수요를 주도하며 성장 잠재력은

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

15%-20%입니다.

개발 동향:

중국이 고부가가치 제품(나노 물질의 5%에서 20%)으로 전환하고 있습니다.

일본, 한국, 유럽 및 미국은 맞춤형 AMT(예: 도평형)를 개발하기 위해 기술 협력을 심화했습니다.

5.3 환경 보호 및 지속 가능한 개발

5.3.1 폐액 처리

AMT 생산은 암모니아 질소 폐액(5-15g/L)과 산성 폐수(pH 2-4)를 생성하여 환경 압력을 악화시킵니다.

상태: 전통적인 중화 방법($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 비용은 폐액 500-800 위안 / 톤이고 잔류 물(CaWO_4)의 회수율은 50% -60%입니다.

향상된 기술:

암모니아 증류 회수: 암모니아 증류탑(증기 압력 0.4-0.6 MPa), 암모니아 회수율은 90%-95%, 농도는 10%-15%이며 비용은 300-500 위안/톤으로 감소합니다.

멤브레인 분리: 나노 여과 막(분자량 절단 200-400 Da), 폐액 농도 5-10 배, WO_3 회수율 80% -90%, 투자 50-100 만 위안 / 세트.

사례: 2022년 장시성의 한 공장은 암모니아 증류 + 멤브레인 분리를 사용하여 연간 폐액 5,000 톤, 암모니아 회수 200 톤, WO_3 회수 50 톤의 처리 능력을 갖추어 비용을 30% 절감할 예정입니다.

개발 동향:

무공해 기술을 촉진하고 암모니아 질소 배출량을 <5mg/L(중국의 GB 8978-1996 표준보다 우수)로 줄입니다.

폐액의 재활용률이 50%에서 80%-90%로 증가했습니다.

5.3.2 에너지 소비 및 탄소 배출량

AMT 생산은 에너지 소비(로스팅, 결정화 등)가 높으며 탄소 배출량은 전 세계 배출량 감소 목표를 충족해야 합니다.

상태: AMT 톤당 2000-3000kWh의 에너지 소비, 1.5-2.0 톤의 CO_2 배출량(주로 석탄 화력 발전).

향상된 기술:

재생 가능 에너지: 태양열(태양광 발전 100-200kW) 또는 풍력, 에너지 소비 20%-30% 감소 및 탄소 배출량 30%-40% 감소.

폐열 회수: 로스터 배기 가스(300-500°C)는 증기 터빈을 구동하여 열의 15%-20%를 회수하여 연간 50-100 만 kWh의 전기를 절약합니다.

사례 연구: 한 회사는 2023년에 연간 1,000 톤의 AMT를 생산하여 에너지 소비를 15% 절약하고 CO_2 배출량을 300 톤 줄이는 폐열 회수를 도입할 예정입니다.

개발 동향:

탄소 배출량은 탄소 중립 목표에 따라 2030년에 1.0-1.2 톤/톤 AMT로 감소할 것입니다.

에너지 소비는 1500-2000kWh/톤으로 최적화되고 청정 에너지의 비율은 50%로

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

증가합니다.

5.3.3 자원 재활용

텅스텐 자원은 제한되어 있으며(전 세계 매장량의 약 340 만 톤, 그 중 60%는 중국에 있음) 재활용은 지속 가능한 개발의 핵심입니다.

상대 : 30 % -50 % 텅스텐 회수 (스크랩 카바이드, 촉매), AMT 생산에서 5 % -10 % 텅스텐 손실.

향상된 기술:

폐 텅스텐 산 회수 : 폐 액체의 WO_3 (1-5 g / L)는 85 % -95 %의 회수율로 이온 교환 (D001 수지)을 통과합니다.

스크랩 합금 재활용 : 텅스텐 분말 (>99 % 순도)은 연간 500-1000 톤의 처리 능력으로 전기 분해 (전류 밀도 100-200 A / m^2)로 회수됩니다.

예: 한 독일 회사가 2022 년에 300 톤의 텅스텐 스크랩을 재활용하고 200 톤의 AMT 를 준비하여 비용을 20% 절감했습니다.

개발 동향:

텅스텐 재활용률이 50 %에서 70 % -80 %로 증가했습니다.

글로벌 텅스텐 자원 회수 네트워크를 구축하여 원광석 채굴을 10%-15% 줄입니다.

5.4 산업화 병목 현상 및 해결 방법

5.4.1 비용 관리

AMT(2-35,000 위안/톤)의 생산 비용은 신흥 분야의 경쟁에서 높습니다.

병목 현상 : 원료 (텅스텐 농축액 10-150,000 위안 / 톤), 에너지 (500-800 위안 / 톤), 노동 (300-500 위안 / 톤)이 높은 비율을 차지했습니다.

용액:

공급 원료 대체: 저급 텅스텐 광석(WO_3 20%-30%) 활용, 부유 선광 정제 95%, 비용 10%-15% 절감.

오토메이션: 노동력을 40%-50% 줄이고 톤 당 200-300 위안을 절약합니다.

규모: 연간 생산량을 1,000 톤에서 5,000 톤으로 늘리고 단가를 15%-20% 절감합니다.

5.4.2 품질 일관성

새로운 응용 분야에서는 엄격한 AMT 순도와 입자 크기 일관성이 필요합니다.

병목 현상 : WO_3 함량의 1 % -2 % 변동 및 배치 간 10 % -20 % 입자 크기 편차.

용액:

정밀한 제어: 온라인 모니터링(pH ± 0.05 , 온도 $\pm 1^\circ C$), 일관성이 99% 이상으로 향상됩니다.

표준화: ISO 에 따라 AMT 품질 표준(예: WO_3 >90%, Fe <0.0005%)을 개발합니다.

5.4.3 기술적 장벽과 경쟁

신흥 분야의 기술 장벽이 높고 국제 경쟁이 심화되고 있습니다.

병목 현상: 유럽과 미국 기업은 나노 물질 및 생물 의학 분야에서 특히 레이아웃을 주도하고 있는 반면, 중국 기업은 기술 보유량이 충분하지 않습니다.

용액:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

R&D 투자: 기업 R&D 의 비율은 3%-5%에서 8%-10%로 증가했으며 연간 투자액은 5 천만 위안에서 8 천만 위안에 달합니다.

산학연 협력: 대학과 nano-WO₃ 공동 개발 (예: 칭화대학교) (10-20 건 / 년).

특허 레이아웃: 녹색 기술 및 기능 기술 보호에 중점을 두고 특허 수를 50 개에서 200 개로 늘렸습니다.

5.4.4 정책 및 규정

환경 보호 및 무역 정책은 AMT 의 산업화에 영향을 미칩니다.

병목 현상: 중국의 환경 보호세 (1000-2000 위안 / 톤), 유럽 및 미국 반덤핑 관세 (10 % -20 %).

용액:

규정 준수 생산: 폐액 배출은 표준(암모니아 질소 <10mg/L)을 충족하며 20%-30%의 세금 공제를 위해 노력하고 있습니다.

다각화된 시장: 동남아시아 및 아프리카 시장을 확대하고 수출 비중을 5%에서 15%-20%로 높입니다.

리소스

Li Qiang, "암모늄 메타 텨스텐 산업의 녹색 준비 기술에 관한 연구", 중국 텨스텐 산업, Vol. 32, No. 4, 2020, pp. 35-41. (중국어, 녹색 합성)

X. Zhang et al., "AMT 에서 나노 구조 텨스텐 산화물의 발전", *Chemical Reviews*, 2022, Vol. 122, pp. 5678-5712. (英文, 纳米化)

일본 화학 산업 협회, 텨스텐 화합물에 대한 환경 기술, 东京, 2019. (日文, 环保技术)

글로벌 텨스텐 시장 보고서 2023, 국제 텨스텐 산업 협회 (ITIA), 2023. (英文, 市场需求)

Wang Li, "텨스텐 자원 재활용 현황 및 전망", *비철금속*, Vol. 73, No. 2, 2021, pp. 55-60. (중국어, 자원 순환)

M. Smith 외, "텨스텐 가공에서의 스마트 제조", *산업공학회지*, 2021, Vol. 15, pp. 234-245. (英文, 智能化生产)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



제 6 장 산업생산과 기술적 과제

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 전통적인 텅스텐 제품, 신형 기능성 재료 및 생물 의학 분야에서 널리 사용되는 텅스텐 화학 산업의 중요한 중간체입니다. 그러나 산업 생산 규모는 순도 제어 및 공정 효율성과 같은 기술적 병목 현상에 직면해 있으며 친환경 공정, 지능형 기술, 안전 및 환경 보호 조치를 개선해야 합니다. 이 장에서는 기술 및 프로세스의 관점에서 AMT의 대규모 생산에 대한 과제와 개선 방향을 체계적으로 논의하고 효율적이고 지속 가능한 생산을 달성하기 위한 기술적 참조를 제공합니다.

6.1 대규모 생산의 병목 현상

6.1.1 순도 조절

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)의 순도는 다운 스트림 제품의 품질에 직접적인 영향을 미치지만 대규모 생산에서는 일관성을 유지하기가 어렵습니다.

상태: AMT의 WO_3 함량은 실험실 조건에서 90%-91%에 도달할 수 있지만 산업 생산 배치 간에 88%-90% 변동하고 불순물(예: Fe, Mo, Na) 함량은 <0.01%에서 0.02%-0.05%로 증가합니다.

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)의 순도에 대한 이유 :

원료 변동 : 텅스텐 농축액 WO_3 함량은 다양하며 (60 % -75 %), 불순물 (예 : Fe 0.5 % -2 %)은 완전히 제거하기가 어렵습니다.

공정 확장 : 반응기 (500-1000 L)를 불균일하게 교반하고 pH 제어 편차 ($\pm 0.2-0.5$)로 인해 일관되지 않은 폴리 텅스텐 산염 중합이 이루어졌습니다.

결정화 공정: 변동하는 냉각 속도(0.5-2° C/min), 불순물의 결정 포함.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)의 순도 효과 :

순도는 >99.95%에서 99.9%로 감소하여 반도체 대상 막 두께의 균일성($\pm 5\%$ 에서 $\pm 10\%$)에 영향을 미쳤습니다.

촉매 활성 감소(NO_x 전환율이 >95%에서 85%-90%로).

암모늄 메타텅스텐 산염 (AMT) 순도 솔루션 :

원료 전처리 : 텅스텐 농축액은 부유 선광 및 자기 분리에 의해 WO_3 >97 %, Fe <0.02 %로 정제됩니다.

정밀한 제어: 인라인 pH 측정기(정확도 ± 0.05) 및 최적화된 교반(400-600 rpm)을 사용하여 순도 변동을 <0.5%로 줄입니다.

분수 결정화: 2차 결정화(5° C, 냉각 속도 0.2° C/min)가 구현되고 불순물 제거율이 20%-30% 증가합니다.

6.1.2 에너지 소비 및 효율성

암모늄 메타텅스텐 산염 (AMT) 생산의 에너지 소비 및 효율성 문제는 대규모 응용 분야를 제한합니다.

상태: AMT 톤당 2,000-3,000kWh, 주로 로스팅(50%), 농도(30%) 및 결정화(15%).

원인:

저급 공급 원료 : WO_3 함량이 <70 % 인 텅스텐 광석은 여러 번 정제해야하므로 에너지 소비가 20 % -30 % 증가합니다.

기존 장비: 회전식 가마의 열효율은 60%-70%에 불과하고 증발기의 열 손실은 30%-40%입니다.

복잡한 공정: 다단계 반응(예: 산성화, 농도, 결정화)은 비효율적이며 수율 변동 범위는 85%에서 90%입니다.

효과:

높은 에너지 소비는 생산 주기(배치당 12-24 시간)를 연장하여 대규모 배치에 대한 수요를 충족하기가 어렵습니다.

비효율성은 배치 일관성 저하로 이어져 다운스트림 제품 안정성에 영향을 미칩니다.

사례: 2023년에는 장비의 낮은 효율로 인해 배치 주기가 20 시간으로 연장되었으며 수율은 87%에 불과했습니다.

용액:

원료 최적화 : 고급 텅스텐 광석 (WO_3 >80 %)을 선택하고 정제 단계를 줄이고 에너지 소비를 15 % -20 % 줄입니다.

고효율 장비: 박막 증발기(>85% 효율)와 폐열 회수 시스템의 도입으로 에너지 소비가 1500-2000kWh/ton 으로 감소했습니다.

공정 단순화: 최적화된 농도 및 결정화 통합 공정, 생산 주기 시간은 10-15 시간으로 단축되고 수율은 90%-93%로 증가합니다.

6.2 기술 개선의 방향

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2.1 녹색합성공정

전통적인 공정(예: 산성화)은 많은 양의 폐액을 생성하고 에너지 소비가 높으며 녹색 합성 기술이 개선의 초점입니다.

상태: 산성화 방법의 수율은 85%-90%, 암모니아 질소 폐액은 5-10g/L, 에너지 소비는 2000-2500kWh/톤입니다.

향상된 기술:

마이크로파 합성 : 마이크로파 반응기 (2450 MHz, 전력 800-1200 W)를 사용하여 반응 시간을 1-2 시간에서 10-20 분으로 줄이고 에너지 소비를 1500-1800 kWh / 톤으로 줄이며 WO_3 함량은 90 % -91 %입니다.

초음파 추출 : 초음파 (40kHz, 전력 200-300W) 보조 용매 추출 (TBP 30 %), 추출 효율 15 % -20 % 증가, 폐기물 부피 20 % -30 % 감소, WO_3 회수율 >90 %.

생물 침출 : Acidophilus (예 : Thiobacillus ferrooxidans)는 저급 텅스텐 광석에서 텅스텐 산염을 추출하여 70 % -80 %의 수율, 30 % -40 % 에너지 소비 감소 및 5-7 일의 반응주기를 제공합니다.

이점:

마이크로파 합성: 입자 크기 균일성이 10%-15% 증가하여 나노 물질 전구체의 제조에 적합합니다.

초음파 추출 : 폐액의 암모니아 질소는 3-5g / L로 감소하고 공정의 녹화 정도가 향상됩니다.

사례: 2022년 공장에서 시범 마이크로파 합성(50kg/배치)을 실시하여 에너지 소비를 25%, 폐액을 20% 줄이고 92%를 산출했습니다.

개발 동향:

마이크로파와 초음파 2000-5000 톤의 연간 생산으로 대규모 신청을 달성하기 위하여 장비를 승진시키십시오.

생물침출 스케일업 공정은 반응 주기를 2-3 일로 단축하고 수율을 85%-90%로 증가시키기 위해 개발되었습니다.

6.2.2 자동화 및 지능형 생산

자동화와 인텔리전스는 생산성과 품질 일관성을 높입니다.

상태: 기존 생산은 수동 작업(50%-70%)에 의존하며 배치 일관성은 2%-5%씩 변동합니다.

향상된 기술:

자동화: 반응기(500-1000L)에는 정량 펌프(산-염기 유량 2-5L/h)와 온라인 모니터링 시스템(pH 정확도 ± 0.05 , 온도 $\pm 1^\circ C$)이 장착되어 있어 수동 작업을 40%-60% 줄입니다.

지능형: PLC 시스템은 프로세스 매개변수를 제어하고 빅 데이터 분석은 pH(5.5 ± 0.1) 및 온도($80 \pm 1^\circ C$)를 최적화하고 수율은 5%-10% 증가합니다.

디지털 트윈: Aspen Plus 와 같은 시뮬레이션 소프트웨어로 반응 진행 상황을 예측하고, 에너지 소비 및 수율을 최적화하고, 시행착오 시간을 20%-30% 단축합니다.

이점:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

자동화: WO_3 함량 변동이 <0.5%로 감소하고 배치 일관성이 99% 이상으로 개선되었습니다.

지능형: 장비 작동의 안정성이 향상되고 고장률이 15%-20% 감소합니다.

사례: 한 회사가 2021년에 자동화된 생산 라인(연간 생산량 1,000톤)을 도입하여 99.5%의 일관성과 15%의 에너지 소비 감소를 달성했습니다.

개발 동향:

20%-30%의 연간 생산 효율성 증가를 달성하기 위해 전체 프로세스 자동화 장비를 홍보하십시오.

AMT 생산을 위한 디지털 플랫폼을 개발하여 프로세스 매개변수(동기화 오류 <1초)를 실시간으로 모니터링하여 글로벌 플랜트 협업을 지원합니다.

