

# 《암모늄 파라텡스테인트 백과사전》

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Global Leader in Intelligent Manufacturing for Tungsten, Molybdenum, and Rare Earth Industries

[CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서](#)

## CTIA GROUP 소개

CTIA GROUP LTD 는 CHINATUNGSTEN ONLINE 이 설립한 독립 법인격을 가진 완전 자회사로, 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능화, 통합화, 유연한 설계 및 제조를 추진하는 데 전념하고 있습니다. CHINATUNGSTEN ONLINE 은 1997 년에 설립되었으며, 중국 최초의 텅스텐 제품 전문 사이트인 [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com) 시작으로 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업에 특화된 중국 최초의 전자상거래 기업입니다. CTIA GROUP 은 텅스텐 및 몰리브덴 분야에서 30 년 가까운 깊은 경험을 바탕으로 모회사의 뛰어난 설계 및 제조 능력, 우수한 서비스, 글로벌 비즈니스 평판을 계승하여 텅스텐 화학제품, 텅스텐 금속, 초경합금, 고밀도 합금, 몰리브덴 및 몰리브덴 합금 분야의 종합적인 애플리케이션 솔루션 제공자가 되었습니다.

지난 30 년간 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 20 개 이상의 언어로 된 200 개 이상의 다국어 텅스텐 및 몰리브덴 전문 웹사이트를 구축했으며, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 관련 뉴스, 가격, 시장 분석 페이지가 100 만 페이지 이상에 달합니다. 2013 년 이후 WeChat 공식 계정 "CHINATUNGSTEN ONLINE"은 4 만 건 이상의 정보를 발행하여 거의 10 만 명의 팔로워에게 서비스를 제공하고 있으며, 전 세계 수십만 명의 업계 종사자에게 매일 무료 정보를 제공하고 있습니다. 웹사이트 클러스터와 공식 계정의 누적 방문 수는 수십억 회에 달하며, 텅스텐, 몰리브덴, 희토류 산업의 글로벌하고 권위 있는 정보 허브로 인정받고 있으며, 연중무휴 다국어 뉴스, 제품 성능, 시장 가격, 시장 동향 서비스를 제공하고 있습니다.

CHINATUNGSTEN ONLINE 의 기술과 경험을 바탕으로 CTIA GROUP 은 고객의 개인화된 요구를 충족하는 데 중점을 두고 있으며, AI 기술을 활용하여 특정 화학 조성 및 물리적 특성(입자 크기, 밀도, 경도, 강도, 치수, 공차 등)을 가진 텅스텐 및 몰리브덴 제품을 고객과 공동으로 설계 및 제조하며, 금형 개발, 시제품 제작, 마무리, 포장, 물류에 이르는 전 과정 통합 서비스를 제공합니다. 지난 30 년간 CHINATUNGSTEN ONLINE 은 전 세계 13 만 개 이상의 고객에게 50 만 종류 이상의 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 연구개발, 설계, 제조 서비스를 제공하여 맞춤형, 유연하고 지능적인 제조의 기초를 마련했습니다. 이 기초를 바탕으로 CTIA GROUP 은 산업 인터넷 시대에 텅스텐 및 몰리브덴 소재의 지능형 제조와 통합 혁신을 더욱 심화하고 있습니다.

CTIA GROUP 의 한스 박사와 그의 팀은 30 년 이상의 업계 경험을 바탕으로 텅스텐, 몰리브덴, 희토류에 관한 지식, 기술, 텅스텐 가격 및 시장 동향 분석을 집필하여 텅스텐 산업과 무료로 공유하고 있습니다. 한스 박사는 1990 년대부터 30 년 이상 텅스텐 및 몰리브덴 제품의 전자상거래 및 국제 무역, 초경합금 및 고밀도 합금의 설계 및 제조에 종사한 경험이 있으며, 국내외에서 유명한 텅스텐 및 몰리브덴 제품 전문가입니다. 업계에 전문적이고 고품질의 정보를 제공한다는 원칙을 고수하며, CTIA GROUP 의 팀은 생산 실무와 시장 고객의 요구를 바탕으로 기술 연구 논문, 기사, 업계 보고서를 지속적으로 작성하여 업계 내에서 광범위한 찬사를 받고 있습니다. 이러한 성과는 CTIA GROUP 의 기술 혁신, 제품 홍보, 업계 교류에 견고한 지원을 제공하며, 글로벌 텅스텐 및 몰리브덴 제품 제조 및 정보 서비스 분야에서 리더가 되도록 추진하고 있습니다.



### CTIA 전자저작권 및 법적 책임 성명서

## 목차

### 제 1 장 서론

- 1.1 암모늄 파라텡스테인의 정의와 중요성
- 1.2 텡스텐 산업 사슬에서 암모늄 파라텡스테인의 역할
- 1.3 중텡스마트의 암모늄 파라텡스테인 품질 검사표와 전자현미경 사진
- 1.4 이 책의 의의와 구조

### 제 2 장 암모늄 파라텡스테인의 화학적 본질

- 2.1 암모늄 파라텡스테인의 분자 구조와 구조
- 2.2 암모늄 파라텡스테인의 물리적 특성
- 2.3 암모늄 파라텡스테인의 화학적 특성
- 2.4 암모늄 파라텡스테인과 암모늄 메타텡스테인의 비교
- 2.5 실제적 의의

### 제 3 장 암모늄 파라텡스테인 제조 공정

- 3.1 암모늄 파라텡스테인 원료 출처
- 3.2 암모늄 파라텡스테인의 주요 제조 방법
  - 3.2.1 이온 교환법
  - 3.2.2 산성화법
  - 3.2.3 열분해법
- 3.3 암모늄 파라텡스테인의 산업 생산 공정
- 3.4 암모늄 파라텡스테인의 기술적 도전과 최적화
- 3.5 실험실 vs 산업 규모
- 3.6 실제적 의의

### 제 4 장 암모늄 파라텡스테인 분석 및 검출

- 4.1 암모늄 파라텡스테인의 화학 성분 분석
  - 4.1.1 텡스텐 함량 측정
  - 4.1.2 암모늄 함량 측정
  - 4.1.3 불순물 분석
- 4.2 암모늄 파라텡스테인의 물리적 특성 검출
  - 4.2.1 결정 구조 분석
  - 4.2.2 입도 분포
  - 4.2.3 수분 함량
- 4.3 암모늄 파라텡스테인 품질 기준
- 4.4 암모늄 파라텡스테인 검출 기술 비교
- 4.5 실제 사례

### 제 5 장 암모늄 파라텡스테인의 산업 응용

- 5.1 암모늄 파라텡스테인 촉매 제조

- 5.1.1 수소화 탈황 촉매
- 5.1.2 기타 촉매
- 5.2 텅스텐 화합물 생산을 위한 암모늄 파라텅스테이트
  - 5.2.1 삼산화텅스텐(WO<sub>3</sub>)
  - 5.2.2 텅스텐 분말과 코팅
- 5.3 암모늄 파라텅스테이트의 특수 응용
  - 5.3.1 전기화학 재료
  - 5.3.2 안료와 세라믹
  - 5.3.3 난연제
- 5.4 암모늄 파라텅스테이트와 암모늄 메타텅스테이트의 응용 비교
- 5.5 암모늄 파라텅스테이트 응용의 실제 사례
  - 5.5.1 촉매 생산 사례
  - 5.5.2 열 분사 코팅 사례
  - 5.5.3 전기 변색 소자 사례
- 5.6 실제적 의의

## 제 6 장 암모늄 파라텅스테이트 시장과 경제

- 6.1 암모늄 파라텅스테이트의 전 세계 생산량
- 6.2 암모늄 파라텅스테이트 가격 추세
- 6.3 암모늄 파라텅스테이트 수요와 공급 분석
  - 6.3.1 수요 요인
  - 6.3.2 공급 병목 현상
- 6.4 암모늄 파라텅스테이트 주요 제조업체: 중텅스마트
- 6.5 암모늄 파라텅스테이트의 경제적 영향
  - 6.5.1 텅스텐 산업 사슬에 대한 기여
  - 6.5.2 지역 경제 영향
  - 6.5.3 미래 경제 잠재력
- 6.6 실제적 의의

## 제 7 장 암모늄 파라텅스테이트 환경과 안전

- 7.1 암모늄 파라텅스테이트의 환경 영향
  - 7.1.1 텅스텐 광산 채굴의 영향
  - 7.1.2 생산 과정에서의 폐기물
  - 7.1.3 사용 단계에서의 잠재적 위험
- 7.2 암모늄 파라텅스테이트의 환경 보호 조치
  - 7.2.1 폐수 처리
  - 7.2.2 폐가스 제어
  - 7.2.3 고형 폐기물 관리
- 7.3 암모늄 파라텅스테이트 안전 규범
  - 7.3.1 AMT의 독성
  - 7.3.2 작업 안전
  - 7.3.3 운송 안전

CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



- 7.4 암모늄 파라텡스테인트 규제와 표준
  - 7.4.1 중국 규제
  - 7.4.2 국제 규범
- 7.5 실제 사례
  - 7.5.1 중텡스마트의 실천
- 7.6 지속 가능성 도전과 전망
- 7.7 실제적 의의
- 7.8 중텡스마트 암모늄 파라텡스테인트 재료 안전 데이터 설명서

## 제 8 장 암모늄 파라텡스테인트 연구 최전선과 미래 전망

- 8.1 암모늄 파라텡스테인트의 신규 제조 기술
  - 8.1.1 녹색 합성
  - 8.1.2 나노 AMT 제조
- 8.2 암모늄 파라텡스테인트의 최신 응용
  - 8.2.1 에너지 분야
  - 8.2.2 스마트 재료
  - 8.2.3 생의학
- 8.3 암모늄 파라텡스테인트의 학제 간 연구

## 제 1 장: 암모늄 메타텽스테인트 소개

### 1.1 암모늄 메타텽스테인트의 정의와 중요성

암모늄 메타텽스테인트(AMT)는 화학식  $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$  를 가진 중요한 텽스텐산 화합물로, 높은 수용성과 화학적 안정성으로 잘 알려져 있으며, 텽스텐 화학 및 산업 응용 분야에서 독특한 위치를 차지하고 있습니다. 흰색 또는 약간 노란색의 결정성 분말인 AMT는 물에 뛰어난 용해도를 보이며( $25^\circ\text{C}$  에서 약  $300\text{g WO}_3/100\text{ml H}_2\text{O}$ ), 이는 산성 조건에서만 용해도가 개선되는 암모늄 파라텽스테인트(APT)와 크게 구별됩니다. AMT의 등장은 폴리텽스테인트 연구를 풍부하게 했을 뿐만 아니라 산업 생산에서 유연한 원료 선택을 제공하며, 촉매 제조, 텽스텐 화합물 합성, 그리고 신형 에너지 재료 분야에서 큰 잠재력을 보여주고 있습니다.