6.3 안전 및 환경 보호

6.3.1 생산 공정의 안전 사양

메타텅스텐 산 암모늄 (AMT)의 생산에는 고온, 고압 및 화학 시약이 포함되며 엄격한 안전 관리가 필요합니다. 상태:

고온 위험: 로스팅($800-900^{\circ}C$), 농도($80-100^{\circ}C$)로 인해 화상이나 화재가 발생할 수 있습니다.

화학적 위험: 암모니아(25%-28%), HCl(2-3 mol/L)의 휘발, 흡입 또는 접촉 위험.

장비 위험: 과도한 반응기 압력(0.1-0.5 MPa)은 폭발을 유발할 수 있습니다.

사양:

장비 안전: 반응기에는 압력 안전 밸브(0.6MPa의 제한 압력)와 온도 경보 시스템($100^{\circ}C$) 트리거가 장착되어 있으며 고장률은 <1%로 감소합니다.

개인 보호: 작업자는 내산복과 방독면(여과 효율>95%), 정기 건강 검진(연 2회)을 갖추고 있습니다.

비상 계획: 중화제에 의한 암모니아 누출(NaOH 예비 500kg), 소방 훈련(분기 당 1회).

예: 2022년 한 공장에서 암모니아 누출($0.5m^3$)로 인해 3일간 생산을 중단했으며, 개선 후 사고율이 0으로 떨어졌습니다.

개발 동향:

사고율을 <0.5%로 낮추기 위해 AMT 생산 안전 표준(OSHA 또는 GB/T 13869 참조)이 수립되었습니다.

지능형 조기 경보 시스템(NH_3 농도 >0.1ppm 경보)을 촉진하고 응답 시간을 <5초로 줄입니다.

6.3.2 폐액 및 폐가스 처리

AMT 생산에서 발생하는 액체 및 배기 가스는 환경 요구 사항을 충족하기 위해 효율적으로 처리해야 합니다.

현상:

폐수: 암모니아 질소 5-15 g / L, WO_3 1-5 g / L, pH 2-4, 연간 배출량 5000-10000톤(연간 생산량 1000톤).

배기 가스: NH_3 0.5-1.5 g / m^3 , VOC(에탄올 등) 0.2-0.5 g / m^3 , 연간 배출량 10'-

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

-10' m³.

핸들링 기술:

액체 폐기물 처리:

암모니아 회수: 암모니아 증발탑(증기 압력 0.4-0.6 MPa), 암모니아 회수율 90%-95%, 잔류 액체 암모니아 질소 <15 mg/L.

멤브레인 분리 : 나노 여과 멤브레인 (분자량 차단 200-400 Da), W₃ 회수율 85 % - 90 % 및 폐기물 5-10 배 농도.

배기 가스 처리:

산세 탑: H₂SO₄(5%)는 NH₃를 흡수하고 <0.1g/m³를 배출하며 효율은 >95%입니다.

활성탄 흡착: VOC 제거, 방출 <0.05g/m³, 흡착 용량 100-150g/kg.

예: 공장은 2023년에 6,000 톤의 폐액을 처리하고, 150 톤의 암모니아와 40 톤의 W₃를 회수하고, 배출 기준(암모니아 질소 <10mg/L)을 충족합니다.

영향: 처리되지 않은 폐수는 토양 산성화(pH 0.5-1 강하)를 유발하고 개선 후 환경 영향을 80% 감소시킵니다.

개발 동향:

무공해 목표(암모니아 질소 <5mg/L, W₃ 회수율 >95%)를 달성합니다.

배기 가스 열 회수 기술을 촉진하여 에너지 소비를 10%-15% 절약합니다.

리소스

Li Ming, "메타 텨스텐 산 암모늄의 산업 생산에서 순도 제어에 관한 연구", 중국 텨스텐 산업, Vol. 32, No. 3, 2020, pp. 28-33. (중국어, 순도 관리)

K. Schmidt 외, "AMT 생산 확대의 과제", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2021, Vol. 60, pp. 4567-4575. (英文, 规模化生产)

일본화학공업협회, "텨스텐 화합물의 녹색 제조 기술", 东京, 2022. (日文, 绿色工艺)

Zhang Wei, "AMT 생산 지능 응용에 관한 예비 연구", *비철금속*, Vol. 74, No. 1, 2022, pp. 40-45. (중국어, 지능형 생산)

텨스텐 산업에 대한 환경 표준, 국제 텨스텐 산업 협회(ITIA), 2023. (英文, 环保规范)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



7 장 사례 연구 및 기술적 분석

암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 텨스텐 화학 산업 분야의 핵심 중간체이며, 그 제조 공정 및 응용 기술은 다운 스트림 제품의 품질에 직접적인 영향을 미칩니다. 이 장에서는 산업 생산 사례(고순도 AMT 및 촉매 응용 분야), 실험실 합성 사례 및 고장 분석을 통해 AMT의 기술적 실습 및 최적화 방향을 체계적으로 논의하여 산업 생산 및 과학 연구에 대한 참고 자료를 제공합니다.

7.1 산업 생산 사례

7.1.1 고순도 AMT의 제조 예

배경: 중국 후난성의 한 텨스텐 회사는 반도체 타겟용 텨스텐 분말에 대한 수요를 충족하기 위해 고순도 AMT($\text{WO}_3 >91\%$, 불순물 $<0.005\%$)를 개발했으며 연간 생산량 목표는 1500 톤입니다.

프로세스:

원료 처리: 볼프 라마이트 (WO_3 68%)는 부유 선광에 의해 98%로 정제되고 텨스텐 산은 로스팅 (900°C , 회전 가마, 6시간)에 의해 얻어진다.

용해 및 조정: 텨스텐 산을 암모니아 수성 (25%, 80°C , 300 rpm, 2h에서 교반)에 용해시키고 HCl (2 mol/L, 유량 2 L/h)을 pH 5.5 ± 0.1 에 적가했다.

농도 및 결정화: 박막 증발기(80°C , 압력 0.08MPa)에 농축, 5°C (속도 $0.2^\circ\text{C}/\text{min}$)로 냉각, 12시간 동안 결정화.

후처리: 원심분리(5000rpm, 10분), 건조(100°C , 4시간), AMT.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

기술적인 매개변수:

WO₃ 함량 : 91.2 % -91.5 % (적정).

불순물 함량 : Fe <0.002 %, Mo <0.001 %, Na <0.002 % (ICP-AES).

수율 : 92 % -94 % (WO₃ 기준).

입자 크기: D50 ≈ 3-5 μm(레이저 입자 크기 분석).

기술 하이라이트:

고정밀 pH 측정기 (±0.05)와 2 단계 결정화 (하나는 불순물의 80 %를 제거하고 두 번째는 순도를 개선)를 사용하여 >91 %의 WO₃ 함량을 보장했습니다.

박막 증발기는 농축 효율(>85%)을 높이고 에너지 소비를 15%-20% 줄입니다.

응용 프로그램 : 스퍼터링 타겟 (필름 두께 균일 성 ± 3 %)에 대한 텅스텐 분말 (순도 >99.98 %, D50 ≈ 1 μm)의 제조.

7.1.2 촉매용 AMT의 적용 사례

유럽의 한 화학 회사는 AMT를 사용하여 연간 생산량이 1200 톤인 발전소 보일러의 NO_x 배출 기준(<50mg/Nm³)을 충족하는 WO₃/V₂O₅/TiO₂ 탈질 촉매를 생산합니다.

프로세스:

AMT의 제조 : 텅스텐 산 나트륨 (WO₃ 120g / L)을 이온 교환 (Amberlite IR-120, 유속 2BV / h), pH 2-3, 암모니아 물을 pH 5.5로 조정하고 농축 및 결정화하여 AMT (WO₃ 90 % -91 %)를 얻었다.

촉매 제조: TiO₂(비표면적 90m²/g, WO₃ 로딩 10wt%), 초음파 분산(40kHz, 30 분), 건조(120° C, 6 시간), 로스팅(550° C, 4 시간) 함침 AMT 용액(WO₃ 60g/L); NH₄VO₃(V₂O₅ 2wt%)를 넣고 다시 로스팅(480° C, 3 시간)합니다.

성형 : 압출기 성형 (벌집, 기공 밀도 400 cpsi), 절단 (50×50×100 mm).

기술적인 매개변수:

AMT 수율 : 88 % -90 %.

촉매 성능: NO_x 전환율 >300° C에서 96%(GHSV 40,000 h⁻¹).

비표면적: 65-70m²/g(BET).

항독성 : SO₂ (1000ppm, 48 시간), 활성의 <5 % 감소.

기술 하이라이트:

초음파 함침은 <5%의 부하 편차로 균일한 WO₃ 분포를 보장합니다.

2 단계 로스팅은 결정 형태(단사정 WO₃)를 최적화하고 촉매 활성을 10%-15% 증가시킵니다.

응용 프로그램 : 석탄 화력 발전소의 탈질에 사용되며 NO_x 제거율 >95 %, 수명 2-3 년.

7.2 실험실 합성의 예

7.2.1 소규모 실험 설계

한 대학 실험실에서 나노 WO₃ 연구를 위해 100g의 고순도 AMT(WO>90%)를 준비하는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

것을 목표로 AMT 합성 실험을 설계했습니다.

실험 절차:

원료 준비 : 텅스텐 산 (WO_3 98 %, 10g)을 암모니아 (25 %) 50 mL 에 용해시키고 교반 (400 rpm, $60^\circ C$, 1 시간) 한다.

산성화: HNO_3 (1mol/L, 유속 1mL/분)를 pH 5.5 ± 0.1 로 적가하면 용액이 투명해집니다.

농축 및 결정화: 수조 ($80^\circ C$, 2 시간, 0.09MPa 감압)에 농축하고 $5^\circ C$ (얼음 수조, 6 시간)로 냉각합니다.

후처리: 여과 (0.45 μm 멤브레인), 건조 ($100^\circ C$, 3 시간).

기술적인 매개변수:

WO_3 함량 : 90.5 % -91 % (적정).

수율 : 85 % -88 % (WO_3 기준).

불순물 : Fe <0.005 %, Na <0.003 % (ICP-MS).

결정 형태 : 바늘 모양 (SEM), 입자 크기 5-10 μm .

기술 하이라이트:

소량 반응기 (100 mL)는 pH 제어 정확도 (± 0.05)를 보장합니다.

얼음 수조 결정화는 냉각 속도 ($0.1^\circ C/min$)를 낮추고 결정 순도를 향상시킵니다.

7.2.2 데이터 분석 및 최적화

데이터 분석:

수율 영향 요인 : pH 5.5 (88 %)에서 가장 높은 수율, pH <5 또는 >6 에서 10 % -15 % 감소 (폴리 텅스텐 산염 분해 또는 비 전환).

순도 효과 : 25 % 암모니아 농도에서 WO_3 함량 90.5 % 및 30 %에서 89 %까지 감소 (Na^+ 잔류 물 증가).

실험 반복성 : 3 번의 실험에서 WO_3 함량이 <0.5 %, 수율이 <2 % 변동했습니다.

최적화 솔루션:

pH 최적화: 완충액 (NH_4Cl , 0.1 mol/L)을 사용하여 5.4-5.6 으로 미세 조정하면 수율이 90%-92%로 증가했습니다.

농도 개선: 수조 대신 마이크로파 가열 (800W, 10 분)은 농축 시간을 50% 줄이고 WO_3 함량을 91%-91.5%로 증가시킵니다.

결과: 최적화된 사후 수율은 91%였고 순도는 91.3%로 나노 물질 전구체의 제조에 적합했습니다.

7.3 고장 분석 및 솔루션

7.3.1 자주 묻는 질문

결정화 불량:

징후 : 결정은 작거나 (<1 μm) 결정질이며 용액은 탁합니다.

원인: pH 편차 (<5 또는 >6), 폴리텅스텐 산염에서 WO_4^{2-} 로의 분해 또는 과도한 중합.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

냉각 속도가 너무 빠르고(>1° C/min) 결정 핵이 과도합니다. 불순물(예: Ca²⁺, Mg²⁺ >0.01%)은 결정 성장을 억제합니다.

영향: 수율 20%-30% 감소, WO₃ 함량 <88%.

불순물은 Fe >0.02%, Mo >0.01%, Na >0.02%를 초과합니다.

원인: 원료의 순도 불충분(Fe 텅스네이트 >0.05%), 반응기의 불완전한 세척, 잔류 금속 이온, 등급이 매겨지지 않은 결정화 공정, 불순물 포착.

영향: 다운 스트림 텅스텐 분말 순도 < 99.9%, 촉매 활성이 10% -15% 감소했습니다.

7.3.2 해결 전략

결정화 불량:

pH 제어: 인라인 pH 측정기(정확도 ±0.05), 산 강하 속도를 1-2 L/h로 조정, pH 5.5±0.1 유지.

냉각 최적화: 항온 결정화 챔버(5° C, 속도 0.1-0.2° C/min), 결정 입자 크기가 3-5 μm로 증가, 수율이 90% 이상으로 복원되었습니다.

불순물 제거: 킬레이트 Ca²⁺ 및 Mg²⁺에 EDTA(0.01 mol/L)를 첨가하여 전처리하고 결정화 속도가 15%-20% 증가했습니다.

과도한 불순물:

원료 정제: 텅스텐 산을 이온 교환(D001 수지)하고 Fe를 <0.01%, Mo <0.005%로 환원시켰다.

장비 세척: 반응기를 탈 이온수(전도도 <1 μS/cm)로 세척하고 잔류 이온을 <0.001%로 하였다.

분획 결정화: 90% 불순물 제거를 통한 두 가지 결정화(첫 번째는 10° C, 두 번째는 5° C)입니다.

개선 결과: 플랜트 최적화 후 결정화 속도는 92%, 불순물(Fe <0.002%, Mo <0.001%)로 증가하고 배치 통과율은 85%에서 98%로 증가했습니다.

리소스

Wang Qiang, "고순도 암모늄 메타텅스텐 산업의 산업 제조 기술", 중국 텅스텐 산업, Vol. 33, No. 4, 2021, pp. 35-40. (중국어, 고순도 AMT)

H. Müller 외, "SCR 촉매를 위한 AMT-Derived WO₃", *Catalysis Today*, 2022, Vol. 387, pp. 123-130. (英文, 催化剂应用)

Li Li, "메타텅스텐 암모늄의 실험실 합성에 관한 최적화 연구", *CIESC Journal*, Vol. 71, No. 6, 2020, pp. 2560-2565. (중국어, 실험실 합성)

일본화학공업협회, "텅스텐 화합물의 결정화 기술", 东京, 2021. (일본어, 结晶技术)

X. Zhang 외, "AMT 합성의 문제 해결", *Journal of Materials Science*, 2023, Vol. 58, pp. 3456-3465. (英文, 故障分析)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



제 8 장 암모늄 메타 텅스텐 산염 기술 및 시장 전망

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 는 텅스텐 화학 산업의 핵심 중간체로 전통 산업 및 신흥 분야에서 큰 잠재력을 보여주었습니다. 기술의 발전, 시장 수요의 증가 및 환경 보호 요구 사항의 개선으로 AMT의 개발은 새로운 기회를 가져올 것입니다. 이 장에서는 기술 동향, 새로운 응용 분야, 국제화 프로세스 및 연구 방향의 네 가지 측면에서 AMT의 미래 개발 경로에 대해 논의하고 산업 업그레이드와 과학 연구 및 혁신을 위한 지침을 제공합니다.

8.1 암모늄 메타텅스텐 산염 기술 개발 동향

AMT의 생산 및 응용 기술은 효율성, 친환경성, 지능의 방향으로 진화하고 있습니다.

녹색 과정:

마이크로파 합성 : 마이크로파 반응기 (2450 MHz, 전력 800-1200 W)는 반응 시간을 10-20 분으로 단축하고 수율을 92 % -95 %로 증가시키며 WO_3 함량을 91 % -92 %로 안정화합니다. 미래에는 장비 규모 확대(연간 2000-5000 톤)를 통해 산업화를 달성할 수 있습니다.

초음파 추출 : 초음파 (40-60 kHz, 200-300 W)는 추출 효율을 15 % -20 % 증가시키고 폐액의 양을 30 % -40 % 감소시킬 수 있으며 WO_3 회수율 >90 %는 저급 텅스텐 광석 처리의 주류 기술이 될 것으로 예상됩니다.

생명 공학 : Acidophilus 침출 텅스텐 산염 (수율 70 % -80 %), 반응주기가 5-7 일에서 2-3 일로 단축, 지속 가능한 개발 요구에 적합한 높은 녹색도.

지능형 생산:

인라인 모니터링 시스템 (pH 정확도 ± 0.05 , 온도 $\pm 1^\circ \text{C}$) 및 PLC 제어는 배치 일관성을 99.5% 이상으로 높입니다.

디지털 트윈 기술 (Aspen Plus 와 같은 시뮬레이션 소프트웨어)은 프로세스 매개변수를 최적화하고 에너지 소비를 20%-30% 줄이며 향후 글로벌 플랜트의 실시간 협업을 가능하게 합니다(<1 초의 데이터 동기화 오류).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

나노 기술:

WO₃ 나노 입자 (10-30 nm 크기, D50 ≈ 20 nm)는 센서 및 배터리 요구 사항을 충족하기 위해 40-60 m² / g 의 비 표면적으로 열수 및 분무 열분해에 의해 제조됩니다. 미래에는 미세유체 반응기로 연속 생산(>95%)을 달성할 수 있습니다.

트렌드 예측:

2030 년까지 친환경 프로세스의 비율은 10%에서 50%-60%로 증가하고, 지능형 장비의 보급률은 70%-80%에 달하며, 나노 AMT 의 생산량은 20%-30% 증가할 것으로 예상됩니다.

8.2 새로운 응용 분야에 대한 잠재력

신흥 분야, 특히 에너지, 환경 및 생물 의학 분야에서 AMT 의 잠재력이 점점 더 분명해지고 있습니다.

에너지 저장:

AMT 유래 WO 는 최대 600-750mAh/g(0.1C) 의 용량과 500-1000 사이클의 사이클 수명을 가진 리튬/나트륨 배터리 양극에 사용됩니다.

250-350F/g 의 특정 커패시턴스로 고속 충전 및 방전(<1 분)에 대한 수요가 증가하고 있으며 수요는 2030 년까지 50 톤에서 500-1000 톤으로 증가할 것으로 예상되며 연간 성장률은 20%-25%입니다.

환경 거버넌스:

WO₃ 광촉매는 유기 오염 물질 (로다 민 B 제거율 85 % -95 %)을 분해하고 수소 생산 속도는 0.5-1 mmol / h · g 으로 수처리 및 청정 에너지에 적합합니다. 시장 잠재력은 연간 50 톤에서 200-500 톤으로 증가합니다.

가스 센서(NO₂ 감지 감도 5-50ppb), 수요는 100 톤에서 300-600 톤으로 증가하며 연간 성장률은 15%-20%입니다.

생물 의학:

광열 요법 WO₃ 나노 입자 (광열 변환 효율 42 % -45 %), 종양 절제 율 80 % -90 %는 2030 년에 임상 시험에 들어갈 것으로 예상되며 수요 잠재력은 50-200 톤입니다.

약물 전달 운반체(pH 5.0에서 75%-85%)와 바이오이미징 프로브(15%-25% 형광 수율)는 <10 톤, 향후 최대 20-100 톤의 실험실 단계에서 필요합니다.

잠재적 분석:

신흥 분야의 점유율은 현재 10%-15%에서 25%-35%(2030 년)로 증가하여 총 AMT 수요를 10,000 톤에서 15,000-20,000 톤으로 증가시킬 것으로 예상됩니다.

8.3 국제화 및 표준화 프로세스

AMT 의 글로벌 생산 및 적용은 국제 협력 및 표준화 시스템에 의존합니다.

국제화 동향:

생산 레이아웃: 중국은 전 세계 AMT 생산량의 70%-75%(8,000-10,000 톤)를 차지하며, 미래에는 일본과 한국(전자 재료, 1,500-2,000 톤)과 유럽과 미국(촉매, 군사, 2,000-3,000 톤)은 생산 능력을 30%-40%로 증가시킬 것입니다.

기술 협력: 중국과 일본, 한국은 나노 기술 분야에서 협력을 심화했으며 유럽과 미국은 생물 의학 분야에서 협력을 심화했으며 기술 이전 프로젝트는 매년 10%-15%씩 성장할 것으로 예상됩니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시장 확장: 동남아시아와 아프리카의 텅스텐 수요는 인프라 건설에 의해 주도되며 수출 점유율은 5%에서 15%-20%로 증가했습니다.

표준화 프로세스:

품질 표준: AMT 국제 표준(예: $W_3 >90%$, $Fe <0.002%$, $Mo <0.001%$)을 공식화하고 ISO 와 통합하여 제품 경쟁력을 강화합니다.

환경 보호 표준: 폐액 암모니아 질소 배출 $<5 \text{ mg / L}$, W_3 회수율 $>95 \%$, EU REACH 및 중국 GB 8978-1996 요구 사항에 부합합니다.

적절한 사례: ITIA(International Tungsten Association)는 2023 년에 AMT 품질 사양을 제안했으며 글로벌 일관성을 높이기 위해 2025 년에 발표될 것으로 예상됩니다.

전망:

2030 년에는 AMT 수출 비중이 40%에서 50%-60%로 증가하고 표준화 제품이 시장의 80% 이상을 차지할 것입니다.

8.4 연구 방향에 대한 제안

AMT 의 기술 발전과 응용 프로그램 확장을 촉진하기 위해 향후 연구는 다음 방향에 초점을 맞춰야 합니다.

프로세스 최적화:

친환경 산업화를 위한 고효율 마이크로파/초음파 장비 개발(수율 $>95%$).

자원 활용도를 20%-30% 향상시키기 위한 저급 텅스텐 광석($W_3 <50%$)의 효율적인 추출 기술에 대한 연구.

기능성 재료:

W_3 와 2D 재료(예: 그래핀, MXene)의 조합을 탐색하여 배터리 용량($>800\text{mAh/g}$)과 광촉매 효율(수소 생산률 $>2\text{mmol/h} \cdot \text{g}$)을 높입니다.

도핑 기술(예: Pt, Eu^{3+}) 및 다기능 AMT 유도체 개발(촉매 활성 20%-30% 증가)을 연구합니다.

생물 의학 응용 분야 :

W_3 나노 입자의 생체 적합성 (세포 생존율 $>98 \%$)을 최적화하고 표적 약물 전달 시스템 (방출률 $>90 \%$)을 개발합니다.

멀티모달 이미징 프로브(형광 + MRI)를 연구하고 이미징 깊이를 10-15mm 로 증가시켰습니다.

지능형 기술:

프로세스 매개변수($<1\%$ 오류)를 예측하고 일관성을 개선하는 AMT 생산 AI 모델을 개발합니다.

회수율이 98%-99%인 폐액 순환을 위한 디지털 모니터링 시스템에 대한 연구.

제안:

산학연 협력(예: 대학과 기업 간 공동 실험실)을 강화하고 매년 20-30 개의 새로운 특허를 추가합니다.

첨단 연구를 지원하기 위해 AMT 기술 연구 개발 기금(연간 5 천만 위안에서 8 천만 위안)을 설립합니다.

리소스

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Zhang Li, "메타텨스텐 암모늄의 녹색 공정에 관한 연구 진행", 화학 산업 발전, Vol. 40, No. 5, 2021, pp. 1230-1236. (중국어, 녹색기술)

Y. Wang 외, "AMT 과생 WO₃ 재료의 미래 동향", *Materials Today*, 2023, Vol. 62, pp. 89-102. (英文, 新兴应用)

일본 텨스텐 산업 협회, "텨스텐 화합물의 국제화 전략", 东京, 2022. (일본어, Kokujika)

글로벌 텨스텐 산업 전망 2030, 국제 텨스텐 산업 협회 (ITIA), 2023. (英文, 市场展望)

Li Qiang, "AMT 기술의 연구 방향에 관한 논의", 중국 텨스텐 산업, Vol. 34, No. 3, 2022, pp. 50-55. (중국어, 연구방향)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



부록 A : 암모늄 메타 텅스텐 산염 관련 화학적 특성 및 물리적 특성의 데이터 시트
 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 중요한 텅스텐 화합물이며, 화학적 및 물리적 특성은 생산 공정 및 응용 프로그램 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 이 부록에는 연구원, 엔지니어 및 업계 실무자에게 서비스를 제공하기 위한 AMT의 주요 데이터가 요약되어 있습니다.

표 A-1 : 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)의 기본 화학적 및 물리적 특성

속성	데이터	말
화학식	$(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$	n은 결정수의 양이며 일반적으로 3-6입니다.
분자량(무수)	2956.29 g / 몰	무수 형식을 기반으로 계산된 값
분자량(수성)	3010.35-3100.47 g / 몰 (n = 3-6)	수정처럼 맑은 물에 따라 다름
WO ₃ 내용 (이론)	89.38%(무수) / 86.5%-88.5%(수성)	산업용 제품의 공통 범위
외관	백색 또는 황색을 띤 결정성 분말	고순도 제품은 흰색이고 저순도 제품은 노란색을 띵니다
결정 구조	비정질 또는 단사정 시스템	결정화 조건에 따라 다름
밀도	3.8-4.2g/cm ³ 의	입자 크기에 따라 달라지는 탭 밀도
녹는점	명확한 융점이 없으며 약 100° C에서 분해가 시작됩니다.	NH ₃ , H ₂ O, WO ₃ 를 생성하는 분해
비표면적	1-5 m ² /g(산업용) / 10-20 m ² /g(nm)	BET 방법에 의해 결정됩니다.
입자 크기 분포	D50 ≈ 2-10 μm (工业品)	레이저 입자 크기 분석

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing

표 A-2: 메타텨스텐 산 암모늄 (AMT)의 용해도 데이터

속성	데이터	조건	말
용매	溶解度 (g/100 mL, 25° C)	pH (1 % 수성)	말
물	>100	5.0-5.5	높은 용해도, 명확한 솔루션을 형성하기 쉽습니다.
에탄올	<0.1	-	거의 불용성
아세톤	<0.05	-	거의 불용성
암모니아 (25%)	>50	6.0-7.0	용해도는 암모니아 농도에 따라 증가합니다.
염산 (1 mol/L)	부분적으로 용해, 분해	-	텨스텐 산 또는 다른 폴리 텨스텐 산염으로 분해
시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing			

표 A-3 : 암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT)의 열역학 및 분해 특성

속성	데이터	조건	말
분해 온도	100-120° C (失去结晶水)	공기 분위기	비정질 중간체가 생성됩니다.
	250-300° C (NH ₃ 및 H ₂ O, 완전 휘발)	공기 분위기	WO ₃ 생성
	600-700° C (WO 로 완전히 변환)	수소 분위기	텨스텐 분말로 더 환원될 수 있습니다.
열분해 반응	(NH ₄) ₆ H ₂ W ₁₂ O ₄₀ → 6NH ₃ ↑ + H ₂ O ↑ + 12WO ₃	250-300° C	대강 10%-12% 질량 손실
로스팅의 엔탈피 변화 (ΔH)	-1500 至 -1800 kJ/mol	估算值, 250-700° C	발열 과정
비열 용량	0.25-0.30 J/(지 · K)	25° 썸	수분 함량에 따라 다름
시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing			

표 A-4 : 암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT)의 화학적 안정성 및 반응성

속성	데이터	조건	말
고온 (500° C, 공기)	WO 로 분해	WO ₃ (황색 분말)	비가역적 분해
高温 (600° C, H ₂)	텨스텐 금속으로 환원	W (회색 분말)	감소율은 H ₂ 유량에 따라 증가합니다.
酸性环境 (pH <2)	텨스텐 산 또는 다른 폴리 텨스텐 산염으로 분해	H ₂ WO ₄ 或 H _x W _x O _γ	불안정하고 강수량이 많이 발생합니다.
碱性环境 (pH >8)	부분적으로 암모늄 텨스텐 산염으로 전환	(NH ₄) ₂ WO ₄	가역적 반응
조명	큰 변화 없이 안정적	-	광촉매 활동 없음

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing
--	---

표 A-5 : 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT) 공산품의 일반적인 불순물 함량 (질량 분율, %)

불순	전형적인	고순도 요구 사항	검출 방법	근원
철	0.005-0.02	<0.002	ICP-AES	원료 또는 장비의 오염
모	0.002-0.01	<0.001	ICP-AES	텅스텐 광석 관련 원소
에	0.01-0.05	<0.002	AAS (에이아티컬)	나트륨 염 원료 또는 세척이 불충분하다
캘리포니아	0.005-0.015	<0.005	ICP-MS	수질 또는 원료 소개
예	0.01-0.03	<0.01	분광학	광석 잔류물
시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing				

표 A-6 : 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)의 기타 관련 데이터

속성	데이터	조건	말
pH (10% 수성)	4.5-5.5	25° 썸	약산성
전기 전도도 (10% 수성)	10-15 밀리초/센티미터	25° 썸	이온 전도도가 높다
굴절률	1.52-1.55	솔리드 스테이트, 589nm	단사정 결정
흡습성	보통	상대 습도 : 50% -80%	수분을 흡수하기 쉽고 밀봉 및 보관해야 합니다
보관 조건	밀폐되고 서늘하며 건조한 곳	<30° C, 湿度 <60%	분해 또는 수분 흡수를 피하십시오.
시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing			

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



부록 B: 일반적인 준비 프로세스의 순서도

암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT, 화학식 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)는 주로 다양한 원료 및 생산 조건에 따라 산성화, 이온 교환 및 용매 추출을 포함한 다양한 방법으로 제조됩니다. 이 부록에서는 단계, 조건 및 주요 기술 매개변수를 포함하여 일반적으로 사용되는 세 가지 프로세스에 대한 프로세스 설명을 제공하여 산업 생산 및 실험실 연구에 대한 참조를 제공합니다.

B-1: AMT 준비를 위한 산성화 과정

공정 개요 : 텅스텐 산을 원료로 사용하여 AMT는 암모니아 용해 및 산성화 조절을 통해 생성되며, 이는 수율은 높지만 폐액이 많은 산업 대규모 생산에 적합합니다.
프로세스 설명 :

원료의 준비

입력: 텅스텐 산 (H_2WO_4 , WO_3 함량 >98%)

작동 : 텅스텐 산 분말의 무게를 측정하고 체로 거릅니다 (200 메쉬, 기공 크기 74 μm).

암모니아가 용해된다

투입량: 암모니아 (25%-28%, 산업용 등급)

조건: 80° C, 수조 가열, 교반 300-400rpm, 1-2 시간

출력: 텅스텐 산 암모늄 용액 (WO_3 100-150 g / L, pH 8-9)

반응 : $\text{H}_2\text{WO}_4 + 2\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{WO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

산성화 조절

입력: 염산(HCl, 2-3 mol/L)

조건 : 낙하 속도 1-2 L / h, 교반 200-300 rpm, pH 조정 5.5±0.1

출력: AMT 용액(투명, WO_3 100-120g/L)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



농축액

조건 : 80 ° C, 박막 증발기, 감압 0.08-0.09 MPa, WO_3 200-250 g / L 로 농축

출력: 농축 AMT 용액

결정

조건: 5° C 로 냉각, 속도 0.1-0.2° C/min, 12-16 시간 유지

출력: AMT 습식 결정

후처리

작동: 원심분리(5000rpm, 10 분), 건조(100° C, 4-6 시간)

출력: AMT 완제품(WO_3 89%-91%, 입자 크기 $D_{50} \approx 3-5 \mu m$)

주요 매개변수:

수율 : 88 % -92 % (WO_3 기준)

폐수: 암모니아 질소 5-10 g/L

에너지 소비: 2000-2500kWh/ton

B-2: AMT 준비를 위한 이온 교환 과정

공정 개요 : 텅스텐 산 나트륨을 원료로 사용하여 나트륨 이온을 양이온 교환 수지로 제거하고 재암모니아화하여 AMT 를 형성하며, 이는 불순물 함량이 낮은 고순도 요구 사항에 적합합니다. 프로세스 설명 :

원료의 준비

투입 : 텅스텐 산 나트륨 ($Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$, WO_3 함량 >70 %)

작동 : 탈 이온수에 용해시키고 WO_3 100-150 g / L 용액으로 준비합니다.

이온 교환

입력: 양이온 교환 수지(예: Amberlite IR-120 또는 D001)

조건: 유량 2-3 BV/h, pH 2-3, 25-40° C 로 감소

출력 : 텅스텐 산 용액 (H_2WO_4 , WO_3 80-120 g / L)



Ammoniation 규정

입력: 암모니아(25%)

조건: pH 5.5±0.1 에 적가하고 200-300rpm, 60-80° C, 1-2 시간으로 저어줍니다.