AMT의 역사는 20세기 초로 거슬러 올라가며, 당시 텽스텐 화학의 발전으로 과학자들은 폴리텽스테인트의 구조적 및 기능적 다양성을 인식하게 되었습니다. 오랫동안 텽스텐 야금에서 주류 중간체였던 APT와 비교해 AMT는 상대적으로 늦게 개발되었으나, 독특한 수용성 덕분에 특정 응용 분야에서 선호되는 재료로 빠르게 자리 잡았습니다. 예를 들어, 석유화학 산업에서 AMT는 고효율 수소화 탈황 촉매 제조의 핵심 전구체로 사용되며, 전자 산업에서는 고순도 삼산화텽스텐( $\text{WO}_3$ ) 생산에 활용되어 전기 변색 소자 및 광촉매 재료에 적용됩니다. 이런 의미에서 AMT의 개발은 텽스텐 화학의 진보를 담고 있을 뿐만 아니라 고성능 재료에 대한 산업 수요의 증가를 반영합니다.

### 1.2 텽스텐 산업 사슬에서 암모늄 메타텽스테인트의 역할

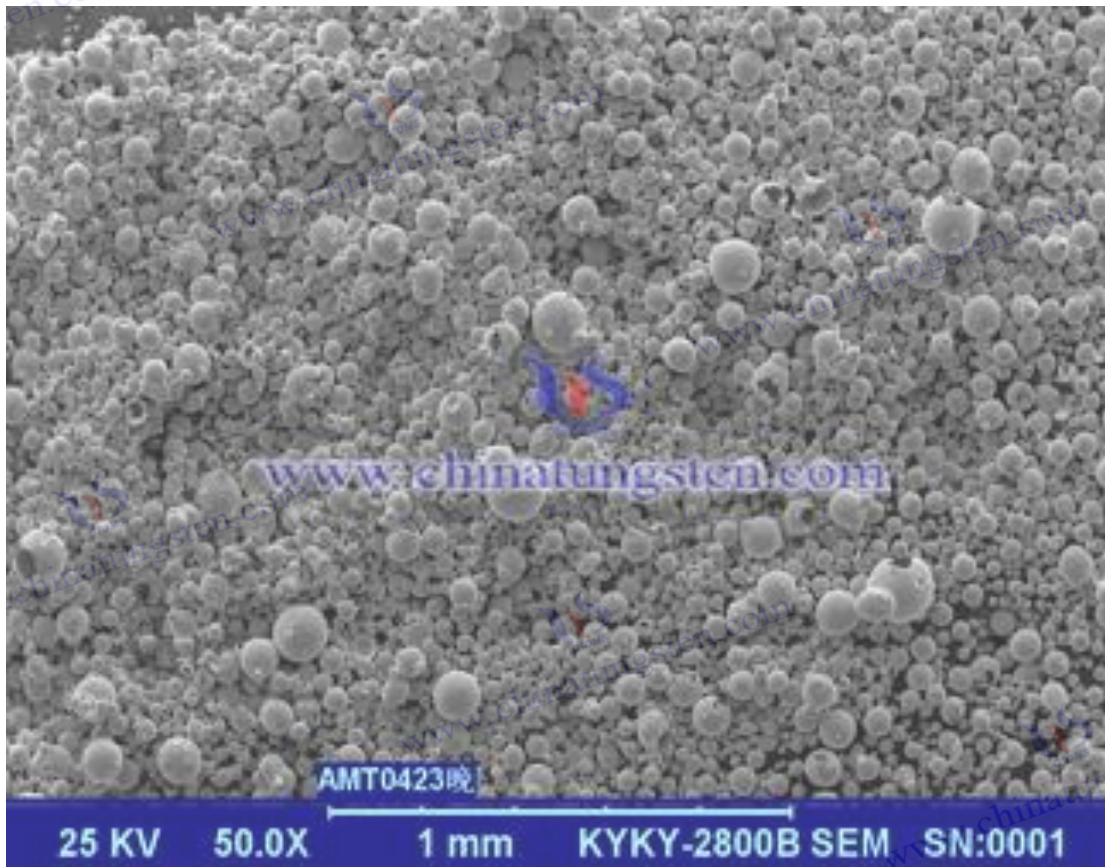
AMT는 텽스텐 산업 사슬에서 APT만큼 근본적인 위치를 차지하지는 않지만, 그 중요성은 간과할 수 없습니다. 텽스텐은 높은 용점( $3422^\circ\text{C}$ ), 높은 밀도( $19.25\text{ g/cm}^3$ ), 그리고 뛰어난 내식성으로 인해 항공우주, 국방, 전자, 에너지 분야에서 필수적인 희귀 금속입니다. 텽스텐 광석에서 최종 제품에 이르는 가공 사슬 내에서 AMT는 텽스텐의 화학적 잠재력을 실용적인 응용으로 전환하는 "다리" 역할을 합니다. APT와 달리 AMT는 고온 분해 또는 복잡한 용해 과정 없이도 용액 시스템에서 직접 사용할 수 있어, 정밀 화학 및 나노 재료 분야에서 특히 가치가 있습니다. 또한, AMT의 생산과 응용은 텽스텐 자원의 효율적 활용에 기여합니다. 환경에 대한 우려가 커짐에 따라 AMT의 녹색 합성 기술 연구가 큰 주목을 받고 있습니다.

### 1.3 CTIA 그룹 암모늄 메타텡스테이트 사양

CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텡스테이트 COA

WO <sub>3</sub> 含量(wt≥%min)		91.00					
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cu	Fe	Mg
%MAX	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005
杂质	K	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
%MAX	0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	0.0005	0.0007	0.0001
杂质	S	Sb	Si	Sn	Ti	V	/
%MAX	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	/

### CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텡스테이트 SEM



### 1.4 이 책의 의의와 구조

왜 AMT에 대한 "백과사전"이 필요할까요? 그 답은 AMT에 대한 지식이 분산되어 있고 응용 분야가 다양하다는 데 있습니다. AMT는 산업에서 널리 사용되고 있지만, 관련 정보는 종종 학술 논문, 기술 보고서, 산업 문헌에 흩어져 있어 체계적인 요약이 부족합니다. 연구자들은 AMT의 화학 구조에 관심을 가질 수 있고, 엔지니어들은 제조 공정에 초점을 맞출 수 있으며, 기업가들은 시장 전망과 경제적 이익에 더 관심을 둘 수 있습니다. 이 책은 AMT에 대한 종합적인 관점을 제공함으로써 이러한 간극을 메우고자 합니다. 분자적 본질에서부터 산업적 실천, 미래 잠재력까지 다루며

CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

독자들에게 원스톱 지식 저장소를 제공합니다. 화학을 공부하는 학생이든 텅스텐 산업의 전문가이든, 여러분이 필요로 하는 정보를 찾을 수 있을 것입니다.

이 책은 논리적이고 점진적인 구조를 따라 총 여덟 개 장으로 나뉘어 있습니다. 먼저, AMT의 화학적 본질을 탐구하며 분자 구조와 물리화학적 특성을 분석하여 이론적 기초를 세웁니다. 다음으로, 실험실 규모의 합성에서 산업 규모의 생산에 이르기까지 AMT의 제조 공정을 자세히 소개하며 제조 과정의 기술적 복잡성을 드러냅니다. 분석 및 검출 장에서는 다양한 응용에서 AMT의 신뢰성을 보장하기 위한 품질 관리 방법을 다룹니다. 산업 응용 장에서는 촉매, 텅스텐 재료, 특수 분야에서 AMT의 실제 사용 사례를 보여주며 실용적 가치를 강조합니다. 시장과 경제 장에서는 글로벌 공급, 수요, 가격 추세를 살펴보고 비즈니스 의사결정을 위한 통찰을 제공합니다. 환경과 안전 장에서는 AMT의 생산 및 사용과 관련된 지속 가능성 문제를 탐구하며, 연구 최전선과 미래 전망 장에서는 신에너지와 첨단 재료에서 AMT의 가능성을 조망합니다. 마지막으로 결론에서는 AMT의 핵심 가치와 미래 방향을 요약합니다.

이 《암모늄 메타텅스테이트 백과사전》을 통해 우리는 AMT에 대한 종합적인 관점을 제시하고 텅스텐 화학과 산업의 추가 발전을 고무하고자 합니다. 텅스텐이 인류 기술 역사에 깊은 흔적을 남겼듯이, AMT는 그 핵심 과생물 중 하나로서 독특한 장을 새겨가고 있습니다. 이어지는 장들에서 우리는 이 화합물의 매혹적인 세계를 탐험하도록 여러분을 초대합니다. 미시적 구조에서 거시적 응용에 이르기까지, 그 신비를 단계적으로 밝혀내며 함께 나아가겠습니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



## 제 2 장: 암모늄 메타텽스테인트의 화학적 본질

암모늄 메타텽스테인트(AMT)의 화학적 본질을 이해하는 것은 그 응용과 제조를 마스터하는 데 기본이 됩니다. 중요한 폴리옥소텽스테인트 화합물로서, AMT의 독특한 특성은 복잡한 분자 구조와 높은 수용성에서 비롯됩니다. 이 장에서는 AMT의 분자 구성부터 시작하여 물리적, 화학적 특성을 철저히 탐구하고, 암모늄 파라텽스테인트(APT)와 같은 관련 화합물과 비교하여 텽스텐 화학에서 AMT의 독특한 역할을 강조합니다.

### 2.1 암모늄 메타텽스테인트의 분자 구조와 구성

AMT는 화학식  $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 를 가지며, 처음 보면 복잡해 보일 수 있지만 분해해서 보면 이해하기 어렵지 않습니다. 핵심은 12개의 텽스텐(W) 원자가 산소(O) 원자를 통해 연결되어 형성된 클러스터 구조로, 케긴형 헤테로폴리산 구조로 알려져 있습니다. 이 구조는 12개의 텽스텐-산소 팔면체로 이루어져 있으며, 중심에 사면체  $[\text{WO}_4]$  단위가 있고, 주변 텽스텐 원자들은 산소 원자를 공유하여 안정적인 3차원 프레임워크를 형성합니다. 이 클러스터의 큰 음전하를 균형 맞추기 위해 6개의 암모늄( $\text{NH}_4^+$ ) 이온이 주변을 둘러싸며 양전하를 제공합니다. "xH<sub>2</sub>O"는 AMT가 일반적으로 수화된 형태로 존재하며, 수화 분자의 수는 제조 조건에 따라 달라지며 보통 3~6개입니다. 이러한 구조는 AMT에 높은 안정성을 부여하며 뛰어난 수용성의 기초를 제공합니다.

APT ( $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )와 비교하면, AMT는 더 컴팩트한 구조를 가집니다. APT는 10개의 암모늄 이온을 포함하며, 텽스텐-산소 클러스터의 배위 방식이 약간 달라서 결정 형태가 개별 분자 단위로 존재하기보다는 응집되기 쉽습니다. 이러한 차이는 용해도에 직접적인 영향을 미칩니다. AMT는 물에서 개별 분자로 쉽게 해리되지만, APT는 고체 상태 구조를 유지하는 경향이 있으며 산성 조건에서만 부분적으로 용해됩니다. X선 회절(XRD) 분석에 따르면 AMT의 결정 구조는 높은 대칭성을 보이며, 일반적으로 단사정계에 속해 그 높은 용해도를 뒷받침합니다.