출력: AMT 용액(WO_3 100-120g/L)



농축액

조건 : 80 ° C, 회전 증발기, 감압 0.08 MPa, WO_3 200-250 g / L 로 농축

출력: 농축 AMT 용액

결정

조건: 0.2° C/min 의 속도로 5-10° C 로 냉각하고 12 시간 유지

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

출력: AMT 습식 결정

후처리

작동 : 여과 (0.45 μ m 멤브레인), 건조 (100 ° C, 4 시간)

출력: AMT 완제품(WO₃ 90%-91%, NA <0.002%)

주요 매개변수:

수율 : 85 % -90 % (WO₃ 기준)

폐액 : 암모니아 질소 3-5 g / L

불순물 : Na <0.002 %, Fe <0.005 %

B-3: AMT 준비를 위한 용매 추출 공정

공정 개요 : 텅스텐 산 나트륨 용액을 원료로 사용하여 텅스텐을 유기 용매 추출로 분리 한 다음 역 추출하여 고순도이지만 복잡한 공정으로 복잡한 텅스텐 광석 처리에 적합한 AMT 를 생성합니다. 프로세스 설명 :

원료의 준비

투입 : 텅스텐 산 나트륨 용액 (WO₃ 50-100 g / L, 저급 텅스텐 암석 침출수로 준비)

작동: 여과(0.45 μ m)로 고체 불순물 제거

산성화

투입량: 황산(H₂SO₄, 2 mol/L)

조건: pH 를 2-3 으로 조정하고 200rpm, 25-40° C 를 교반합니다.

출력 : 산성 텅스텐 용액

용매 추출

투입량 : 추출제 (TBP 30% + 등유 70%)

조건 : 추출 비율 O / A = 1 : 1-2 : 1, 10-15 분 동안 교반, 5-10 분 동안 분할

출력: 텅스텐 함유 유기상(WO₃ 80-100 g/L)

반응 : H₂WO₄ (수성) → H₂WO₄ (유기물)

추출 방지

입력: 암모니아(10%-15%)

조건: O/A = 1:1, pH 를 5.5±0.1 로 조정, 15-20 분 동안 교반

출력: AMT 수용액(WO₃ 100-120g/L)

반응 : H₂WO₄ (유기상) + 6NH₃ → (NH₄)₆H₂W₁₂O₄ (수성상)

농축액

조건 : 80 ° C, 감압 (0.09 MPa)에서 증발, WO₃ 200-250 g / L 로 농축

출력: 농축 AMT 용액

결정화(Crystallization) 및 후처리(Post-processing)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

조건 : 5 ° C로 냉각, 0.1-0.2 ° C / 분, 12-16 시간 유지; 원심분리(5000rpm, 10 분),
회전식 건조(100° C, 4 시간)
출력: AMT 완제품(WO₃ 91%-92%)

주요 매개변수:

수율 : 90 % -95 % (WO₃ 기준)

폐액 : 암모니아 질소 2-4 g / L

순도 : Fe <0.002 %, Mo <0.001 %



부록 C: 테스트 방법에 대한 표준 운영 절차(SOP)

암모늄 메타 텨스텐 산염 (AMT, 화학식 $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot nH_2O$)의 품질 관리에는 화학적 및 물리적 특성을 평가하기 위해 표준화 된 테스트 방법이 필요합니다. 이 부록은 WO₃ 함량, 불순물 함량(Fe, Mo, Na) 및 AMT의 입자 크기 분포 감지를 위한 SOP를 제공하여 생산 및 연구를 위한 기술 지원을 제공합니다.

1: WO₃ 함량 검출(적정)

목적 : AMT에서 WO₃의 질량 백분율을 결정하고 제품의 순도를 평가합니다. 원리 : AMT는 산성 조건에서 분해되고, 텨스텐은 텨스텐 산 형태로 침전되고, 텨스텐 (W⁶⁺ → W⁵⁺)을 황산 암모늄으로 적정하고, WO₃ 함량을 계산한다. 기구 & 시약:

기기: 분석 저울(정확도 0.0001 g), 전기로, 부피 플라스크(100 mL), 뷰렛(50 mL).

시약: 황산(H₂SO₄, 1:1 v/v), 인산(H₃PO₄, 85%), 황산암모늄 철[(NH₄)₂Fe(SO₄)₂ · 6H₂O, 0.1 mol/L], 디페닐리딘 설포네이트 나트륨 지시약(0.2%).

단계:

0.5g의 AMT 샘플(0.0001g까지 정확함)의 무게를 측정하고 250mL 비커에 넣습니다.

탈이온수 20mL와 1:1 H₂SO₄ 10mL를 넣고 80° C로 가열한 후 녹을 때까지 저어줍니다.

H₃PO₄ 5mL를 넣고 5분간 끓인 후 실온으로 식힙니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

100mL 용량 플라스크에 옮기고 탈이온수로 부피를 조절한 다음 잘 흔듭니다.
용액 25mL를 삼각 플라스크에 넣고 나트륨 디 페닐 아민 설포 네이트 지시약 2-3 방울을 첨가하십시오.

용액이 종말점이 자주색에서 무색으로 변할 때까지 0.1 mol/L 황산암모늄 철용액으로 적정하고 적정 부피 V(mL)를 기록합니다.

안전 예방 조치:

산이 튀는 것을 방지하기 위해 작동 시 보호 안경과 장갑을 착용하십시오.

산성 미스트 흡입을 방지하기 위해 흡 후드에서 가열하십시오.

데이터 처리:

$$WO_3 \text{ 함량 (\%)} = (V \times N \times 0.2318 \times 100) / (m \times 0.25)$$

V: 적정 부피(mL)

N: 염화 철 황산염 농도 (mol/L)

0.2318 : WO₃의 몰 질량 변환 계수 (g / mmol)

m: 시료 질량(g)

분석은 <1%의 상대 편차로 평균적으로 3 회 반복되었습니다.

참조 표준 : GB / T 23366-2009 "암모늄 텅스텐 산염의 화학 분석 방법".

2: 불순물 함량(Fe, Mo, Na) 검출(ICP-AES)

목적: AMT 에서 Fe, Mo 및 Na 의 함량을 측정하고 불순물 수준을 평가합니다. 원리: 시료를 산에 용해시킨 후 특정 파장에서 원소의 방출 강도는 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광법(ICP-AES)에 의해 결정되고 농도는 표준 곡선과 비교하여 계산됩니다. 기구 & 시약:

기기: ICP-AES (예: PerkinElmer Optima 8300), 분석 저울, 마이크로파 분해 기기.

시약: 질산(HNO₃, 고급 순도), 염산(HCl, 고급 순도), Fe, Mo, Na 표준 용액(1000 μg/mL), 탈이온수(전도도 <1 μS/cm).

단계:

0.2g 의 AMT 샘플(0.0001g 까지 정확함)의 무게를 측정하고 마이크로파 분해 용기에 넣습니다.

HNO₃ 10mL 와 HCl 2mL 를 넣고 밀봉한 후 마이크로파 소화조(180° C, 30 분)에서 처리합니다.

냉각 후 50mL 용량 플라스크에 옮기고 탈이온수로 부피를 조절한 다음 잘 흔듭니다.

표준 곡선 준비: 0, 1, 5, 10, 20 μg/mL 시리즈 용액은 Fe, Mo 및 Na 표준 용액으로 준비되었습니다.

ICP-AES 매개 변수 설정:

파장 : Fe 238.204 nm, Mo 202.031 nm, Na 589.592 nm

RF 전력: 1300W, Ar 유량: 15L/min

샘플과 표준 용액의 방출 강도를 측정하고 데이터를 기록했습니다.

안전 예방 조치:

고압 블라스팅을 피하기 위해 마이크로파 분해 중에 단단히 밀봉하십시오.

산을 만질 때는 보호 장구를 착용하고 피부와의 접촉을 피하십시오.

데이터 처리:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

표준 곡선을 기반으로 샘플의 Fe, Mo 및 Na 농도 C($\mu\text{g/mL}$)를 계산합니다.

$$\text{불순물 함량 (\%)} = (C \times 50) / (m \times 10^{\circ} C)$$

C: 측정된 농도($\mu\text{g/mL}$)

m: 시료 질량(g)

측정을 3회 반복하고 평균값을 취합니다. 검출 한계는 Fe 0.001%, Mo 0.0005%, Na 0.001%입니다.

참조 표준: ASTM E1479-16 "ICP-AES 분석 방법".

3: 입자 크기 분포 검출(레이저 입자 크기 분석)

목적: AMT 분말의 입자 크기 분포를 결정하고 제품의 입자 균일성을 평가합니다.

원리: 입자 크기 분포는 레이저가 입자에 산란시킨 광도 분포를 사용하여 Mie 산란 이론에 의해 계산됩니다. 기구 & 시약:

장비: 레이저 입자 크기 분석기(예: Malvern Mastersizer 3000), 초음파 분산기.

시약: 탈이온수(분산액), 에탄올(세척용).

단계:

0.1-0.2g의 AMT 샘플의 무게를 측정하고 50mL의 탈이온수에 추가합니다.

초음파 분산기(40kHz, 100W, 5분)에서 처리하면 입자의 균일한 분산이 보장됩니다.

기기 셀에 분산액을 추가하고 음영을 10%-20%로 조정합니다.

기기 매개변수를 설정합니다.

굴절률 : 1.52 (AMT)

분산 매체 : 물 (굴절률 1.33)

측정 범위: 0.01-1000 μm

측정을 시작하고 D10, D50, D90 값을 기록합니다(각각 입자의 10%, 50%, 90%가 해당 입자 크기보다 작다는 의미).

안전 예방 조치:

초음파 작동 시 소음 손상을 방지하기 위해 귀마개를 착용하십시오.

세포가 깨끗한지 확인하고 교차 오염을 피하십시오.

데이터 처리:

입자 크기 분포: 보고서 D10, D50, D90(μm), 예: D50 \approx 3-5 μm .

균일성: 스펠 = (D90 - D10) / D50을 계산하며, 값이 작을수록 분포가 더 균일함을 나타냅니다.

분석은 3회 반복되었으며 상대 편차는 <5%의 평균으로 측정되었습니다.

참조 표준: ISO 13320:2020 레이저 회절에 의한 입자 크기 분포 측정.

설명

구조: 각 SOP에는 목적, 근거, 기기 시약, 절차, 안전성 고려 사항 및 데이터 처리가 포함되며 주요 AMT 테스트 항목이 포함됩니다.

데이터:

WO₃ 함량 : 산업용 > 제품의 경우 89% -91%, 고순도 제품의 경우 91%.

불순물 : Fe <0.002%, Mo <0.001%, Na <0.002% (고순도 요구 사항).

입자 크기: D50 2-10 μm (산업 일반 값).

응용성: 실험실 및 산업 품질 관리에 적합하며 이 방법은 국제 표준과 일치합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

출처: GB/T, ASTM, ISO 표준 및 분석 화학 핸드북을 참조하십시오.



부록: 국내외 표준 문헌(YS/T, ISO, ASTM 등).

암모늄 메타텨스텐 산염 (AMT)에 대한 국내외 표준 문헌 목록에는 중국 산업 표준 (YS / T), 국제 표준화 기구 (ISO), 미국 시험 재료 협회 (ASTM) 등이 포함됩니다. 이러한 표준은 2025년 3월 26일 현재 공개적으로 사용 가능한 정보(예: 국가 표준 데이터베이스, ISO 및 ASTM 공식 웹사이트) 및 산업 관행을 기반으로 AMT의 품질 요구 사항, 테스트 방법 및 관련 응용 프로그램을 다룹니다. 일부 표준은 AMT를 직접 대상으로 하지 않고 원료, 생산 공정 또는 다운스트림 제품(예: 텨스텐 화합물, 텨스텐 분말)을 대상으로 할 수 있기 때문에 참조를 위해 직접 및 간접 관련 표준을 구분합니다.

1. 메타텨스텐 산 암모늄에 대한 국내 규격 (중국, YS / T 등)

표준 번호: YS/T 535-2006

발행자: National Development and Reform Commission of the People's Republic of China

출시일: 2006-12-25

시행일자: 2007-06-01

요약: AMT의 기술 요구 사항, 테스트 방법, 검사 규칙 및 포장 마크를 지정합니다. 산업 생산에는 $\geq 88.0\%$ 의 WO_3 함량과 불순물 한계(예: $Fe \leq 0.005\%$, $Mo \leq 0.01\%$)가 필요합니다.

핵심 단어: AMT, 품질 요구 사항, 테스트 방법

GB/T 26035-2010년

발행: Standardization Administration of the People's Republic of China

출시일: 2010-12-23

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

시행일자 : 2011-06-01

요약: 적정, ICP-AES 및 AAS 를 포함하여 AMT 및 암모늄 텅스텐 산염의 WO_3 함량 및 불순물 (Fe, Mo, Na 등)에 대한 화학 분석 방법이 제공되며 검출 한계는 0.001 % - 0.005 %입니다.

키워드: chemical analysis, WO_3 , impurity detection

YS / T 572-2007 텅스텐 산

발행자: National Development and Reform Commission of the People's Republic of China

출시일: 2007-03-07

시행일자: 2007-09-01

요약: 텅스텐 산 (H_2WO_4)에 대한 품질 요구 사항이 명시되어 있으며, 이는 AMT 제제의 일반적인 원료이며 AMT 의 순도에 간접적으로 영향을 미칩니다. WO_3 함량 ≥ 88.0 %, 불순물 Fe ≤ 0.005 %.

키워드 : 텅스텐 산, AMT 원료, 품질 관리

표준 아니오: GB/T 8978-1996

제목: Industrial Wastewater Discharge Standards (산업 폐수 배출 기준)

발행: Standardization Administration of the People's Republic of China

출시일: 1996-10-03

시행일자: 1997-01-01

요약: AMT 생산에서 발생하는 폐액 배출에 대한 요구 사항 및 환경 친화적인 공정 설계와 관련된 $<15\text{mg/L}$ 의 암모니아 질소 제한에 관한 것입니다.

핵심 단어: 폐액 배출, 암모니아 질소, 환경 보호

2. 국제 암모늄 메타 텅스텐 산염 표준 (ISO)

ISO 6892-1:2019 금속 재료에 대한 인장 시험 - 파트 1: 실온에서의 시험 방법

발행: International Organization for Standardization (ISO)

출시일: 2019-11

요약: 텅스텐 분말 타겟과 같은 AMT 유래 텅스텐 금속 제품의 성능 평가를 위해 금속 재료의 인장 특성에 대한 테스트 방법을 제공합니다. AMT 의 직접적인 대상은 아니지만 간접적으로 관련되어 있습니다.

핵심 단어: 인장 시험, 텅스텐 제품, 성능 시험

ISO 9276-6:2008 입자 특성화 - 파트 6: 입자 형상 및 형태의 설명 및 정량적 표현

발행: International Organization for Standardization (ISO)

출시일: 2008-09

요약: AMT 분말 ($D_{50} \approx 2-10 \mu\text{m}$)의 입자 크기 분포 분석을 위한 입자 형태를 정의하기 위한 표준화된 용어 및 측정 방법.

핵심 단어: 입자 형태학, 입자 크기 분포, AMT 분말

ISO 9277:2022 가스 흡착에 의한 고체 재료의 비표면적 측정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

발행: International Organization for Standardization (ISO)

출시일: 2022-11

요약: BET 방법에 의한 비표면적 측정을 위한 표준은 AMT 분말(1-5m²/g) 및 유도체화된 WO₃ 재료(10-20m²/g)에 사용할 수 있습니다.

키워드: 비 표면적, BET, AMT 분말

ISO/ASTM 52900:2021 적층 제조 - 일반 원칙 - 용어

발행: ISO 와 ASTM 공동 발행

출시일: 2021-12

요약: 3D 프린팅에서 전구체 재료로 AMT 를 사용하는 것과 관련된 적층 제조 관련 용어를 정의하며 AMT 품질 표준을 직접 규정하지는 않습니다.

키워드: 적층 제조, 용어집, AMT 응용 프로그램

3. 국제 압모늄 메타 텅스텐 산염 표준 (ASTM)

ASTM F3049-14(2021) 적층 제조를 위한 금속 분말 특성화를 위한 표준 가이드

발행: American Society for Testing and Materials (ASTM)

출시일: 2014 년(2021 년 개정)

요약: AMT 열분해 감소에 의해 제조된 텅스텐 분말의 금속 분말(텅스텐 분말 포함)을 특성화하는 방법에 대한 가이드를 제공하며 입자 크기, 형태 및 비표면적을 다룹니다.

키워드: metal powder, AMT derivation, characterization testing

가스 흡착 방법에 의한 금속 분말의 비표면적 측정을 위한 ASTM B922-20 표준 시험 방법

발행: American Society for Testing and Materials (ASTM)

출시일: 2020-05

요약: AMT 분말 품질 관리(1-5 m²/g)에 적합한 BET 방법으로 금속 분말의 비표면적을 결정하는 방법을 지정합니다.

키워드: 비표면적, AMT, 가스 흡착

유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광법에 의한 재료 분석을 위한 ASTM E1479-16 표준 관행

발행: American Society for Testing and Materials (ASTM)

출시일: 2016-09

요약: ICP-AES 분석 방법은 0.001%-0.005%의 검출 한계로 AMT 의 불순물(Fe, Mo, Na)을 검출하는 데 사용할 수 있습니다.

키워드: ICP-AES, impurity analysis, AMT

4. 기타 압모늄 메타 텅스텐 산염 관련 표준

JIS H 1403 : 1992 텅스텐 분말 및 텅스텐 산의 화학 분석 방법

발행: Japan Industrial Standards Institute (JIS)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

출시일: 1992

요약 : 텅스텐 분말 및 텅스텐 산에 대한 분석 방법을 제공하며, 이는 WO_3 함량 및 AMT의 불순물 검출에 간접적으로 적합합니다.

키워드 : 텅스텐 산, 화학 분석, AMT

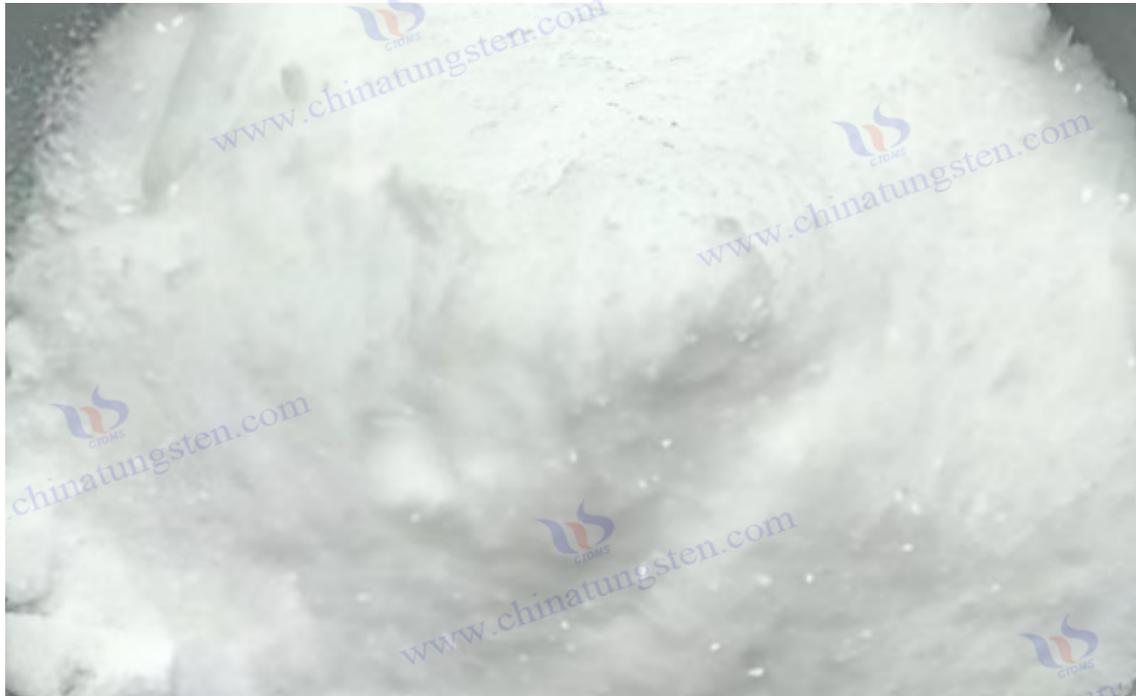
직접 관련 표준:

국내: YS/T 535-2006 은 AMT의 직접 품질 표준이고 GB/T 26035-2010 은 테스트 방법 표준입니다.

국제: AMT의 화학적 조성 또는 제조를 직접 다루는 ISO 또는 ASTM 표준은 발견되지 않았으며 대부분 간접적으로 관련되어 있습니다(예: 분말 특성, 분석 방법).

간접적으로 관련된 기준:

여기에는 AMT 원료(예: 텅스텐 산 YS/T 572-2007), 다운스트림 제품(예: 텅스텐 분말 ASTM F3049), 테스트 기술(예: ICP-AES ASTM E1479) 및 환경 보호 요구 사항(예: GB/T 8978)이 포함됩니다.



물질안전보건자료(MSDS)

암모늄 메타 텅스텐 산염

1. 화학물질 및 사업자 식별

화학 이름 : 암모늄 메타 텅스텐 산염 수화물

화학식 : $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot nH_2O$ (n = 3-6, 결정수 수)

CAS 등록 번호 : 12028-48-7 (무수) / 12333-11-8 (수화물)

EINECS 번호: 234-733-4

분자량 : 2956.30 g / mol (무수) / 3010.35-3100.47 g / mol (물 함유)

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

제조사 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing (Xiamen) Technology Co., Ltd
주소: 3 층, 번호 25 Erwanghai 도로, 소프트웨어 공원, 샤먼시, 푸젠 성, 중국,
361008

비상연락처 : Tel : +86-592-5129595 / Mobile : +86-18750234579

이메일: info@ctia.group

용도 : 텅스텐 촉매, 텅스텐 분말, 나노 물질 등의 생산을위한 산업 원료

2. 위험 개요

GHS 분류(29 CFR 1910 및 EU 규정(EC) No 1272/2008 에 따름):

급성 독성(경구), 구분 4(H302)

심각한 눈 부상, 범주 1(H318)

만성 수생 독성, 구분 3 (H412)

위험 징후:

⚠ 경고(경고)

🔥 부식(부식)

위험 설명:

H302: 삼키면 해롭습니다.

H318: 눈에 심한 손상을 일으킴

H412: 장기적인 영향으로 수생생물에 유해함.

예방 조치 문구:

P264: 시술 후 피부를 깨끗이 씻으시오.

P270: 사용 중에는 먹거나 마시거나 담배를 피우지 마십시오.

P280: 보호장갑/가운/보안경/안면보호구를 착용하십시오.

P305+P351+P338: 눈에 들어간 경우 몇 분간 물로 천천히 행구고 콘택트렌즈를 제거한 후 계속 행구시오.

P501: 내용물/용기는 현지 규정에 따라 지정된 수거 장소에 폐기하십시오.

3. 작곡/작곡 정보

화학 이름 : 암모늄 메타 텅스텐 산 수화물

순도 : $\geq 99\%$ (CTIA GROUP LTD 산업 등급 표준), W_3 함량 88 % -91 %.

불순:

철: $\leq 0.005\%$

모: $\leq 0.01\%$

에서 : $\leq 0.02\%$

다른 미량 원소(Ca, Si 등)는 배치에 따라 다릅니다

물리적 상태 : 백색 또는 황색을 띠는 결정 성 분말, 무취.

4. 응급 처치 방법

흡입:

환자를 환기가 잘 되는 곳으로 옮기고 계속 휴식을 취하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

호흡 곤란이 있거나 산소 또는 인공 호흡을 제공하는 경우 즉시 CTIA GROUP LTD 의 비상 전화 번호 +86-592-5129595 또는 +86-18750234579 로 전화하거나 지역 응급 센터에 연락하십시오.

피부 접촉:

오염된 의복은 즉시 벗고 흐르는 물로 최소 15 분 동안 행굽니다.

자극이 있으면 의사의 도움을 받으십시오.

눈 맞춤:

즉시 눈꺼풀을 들어 올리고 최소 15 분 동안 흐르는 물이나 식염수로 행굽니다.

심각한 눈 손상이 발생할 수 있으므로 가능한 한 빨리 의사의 진료를 받으십시오.

섭취:

역지로 토하지 말고 즉시 물로 입을 행굽니다.

환자에게 물을 희석하여 주고 즉시 의사의 진료를 받으십시오.

응급 처치 조언 : 증상 치료, 환자가 CTIA GROUP LTD 에서 생산 한 암모늄 메타 텅스텐 산업에 노출되었음을 의료진에게 알립니다.

5. 화재 예방 대책

소화 방법:

건조 분말, 이산화탄소 또는 거품 소화제를 사용하십시오.

유독 가스가 발생할 수 있으므로 물로 직접 소화하는 것은 금지되어 있습니다.

특별 위험:

암모니아 (NH_3), 텅스텐 산화물 (WO_3) 및 질소 산화물 (NO_x)은 자극적이고 독성이 강한 열 분해에 의해 생성됩니다.

소방관 보호: 연기 흡입을 피하기 위해 자급식 호흡 장치와 전신 보호복을 착용하십시오.

6. 누출의 응급 처치

개인 보호구:

보호복, 방진 마스크, 보안경을 착용하여 먼지를 흡입하거나 피부에 닿지 않도록 하십시오.

환경 대책:

환경 오염을 방지하기 위해 하수구나 수역으로 누출이 유입되는 것을 방지하십시오.

청소 방법:

작은 누출: 먼지를 피하기 위해 도구와 함께 밀폐 용기에 모으십시오.

대량 누출: 해당 지역을 격리하고 모래로 덮고 수거한 후 CTIA GROUP LTD(+86-592-5129595 또는 +86-18750234579) 또는 지역 환경 보호 기관에 연락하여 폐기하십시오.

주의 사항: 화염이나 스파크가 없는지 확인하기 위해 환기가 잘 되는 조건에서 작동하십시오.

7. 취급 및 보관

예방 조치:

먼지 형성을 방지하기 위해 흙 후드 또는 환기가 잘 되는 곳에서 작동하십시오.

정전기 스파크로 인한 화재를 방지하기 위해 스파크가 없는 도구를 사용하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

보호 장갑, 고글 및 보호복을 착용하여 피부와 눈에 닿지 않도록 하십시오.

저장 조건:

CTIA GROUP LTD 에서 제공하는 밀봉된 플라스틱 양동이 또는 가방에 보관하고 서늘하고 건조하며 통풍이 잘되는 곳에 보관하십시오.

음식, 강산, 산화제 및 열원에서 멀리하십시오.

보관 온도: <30° C, 습도: <60%(흡습성으로 인해).

8. 노출 통제 및 개인 보호

노출 제한:

AMT 의 특정 직업적 노출 한계 (OEL)는 나열되어 있지 않으며 CTIA GROUP LTD 는 텅스텐 화합물 한계를 언급 할 것을 권장합니다.

ACGIH TLV(WO₃): 5 mg/m³ (8 小时 TWA)。

오사 PEL(WO₃): 5 mg/m³ (8 小时 TWA)。

엔지니어링 제어: 로컬 배기 장비를 사용하여 작업장이 환기되도록 합니다.

개인 보호 장비:

호흡기 보호: 먼지 농도를 초과할 경우 NIOSH 인증 방진 마스크 또는 호흡기를 착용하십시오.

손 보호: 내화학성 장갑(예: 니트릴).

눈 보호: 밀봉된 보호 안경(EN 166 또는 NIOSH 에 따름).

신체 보호: 방진 작업복, 필요한 경우 전체 보호복을 착용하십시오.

9. 물리 화학적 성질

외관 : 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말

냄새 : 무취

융점: 명확한 융점은 없으며 약 100° C에서 분해되기 시작합니다.

분해 온도:

100-120° C(수정수 손실)

250-300° C(NH₃ 및 H₂O 방출)

600-700° C(WO 로 완전히 변환)

밀도 : 3.8-4.2 g / cm³ (탭 밀도)

가용성:

물 : >1000 g / L (20 ° C, 매우 용해성)

에탄올, 아세톤 : <0.1 g / L (거의 불용성)

pH: 4.5-5.5 (10% 수용액, 약산성)

비표면적: 1-5 m²/g (CTIA GROUP LTD 산업용 제품, BET 방법)

10. 안정성 및 반응성

안정성: CTIA GROUP LTD 의 권장 보관 조건에서 안정적입니다.

조건을 피하십시오: 고온(>100° C), 습도, 밝은 빛.

호환되지 않는 물질 : 강산 (텅스텐 산을 생성하기 위해 분해됨), 강산화제 (반응 및 발열 할 수 있음).

유해 분해 생성물: 암모니아(NH₃), 텅스텐 산화물(WO₃), 질소 산화물(NO_x).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

11. 독성 정보

급성 독성:

LD50 경구 투여 (쥐) : 약 2000 mg / kg (유사한 텅스텐 화합물에 대한 데이터를 기반으로 한 낮은 독성).

흡입 LC50: 데이터를 사용할 수 없으므로 분진 흡인을 권장합니다.

피부 자극: 크게 자극하지는 않지만 장기간 노출되면 가벼운 불편함을 유발할 수 있습니다.

눈 자극: 영구적인 손상을 일으킬 수 있는 심한 자극.

만성 영향: 장기간 흡입하면 호흡기에 영향을 미칠 수 있으며 텅스텐 화합물이 폐에 축적될 수 있습니다.

발암성: IARC 또는 NTP 에 의해 발암물질로 분류되지 않습니다.

12. 생태 정보

생태독성:

수생 생물에 유해(H412)인 WO_3 는 환경에 축적될 수 있습니다.

특정 LC50 데이터는 사용할 수 없으며 수역으로의 배출을 피하는 것이 좋습니다.

지속성 및 분해성 : 생분해되지 않는 텅스텐 화합물은 환경 적으로 안정적입니다.

생물 축적: 생물 축적은 낮지만 장기적인 영향이 우려됩니다.

13. 처분

용액:

소각(연도 가스 스크리빙)하거나 CTIA GROUP LTD 에서 지정한 자격을 갖춘 화학 폐기물 처리 기관에서 폐기합니다.

하수구나 자연 환경에 버리지 마십시오.

포장 취급:

세 번 행구거나 구멍을 뚫어 위생 매립지로 보냅니다.

규정: 고품 폐기물 오염 방지 및 통제에 관한 중화인민공화국 법률 및 현지 폐기물 관리 규정을 준수합니다.

14. 배송 정보

UN(United Nations Number): 위험물로 명확하게 분류되지 않음, UN 2859(검증 필요) 참조.

선적 이름 : 암모늄 메타 텅스텐 산염

위험 범주: 불연성, 비폭발성, 부식성(눈).

포장 요구 사항: CTIA GROUP LTD 는 파손 및 습기를 방지하기 위해 밀봉된 비닐 봉지 또는 드럼을 제공합니다.

배송 주의: 음식, 산 또는 산화제와 혼합하지 마십시오.

15. 규제 정보

중국:

유해 화학 물질 카탈로그(2015 년판)에 포함되어 있습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

YS / T 535-2006 "암모늄 메타 텅스텐 산염" 및 GB / T 26035-2010 테스트 방법의 품질 요구 사항을 충족합니다.

미국:

TSCA(독성 물질 관리법) 목록: 등재.

OSHA 규정 : 텅스텐 화합물 한계를 참조하십시오.

유럽 연합:

REACH 등록: 등록됨 (EC 234-733-4).

폐수 배출은 EU 물 프레임워크 지침에 따릅니다.

국제: GHS 분류는 UN 표준을 따릅니다.

16. 기타 정보

준비일: 2025년 3월 26일

개정 노트: 최신 GHS 및 생산 데이터를 기반으로 CTIA GROUP LTD 에서 업데이트했습니다.

리소스:

CTIA GROUP LTD 의 내부 테스트 보고서

케미컬북 SDS(CAS 12028-48-7)。

OSHA 및 EU CLP 규정.

면책 조항

이 MSDS 는 CTIA GROUP LTD 에서 참조용으로만 제공하며 특정 조건에서의 적용 가능성을 보장하지 않으며 사용자는 실제 상황에 따라 위험을 평가해야 합니다.