### 2.2 메타텽스테인산 암모늄의 물리적 특성

AMT는 외관상 흰색 또는 약간 노란색을 띤 결정성 분말로, 입자가 미세하고 탭컴파우더와 비슷한 느낌을 줍니다. 밀도는 약 3.8-4.0 g/cm<sup>3</sup>로 APT(약 4.6 g/cm<sup>3</sup>)보다 약간 낮지만 일반적인 소금 화합물에 비하면 여전히 훨씬 높습니다. AMT의 녹는점은 잘 정의되어 있지 않다. 왜냐하면 가열하면 즉시 녹지 않고, 점차적으로 분해되기 때문이다. 일반적으로 300~350°C에서 AMT는 결정수와 암모늄 이온을 잃기 시작하고 결국 텽스텐 삼산화물(WO<sub>3</sub>)로 전환됩니다. 이 과정에서 질량이 손실되고 색상이 흰색에서 노란색으로 변합니다.

AMT의 가장 두드러진 물리적 특성은 물에 대한 용해성입니다. 25°C에서 약 300g WO<sub>3</sub> 당량의 AMT가 100ml의 물에 용해될 수 있으며, 이는 APT보다 훨씬 더 높은 용해도를 보입니다(20°C에서 용해도는 2% 미만). 즉, AMT는 물에서는 고농도의 텽스테인산 용액을 형성하지만 에탄올이나 아세톤과 같은 유기 용매에는 녹지 않습니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

이러한 특성으로 인해 촉매나 텅스텐 코팅을 제조하는 등의 용액 공정에서 빛을 발하는데, 추가적인 용해 단계가 필요 없이 용액에 직접 사용할 수 있기 때문입니다. 또한 AMT 용액은 약산성이며 pH 값은 보통 3~4 사이입니다. 이는 분자 내의 수소 이온(H<sup>+</sup>)과 관련이 있습니다.

### 2.3 암모늄 메타텅스테이트의 화학적 특성

AMT의 화학적 특성도 주목할 만합니다. 핵심적인 측면 중 하나는 열 안정성입니다. 실온에서 AMT는 매우 안정적이며, 장기간 분해되지 않고 보관할 수 있습니다. 그러나 100°C 이상으로 가열되면 점차 결정수를 잃습니다. 약 300°C에서 암모늄기가 분해되기 시작하며, 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 수증기를 방출하고, 최종적으로 WO<sub>3</sub>을 형성합니다. 이 열 분해 과정은 다음 반응식으로 나타낼 수 있습니다:



이 과정은 AMT가 다른 텅스텐 화합물로 전환되는 기반일 뿐만 아니라 고온 응용에서의 한계를 암시합니다.

### 2.4 AMT와 APT의 비교

AMT의 본질을 완전히 파악하려면 APT와의 비교가 필수적입니다. 둘 다 암모늄 텅스텐 화합물이지만 차이점은 두드러집니다. 구조적으로 AMT의 케인형 분자 클러스터는 쉽게 용해되지만, APT의 응집 구조는 용해도가 낮습니다. 물리적으로 AMT는 밀도가 낮고 극히 높은 수용성을 가지며, APT는 더 안정적이고 고온 고체 공정에 적합합니다. 화학적으로 AMT는 반응성이 높아 용액 기반 응용에 더 적합하며, APT는 주로 텅스텐 분말 생산의 중간체로 사용됩니다.

예를 들어, 텅스텐 기반 촉매를 제조해야 한다면 AMT는 직접 용해하여 지지 재료와 혼합할 수 있지만, APT는 먼저 산성화나 분해가 필요해 과정이 더 번거롭습니다. 이러한 차이는 각자의 강점을 부각시킵니다. AMT는 유연성을 제공하는 "화학자"이고, APT는 고체 가공에 뛰어난 "야금학자"입니다.

### 2.5 실제적 의의

AMT의 화학적 본질은 단순한 이론적 개념이 아니라, 그 특성이 산업 및 연구 응용에서의 성능에 직접적인 영향을 미칩니다. 높은 용해도는 용액 기반 공정에 이상적이며, 열 분해는 WO<sub>3</sub>로의 편리한 경로를 제공하고, 화학적 반응성은 촉매와 특수 재료 합성의 문을 엽니다. 이러한 특성들은 AMT를 텅스텐 화학에서 필수적인 구성 요소로 자리 잡게 하며, 그 합성과 응용의 토대를 마련합니다.

다음 섹션에서는 이 궤적을 이어가며, AMT가 텅스텐 광석에서 어떻게 유래되어 이 놀라운 화합물로 변환되는지, 그리고 그 생산 뒤에 숨은 기술적 세부 사항을 탐구합니다. 먼저 그 화학적 본질을 이해함으로써 원료에서 최종 제품에 이르는 AMT의 "여정"에 대한 더 깊은 통찰을 얻을 수 있을 것입니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서





CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

### 제 3 장: 암모늄 메타텅스테이트 제조 공정

암모늄 메타텅스테이트(AMT)의 제조 공정은 실험실 연구에서 산업 응용으로의 전환에서 중요한 단계입니다. 높은 수용성과 화학적 안정성 덕분에 AMT는 촉매 및 텅스텐 화합물 생산에서 중요한 위치를 차지하고 있습니다. 이 장에서는 AMT 제조 방법을 상세히 개관하며, 원료 선택, 산업 생산 기술, 기술적 세부 사항, 도전 과제, 그리고 최적화 전략을 다룹니다.

#### 3.1 암모늄 메타텅스테이트 원료 출처

AMT 생산은 텅스텐에 의존하며, 이는 주로 천연 텅스텐 광석과 텅스텐 염 중간체에서 얻어집니다. 가장 흔한 텅스텐 광석은 울프라마이트( $\text{FeMnWO}_4$ )와 셀라이트( $\text{CaWO}_4$ )로, 이들은 텅스텐의 주요 산업 공급원입니다. 중국은 세계 최대 텅스텐 생산국이며, 특히 장시성 간저우 지역은 "세계 텅스텐의 수도"로 유명합니다. 이러한 광석은 과쇄와 부유선광 같은 물리적 분리 과정을 거친 후 화학 정제 단계에 들어가 AMT 생산의 주요 원료로 사용됩니다.

또 다른 일반적인 원료는 암모늄 파라텅스테이트(APT)로, 화학식은  $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  입니다. APT는 텅스텐 야금에서 지배적인 중간체로, 보통 텅스텐 광석에서 추출되며 높은 순도와 안정성으로 알려져 있습니다. 따라서 APT는

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

AMT 생산의 출발 물질로 자주 사용됩니다. 또한, 텅스텐산 나트륨( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ )과 기타 텅스텐 염 용액도 특히 실험실 환경이나 소규모 생산에서 대체 전구체로 활용될 수 있습니다. 원료 선택은 생산 목표, 비용 고려, 사용 가능한 장비에 따라 달라집니다.

### 3.2 암모늄 메타텅스테이트의 주요 제조 방법

AMT 제조에는 다양한 방법이 있으며, 각각의 공정 특성과 응용 요구 사항에 따라 특정 장점과 한계가 있습니다. 주요 방법에는 이온 교환법, 산성화법, 열분해법이 포함됩니다.

#### 3.2.1 이온 교환법

이온 교환법은 산업적 AMT 생산에서 널리 사용되는 전통적인 접근 방식입니다. 핵심 원리는 양이온 교환 수지를 사용하여 텅스텐 염 용액에서 나트륨 또는 암모늄 이온을 수소 이온으로 대체하여 최종적으로 AMT를 생성하는 것입니다. 이 과정은 다음 단계로 구성됩니다:

- 1. 원료 용해:** APT 또는 텅스텐산 나트륨을 물에 녹여 텅스텐산염 용액을 만듭니다. APT의 용해도가 낮기 때문에 소량의 암모니아 용액( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )을 첨가하여 용해를 돕는 경우가 많습니다.
- 2. 이온 교환:** 용액을 강산형 양이온 교환 수지( $\text{H}^+$ 형)가 채워진 컬럼에 통과시킵니다. 수지는  $\text{NH}_4^+$  또는  $\text{Na}^+$  이온을 흡착하고  $\text{H}^+$  이온을 방출하여 텅스텐산 이온( $\text{WO}_4^{2-}$ )을 폴리텅스테이트 형태로 전환합니다.
- 3. 농축 및 결정화:** 용액의 pH를 조정(보통 2~4 사이로 제어)하고 가열하여 용액을 농축합니다. 냉각하면 AMT 결정이 석출됩니다.
- 4. 분리 및 건조:** AMT 결정을 여과 또는 원심분리로 분리한 후 건조하여 최종 제품을 얻습니다.

이 방법은 나트륨이나 폴리브덴과 같은 불순물이 거의 없는 고순도 AMT를 생성하며, 촉매 응용에 필요한 고품질 AMT 생산에 적합합니다. 그러나 산 세척을 통한 수지 재생이 필요하다는 점이 두드러진 단점으로, 이는 폐기물 처리 비용을 증가시킵니다. 산업 환경에서 이온 교환법은 엄격한 불순물 관리로 인해 고순도 AMT 생산에서 선호되는 방법으로 남아 있습니다.

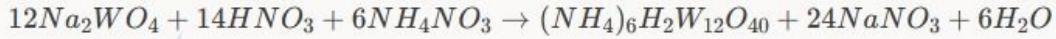
#### 3.2.2 산성화법

산성화법은 비교적 간단하고 비용 효율적인 또 다른 일반적인 산업 경로입니다. 그 원리는 산성 조건에서 텅스텐산염을 AMT로 전환하는 것입니다:

- 1. 용액 준비:** 텅스텐산 나트륨( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ )을 원료로 사용하여 물에 녹여 용액을 만듭니다.
- 2. 산성화 반응:** 산(질산  $\text{HNO}_3$  또는 염산  $\text{HCl}$  등)을 천천히 첨가하여 pH를 2~3으로 조정합니다. 이 시점에서 텅스텐산 이온이 폴리텅스테이트 클러스터로 응집하여 AMT의 전구체를 형성합니다.
- 3. 증발 결정화:** 용액을 가열하여 증발시키며, 온도를  $80\sim 100^\circ\text{C}$ 로 제어하여 AMT가 결정화되도록 합니다.
- 4. 후처리:** AMT를 여과하고 세척한 후 건조하여 AMT 분말을 얻습니다.

산성화법의 반응은 다음의 간소화된 화학 방정식으로 나타낼 수 있습니다:

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



**장점:** 장비가 간단하여 대규모 생산에 적합합니다.

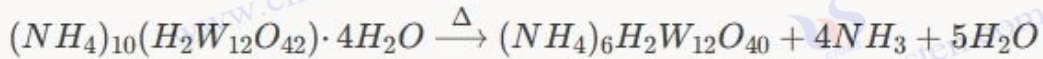
**단점:** 산성화 과정에서 불순물(잔류  $Na^+$  등)이 유입될 수 있어 추가 정제 단계가 필요합니다. 또한, 산의 선택이 결과에 큰 영향을 미치며, 염산보다 휘발성이 낮고 잔류물이 적은 질산이 종종 선호됩니다.

### 3.2.3 열분해법

열분해법은 APT 를 원료로 사용하며 고온 처리를 통해 직접 AMT 를 생성합니다. 과정은 다음과 같습니다:

1. **가열 분해:** APT 를  $200\sim 300^\circ C$  환경에 두어 부분적으로 분해되며 일부 암모니아 가스와 수증기를 방출합니다.
2. **용액 처리:** 분해 생성물을 물에 녹이고 pH 를 조정하여 AMT 를 생성합니다.
3. **결정화 및 분리:** 용액을 농축하고 냉각하여 결정화시킨 후 건조하여 제품을 얻습니다.