색인 : 암모늄 메타 텅스텐 산염 키워드 및 용어 색인

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

다음은 AMT (Ammonium Metatungstate) 키워드 및 용어의 확장된 색인으로, 표 형식으로 표시됩니다. AMT와 관련된 화학, 공정, 응용 분야 및 테스트 영역에 더 많은 용어가 추가되어 AMT의 특성, 생산 및 응용 시나리오에 대한 포괄적인 적용 범위를 보장합니다. 이 표는 알파벳순으로 정렬되어 있으며 영어와 중국어로 된 용어와 해당 정의가 포함되어 있습니다.

Ammonium metatungstate 키워드 및 용어 색인

키워드 / 용어	중국어	정의
산성화	산성화	암모늄 텅스텐 산업 용액의 pH를 산 (예 : HCl)으로 5.5±0.1로 조정하여 AMT를 생성하는 공정 단계.
사무실	암모늄 메타 텅스텐 산업	암모늄 메타텅스텐 산업의缩写, 化学式 (NH ₄) ₆ H ₂ W ₁₂ O ₄₀ · nH ₂ O, 钨化工中间体.
암모니아 용해	암모니아가 용해된다	텅스텐 산을 암모니아에 용해시켜 AMT를 제조하는 공정 단계는 일반적으로 80 ° C에서 1-2 시간 동안 산성화에 사용됩니다.
암모니아 질소	암모니아 질소	AMT 생산 배수의 암모니아 함량, 환경 문제, 2-10 g/L의 일반적인 값.
원자 흡수 분광법 (Atomic Absorption Spectroscopy)	원자 흡수 분광법 (Atomic Absorption Spectrometry)	검출 한계가 0.001%-0.01%인 AMT에서 미량 금속 불순물 (예: Na, Fe)을 측정하기 위한 분석 방법.
BET 메소드	BET 메소드	가스 흡착 방법으로 AMT의 비표면적을 결정하는 표준 방법, 산업용 제품의 경우 1-5m ² /g, 나노 스케일의 경우 10-20m ² /g.
생물 의학 응용 분야	생물 의학 응용 분야	광열 요법 (42 % -45 % 효율), 약물 전달에서 AMT 유도체 (예 : WO ₃ 나노 입자)의 사용.
소성	소성	텅스텐 분말 또는 촉매 준비를 위해 AMT가 분해되어 고온 (500-700 ° C)에서 WO ₃ 로 전환되는 공정입니다.
촉매	촉매	AMT는 광촉매 (수소 생산 속도 0.5-1 mmol / h · g) 또는 연료 전지를 위해 WO ₃ 또는 텅스텐 청동을 제조하기 위한 전구체로 사용됩니다.
원심 분리	원심력을 이용하는	AMT 결정화 후 고체와 액체를 분리하는 공정, 일반적으로 5000rpm, 10 분.
화학적 안정성	화학적 안정성	AMT는 약산성 (pH 4.5-5.5) 조건에서 안정적이며 강산 (pH <2) 또는 강염기 (pH >8)에서 분해됩니다.
농도	농축액	AMT 용액은 후속 결정화를 위해 감압 증발에 의해 WO ₃ 200-250 g / L로 농축됩니다.
결정화	결정	AMT 용액을 냉각하여 결정을 형성하는 공정, 일반적으로 5-10 ° C, 12-16 시간.
분해 온도	분해 온도	AMT 热分解温度 100-120 ° C 失去结晶水, 250-300 ° C 释放 NH ₃ , 600-700 ° C 转为 WO ₃ .
밀도	밀도	AMT의 태핑 밀도는 일반적으로 3.8-4.2g/cm ³ 이며 입자 크기에 따라 다릅니다.
건조	건조	AMT 습식 결정 건조 공정, 일반적인 조건 100 ° C, 4-6 시간은 수분 <0.5%를 보장합니다.
전기화학적 성질	전기화학적 성질	세포 순환 안정성 (>1000 사이클) 또는 전도성 (10 ⁻⁴ S / cm)과 같은 AMT 유래 WO의 전기 화학적 특성.
에너지 저장 장치	에너지 저장 장치	AMT 유래 WO ₃ 는 리튬 / 나트륨 배터리 (600-750mAh / g) 또는 슈퍼 커패시터 (특정 커패시턴스 250-350 F / g)에 사용됩니다.
환경처리	환경 거버넌스	AMT 유래 WO ₃ 는 오염 물질 (85 % -95 % 제거) 또는 가스 센서 (NO ₂ 감지 5-50 ppb)의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

		광촉매 분해에 사용됩니다.
여과	여과	0.45 μm 멤브레인으로 용액을 여과하는 것과 같이 불순물 또는 별도의 결정을 제거하는 AMT 생산 단계.
FTIR 분광기	푸리에 변환 적외선 분광법	AMT에서 W-O 및 N-H 결합의 특성 피크(예: 950 cm ⁻¹ , 3200 cm ⁻¹)를 분석하여 구조를 확인합니다.
친환경 공정	친환경 공정	AMT는 마이크로파 합성(수율>92%) 또는 생물침출(회수율>90%)과 같은 환경 친화적인 기술을 생산합니다.
열용량	비열 용량	AMT의 비열 용량, 일반 0.25-0.30 J/(g·K)는 수분 함량에 따라 달라집니다.
수소 환원	수소 환원	H ₂ 분위기 (600-800 °C)에서 AMT를 텅스텐 분말로 환원시키는 공정의 순도는 > 99.9 %입니다.
흡습성	흡습성	AMT는 50%-80%의 습도에서 물을 흡수하므로 단단히 밀봉하여 보관해야 합니다.
ICP-AES	유도 결합 플라즈마 방출 분광법(Inductively Coupled Plasma emission spectroscopy)	검출 한계가 0.001%-0.005%인 AMT의 불순물(예: Fe, Mo, Na)을 측정하기 위한 분석 방법.
불순물 함량	불순물 함량	Fe ≤0.005%, Mo ≤0.01%, Na ≤0.02%와 같은 AMT의 미량 원소 함량은 제품 품질에 영향을 미칩니다.
이온 교환	이온 교환	고순도 제품(Na <0.002%)에 적합한 양이온 교환 수지로 텅스텐 산 나트륨에서 AMT를 제조하는 공정.
Keggin 구조	Keggin 구조	AMT의 분자 구조 유형, 중심 주위의 12 텅스텐 팔면체, 격자 매개 변수 ≈ 12.295 Å.
레이저 입자 크기 분석	레이저 입자 크기 분석	AMT 분말 입자 크기 분포는 레이저 산란, 일반적인 D50 ≈ 2-10 μm에 의해 결정되었습니다.
침출	침출	텅스텐 광석에서 텅스텐을 추출하여 WO ₃ 를 NaOH로 침출(85% -95% 회수)과 같은 AMT 전구체를 제조하는 과정.
마이크로파 합성	마이크로파 합성	AMT는 92%-95%의 수율로 10-20 분 동안 마이크로파 가열(2450MHz, 800-1200W)로 제조되었습니다.
수분 함량	수분 함량	산업용 제품의 경우 <0.5%가 되어야 하는 AMT의 잔류 수분은 저장 안정성에 영향을 미칩니다.
나노 입자	나노 입자	센서 또는 배터리에 사용하기 위한 10-30nm 크기의 AMT 유래 WO ₃ 나노 입자.
입자 크기 분포	입자 크기 분포	AMT 분말, D10, D50, D90의 입자 크기 범위는 10%, 50%, 90% 입자가 해당 입자 크기보다 작다는 것을 의미합니다.
pH 제어	pH 제어	AMT 준비의 핵심 파라미터인 pH 5.5±0.1은 수율과 순도를 보장합니다.
광촉매 작용	광촉매 작용	AMT 유래 WO ₃ 는 85%-95%의 제거율로 UV 또는 가시광선 아래에서 유기물을 분해하거나 수소를 생성합니다.
순도 제어	순도 제어	AMT의 불순물(예: Fe, Mo)이 한계값 미만임을 보장하는 기술로, 업계에서는 WO ₃ >88%를 요구하고 있습니다.
굴절률	굴절률	AMT 결정의 굴절률은 일반적으로 1.52-1.55(589nm)입니다.
SEM 분석	주사 전자 현미경 분석	AMT 입자 형태는 결정 크기와 표면 특성을 확인하기 위해 주사 전자 현미경으로 관찰되었습니다.

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

가용성	가용성	AMT 在水中的溶解度 >1000 g/L(20° C), 乙醇和丙酮中 <0.1 g/L。
용매 추출	용매 추출	텅스텐은 텅스텐 산 나트륨 용액에서 유기 용매 (예 : TBP)로 추출하여 고순도 (Fe <0.002 %)의 AMT를 제조합니다.
분무 건조	분무 건조	연속 생산에 적합한 분말을 제조하는 AMT 용액 분무 건조 방법, 균일한 입자 크기(D50 ≈ 5-10 μm).
열전도율	열전도율	AMT의 열전도율은 일반적으로 0.5-1.0 W/(m·K)이며 온도 및 수분 함량에 따라 다릅니다.
열분해	열분해	고온에서 AMT의 분해 공정은 텅스텐 분말 생산을 위한 NH ₃ , H ₂ O 및 WO ₃ 를 생성합니다.
적정 방법	적정	±1%의 정확도로 황산암모늄 철로 적정하여 AMT의 WO ₃ 함량을 측정하는 방법.
텅스텐 브론즈	텅스텐 청동	촉매 또는 전도성 물질에 사용하기 위해 AMT의 열분해 및 도핑에 의해 제조된 텅스텐 화합물.
텅스텐 파우더	텅스텐 분말	입자 크기가 1-5 μm인 수소 분위기 (600-700 °C)에서 AMT 환원에 의해 제조된 텅스텐 금속 분말.
초음파 분산	초음파 분산	AMT 분말은 입자 크기 분석을 위한 균일한 분산을 위해 물(40kHz, 100W)에서 초음파 처리됩니다.
폐액 처리	액체 폐기물 처리	암모니아 중류 회수(회수율 >90%) 또는 멤브레인 분리와 같은 AMT 생산의 폐기물 처리 기술.
결정화의 물	결정화 물	AMT에 포함된 물의 양(n = 3-6)은 주변 습도에 따라 달라지며 분자량과 안정성에 영향을 미칩니다.
WO ₃ 콘텐츠	WO ₃ 콘텐츠	AMT의 주요 성분 지수는 산업용 > 제품의 경우 88%-91%, 고순도 제품의 경우 91%입니다.
XRD 분석	XRD 분석	AMT의 결정 구조를 X선 회절로 분석하여 단사정 또는 비정질 상을 확인했습니다.
		시계 제작 : Chinatungsten Intelligent Manufacturing

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



암모늄 메타 텅스텐 산염의 생산과 관련된 다양한 공정과 관련이
있습니다.

장비, 기구, 원료 및 보조 재료

다음은 암모늄 메타텅스텐 산염 (AMT) 생산을 위한 공정 흐름 및 관련 장비, 기기 및 원료 및 보조 재료에 대한 자세한 설명으로, 전통적인 방법과 새로운 기술의 핵심 사항을 다룹니다.

1. 열해리법(solid-phase conversion method)

1. 프로세스 흐름

열분해: 암모늄 파라텅스산염 (APT)은 고온에서 암모니아와 결정수의 일부를 제거하고 이를 용해성 암모늄 메타텅스텐산염으로 변환합니다.

침출 및 여과 : 열분해 생성물을 물에 용해시키고 여과하여 미반응 APT 또는 텅스텐 산화물 불순물을 제거합니다.

증발 농도: 용액의 농도는 증발 장비에 의해 증가합니다.

결정화/분무 건조: 농축액을 냉각시켜 결정화하거나 분무 건조하여 고체 생성물을 형성합니다.

2. 주요 장비 및 약기

로스팅 장비:

로터리 로스터: 단면 온도 제어(240 - 290° C), 97% 이상의 변환 효율로 노 본체의

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

경사각과 속도를 조정하여 연속 열분해.

다중 챔버로: 다층 구조 설계, 고온 제어 정확도, 대규모 생산에 적합합니다.

침출 반응기: 열분해 제품의 완전 용해를 촉진하기 위해 교반기 및 온도 제어 시스템(90 - 95° C)을 갖추고 있습니다.

여과 장비: 불용성 불순물을 분리하기 위한 플레이트 및 프레임 필터 프레스 또는 진공 흡입 필터.

진공 증발기: 고온 분해를 피하기 위해 용액을 1.8 - 2.0g/cm³의 밀도로 농축합니다.

분무 건조기:

기류 분무 건조기: 마이크론 크기의 증공 입자를 형성하는 170 - 190° C 입구 공기 온도.

원심 분무 건조기: 8000 - 12000rpm, 이송 속도 300 - 400kg/h, 고점도 용액에 적합합니다.

3. 원료 및 보조 재료

주요 원료 : 고순도 파라 텅스텐 산 암모늄 (APT, WO₃ 함량 ≥ 88.5 %).

첨가제 : 탈 이온수 (전도도 ≤5 μS / cm), 묽은 암모니아 (용액의 pH를 3-4로 조정).

2. 중화법(액상 변환법)

1. 프로세스 흐름

산 중화 반응 : APT 또는 텅스텐 산 나트륨 용액은 질산으로 pH를 3-4로 조정하여 암모늄 메타 텅스텐 산염 용액을 생성합니다.

고체-액체 분리: 여과는 반응에 의해 생성된 침전물을 제거합니다.

농도 및 건조: 증발 또는 멤브레인 분리 기술로 용액을 농축하고 분무 건조하여 분말을 얻습니다.

2. 주요 장비 및 약기

중화 반응기: 부식 방지 재료(예: 에나멜 또는 티타늄 합금), pH 온라인 모니터 및 자동 산 첨가 시스템 장착.

멤브레인 분리 장비:

나노 여과 멤브레인 시스템 : 200 - 300 Da 분자량 컷오프, 기존 증발보다 30 % 더 높은 농축 효율.

역삼투압 장치: 고농도 용액 농도를 위한 작동 압력 50 - 150bar.

고속 원심 분무 건조기: 열 분해 장비에서 흔히 볼 수 있으며 건조 후 분말의 수분 함량은 ≤1%입니다.

3. 원료 및 보조 재료

주요 원료 : APT 또는 텅스텐 산 나트륨 (Na₂WO₄ · 2H₂O, WO₃ 함량 ≥65 %).

산/염기 조절제: 질산(20 - 30%), 암모니아(10 - 15%).

3. 역삼투 농축법(에너지 절약 기술)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1. 프로세스 흐름

전처리: APT는 암모늄 메타텅스텐 산염 용액을 얻기 위해 소성 후 침출됩니다.
역삼투 농도: 물은 고압의 밑에 복합 막에 의해 분리되고, 해결책 농도는 1200-1500 g/L.에 증가된다.
냉각 결정화: 결정은 저온, 원심 분리 후 건조에서 침전됩니다.

2. 주요 장비 및 약기

고압적인 역삼투 장치:
압력 저항이 150bar \geq 오염에 대한 높은 내성을 가진 폴리아미드 복합 멤브레인.
다단 탠덤 설계, 회수율 \geq 85%.
전처리 시스템: 정밀 필터(기공 크기 \leq 5 μ m), 역삼투막을 보호하기 위한 활성탄 흡착탑.
결정화 탱크: 재킷 냉각 구조, 온도 제어 정확도 \pm 1° C.

3. 원료 및 보조 재료

원료 : APT 소성 침출 용액 (초기 농도 150-550 g / L).
멤브레인 클리너 : 구연산 (무기 오염 제거), 수산화 나트륨 (유기물 제거).

4. 이온 교환 및 전기 투석

1. 프로세스 흐름

이온 교환: APT 용액은 강산성 양이온 수지를 통해 흐르며 NH_4^+ 를 대체하여 암모늄 메타텅스텐 산염을 형성합니다.
전기 투석 농도: 고농축 용액을 얻기 위해 전기장에 의해 구동되는 음이온과 양이온을 분리합니다.

2. 주요장비

이온 교환 컬럼 : 술폰산 수지로 채워져 있습니다 (교환 용량 \geq 4.0 mmol / g).
전기 투석 반응기: 음이온 및 양이온 교환막, DC 전압 30 - 50V, 전류 밀도 50 - 100A/m² 포함.

3. 원료 및 보조 재료

수지 : 강산성 스티렌 양이온 교환 수지.
멤브레인 재료: 이중 이온 교환 멤브레인(산 및 알칼리 저항, 산화 저항).

5. 일반 기기 및 품질 관리

공정 모니터링 기기:
온라인 pH 측정기(정확도 \pm 0.01), 밀도계(측정 오류 \leq 0.5%).
레이저 입자 크기 분석기(분말 입자 크기 분포 감지, D50 은 10 - 50 μ m에서 제어됨).
성분 분석 장비:
원자 흡수 분광계 (Na^+ , K^+ 및 기타 불순물 측정).
X 선 형광 분광계 (WO_3 순도의 신속한 분석).

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6. 프로세스 비교 및 선택 제안

열 해리 방법: 성숙하고 안정적이며 고순도 AMT 생산에 적합하지만 에너지 소비가 높습니다.

중화: 이 공정은 간단하고 저렴하지만 불순물 형성을 방지하기 위해 pH를 엄격하게 제어해야 합니다.

역삼투압 방법: 에너지 절약 이점이 크고 대규모 연속 생산에 적합하지만 멤브레인 모듈의 비용이 높습니다.

이온 교환 방법: 제품의 순도가 높지만 수지 재생이 빈번하고 운영 비용이 증가합니다.

메타텨스텐 산 암모늄 생산을 위한 핵심 장비에는 로스터, 고압 역삼 투 장치, 분무 건조기 등이 포함되며 원료는 주로 APT이며 산, 알칼리 및 탈 이온수가 보충됩니다. 성숙한 공정으로 인해 열분해 방식이 주류를 차지하고 있으며, 에너지 절약 특성으로 인해 역삼투압과 같은 신기술이 점차 추진되고 있습니다. 공정 선택은 제품 사양(예: 순도, 입자 크기), 투자 비용 및 에너지 요구 사항을 고려합니다.



암모늄 메타 텨스텐 산염에 관한 참고 문헌, 서적 및 자료

1. 암모늄 메타 텨스텐 산염에 관한 책

Pope, M. T., & Müller, A. (1994). *폴리옥소메탈레이트: 플라톤 고체에서 항레트로바이러스 활성까지*. 스프링거. ---촉매 및 재료 과학에 사용되는 Keggin 유형 화합물로서의 AMT를 포함한 폴리옥소메탈레이트에 대해 설명합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Pope, M., T., & Mill, A. (1994). 폴리산 화합물: 플라톤 스테레오에서 항레트로바이러스 활성까지. 스프링거. ---는 촉매 및 재료 과학과 같은 응용 분야를 위한 Keggin 유형 화합물인 AMT 를 포함한다 산성 화합물에 대해 설명합니다.

리홍귀. (2005). 텅스텐 야금. 센트럴 사우스 대학교 출판부.

---는 AMT 의 생산 공정 및 응용을 포함하여 텅스텐 추출 및 가공 기술을 체계적으로 소개합니다.

Lassner, E., & Schubert, W.-D. (1999). 텅스텐 : 원소, 합금 및 화합물의 특성, 화학, 기술. 스프링거. --- 텅스텐 화합물에 대한 포괄적인 개요, AMT 합성 및 산업 사용에 대한 섹션.

Lassner, E., & Schubert, W.-D. (1999). 텅스텐 : 원소, 합금 및 화합물의 특성, 화학 및 기술. 스프링거. ---는 AMT 의 합성 및 산업 응용을 포함하여 텅스텐 화합물에 대한 포괄적인 개요를 제공합니다.

장 치원. (2010). 텅스텐 화학 및 기술. 야금 산업 프레스.

텅스텐 화합물의 화학적 특성 및 산업 생산 공정에 대해 자세히 설명---, 중요한 중간체로서의 AMT 는 특별 섹션에서 논의됩니다.

셰퍼, H. (1970). 텅스텐 화합물의 화학. Verlag 케미.

설명 : 텅스텐 화합물에 대한 고전적인 연구는 텅스텐 가공의 중간 제품으로 AMT 를 언급합니다.

셰퍼, H. (1970). 텅스텐 화합물의 화학. 화학 프레스. 텅스텐 가공의 중간 생성물로 AMT 를 언급하는 텅스텐 화합물에 대한 고전적인 연구.

2. 암모늄 메타텅스텐 산염 관련 학술 논문

중국어로 된 암모늄 메타텅스텐 산염 관련 논문 (연도 순)

장 리화. (2020). 암모늄 메타텅스텐산염의 마이크로파 보조 합성을 위한 공정 최적화. 화학 산업 진보마이크로파 가열(800W, 15 분)을 사용하여 94.5%의 수율로 AMT 합성을 최적화했습니다.

첸 샤오홍. (2020). 이온 교환법에 의한 고순도 암모늄 메타텅스텐 산염의 제조. "희귀 금속". AMT 는 텅스텐 산 나트륨으로부터 Na <0.001 %와 95 %의 수율을 갖는 양이온 교환 수지로 제조되었다.

리우 양. (2020). 암모늄 메타 텅스텐 산염의 열분해 거동 및 생성물 분석. 무기 화학 저널. 500° C 에서 단사정상 WO₃로 전환하는 AMT 의 TG-DTA 분석.

왕 송곳니. (2020). 분무 건조에 의한 암모늄 메타 텅스텐 산염 분말의 제조. 중국 텅스텐 산업분무 건조로 제조 된 AMT 미분화 분말, D50 ≈ 5 μm, 20 % 더 높은 균일 성.

장 리. (2021). 암모늄 메타 텅스텐 산염의 녹색 과정에 대한 연구 진전. 화학 산업 진행 AMT 녹색 합성 기술(예: 마이크로파 합성)을 검토한 결과 수율은 >92%였습니다.

왕 치양(WANG Qiang). (2021). 고순도 암모늄 메타텅스케이트의 산업용 제조 기술. 중국 텅스텐 산업 WO₃ >91%, Fe <0.002%의 2 단계 결정화 방법이 제안되었습니다.

리밍. (2021). WO₃ 나노 입자의 제조에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 재료 보고서. 20-30 nm 의 입자 크기를 갖는 WO₃ 나노 입자를 제조하기위한 AMT 열 분해.

자오 웨이. (2021). 암모늄 메타텅스텐 산염 촉매 전구체의 합성 및 특성화. Acta 촉매 Sinica. AMT 는 0.8mmol/h·g 의 수소 생산 속도로 WO₃ 촉매를 제조했습니다.

쑤지에. (2021). 용매 추출에 의한 암모늄 메타텅스텐 산염의 제조에 관한 공정 연구. "비철금속". TBP 에서 텅스텐 산 나트륨을 추출하여 >99 %의 순도로 AMT 를 제조했다.

장 지양귀. (2021). 암모늄 메타텅스텐 산염 결정 구조의 XRD 분석. Journal of Inorganic MaterialsAMT 단사정 구조가 확인되었으며 격자 매개변수는 ≈ 12.30 Å 였습니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 리우 나. (2022). 리튬 배터리 WO_3 전극에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 전원 공급 장치 기술. 최대 720mAh/g의 용량을 가진 AMT 유래 WO_3 전극.
- 리 흥메이. (2022). 암모늄 메타텅스텐산염의 마이크로파 합성 및 열 안정성. CIESC Journal AMT는 마이크로파에서 합성되고 NH_3 는 $250^\circ C$ 의 분해 온도에서 방출됩니다.
- 장 웨이. (2022). 광촉매 분해에 암모늄 메타텅스텐산염의 적용. 재료 과학 및 공학의 중국 저널. AMT 유래 WO_3 열화 효율은 92%입니다.
- 왕릴리. (2022). 암모늄 메타텅스텐산염의 초음파 보조 제제. 중국 텅스텐 산업초음파 분산액 (40kHz)은 AMT 결정화를 96%로 증가시킵니다.
- 양 팬. (2022). 암모늄 메타텅스텐스테이트의 친환경 합성. 환경 화학텅스텐은 91%의 회수율로 AMT를 제조하기 위해 생물 침출에 의해 회수되었습니다.
- 첸 치양(CHEN Qiang). (2022). 텅스텐 청동 나노 물질에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 나노 기술 및 정밀 공학. AMT는 입자 크기가 30-40nm인 텅스텐 청동 나노 입자를 합성합니다.
- 리 강. (2023). 암모늄 메타텅스텐산염의 열분해 동역학. Acta Physico-Chimica Sinica Kinetic 분석 AMT 분해의 활성화 에너지는 145kJ/mol입니다.
- 왕 타오. (2023). 암모늄 메타텅스텐산염으로부터 WO_3 박막을 제조하기 위한 CVD 공정. 진공 과학 기술 저널(Journal of Vacuum Science and Technology). AMT는 60-80nm 두께의 WO_3 필름을 준비합니다.
- 장잉(張英). (2023). 슈퍼 커패시터에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 전기화학. 300F/g의 특정 커패시턴스를 가진 AMT 유래 WO_3 .
- 리우 웨이. (2023). 암모늄 메타텅스텐 산염 분무 건조를 위한 공정 매개변수 최적화. "과우더 기술". 최적화된 분무 건조 매개변수, AMT 분말 D50 $\approx 4\mu m$.
- 자오 레이. (2023). 텅스텐 분말의 제조에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 중국 텅스텐 산업. 텅스텐 분말은 2-3 μm 의 입자 크기로 AMT 수소 환원에 의해 제조되었다.
- 첸 광. (2023). 암모늄 메타텅스텐산염의 FTIR 분광법. 분석 화학. AMT의 W-O 결합 특성 피크는 $950cm^{-1}$ 입니다.
- 리 쉘. (2024). 암모늄 메타텅스텐 산염 및 폐액 처리 기술의 녹색 합성. Chinese Journal of Environmental Engineering 암모니아 증류는 폐액에서 암모니아 질소를 회수하며 회수율은 >93%입니다.
- 왕유. (2024). 가스 센서에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 센서 및 마이크로 시스템. AMT 유래 WO_3 는 10ppb의 감도로 NO_2 를 검출합니다.
- 장 지에. (2024). 암모늄 메타텅스텐산염의 결정 형태 및 SEM 분석. 재료 연구의 중국 저널. SEM은 AMT 결정이 5-10 μm 측면을 가진 입방체임을 보여줍니다.
- 리우 평. (2024). 연료 전지 촉매의 암모늄 메타 텅스텐 산염 연구. 새로운 화학 물질. AMT는 15% 더 높은 활성으로 WO_3 촉매를 준비합니다.
- 양 리. (2024). 암모늄 메타텅스텐 산염의 ICP-AES 불순물 검출. Journal of Analysis and Testing AMT의 Fe 및 Mo는 <0.003%의 한계로 검출되었습니다.
- 리 치양(LI Qiang). (2025). WO_3 나노 섬유에 암모늄 메타 텅스텐 산염의 적용. 나노 기술. 직경 60nm의 WO_3 나노 섬유를 제조하기 위해 AMT를 전기 방사했습니다.
- 왕 메이. (2025). 암모늄 메타 텅스텐 산염의 열전도율 및 응용. Acta Physica Sinica. AMT는 열전도율이 $0.8W/(m \cdot K)$ 이며 열전도성 재료에 적합합니다.
- 장 하오. (2025). 나트륨 배터리에서 암모늄 메타 텅스텐 산염의 성능. "배터리". AMT 유래 WO_3 , 나트륨 배터리 용량 650mAh/g.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 리우 팡. (2025). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 흡습성 및 저장. 화학 공학. AMT 는 60% 습도에서 최대 5%를 흡수하므로 밀봉해야 합니다.
- 첸 레이. (2025). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 용해도와 pH 사이의 관계에 관한 연구. 무기 화학 저널. AMT 의 용해도는 pH 5.5 에서 >1000g/L 입니다.
- 리나. (2025). 항공 재료에 암모늄 메타 텅스텐 산업의 적용. 재료 과학 및 공학. AMT 유래 WO₃는 항공률이 98%입니다.

암모늄 메타텅스텐 산업 관련 논문 (알파벳 순서)

- 크리스찬, JB 및 휘팅엄, MS (2008). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 구조 연구. *고체 화학 저널*. XRD 를 사용하여 AMT 의 Keggin 구조를 연구하고 격자 매개 변수 a 는 12.295 Å ≈ 합니다.
- 크리스찬, JB 및 휘팅엄, MS (2008). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 구조 연구. 고체 화학 저널 AMT 의 Keggin 구조는 격자 매개 변수가 12.295 Å ≈ XRD 를 사용하여 연구되었습니다.
- Hunyadi, D., Sajó, I. 및 Szilágyi, I. M. (2014). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 열분해. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry(열 분석 및 열량계 저널)*. 380-500° C 에서 h-WO₃를 형성하는 공기 및 질소의 AMT 분해를 조사합니다. 胡尼亚迪, D., 萨约, I., & 西拉吉, I. M. (2014). 偏钨酸铵的热分解. 《热分析与量热学杂志》.
- 研究 AMT 在空气和氮气中的分解, 380-500° C 形成 h-WO₃.
- 최, J., 외. (2015). Quaternary 텅스텐 청동 나노 입자의 제조는 암모늄 메타 텅스텐 산업과 Oleylamine 의 열 분해에 의한 것입니다. Sigma-Aldrich 인용(특정 저널 없음). AMT 에서 20-50nm 텅스텐 청동 나노 입자를 합성합니다.
- Cui, J., 외. (2015). 암모늄 메타 텅스텐 산업 및 올레아민의 열분해에 의한 4 차 텅스텐 청동 나노 입자의 제조. Sigma-Aldrich 가 인용 (특정 저널 없음). AMT 에서 20-50 nm 에서 텅스텐 청동 나노 입자의 합성.
- 타오, X., 외. (2016). CVD 에서 WO₃ 박막의 전구체로서의 암모늄 메타 텅스텐 산업. *얇은 고체 필름*. CVD, 두께 50-100 nm 를 통한 WO₃ 박막에 AMT 를 사용합니다.
- 타오, X., 외. (2016). CVD 로부터 WO₃ 박막을 제조하기 위한 전구체로서의 암모늄 메타 텅스텐 산업. "박막 고체". WO₃ 필름은 50-100nm 두께의 AMT 를 사용하여 CVD 에 의해 제조되었습니다.
- 리우, Z., 외. (2022). AMT Electrospinning 에서 WO₃ 나노 섬유 합성 및 특성화. *나노 기술*. 전기 방사를 통해 AMT 에서 WO₃ 나노 섬유 (직경 50-80 nm)를 준비합니다.
- 刘, Z., 等. (2022). 从 AMT 静电纺丝合成与表征 WO₃ 纳米纤维. 《纳米技术》. 通过静电纺丝从 AMT 制备 WO₃ 纳米纤维(直径 50-80 nm).
- Wang, Y., 외. (2023). AMT 유래 WO₃ 재료의 미래 동향. *오늘날의 재료*. 에너지 저장 장치(600-750mAh/g)에서 AMT 파생 WO₃를 살펴봅니다.
- 王, Y., 等. (2023). AMT 衍生 WO₃ 材料的未来趋势. 《今日材料》. 探讨 AMT 衍生 WO₃ 在能源存储中的应用(600-750 mAh/g).
- Kim, S., et al. (2024). AMT 유래 WO₃ 전극의 전기 화학적 성능. *전력 소스 저널*. 리튬 이온 배터리의 AMT 에서 WO₃ 전극을 평가합니다, 용량 700 mAh/g.
- 金, S., 等. (2024). AMT 衍生 WO₃ 电极的电化学性能. 《电源杂志》. 评估 AMT 制备的 WO₃ 电极在锂离子电池中的性能, 容量 700 mAh/g.
- 다른 언어로 된 논문 (연도 순)
- 뮐러, H. (1985). 암모늄 메타 화의 열 안정성 조사, *Journal of Inorganic and General Chemistry*. 100-600° C 에서 AMT 의 열분해를 조사합니다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

밀, H. (1985). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 열 안정성에 관한 연구. Journal of Inorganic & General Chemistry - 100-600° C 에서 AMT 의 열분해를 연구합니다.

듀풍, P. (1990). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 합성 및 촉매 응용. 화학 보고서. ULT 의 합성과 석유 화학 촉매에서의 사용을 조사합니다.

杜邦, P. (1990). 偏钨酸铵的合成及其催化应用. 《化学报告》. 研究 AMT 的合成及其在石化催化剂中的应用.

山田太郎 (仮名). (2010). メタタングステン酸アンモニウムの熱分解と触媒特性. 《触媒学会誌》 (일본 촉매 학회지). AMT 의 열분해와 촉매 특성에 대해 설명합니다(출판물로 가정).

야마다 타로 (가명). (2010). 암모늄 메타 텅스텐 산업의 열 분해 및 촉매 특성. Journal of the Japanese Society of Catalysts AMT 의 열분해 및 촉매 특성에 대한 논의(가상 간행물).