반응 과정은 대략 다음과 같습니다:



이 방법은 간단하지만 제어가 어렵습니다. 온도가 너무 높으면 직접  $WO_3$ 가 생성되어 수율이 감소할 수 있습니다. 따라서 열분해법은 주로 실험실 연구나 소규모 생산에 사용되며, 산업 응용은 적습니다.

### 3.3 암모늄 메타텽스테인트의 산업 생산 공정

산업 규모에서 AMT 의 생산은 일반적으로 이온 교환법과 산성화법의 장점을 결합한 통합 공정을 채택합니다. 전형적인 산업 공정은 다음을 포함합니다:

- **원료 전처리:** 텽스텐 광석에서 추출된 APT 또는 텽스텐산 나트륨이 출발 물질로 사용됩니다.
- **반응 시스템:** 대형 반응기가 산성화 또는 이온 교환에 사용되며, 교반 장치와 온도 제어 장치가 장착되어 있습니다.
- **농축 및 결정화:** 용액은 증발기를 통해 농축되고, 결정화 탱크에서 냉각되어 AMT 가 석출됩니다.
- **분리 및 건조:** 원심분리기로 결정을 분리하고, 오븐에서 수분 함량이 5% 미만이 될 때까지 건조합니다.

주요 공정 매개변수는 다음과 같습니다:

- **pH 값:**  $2\sim 4$  는 AMT 가 안정적인 최적 범위로, 너무 낮으면 텽스텐산이 생성되고, 너무 높으면 APT 가 석출됩니다.
- **농도:** 수율을 보장하려면 용액 내  $WO_3$  함량이  $200\sim 300g/L$  에 도달해야 합니다.

산업 장비에는 일반적으로 내산성 스테인리스강 반응기, 이온 교환 컬럼, 고효율 증발기가 포함됩니다. 생산 중에는 온라인 모니터링 시스템도 사용되어 pH 와 텽스텐 함량을 지속적으로 감지하며 제품 품질을 보장합니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



### 3.4 암모늄 메타텡스테인트의 기술적 도전과 최적화

AMT의 제조에는 도전 과제가 따릅니다. 몇 가지 주요 문제에 주의를 기울일 필요가 있습니다. 첫 번째는 순도 관리입니다. 텡스텐 광석에는 종종 몰리브덴(Mo)이 오염물로 포함되며, 몰리브덴은 텡스텐과 유사한 화학적 특성을 가져 완전히 분리하기 어렵습니다. 산업에서는 여러 차례의 결정화나 선택적 침전을 통해 몰리브덴을 제거하지만, 이는 비용을 증가시킵니다. 두 번째 문제는 결정화 공정의 안정성입니다. 용액 농도, 온도, 또는 교반 속도의 미세한 변동은 결정 크기의 불균일성을 초래하여 하류 응용에 영향을 미칩니다. 또한, 폐액 처리는 큰 도전으로, 산성화법에서 발생하는 암모니아 함유 폐수와 이온 교환법의 산 세척액은 환경 보호 요구를 충족하기 위해 적절히 처리해야 합니다.

최적화 방향은 다음과 같습니다:

- **공정 개선:** 효율성을 높이기 위한 연속 생산 기술 개발.
- **녹색 합성:** 폐가스 배출을 줄이기 위한 암모니아 없는 공정 탐구.
- **불순물 분리:** 새로운 수지나 막 기술을 활용하여 순도를 향상.

### 3.5 암모늄 메타텡스테인트의 실험실 규모 vs 산업 규모

실험실에서 AMT 제조는 보통 소규모로 이루어지며, 유연성과 순도에 중점을 둡니다. 예를 들어, 연구자는 비커에서 몇 그램의 APT를 사용하여 산성화를 수행하고 필요에 따라 조건을 조정합니다. 반면, 산업 생산은 규모와 비용 효율성을 목표로 하며, 일일 생산량이 톤 단위에 달하고 공정 매개변수가 고정되며 장비의 자동화가 높습니다. 실험실 방법은 새로운 공정 탐색에 적합하며, 산업 공정은 안정성과 경제적 타당성을 우선시합니다.

### 3.6 실제적 의의

AMT의 제조 공정은 그 품질과 응용 범위를 직접 결정합니다. 이온 교환법의 고순도는 촉매에 적합하고, 산성화법의 저비용은 대규모 텡스텐 화합물 생산에 이상적이며, 열분해법은 실험실 연구에 편리함을 제공합니다. 각 방법 뒤에는 기술과 수요의 균형이 있습니다. 이러한 공정을 이해하면 AMT가 광석에서 분말로 이어지는 "여정"을 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 생산 최적화에 대한 아이디어도 얻을 수 있습니다.

다음으로, AMT의 품질이 요구된 기준을 충족하는지 확인하는 방법을 탐구합니다. 이 섹션에서는 분석 실험실로 안내하며 사용되는 정밀 기기와 방법을 공개합니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

以下是你提供的文本翻译成日语和韩语的结果：

## 日语

### 第4章 メタタングステン酸アンモニウムの分析と検出

メタタングステン酸アンモニウム (Ammonium Metatungstate、略称 AMT) の品質は、工業および科学研究におけるその応用効果に直接影響を与えます。正確な分析と検出は、品質を保証する重要なステップです。化学成分から物理特性まで、AMT の各指標は科学的手法で検証され、さまざまな用途のニーズを満たす必要があります。本章では、AMT の分析と検出技術を詳細に紹介し、化学成分分析、物理特性検出、および品質基準を含め、検出ラボの中へ案内し、精密機器や方法がどのように AMT の品質を支えているかを理解します。

#### 4.1 メタタングステン酸アンモニウムの化学成分分析

AMT の化学成分分析は、主にタングステン含有量、アンモニウム含有量、および不純物レベルを測定し、製品が仕様要件を満たしていることを確認します。以下は一般的に使用される分析方法です：

##### 4.1.1 タングステン含有量測定

タングステン (W) は AMT の主要元素であり、通常、三酸化タングステン ( $WO_3$ ) の形で含有量が報告されます。工業グレードの AMT の  $WO_3$  含有量は、一般的に 89%~92% の範囲で要求されます。一般的な測定方法には以下が含まれます：

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

- 誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS): AMT を水に溶解し、希釈後、ICP-MS 装置に導入し、タングステンイオンの特性スペクトルを検出します。この方法は非常に高感度で、ppm (百万分の一) レベルまで正確に測定でき、高純度 AMT の分析に適しています。
- 重量法: AMT を 600~800°C に加熱して  $WO_3$  に分解し、残渣の質量を計量し、 $WO_3$  含有量を計算します。この伝統的な方法は時間がかかりますが、結果は信頼性があり、ラボでの検証に適しています。

#### 4.1.2 アンモニウム含有量測定

AMT 中のアンモニウムイオン ( $NH_4^+$ ) 含有量は、通常、蒸留-滴定法で測定されます。具体的な手順は以下の通りです:

1. AMT サンプルを溶解後、強アルカリ (例えば NaOH) を加え、加熱してアンモニアガス ( $NH_3$ ) を放出します。
2. 酸性溶液 (例えば  $H_2SO_4$ ) でアンモニアガスを吸収し、標準アルカリ溶液で滴定します。この方法は簡単で実行しやすく、精度は 0.1% に達し、工業検出における標準的な手段です。

#### 4.1.3 不純物分析

AMT に含まれる一般的な不純物には、モリブデン (Mo)、鉄 (Fe)、ナトリウム (Na) などがあり、これらは原料や製造プロセスに由来する可能性があります。検出方法には以下が含まれます:

- ICP-MS: 複数の元素を同時に検出し、特に微量不純物の分析に適しています。例えば、触媒グレードの AMT では、Mo 含有量が 0.01% 未満であることが求められます。
- 原子吸光分光法 (AAS): 特定の元素 (例えば Fe、Na) を対象とし、炎またはグラフアイト炉で原子化した後、吸光度を測定します。不純物含有量の多寡は、AMT の下流用途に直接影響を与えるため、厳密に管理する必要があります。

## 제 4 장 메타텨스텐산 암모늄 분석 및 검출

메타텨스텐산 암모늄 (Ammonium Metatungstate, 약칭 AMT) 의 품질은 산업 및 과학 연구에서의 응용 효과에 직접적인 영향을 미칩니다. 정확한 분석과 검출은 품질을 보장하는 핵심 단계입니다. 화학 성분에서 물리적 특성에 이르기까지 AMT 의 각 지표는 과학적 방법으로 검증되어 다양한 용도의 요구를 충족해야 합니다. 본 장에서는 AMT 의 분석 및 검출 기술을 자세히 소개하며, 화학 성분 분석, 물리적 특성 검출, 그리고 품질 기준을 포함하여 검출 실험실로 안내하고, 정밀 기기와 방법이 AMT 의 품질을 어떻게 지켜주는지 알아봅니다.

### 4.1 메타텨스텐산 암모늄 화학 성분 분석

AMT 의 화학 성분 분석은 주로 텨스텐 함량, 암모늄 함량, 그리고 불순물 수준을 측정하여 제품이 규격 요구 사항을 충족하는지 확인합니다. 다음은 일반적으로 사용되는 분석 방법입니다:

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



#### 4.1.1 텅스텐 함량 측정

텅스텐(W)은 AMT의 핵심 원소로, 일반적으로 삼산화텅스텐(WO<sub>3</sub>) 형태로 함량이 보고됩니다. 산업 등급 AMT의 WO<sub>3</sub> 함량은 일반적으로 89%~92% 범위로 요구됩니다. 일반적인 측정 방법은 다음과 같습니다:

- 유도 결합 플라즈마 질량 분석(ICP-MS): AMT를 물에 녹인 후 희석하여 ICP-MS 장비에 주입하고, 텅스텐 이온의 특성 스펙트럼을 검출합니다. 이 방법은 매우 높은 감도를 가지며, ppm(백만분의 일) 수준까지 정확하게 측정할 수 있어 고순도 AMT 분석에 적합합니다.
- 중량법: AMT를 600~800°C로 가열하여 WO<sub>3</sub>로 분해하고, 잔류물의 질량을 측정하여 WO<sub>3</sub> 함량을 계산합니다. 이 전통적인 방법은 시간이 오래 걸리지만 결과가 신뢰할 수 있어 실험실 검증에 적합합니다.

#### 4.1.2 암모늄 함량 측정

AMT 내 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 함량은 일반적으로 증류-적정법으로 측정됩니다. 구체적인 단계는 다음과 같습니다:

1. AMT 샘플을 용해한 후 강알칼리(예: NaOH)를 첨가하고 가열하여 암모니아 가스(NH<sub>3</sub>)를 방출합니다.
2. 산성 용액(예: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)으로 암모니아 가스를 흡수한 후 표준 알칼리 용액으로 적정합니다. 이 방법은 간단하고 실행하기 쉬우며, 정밀도가 0.1%에 달해 산업 검출에서 표준 수단으로 사용됩니다.

#### 4.1.3 불순물 분석

AMT에 포함된 일반적인 불순물에는 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 나트륨(Na) 등이 있으며, 이는 원료나 생산 과정에서 비롯될 수 있습니다. 검출 방법은 다음과 같습니다:

- ICP-MS: 여러 원소를 동시에 검출하며, 특히 미량 불순물 분석에 적합합니다. 예를 들어, 촉매 등급 AMT는 Mo 함량이 0.01% 미만이어야 합니다.
- 원자 흡수 분광법(AAS): 특정 원소(예: Fe, Na)를 대상으로, 화염 또는 흑연로에서 원자화한 후 흡광도를 측정합니다. 불순물 함량의 많고 적음은 AMT의 하류 응용에 직접 영향을 미치므로 엄격히 관리해야 합니다.

### 4.2 물리적 특성 시험

화학 조성 외에도 AMT의 물리적 특성(결정 구조 및 입자 크기 등)을 시험하여 일관성과 적합성을 확보해야 합니다.

#### 4.2.1 결정 구조 분석

AMT의 결정 구조는 일반적으로 X선 회절(XRD)을 통해 분석됩니다. 장비는 X선을 방출하여 샘플을 조사하며, 회절 패턴을 사용하여 결정 형태와 순도를 결정합니다:

- AMT의 특징적인 피크는  $2\theta = 10^\circ - 30^\circ$  범위에 나타나며, 단사정계 특징을 보입니다.
- APT나 WO<sub>3</sub>가 섞여 있을 경우 추가 회절 피크가 나타나며, 이는 샘플 순도가 부족함을 나타냅니다. 주사전자현미경(SEM)도 결정 형태를 관찰하고 입자가

균일한지 확인하는 데 도움을 줄 수 있습니다. AMT는 일반적으로 바늘 모양 또는 판 모양의 결정을 보입니다.

#### 4.2.2 입자 크기 분포

AMT의 입자 크기는 용해 속도와 응용 성능에 영향을 미칩니다. 레이저 입자 크기 분석기가 주요 도구로, 레이저 산란을 사용하여 입자 크기를 측정합니다:

- 산업 등급 AMT의 평균 입자 직경(D50)은 보통 10~50 마이크론 사이입니다.
- 입자가 너무 미세(<5 마이크론)하면 먼지 문제를 일으킬 수 있고, 너무 거칠(>100 마이크론)면 용해성이 나빠질 수 있습니다. 시험 결과는 일반적으로 입자 크기 분포 곡선으로 제시되어 배치 간 일관성을 보장합니다.

#### 4.2.3 수분 함량

AMT는 수화물이기 때문에 수분 함량이 중요한 지표입니다. 열중량 분석(TGA)이 일반적인 방법입니다:

- 결정수는 50~150°C에서 손실되며, 300°C 이상에서 WO<sub>3</sub>로 분해됩니다.
- 수분 함량은 일반적으로 5~10% 사이로 제어되며, 과도한 수분은 저장 안정성에 영향을 줄 수 있습니다.

#### 4.3 메타텽스텐산 암모늄 품질 기준

AMT의 품질 기준은 용도에 따라 다르며, 국제 및 산업 규범이 지침을 제공합니다:

- 산업 등급 AMT: WO<sub>3</sub> ≥ 89%, 불순물(Mo, Fe 등) ≤ 0.05%, 수분 ≤ 8%.
- 촉매 등급 AMT: WO<sub>3</sub> ≥ 91%, 불순물 ≤ 0.01%, 알칼리 금속 함량(예: Na, K)에 대한 더 엄격한 요구 사항으로 <50 ppm.
- ISO 표준: ISO 9001 인증을 받은 공장은 시험 일관성을 보장하기 위해 품질 관리 시스템을 준수해야 합니다. 이러한 표준은 제조업체와 하류 사용자 간의 논의를 통해 개발되며, 일반적으로 공급업체의 기술 데이터 시트(TDS)에 포함되어 있습니다.

#### 4.4 메타텽스텐산 암모늄 시험 기술 비교

다양한 시험 방법은 각각 장단점이 있으며, 필요에 따라 적절한 방법을 선택해야 합니다:

- 전통적인 방법 대 최신 장비: 중량법과 적정법은 비용이 저렴하지만 시간이 오래 걸리며, ICP-MS와 XRD는 빠르고 정확하지만 고가의 장비가 필요합니다.
- 실험실 시험 대 온라인 시험: 실험실 분석은 높은 정밀도를 제공하며 연구 개발에 적합하며, 반면 온라인 pH 미터와 분광계는 산업 생산에서 용액 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있습니다. 예를 들어, 텽스텐 함량을 시험할 때 ICP-MS의 검출 한계는 0.1 ppm에 달하지만, 중량법은 0.1%만 달성할 수 있으며, 후자는 고가의 장비가 필요하지 않아 소규모 공장에 적합합니다.

#### 4.5 실제 사례

예를 들어, 촉매 제조업체가 WO<sub>3</sub> ≥ 91%, Mo ≤ 0.01%인 AMT를 요구할 경우, 시험

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

과정은 다음과 같습니다:

1. ICP-MS 를 사용하여  $WO_3$  함량을 91.5%, Mo 를 0.008%로 측정합니다.
2. XRD 로 APT 불순물 피크가 없음을 확인하고, SEM 으로 결정이 균일함을 보여줍니다.
3. TGA 로 수분 함량을 6.2%로 측정합니다. 결과는 이 배치의 AMT 가 요구 사항을 충족하며 고성능 촉매 준비에 사용할 수 있음을 나타냅니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텽스테인 사진

## 제 5 장: 메타텽스테인산 암모늄의 산업 응용

메타텽스테인산 암모늄(AMT)은 높은 수용성, 화학적 안정성, 다용도성으로 인해 산업 분야에서 광범위한 응용 가치를 보여주고 있습니다. 촉매 제조와 텽스텐 화합물 생산에서부터 신형 특수 용도에 이르기까지, AMT 는 기술 발전을 이끄는 핵심 재료입니다. 본 장에서는 AMT 의 구체적인 산업 응용을 탐구하고, 실제 사례를 제공하며, 화학 분말에서 기술 발전에 필수적인 재료로 어떻게 변모하는지를 보여줍니다. 또한 파라텽스테인산 암모늄(APT)과 같은 관련 화합물과의 사용 비교를 통해 그 독특한 장점을 강조합니다.

### 5.1 메타텽스테인산 암모늄의 촉매 제조

AMT 는 촉매 산업에서 가장 대표적인 응용 사례 중 하나로, 특히 석유 화학과 환경 보호 관련 공정에서 두드러집니다.

#### 5.1.1 수소화 탈황 촉매

석유 정제에서 수소화 탈황(HDS) 촉매는 원유에서 황 화합물을 제거하고 오염 물질 배출을 줄이는 데 사용됩니다. AMT 는 고성능 텽스텐 기반 촉매를 제조하기 위한

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

이상적인 전구체입니다. 제조 과정은 일반적으로 다음 단계를 따릅니다:

1. AMT를 물에 용해하여 고농도의 텅스텐산염 용액을 형성합니다.
2. 알루미늄( $Al_2O_3$ )나 실리카( $SiO_2$ )와 같은 담체와 혼합하고, 니켈(Ni) 또는 몰리브덴(Mo) 염을 첨가하여 복합체를 만듭니다.
3. 함침, 건조, 소성을 거쳐 Ni-W 또는 Mo-W 촉매를 제조합니다.
4. AMT의 높은 용해성은 담체에 균일하게 분산되도록 하여 촉매의 활성 부위가 균등하게 분포되도록 보장합니다. APT와 비교해 AMT는 산성화나 분해 단계를 필요로 하지 않아 공정을 간소화합니다. 예를 들어, AMT를 사용해 Ni-W 촉매를 제조한 정유 공장은 탈황 효율이 95%를 초과하여 전통적인 방법보다 우수한 성과를 보였습니다.

### 5.1.2 기타 촉매

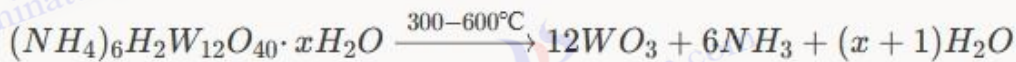
AMT는 산화 촉매와 광촉매 제조에도 사용됩니다. 예를 들어, 메탄올 산화 공정에서 포름알데하이드를 생산할 때 AMT는 텅스텐 공급원으로 작용하며, 산화철( $Fe_2O_3$ )과 결합하여 촉매를 형성합니다. 또한, AMT에서 유래한  $WO_3$ 는 광촉매를 이용한 물 분해로 수소를 생산하는 데 잠재력을 가지며, 그 밴드갭(약 2.6 eV)이 가시광 흡수에 적합하기 때문입니다.

## 5.2 텅스텐 화합물 생산

AMT는 다양한 텅스텐 화합물 생산에 필수적인 원료로, 재료 제조 및 표면 처리에 널리 사용됩니다.

### 5.2.1 삼산화텅스텐( $WO_3$ )

AMT는 열 분해를 통해 고순도 삼산화텅스텐( $WO_3$ )을 직접 생산하는 데 사용될 수 있습니다. 과정은 다음과 같습니다:



### 5.2.2 텅스텐 분말 및 코팅

AMT 용액은 스프레이 건조법으로 초미세 텅스텐 분말을 제조할 수 있으며, 입자 크기는 0.1~1 마이크로미터 사이로 제어됩니다. 이 텅스텐 분말은 항공기 엔진 블레이드의 내마모 코팅과 같은 열 분사 코팅에 널리 사용됩니다. 제조 과정은 다음과 같습니다:

1. AMT 용액을 스프레이 건조하여 미세 입자를 형성합니다.
2. 수소( $H_2$ ) 분위기에서 이를 금속 텅스텐 분말로 환원합니다. APT와 비교해 AMT의 용액 공정은 나노 스케일 텅스텐 분말 제조에 더 적합하며, 코팅 성능을 향상시킵니다.

## 5.3 메타텅스텐산 암모늄의 특수 응용

AMT의 높은 용해도와 화학적 특성은 일부 특수 분야에서도 유용합니다.



### 5.3.1 전기화학 재료

AMT는 배터리와 커패시터 분야에서 두각을 나타내고 있습니다. 예를 들어,  $WO_3$ 는 리튬이온 배터리의 양극 재료로 사용될 수 있으며, AMT는 그 고품질 전구체입니다. 졸-겔법을 통해 AMT 용액으로  $WO_3$  필름을 제조하여 배터리의 사이클 안정성을 개선할 수 있습니다. 연구에 따르면 AMT에서 유래한  $WO_3$  전극은 600 mAh/g의 용량에 도달하여 전통적인 방법을 능가합니다.

### 5.3.2 안료 및 세라믹

AMT는 텅스텐 엘로우 안료( $WO_3$  기반) 제조에 사용될 수 있으며, 세라믹 유약과 코팅에 널리 적용됩니다. 제조 과정은 간단합니다: AMT 용액을 첨가제와 혼합한 후 소성합니다. 화학 침전법과 비교해 AMT 방법은 더 균일한 색상과 우수한 고온 내성을 제공하여 고급 도자기 장식에 적합합니다.

### 5.3.3 난연제

AMT의 수용액은 목재와 직물의 난연 처리에 사용될 수 있습니다. 텅스텐 화합물은 고온에서 보호층을 형성하여 연소를 억제합니다. 연구에 따르면 AMT로 처리된 목재는 난연 등급 B1에 도달하며, 응용 전망이 밝습니다.

## 5.4 AMT와 APT 응용 비교

AMT와 APT는 모두 텅스텐산 암모늄 화합물이지만, 응용 방향에는 뚜렷한 차이가 있습니다:

- 촉매 분야: AMT는 높은 용해도로 인해 용액 함침 공정에 더 적합하며, APT는 주로 소성 방법을 통해 텅스텐 기반 촉매를 제조하는 데 사용됩니다.
- 텅스텐 화합물: AMT는  $WO_3$ 와 미세 텅스텐 분말 생산에서 더 효율적이며, APT는 거친 텅스텐 분말과 텅스텐 합금 생산에서 우위를 점합니다.
- 특수 응용: AMT는 전기화학 및 난연 분야에서 장점을 가지며, APT의 응용은 상대적으로 적습니다. 예를 들어, 전자 공장은 공정이 간단하다는 이유로 고순도  $WO_3$ 를 위해 AMT를 선호할 수 있지만, 야금 공장은 대규모 고체 환원에 적합한 APT를 사용해 텅스텐 로드를 생산하는 경향이 있습니다.

## 5.5 메타텅스텐산 암모늄 실례 사례

### 5.5.1 촉매 생산 사례

한 석유화학 기업이 고효성 및 장수명 수소화 탈황 촉매를 제조해야 했습니다. 그들은 텅스텐 공급원으로 AMT를 선택하고, Ni 염과  $Al_2O_3$ 를 혼합한 후 500°C에서 소성하여 촉매를 제조했습니다. 시험 결과, 황 제거율이 97%에 달했고, 촉매 수명이 20% 연장되어 APT 기반 촉매를 능가했습니다.

### 5.5.2 열 분사 코팅 사례

한 항공사가 엔진 블레이드용 내마모 코팅을 개발했습니다. AMT로 제조한 초미세 텅스텐 분말(입자 크기 0.5 마이크로미터)을 사용해 플라즈마 분사로 코팅을 형성했습니다. 결과적으로 코팅 경도가 15% 향상되고 내마모성이 30% 개선되어

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

블레이드 수명이 크게 연장되었습니다.

### 5.5.3 전기변색 장치 사례

스마트 창 제조업체가 AMT 용액을 사용해  $WO_3$  박막을 제조하고, 이를 소성하여 전기변색층을 형성했습니다. 이 박막은 3V 전압에서 투명에서 진청색으로 변하며, 광 투과율 변화가 80%에 달해 에너지 효율적인 건물에 이상적이었습니다.

### 5.6 실천적 의의

AMT의 산업 응용은 실험실에서 시장으로의 전환 능력을 보여줍니다. 촉매 분야에서의 효율성, 텅스텐 화합물 생산의 편리함, 특수 응용에서의 다용도성은 텅스텐 산업 사슬에서 필수적인 부분으로 만듭니다. 그 독특한 장점은 용액 공정의 유연성에 있으며, 정밀 화학제품과 신형 기술의 높은 요구를 충족합니다. APT와의 상호 보완성 또한 텅스텐 응용을 더욱 다양화합니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

## 제 6 장: 메타텅스텐산 암모늄 시장과 경제

### 6.1 메타텅스텐산 암모늄 세계 생산

AMT의 생산은 텅스텐 자원의 분포와 밀접하게 연관되어 있으며, 중국이 이 분야에서 지배적인 위치를 차지하고 있습니다. 국제 텅스텐 산업 협회(ITIA)에 따르면, 전

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



세계 텅스텐 매장량의 80% 이상이 중국에 집중되어 있으며, 특히 장시성(江西省)과 후난성(湖南省)이 주요 지역입니다. AMT의 연간 생산량은 텅스텐 산업 사슬의 일부로 생산되기 때문에 단독으로 추정하기 어렵습니다. 그러나 업계 추정에 따르면, 세계 AMT 생산량은 5,000~8,000 톤( $WO_3$  환산)으로, 텅스텐 화합물 시장의 5%~10%를 차지합니다.

중국 기업이 전 세계 AMT 생산의 90% 이상을 담당하며, 주요 생산 기지는 간저우(赣州, 장시성)와 샤먼(厦门, 푸젠성)에 있습니다. 반면 미국, 유럽, 일본에서의 생산은 상대적으로 적으며, 이 지역들은 수입에 의존합니다. 파라텅스텐산 암모늄(APT)의 연간 생산량이 약 80,000~100,000 톤인 것과 비교해 AMT의 생산 규모는 작지만, 특정 분야에서의 수요로 인해 필수적입니다. 최근 몇 년간 중국의 텅스텐 채굴에 대한 엄격한 환경 정책이 AMT 생산 성장에 영향을 미칠 수 있습니다.

## 6.2 메타텅스텐산 암모늄 가격 동향

AMT의 가격은 텅스텐 시장 전체의 변동에 영향을 받으며, 주로 원자재 비용, 생산 공정, 하류 수요에 의해 결정됩니다.  $WO_3$  환산으로 AMT의 시장 가격은 보통 톤당 25,000~28만 위안 RMB로 추정) 사이에서 변동합니다. 최근 몇 년간의 동향은 다음과 같습니다:

- 2018-2020년: 텅스텐 가격이 낮았고, 세계 경제 둔화와 과잉 재고로 인해 AMT 가격은 톤당 25,000~30,000 달러로 안정적이었습니다.
- 2021-2022년: 팬데믹 이후 산업 회복으로 텅스텐 수요가 증가하며 AMT 가격은 톤당 35,000 달러로 상승했습니다.
- 2023-2025년: 가격은 안정될 것으로 예상되지만, 신에너지 및 촉매 산업의 수요 증가로 인해 소폭 상승 가능성이 있습니다. APT(약 20,000~20,000 달러/톤)이 주요 비용 요인으로, AMT 생산 비용의 60%~70%를 차지합니다.

## 6.3 메타텅스텐산 암모늄 공급 분석

### 6.3.1 수요 동인

AMT에 대한 수요는 주로 다음 분야에서 발생합니다:

- 촉매 산업: 석유 정제 및 환경 촉매가 수요의 50% 이상을 차지하며, 특히 수소화 탈황 촉매의 성장이 두드러집니다.
- 전자 및 신소재: 전기변색 장치와 배터리에서의  $WO_3$  적용이 수요를 견인하며 약 20%~30%를 차지합니다.
- 기타 용도: 열 분사 코팅, 난연제 등이 10%~20%를 차지합니다. 최근 몇 년간 글로벌 에너지 전환과 녹색 기술의 발전이 AMT에 새로운 기회를 가져왔습니다. 예를 들어, 광촉매  $WO_3$ 의 수요는 2030년까지 15% 이상 성장할 것으로 예상됩니다. APT(주로 텅스텐 분말 및 경질 합금에 사용됨)와 비교해 AMT의 수요는 정밀 화학 및 신홍 분야에 더 집중되어 있습니다.

### 6.3.2 공급 병목 현상

공급 측면에는 여러 가지 도전 과제가 있습니다:

- 자원 부족: 텅스텐은 희귀 금속으로, 전 세계에서 채굴 가능한 매장량이 제한적이며 대부분이 중국에 집중되어 있습니다.
- 정책 제한: 중국은 텅스텐 채굴에 할당제를 시행하고 있으며, 2024년 수출 할당량은 16,000 톤에 불과해 AMT 원료 공급에 영향을 미칩니다.
- 생산 비용: AMT의 고순도 공정(예: 이온 교환)은 비용이 높아 소규모 제조업체가 경쟁하기 어렵습니다. 이로 인해 특히 국제 시장에서 AMT 공급이 타이트하며, 가격 변동이 더 민감합니다.

### 6.4 메타텅스텐산 암모늄 주요 제조업체

- CTIA GROUP LTD: 텅스텐 화합물 생산에 주력하며, AMT가 핵심 제품 중 하나입니다. 연간 생산량은 약 1,000~2,000 톤으로, 기술 혁신과 국제 시장 서비스로 유명합니다.

### 6.5 메타텅스텐산 암모늄의 경제적 영향

#### 6.5.1 텅스텐 산업 사슬에 대한 기여

AMT의 생산과 응용은 텅스텐 산업 사슬에 활력을 불어넣습니다. 낮은 부가가치의 텅스텐 광석을 높은 부가가치 제품으로 변환하여 산업 사슬의 경제 효율성을 향상시킵니다. 예를 들어, AMT로 제조된 촉매는 톤당 가치가 텅스텐 광석의 몇 배에 달할 수 있습니다. 또한 AMT 수출(예: 미국과 일본으로)은 중국에 외환을 창출합니다. 2023년 텅스텐 화합물의 수출액은 약 10억 달러로, AMT가 일정 비율을 차지했습니다.

#### 6.5.2 지역 경제에 대한 영향

간저우(赣州)와 샤먼(厦门) 같은 주요 생산 중심지에서 AMT 관련 산업은 고용과 세수를 견인하고 있습니다. 간저우의 텅스텐 산업 연간 생산액은 500억 위안(RMB)을 초과하며, 샤먼의 AMT 생산 기업(예: CTIA GROUP LTD)은 지역 경제에 크게 기여합니다. 그러나 텅스텐 자원에 대한 과도한 의존은 위험도 초래합니다. 국제 시장이 변동하면 지역 경제에 영향을 미칠 수 있습니다.

#### 6.5.3 미래 경제 잠재력

신에너지와 스마트 제조의 부상으로 AMT의 경제적 잠재력이 더욱 발휘되고 있습니다. 예를 들어, 배터리와 광촉매에서의  $WO_3$  응용이 수요를 증가시키며, AMT 시장은 2030년까지 20%~30% 성장할 것으로 예상됩니다. 그러나 높은 비용과 공급 제한은 그 확장을 제약할 수 있습니다.

### 6.6 실천적 의의

AMT의 시장과 경제적 성과는 글로벌 텅스텐 산업에서 이중 역할을 드러냅니다: 고부가가치 제품의 추진력으로서, 그리고 자원 의존형 경제의 반영으로서입니다. 그 가격과 수급 변동은 텅스텐 시장의 복잡성을 반영하며, 주요 제조업체 간의 경쟁은 기술과 비용의 싸움을 부각시킵니다. 기업에게 AMT의 시장 역학을 이해하는 것은

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

조달 및 투자 전략 수립의 열쇠이며, 정책 입안자에게는 자원 개발과 환경 보호의 균형을 맞추는 것이 미래의 과제가 될 것입니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

## 제 7 장: 메타텅스텐산 암모늄의 환경과 안전성

메타텅스텐산 암모늄 (AMT)의 생산과 사용은 산업 발전을 이끌었지만, 환경과 안전성 문제도 초래했습니다. 텅스텐 광석 채굴에서 AMT 제조, 그리고 응용 과정에서의 폐기물 관리에 이르기까지, 각 단계에서 생태계와 인체 건강에 미칠 잠재적 영향을 주의 깊게 살펴봐야 합니다. 본 장에서는 AMT 생산의 환경 영향, 환경 보호 조치, 안전 기준, 규제 요구 사항을 탐구하고, 지속 가능성 문제를 분석하며, 미래의 녹색 개발을 위한 아이디어를 제시합니다.

### 7.1 메타텅스텐산 암모늄의 환경 영향

AMT의 생산은 텅스텐 자원의 채굴 및 가공과 불가분의 관계에 있으며, 이러한 과정은 심각한 환경 영향을 미칩니다.

#### 7.1.1 텅스텐 광석 채굴의 영향

텅스텐 광석(예: 셰엘라이트와 울프라마이트)의 채굴은 AMT 산업 사슬의 시작점이지만, 이 과정은 종종 토지 파괴와 수질 오염을 동반합니다. 예를 들어, 노천 채굴은 식생 파괴와 토양 침식을 초래하며, 광석 처리에 사용되는

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

화학물질(부유선광제 등)이 지하수로 스며들어 중금속 오염을 일으킬 수 있습니다. 통계에 따르면, 중국 장시성(江西省)의 텅스텐 광산에서는 연간 약 500 만 톤의 광미가 발생하며, 여기에는 미량의 텅스텐과 관련 원소(비소, 납 등)가 포함되어 있어, 적절히 처리되지 않으면 주변 생태계를 위협할 수 있습니다.

### 7.1.2 생산 과정에서의 폐기물

AMT 제조 방법(이온 교환 및 산성화 등)은 폐수, 폐가스, 고형 폐기물을 생성합니다:

- 폐수: 산성화 과정에서 사용된 질산이나 염산이 폐수에 남아 암모니아 질소와 고농도 텅스텐 이온을 포함하며, pH가 낮아 직접 배출되면 수질을 오염시킬 수 있습니다.
- 폐가스: 열분해 또는 소성 과정에서 방출되는 암모니아 가스( $\text{NH}_3$ )는 처리되지 않을 경우 대기 오염이나 산성비를 유발할 수 있습니다.
- 고형 폐기물: 결정화 과정에서 나온 잔류물과 폐이온 교환 수지는 적절히 폐기해야 하며, 그렇지 않으면 환경 위험으로 축적될 수 있습니다.

### 7.1.3 사용 중 잠재적 위험

AMT의 촉매나 안료로의 응용은 일반적으로 직접적인 환경 문제를 일으키지 않습니다. 그러나 그 파생물(예:  $\text{WO}_3$ )이 부적절하게 폐기될 경우 토양이나 물에 텅스텐이 유입될 수 있습니다. 텅스텐이 고독성이라는 증거는 없지만, 장기적인 축적은 생태 균형을 교란할 수 있습니다.

## 7.2 메타텅스텐산 암모늄의 환경 보호 조치

AMT 생산에서 발생하는 환경 문제를 해결하기 위해 업계는 오염과 자원 낭비를 줄이기 위한 다양한 조치를 채택하고 있습니다.

### 7.2.2 폐수 처리

폐수는 AMT 생산의 주요 오염원입니다. 처리 기술에는 다음이 포함됩니다:

- 중화 및 침전: 석회( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )를 사용하여 산성 폐수를 중화하고, 텅스텐산염과 중금속을 침전시켜 재사용을 위해 회수합니다.
- 암모니아 질소 회수: 증류 또는 막 분리를 통해 암모니아 가스를 회수하고 암모니아수로 변환하여 재활용합니다. 예를 들어, 한 공장은 암모니아 회수율을 85%로 개선하여 배출량을 크게 줄였습니다.
- 심층 정화: 이온 교환 또는 역삼투 기술을 사용해 잔류 텅스텐 이온을 제거하여 폐수가 배출 기준을 충족하도록 합니다.

### 7.2.2 폐가스 제어

암모니아 가스 배출은 다음과 같은 방법으로 제어될 수 있습니다:

- 흡수탑: 묽은 산(예:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )을 사용하여  $\text{NH}_3$ 을 흡수하고 황산암모늄 부산물을 생성합니다.
- 밀폐 시스템: 열분해 시 밀폐 장비를 사용하여 가스 누출을 줄입니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



### 7.2.3 고품 폐기물 관리

고형 폐기물 처리에는 다음이 포함됩니다:

- 재활용: 결정화 잔류물에서 텅스텐을 추출하여 자원 낭비를 줄입니다.
- 안전 매립: 재활용 불가능한 폐기 잔류물을 고형화하고 매립하여 2차 오염을 방지합니다.

## 7.3 메타텅스텐산 암모늄의 안전 기준

AMT의 생산과 사용은 일부 화학물질만큼 위험하지 않지만, 작업자와 환경을 보호하기 위해 안전 기준을 준수해야 합니다.

### 7.3.1 AMT의 독성

AMT 자체의 독성은 낮습니다. 급성 독성 시험(LD50)에 따르면, 마우스에 대한 경구 독성이 2000mg/kg을 초과하여 저독성 물질로 분류됩니다. 그러나 그 먼지를 흡입하면 호흡기 자극을 유발할 수 있으며, 장기 노출은 체내에 텅스텐 축적을 초래할 수 있지만 발암성에 대한 명확한 증거는 없습니다.

### 7.3.2 운영 안전성

- 보호 조치: 작업자는 먼지 마스크와 장갑을 착용하여 먼지 흡입이나 피부 접촉을 피해야 합니다.
- 보관 요구 사항: AMT는 건조하고 통풍이 잘 되는 환경에 보관해야 하며, 300°C 이상의 온도를 피하여 분해를 방지해야 합니다.
- 비상 처리: 누출이 발생하면 모래로 덮어 청소한 후, 잔류물을 물로 희석하여 직접 배출을 방지합니다.

### 7.3.3 운송 안전성

AMT는 비위험물로 운송되지만, 운송 중 손상으로 인한 먼지 누출을 방지하기 위해 포장에 밀봉되어야 합니다. 국제 해상 위험물(IMDG) 코드에서 AMT는 위험물로 등재되어 있지 않지만, "먼지 흡입을 피하십시오"라는 라벨을 붙이는 것이 권장됩니다.

## 7.4 메타텅스텐산 암모늄 규제 및 기준

AMT의 생산과 사용은 환경 및 안전 준수를 보장하기 위해 국가 및 국제 규제에 의해 관리됩니다.

### 7.4.1 중국 규제

- 환경 보호법: 텅스텐 기업에 "삼폐"(폐수, 폐가스, 고형 폐기물) 배출 관리를 요구합니다. 간저우(赣州)와 같은 지역에서는 광미 관리 프로젝트가 시행되고 있습니다.
- 텅스텐 산업 진입 조건: 텅스텐 채굴 및 가공이 환경 기준을 충족해야 하며, 예를 들어 폐수의 COD가 100mg/L 미만이어야 합니다.
- 배출 기준: 예를 들어, GB 25467-2010에서는 텅스텐 제련 폐수의 텅스텐 함량이 5mg/L을 초과하지 않아야 한다고 규정합니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

#### 7.4.2 국제 기준

- REACH 규정 (EU): AMT 는 화학물질로 등록되어야 하며, 안전성이 입증되어야 하고, 유럽으로 수출 시 불순물 제한을 충족해야 합니다.
- OSHA(미국): 직장에서 텅스텐 먼지 농도의 상한선을 5mg/m<sup>3</sup>로 규정하여 작업자의 건강을 보장합니다.

#### 7.5 메타텅스텐산 암모늄 실천 사례

##### 7.5.1 CTIA GROUP LTD 의 실천

CTIA GROUP LTD 는 주요 AMT 생산 기업 중 하나로, 환경 문제에 적극적으로 대응하고 있습니다. 이 회사는 이온 교환법으로 AMT 를 생산하며, 공장에 폐수 재활용 시스템을 도입해 텅스텐 회수율을 90%로 높이고 암모니아 배출을 70% 줄였습니다. 이 공장은 또한 ISO 14001 인증을 획득하여 지속 가능한 개발에 대한 헌신을 보여줍니다.

##### 7.6 지속 가능성 과제와 전망

AMT 와 관련된 환경 및 안전 문제는 텅스텐 산업의 공통적인 과제를 반영합니다. 과제는 다음과 같습니다:

- 자원 의존성: 텅스텐 광석 매장량은 제한적이며, 채굴 비용이 매년 증가하고 있습니다.
- 높은 에너지 소비: AMT 생산의 증발 및 소성 과정은 상당한 에너지를 소비하며, 탄소 배출이 우려됩니다.
- 기술적 병목: 녹색 기술(예: 암모니아 없는 합성)은 아직 성숙하지 않아 보급이 어렵습니다.

미래를 내다본 지속 가능한 개발 경로에는 다음이 포함됩니다:

- 순환 경제: 텅스텐 폐기물 재활용을 강화하여 1차 광석 의존도를 줄입니다.
- 저탄소 기술: 에너지 소비를 줄이기 위한 저온 제조 방법을 개발합니다.
- 정책 지원: 정부는 보조금을 통해 기업이 환경 보호 장비를 업그레이드하도록 장려할 수 있습니다.

##### 7.7 실천적 의의

AMT 의 환경 및 안전 관리는 규제 요구 사항일 뿐만 아니라 산업의 지속 가능한 발전의 초석이기도 합니다. 효과적인 환경 보호 조치는 오염을 줄이고, 안전 기준은 작업자를 보호하며, 규제 제약은 산업 표준화를 촉진합니다. CTIA GROUP LTD 와 같은 회사의 실천은 기술 혁신과 책임 의식이 이러한 문제를 해결하는 열쇠임을 보여줍니다.

##### 7.8 CTIA GROUP LTD 의 메타텅스텐산 암모늄(AMT) 물질 안전 데이터 시트

메타텅스텐산 암모늄(AMT)은 CTIA GROUP LTD(샤먼) 제조 및 판매 회사의 핵심 제품 중 하나로, 안전한 생산, 운송, 응용을 보장하는 데 중요합니다. 본 섹션은 CTIA GROUP LTD 의 AMT 특성을 기반으로, 물질 안전 데이터 시트(MSDS)의 표준 형식을 따르며, 식별, 위험 요약, 안전 지침, 비상 조치, 규제 요구 사항에 대한 상세

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



개요를 제공하여 사용자에게 포괄적인 안전 지침을 제공합니다.

### 7.8.1 제품 식별 및 기본 정보

AMT 는 CTIA GROUP LTD 가 제조하는 고순도 텅스텐산암 화합물로, 화학식은  $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$  입니다. 흰색 또는 연한 노란색 결정성 분말로 나타납니다. 주요 용도에는 촉매 제조, 텅스텐 화합물 생산, 특수 재료 사용이 포함됩니다.

- 제품명: 메타텅스텐산 암모늄 (AMT)
- CAS 번호: 12028-48-7
- 공급업체: CTIA GROUP LTD (샤먼) 제조 및 판매 회사, 중국 푸젠성 샤먼시
- 긴급 연락처: +86-592-5129696
- 권장 용도: 산업 제조, 과학 연구
- 제한 용도: 식품, 의약품, 또는 인체 직접 접촉에는 사용 불가

### 7.8.2 위험 요약

AMT 는 정상적인 사용 조건에서 낮은 위험을 나타내지만, 화학물질로서 잠재적 위험을 고려해야 합니다.

- GHS 분류 (글로벌 조화 시스템):
  - 급성 독성 (경구): 카테고리 4 (H302: 삼키면 유해)
  - 심각한 안구 손상: 카테고리 1 (H318: 심각한 안구 손상을 유발)
  - 만성 수생 독성: 카테고리 3 (H412: 수생 생물에 유해하며 장기적인 영향을 미침)
- 주요 위험:
  - 삼킴: 섭취 시 위장 불편 (메스꺼움, 구토 등) 을 유발할 수 있음.
  - 눈 접촉: 먼지 또는 용액이 심한 자극이나 손상을 유발할 수 있음.
  - 흡입: 먼지의 장기 흡입이 호흡기를 자극할 수 있음.
  - 환경: 물에 대량 유출 시 수생 생물에 만성적인 해를 끼칠 수 있음.

### 7.8.3 구성 및 성분 정보

- 화학명: 메타텅스텐산 암모늄
- 분자식:  $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
- 주요 성분: 텅스텐 (W,  $\text{WO}_3$ 로 약 89%-92%), 암모늄 ( $\text{NH}_4^+$ ), 물 ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- 불순물: 몰리브덴 (Mo), 철 (Fe), 나트륨 (Na) 의 미량이 포함될 수 있으며, 일반적으로  $<0.05\%$
- 안정성 및 반응성: 상온에서 안정하며, 고온 ( $>300^\circ\text{C}$ ) 에서  $\text{WO}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  로 분해됨.

### 7.8.4 개인 보호 조치

- 보호 장비: 작업 시 안전 고글, 방진 마스크, 고무 장갑, 보호복을 착용하십시오.
- 작업 권장 사항: 환기가 잘 되는 곳에서 사용하고, 먼지 발생을 피하십시오. 작업 중 음식 섭취나 흡연은 금지됩니다.
- 피부 접촉: 직접 접촉을 피하고, 접촉 시 최소 15 분간 다량의 물로

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

씻으십시오.

#### 7.8.5 보관 요구 사항

- 보관 조건: 서늘하고 건조하며 환기가 잘 되는 곳에 보관하고, 고온과 습기를 피하십시오.
- 용기 요구 사항: 밀봉된 플라스틱 또는 유리 용기를 사용하고, 산성 물질과 혼합을 피하십시오.

#### 7.8.6 운송 안전성

- 포장: UN 기준을 준수하는 밀봉 포장을 사용하며, "비위험물"로 표시하고 안전 경고를 붙이십시오.
- 운송 주의사항: 심한 진동과 손상을 피하고, 운송 중 충분한 환기를 보장하십시오.

#### 7.8.7 비상 조치

##### 7.8.7.1 응급 처치

- 흡입: 피해자를 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고, 호흡 곤란이 발생하면 즉시 의료 기관을 방문하십시오.
- 눈 접촉: 즉시 흐르는 물로 최소 15 분간 행구고, 필요 시 의료 기관을 방문하십시오.
- 피부 접촉: 비누와 물로 철저히 씻고, 오염된 옷을 벗으십시오.
- 섭취: 즉시 입을 행구고, 다량의 물을 마시게 한 후 구토를 유도하지 말고, 가능한 빨리 의료 기관을 방문하십시오.

##### 7.8.7.2 유출 처리

- 소규모 유출: 젖은 천이나 흡수재로 수거하고, 먼지가 일지 않도록 하며, 물로 해당 부위를 행구십시오.
- 대규모 유출: 영역을 격리하고, 모래나 불활성 물질로 덮어 수거한 후 유해 폐기물로 처리하며, 수역으로의 배출을 방지하십시오.

##### 7.8.7.3 화재 대응

- 소화제: AMT 는 불연성이지만, 주변 화재 발생 시 물 안개, 건조 분말, 또는 CO<sub>2</sub>를 사용하여 진화하십시오.
- 주의사항: 고온에서 암모니아 가스를 방출하며 분해되므로, 소방 인원은 호흡 보호 장비를 착용해야 합니다.

#### 7.8.8 폐기물 처리

- 폐기 방법: 폐 AMT 를 밀봉 용기에 수거하여 지역 유해 폐기물 규정에 따라 처리하고, 하수도나 환경으로의 직접 배출을 피하십시오.
- 재활용 제안: 조건이 허락하면 텅스텐 성분을 회수하여 재활용할 수 있으며, 자원 낭비를 줄일 수 있습니다.

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

### 7.8.9 규제 및 준수

- 중국 규제:
  - 「위험 화학물질 안전 관리 조례」: AMT는 규제 대상 위험 물질은 아니지만, 일반 화학물질 관리 요구 사항을 준수해야 합니다.
  - GB 25467-2010 「텅스텐 산업 오염물질 배출 기준」: 폐수 내 텅스텐 함량은 5mg/L를 초과해서는 안 됩니다.
- 국제 규제:
  - REACH(EU): AMT는 등록이 필요하며, 안전성을 입증하고 불순물 함량을 제한해야 합니다.
  - OSHA(미국): 작업장 먼지 농도 제한은 5mg/m<sup>3</sup>(텅스텐 기준)입니다.
- 운송 라벨: UN 번호는 지정되지 않았으나, "삼키면 유해" 및 GHS 위험 기호를 라벨에 표시하는 것이 권장됩니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텅스테이트 사진

## 제 8 장: 메타텅스텐산 암모늄 연구 최전선과 미래 전망

메타텅스텐산 암모늄 (AMT)은 다기능 텅스텐 화합물로서 전통 산업에서 중요한 위치를 차지할 뿐만 아니라 신형 분야에서의 잠재력으로 점점 더 주목받고 있습니다. 기술의 발전과 친환경 솔루션에 대한 추진으로 AMT 연구와 응용은 새로운 단계로 나아가고 있습니다. 본 장에서는 AMT의 최신 제조 기술, 최첨단 응용 분야, 그리고 미래 발전 전망을 탐구하며, 신에너지, 신소재, 지속 가능한 개발에서 AMT가 어떻게 더 큰 역할을 할 수 있는지 살펴봅니다.

### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서

## 8.1 메타텨스텐산 암모늄의 새로운 제조 기술

AMT의 전통적인 제조 방법(이온 교환 및 산성화 등)은 성숙했지만, 높은 에너지 소비와 과도한 폐기물 등의 문제가 연구자들로 하여금 더 효율적이고 환경 친화적인 공정을 탐구하게 만들었습니다.

### 8.1.1 친환경 합성

친환경 합성은 암모니아 가스 배출과 화학 시약 사용을 줄이는 것을 목표로 합니다. 새로운 방법으로 "암모니아 없는 공정"이 있으며, 전기화학 또는 초음파 보조 기술을 사용하여 텨스텐산나트륨( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ )에서 직접 AMT를 제조합니다:

- 전기화학법: 전해 셀에서 전기장이 텨스텐산 이온을 AMT로 응집시키며, 부산물은 소량의 수소와 산소뿐입니다.
- 초음파법: 초음파가 용액 내 텨스텐산 이온의 응집을 가속화하여 반응 시간을 단축하고 산 사용을 줄입니다. CTIA GROUP LTD와 같은 기업들이 이 기술의 시범 운영을 시작했으며, 초기 결과는 암모니아 배출이 60% 감소하고 에너지 소비가 20% 감소했음을 보여줍니다.

### 8.1.2 나노 AMT 제조

나노 크기의 AMT(입자 크기 <100 nm)는 높은 표면적으로 인해 촉매 및 배터리 재료에서 우수한 성능을 보입니다. 제조 방법은 다음과 같습니다:

- 졸-겔법: AMT 용액을 계면활성제와 혼합하여 겔화 과정을 제어하며 나노 입자를 형성합니다.
- 스프레이 열분해: AMT 용액을 분무화한 후 저온(300-400°C)에서 열분해하여 나노 분말을 직접 생성합니다. 이러한 기술은 비용이 높지만, 광촉매와 같은 고부가가치 응용 분야에 가능성을 제공합니다.

## 8.2 메타텨스텐산 암모늄의 최첨단 응용

AMT 연구는 전통 분야에서 신에너지와 스마트 재료로 확장되며, 그 학제 간 잠재력을 보여줍니다.

### 8.2.1 에너지 분야

- 리튬이온 배터리: AMT에서 유래한  $\text{WO}_3$ 는 높은 용량(이론값 693 mAh/g)과 안정성으로 주목받는 양극 재료로 사용됩니다. 연구에 따르면 AMT 용액으로 탄소 나노튜브를 코팅하면  $\text{WO}_3$  전극의 사이클 수명이 50% 향상됩니다.
- 연료 전지: 텨스텐 기반 촉매(예: Pt- $\text{WO}_3$ )는 연료 전지의 산소 환원 반응(ORR)에서 뛰어난 성능을 보입니다. AMT는 고품질 전구체로 작용하여 백금 사용량을 줄이고 비용을 절감합니다.
- 광촉매 수소 생산:  $\text{WO}_3$ 의 밴드갭(2.6 eV)은 가시광 구동 물 분해에 적합합니다. AMT에서 유래한 나노  $\text{WO}_3$ 는 기존 방법보다 광촉매 효율이 30% 높습니다.

### 8.2.2 스마트 재료

- 전기변색 장치: AMT로 제조된  $\text{WO}_3$  필름은 스마트 창에 널리 사용되며, 전압

#### CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서



하에서 투명에서 진청색으로 전환됩니다. 최근 연구에서는 Mo 나 Ti 도핑을 통해 응답 속도와 사이클 안정성을 향상시켰습니다.

- 가스 센서:  $WO_3$ 는  $NO_2$  및  $H_2S$  와 같은 가스에 민감합니다. AMT 로 제조된 다공성  $WO_3$  센서는 ppb 수준의 검출 한계를 가지며, 환경 모니터링에 적합합니다.

### 8.2.3 생의학 응용

AMT 에서 유래한 텅스텐 화합물은 생의학 분야에서 떠오르고 있습니다. 예를 들어,  $WO_3$  나노 입자는 광열 변환 능력 덕분에 암 광열 요법에 활용되고 있습니다. 연구에 따르면 AMT 용액을 수열 합성법으로 제조한  $WO_3$  나노 입자는 근적외선 빛 아래에서 빠르게 가열되며 생체 적합성을 나타냅니다.

### 8.3 학제 간 연구

AMT 와 나노기술 및 인공지능의 결합은 그 응용의 경계를 확장하고 있습니다:

- 나노 복합재: AMT 는 그래핀 및 탄소 나노튜브와 결합하여 플렉시블 전자 제품용 고강도 전도성 재료를 만듭니다.
- AI 최적화: 인공지능은 AMT 제조 파라미터(예: 최적 pH 및 온도)를 예측하고 최적화하여 수율과 순도를 향상시킵니다.

### 8.3 메타텅스텐산 암모늄의 학제 간 연구

AMT 와 나노기술 및 인공지능의 통합은 그 응용의 경계를 확장하고 있습니다:

- 나노 복합재: AMT 는 그래핀 및 탄소 나노튜브와 결합하여 플렉시블 전자 제품용 고강도 전도성 재료를 만듭니다.
- AI 최적화: 인공지능은 AMT 제조 파라미터(예: 이상적인 pH 및 온도)를 예측하고 최적화하여 수율과 순도를 향상시킵니다.



CTIA GROUP LTD 암모늄 메타텨스테이트 사진

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

CTIA 전자책저작권 및 법적 책임 성명서