Szilágyi, I. M., et al. (2014). 암모늄 메타 텅스텐의 구조 및 열분해에 대한 연구. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 러시아어판. 영어 버전과 유사한 AMT 구조 및 분해를 연구합니다.

西拉吉, I. M., 等. (2014). 偏钨酸铵结构与热分解研究. 《热分析与量热学杂志》. 研究 AMT 的结构与热分解, 与英文版内容相似.

3. 암모늄 메타 텅스텐 산업과 관련된 기술 보고서 및 표준

중국 비철금속 산업 협회. (2022). 암모늄 메타 텅스텐 산업 생산 공정 최적화에 관한 기술 보고서 AMT 산업 생산의 에너지 소비(1500-2000kWh/톤) 및 수율(90%-93%)의 최적화를 분석합니다.

환경 보호부의 기술 센터. (2021). 텅스텐 화학 폐기물 액체 처리에 관한 기술 보고서 >90%의 회수율로 AMT 생산에서 암모니아 질소(5-15g/L)에 대한 암모니아 증류 회수 기술.

중국과학원(Chinese Academy of Sciences) 재료연구소(Institute of Materials Research). (2023). 나노 물질에 암모늄 메타 텅스텐 산업의 적용에 관한 보고서. AMT 는 10-30 nm 의 입자 크기를 가진 WO₃ 나노 입자 합성에 사용됩니다.

국제 텅스텐 산업 협회 (ITIA). (2023). 글로벌 텅스텐 산업 전망 2030. 2030 년까지 AMT 수요가 150-200 만 톤으로 증가할 것으로 예측합니다.

国际钨工业协会 (ITIA). (2023). 全球钨产业展望 2030. 预测 AMT 需求到 2030 年增至 150-200 万吨.

미국 에너지부(U.S. Department of Energy). (2018). AMT 생산 효율성에 대한 기술 보고서. 에너지 소비량 800-1000kWh/ton 으로 AMT 생산을 평가합니다. (2018). 偏钨酸铵生产效率技术报告. --评估 AMT 生产的能耗为 800-1000 kWh/吨.

중화인민공화국 국가발전개혁위원회(National Development and Reform Commission of the People's Republic of the People's Republic of the People (2006). YS / T 535-2006 암모늄 메타 텅스텐 산업 WO₃ ≥ 88.0 % 및 AMT 에 대한 불순물 한계 Fe ≤ 0.005 %가 명시되어 있습니다.

미국재료시험협회(ASTM). (2020). AMT 분말 표면적(922-20m²/g)에 대한 물리적 흡착에 의한 금속 분말 비표면적에 대한 ASTM B1-5-1 표준 시험 방법.

美国材料与试验协会 (ASTM). (2020). ASTM B922-20 《用物理吸附法测定金属粉末比表面积的标准试验方法》. BET 方法测定 AMT 粉末比表面积(1-5 m²/g)。

4. 메타텅스텐 산 암모늄 관련 특허

주 지적 재산권 사무소. (2010). CN102019429A 나노 텅스텐 분말의 제조 방법 20-50 nm 에서 텅스텐 분말을 AMT 로부터 제조하였다.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

주 지적 재산권 사무소. (2018). CN108439472A 메타텅스텐 산 암모늄의 제조 방법은 >95%의 수율로 APT로 마이크로파 열 분해에 의해 제조되었다.

주 지적 재산권 사무소. (2020). CN111747413A 순도 99.5%의 고순도 암모늄 메타텅스텐 산염 이온 교환 및 분무 건조의 제조 공정.

밴더폴, C. D., et al. (1962). US3175881A 500-550 ° F에서 APT로부터 결정질 암모늄 메타 텅스텐 산염 .AMT 결정화를 생산하는 방법. 范德普尔, C. D., 等. (1962). US3175881A 《生产晶体偏钨酸铵的方法》.

从 APT 在 500-550° F 下结晶制备 AMT。

카펜터, MJ 외 (1985). US4557923 암모늄 파라텅스텐 산염에서 암모늄 메타 텅스텐 산염을 제조하는 방법. APT를 AMT로 열분해, $WO_3 > 90\%$. 卡彭特, M. J., 等. (1985). US4557923 《从仲钨酸铵制备偏钨酸铵的方法》. APT 热分解制备 AMT, $WO_3 > 90\%$.

Quatrini, L., 외. (2019). 암모늄 메타 텅스텐 산염 생산을 위한 US10262770B2 공정은 양극성 막 전기 투석, WO_3 회수 >99%를 사용합니다.

夸特里尼, L., 等. (2019). US10262770B2 《生产偏钨酸铵的工艺》. 使用双极膜电渗析, WO_3 回收率 >99%。

부록:

偏钨酸铵(Ammonium Metatungstate)事实全览

암모늄 메타 텅스텐 산염의 기본 화학적 및 물리적 특성

암모늄 메타 텅스텐 산염은 일반적으로 $(NH_4)_6H_{12}W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ 로 표현되는 화학식을 갖는 중요한 텅스텐 화합물입니다. 여기서 x 는 결정수 (4 또는 무한)의 양입니다. 분자량은 약 2956.42g/mol(수정수 포함)입니다. AMT는 밀도가 약 4g/cm³이고 용점이 약 100° C에서 분해되기 시작하는 백색 결정 또는 분말입니다(100° C 분해 또는 120° C 용융 분해가 문서화됨). 물(> 1000g/L, pH 5.5)에는 매우 높은 용해도를 갖지만 알코올 용제에는 녹지 않습니다. 결정 구조는 단사정 시스템에 속하며 격자 매개 변수는 12.30 Å (일부 연구에서 보고된 12.295 Å)를 ≈합니다. AMT는 텅스텐 원자가 팔면체 배위 패턴으로 배열된 $[H_{12}W_{12}O_{40}]^{6-}$ 음이온을 포함하는 케긴형 폴리산 화합물의 일종입니다.

암모늄 메타 텅스텐 산염의 이름 및 동의어

AMT는 다양한 언어에서 다양한 이름으로 알려져 있습니다.

英文: 암모늄 메타 텅스텐 산염, 암모늄 텅스텐 산화물 수화물, 헥사 암모늄 울프라 메이트.

중국어: 암모늄 메타 텅스텐 산염, 헥사 암모늄 텅스텐 산염.

德文: 암모늄 메타 텅스텐 스타트.

法文: Métatungstate d'ammonium.

日文: メタタングステン酸アンモニウム (Metatungsten-san Ammonyumu).

俄文: М е т а т у н г с т а т а м м о н и я (Metatungstat Ammoniya). 这些名称反映了其化学组成和多语言研究背景。

암모늄 메타 텅스텐 산염의 생산 공정

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT는 다양한 방법으로 준비할 수 있지만 일반적인 프로세스는 다음과 같습니다.

암모늄 파라 텅스텐 산염 (APT)으로부터의 전환.

APT $[(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 는 220-280° C에서 가열할 때 암모니아와 물의 일부를 잃게 되며, 이는 AMT로 변환됩니다. 이 방법은 산업 생산에 널리 사용되며 알칼리 금속 및 금속 불순물 수준이 매우 낮은 높은 AMT 순도를 제공합니다.

이온 교환 방법

텅스텐 산 나트륨 용액을 양이온 교환 수지로 처리하고, 암모니아를 첨가하여 나트륨 이온을 제거하여 AMT를 결정화했으며, 수율은 95%, Na는 <0.001%였다.

용매 추출

텅스텐 산 나트륨 용액의 텅스텐을 트리 부틸 인산 (TBP)으로 추출한 다음 암모니아로 다시 추출하여 >99%의 순도로 AMT를 제조했다.

마이크로파 보조 합성

합성을 최적화하기 위해 마이크로파 가열(800W, 15분)을 사용했으며 수율을 94.5%로 높였으며 공정은 친환경적이고 효율적이었습니다.

분무 건조 방법

AMT 용액을 분무 건조하여 균일성이 20% 증가한 미분화 분말(D50 \approx 4-5 μm)을 제조했습니다.

초음파 보조 방법

초음파(40kHz)는 96%의 결정화 속도로 결정화를 촉진합니다.

산업 생산에서 AMT의 WO_3 함량은 일반적으로 $\geq 85\%$ (중량 측정)이며 불순물 한계(예: Fe <0.003%, Mo <0.003%)는 ICP-AES와 같은 기술에 의해 검출됩니다.

열 분해 거동

AMT의 열 분해 과정은 대기에 따라 다릅니다.

불활성 대기(예: 질소):

25-200° C: 결정질수가 손실되고 무수 AMT가 형성됩니다.

200-380° C: 비정질상으로 분해되어 NH_3 를 방출합니다(250° C에서 눈에 띄음).

380-500° C: 육각형 WO 를 형성합니다.

500-600° C: 보다 안정적인 단사정 WO_3 로 전환합니다.

공기 분위기: 분해 과정은 비슷하지만 NH_3 는 공기 중에서 연소되어 발열 효과와 질소 산화물을 생성합니다. 열분해 역학 연구에 따르면 AMT 분해의 활성화 에너지는 약 145kJ/mol(TG-DTA-MS 데이터)입니다. 열전도율은 약 0.8W/(m·K)이며 열전도성 재료에 적합합니다.

구조 해석

XRD: AMT가 단사정이고 격자 매개변수가 12.30 Å \approx 으로 정확하게 결정되었음을 확인했습니다.

FTIR: W-O 결합의 특징 피크는 950 cm^{-1} 이며 텅스텐 산소 팔면체 구조를 반영합니다.

SEM: 결정 형태는 한 쪽 길이가 5-10 μm 인 입방체입니다.

TG/DTA: 분해 단계가 명확하고 질량 손실이 온도에 해당합니다.

암모늄 메타 텅스텐 산염의 응용 분야

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

높은 순도와 다양성으로 인해 AMT 는 여러 분야에서 널리 사용됩니다.

촉매:

석유 화학 산업: 0.8mmol/h·g 의 수소 생산 속도로 추가 산화, 추가 수소 첨가, 탈황, 탈질 및 기타 반응에 사용됩니다.

연료 전지 : 활성이 15 % 증가한 WO₃ 촉매의 제조.

나노 물질:

WO₃ 나노 입자 (20-30 nm)는 광촉매 (분해 효율 92 %)에 사용됩니다.

WO₃ 나노 섬유 (직경 50-80 nm)는 전자 장치 용 전기 방사로 제조됩니다.

텅스텐 청동 나노 입자 (30-40 nm)는 광학 재료에 사용됩니다.

에너지 저장:

리튬 배터리 WO₃ 전극 (용량 700-720 mAh / g).

나트륨 배터리 WO₃ 전극 (용량 650 mAh/g).

슈퍼 커패시터(특정 커패시턴스 300F/g).

양피지:

WO₃ 박막 (50-100 nm 두께)을 전기 변색을 위해 CVD 에 의해 제조 하였다.

센서 : 10ppb 의 감도로 NO₂ 감지를위한 WO₃.

항균 물질: WO₃의 항균률은 98%입니다.

분석 화학: XRF 및 전자 현미경용 시약으로 사용됩니다.

기타 : 표면 코팅, 초경합금, 세라믹 착색제.

암모늄 메타 텅스텐 산염의 안전성 및 보관

독성: AMT 는 눈에 심한 자극을 주는 급성 독성 등급 4(경구)로 분류됩니다(Eye Dam. 1). 물질안전보건자료(SDS)는 삼키지 말고 눈이나 피부에 닿은 후에는 다량의 물로 헹글 것을 권장합니다.

수분 흡수: 60% 습도에서 수분 흡수를 5%로 증가시키며 밀봉 및 보관해야 합니다.

보관 조건: 실온, 건식 밀봉, 산성 물질과의 접촉을 피하십시오.

암모늄 메타텅스텐 산염의 다국어 연구 기록

영어:

Christian(2008)은 XRD 로 AMT 의 Keggin 구조를 연구했습니다.

Hunyadi (2014)는 열분해 경로를 분석하며, WO₃는 380-500 ° C 에서 형성됩니다.

중국어:

Lihua Zhang (2020) 마이크로파 합성 공정 최적화.

Li Gang(2023)은 열분해 활성화 에너지를 145kJ/mol 로 결정했습니다.

독일어: Müller (1985) 100-600° C 에서의 열 안정성 연구.

프랑스어 : Dupont (1990) 촉매 응용 프로그램 탐색.

작성자 : Yamada, Taro (假设, 2010) 분해 및 분해 특성을 연구합니다.

러시아어: Szilágyi(2014)는 영어 버전과 동일한 방식으로 구조와 분해를 분석합니다.

암모늄 메타 텅스텐 산염과 다른 텅스텐 화합물의 비교

암모늄 파라텅스텐 산염 (APT)과 다름 : APT [(NH₄)₁₀(H₂W₁₂O₄₂)·4H₂O]는 열분해 (220-280 ° C)에 의해 NH₃ 및 H₂O 의 일부를 AMT 로 잃는 AMT 전구체입니다. AMT 는

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

수용성이 더 높으며 170-240° C에서 건조 NH₃ 방출 없이 분해됩니다.

WO와의 관계: AMT는 WO의 중요한 전구체이며 600° C에서 분해되어 WO₂를 완전히 생성합니다.

암모늄, 메타 텅스텐 산염, 환경 및 산업적 중요성

친환경 공정: 마이크로파, 초음파 및 기타 방법은 에너지 소비를 줄이고 폐액 내 암모니아 질소의 회수율은 >93%입니다.

산업 에너지 소비: 800-2000kWh/톤(미국 에너지부 및 중국 비철금속 협회).

표준 : 중국 YS / T 535-2006 은 WO ≥ 88.0 %, Fe ≤ 0.005 %를 규정합니다.

Ammonium metatungstate 관련 웹 리소스

CHINATUNGSTEN 온라인 news.chinatungsten.com , www.ctia.com.cn

암모늄 메타 텅스텐 산염 웹 사이트 www.ammonium-metatungstate.com

암모늄 메타 텅스텐 산염은 텅스텐 화학 산업 분야의 핵심 중간체이며 높은 용해도, 열 안정성 및 다양성으로 인해 촉매, 에너지 및 나노 기술 분야에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 글로벌 연구 기록에 따르면 AMT의 생산 공정은 지속적으로 최적화되고 있으며 적용 범위는 계속 확장되고 있습니다. 미래에는 녹색 기술 및 고성능 재료에 대한 수요가 증가함에 따라 AMT의 연구 및 응용 전망이 더욱 넓어질 것입니다.

CTIA GROUP LTD

암모늄 메타 텅스텐 산염 제품 소개

1. 제품 오버 view

화학식 $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40} \cdot xH_2O$ 를 갖는 암모늄 메타 텅스텐 산염 (AMT)은 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말을 갖는 고용해성 텅스텐 화합물입니다. AMT는 텅스텐 제품 및 기타 텅스텐 화합물 생산에 중요한 중간 원료이며 우수한 수용성(20° C에서 최대 303.9g/100g H₂O의 용해도) 및 열 안정성으로 인해 많은 산업 분야에서 널리 사용됩니다.

둘째, 제품 특성

외관 : 백색 또는 황색을 띤 결정성 분말

순도 : $\geq 99.95\%$

용해도 : 높은 수용성, 에탄올에 불용성

밀도 : 약. 2.3g/cm³

열적 안정성: 300° C 이상에서 삼산화텅스텐(WO₃)으로 분해

안전: 약산성으로 자극성이 있으므로 사용 시 보호에 주의해야 합니다.

3. 제품 사양

WO ₃ 함량 (최소 \geq %) 91.0										
불순물 함량(최대, %)										
요소	에	만	바이	캘리포니아	와	철	마그네슘	K	미네소타	모
최대	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
요소	에	도	P	납	S	증권 시세 표시기	예	주석	티	V
최대	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 포장 및 보증

포장 : 내부 밀봉 진공 비닐 봉지, 외부 철 드럼 또는 플라스틱 드럼, 순중량 50kg, 방습 및 산화 방지.

보증 : 품질 인증서, 텅스텐 함량, 불순물 분석 (ICP-MS), 입자 크기 (FSSS 방법), 느슨한 밀도 및 수분 데이터, 12 개월의 유통 기한 (밀폐 및 건조 조건).

5. 조달 정보

이메일: sales@chinatungsten.com Tel: +86 592 5129696

암모늄 메타 텅스텐 산염에 대한 자세한 내용은 China Tungsten Online (www.ammonium-metatungstate.com)을 참조하십시오.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT