

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)

物理的および化学的特性、プロセス、およびアプリケーション

CTIA GROUP LTD

タングステン、モリブデン、レアアース産業向けのインテリジェント製造のグローバル
リーダー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP の紹介

CTIA GROUP LTD は、CHINATUNGSTEN ONLINE によって設立された独立した法人格を持つ完全子会社であり、インダストリアル インターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントで統合された柔軟な設計と製造を促進することに専念しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、www.chinatungsten.com を出発点として 1997 年に設立され、中国初の一流のタングステン製品ウェブサイトであり、タングステン、モリブデン、希土類産業に焦点を当てた国の先駆的な電子商取引企業です。タングステンとモリブデンの分野での深い経験の約 30 年を活用して、CTIA グループは、タングステン化学薬品、タングステン金属、超硬合金、高密度合金、モリブデン、およびモリブデン合金の分野で包括的なアプリケーションソリューションプロバイダになり、親会社の優れた設計および製造能力、優れたサービス、およびグローバルなビジネスの評判を継承しています。

過去 30 年間で、CHINATUNGSTEN ONLINE は、ニュース、価格、タングステン、モリブデン、希土類に関連する 100 万ページ以上の 20 以上の言語をカバーする 200 以上の多言語タングステンとモリブデンの専門家のウェブサイトを設定しています。2013 年以来、WeChat の公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は 40,000 を超える情報を公開し、約 100,000 人のフォロワーにサービスを提供し、世界中の数十万人の業界専門家に毎日無料の情報を提供しています。そのウェブサイトクラスターと公式アカウントへの累積訪問数が数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類業界向けのグローバルで権威ある情報ハブとして認められ、24 時間年中無休の多言語ニュース、製品パフォーマンス、市場価格、市場動向サービスを提供しています。

CHINATUNGSTEN ONLINE の技術と経験に基づいて、CTIA GROUP は顧客のパーソナライズされたニーズを満たすことに焦点を当てています。AI 技術を活用し、特定の化学組成や物性(粒子サイズ、密度、硬度、強度、寸法、公差など)を持つタングステン・モリブデン製品をお客様と共同で設計・製造します。型開きから試作、仕上げ、包装、物流まで一貫サービスを提供。過去 30 年間で、CHINATUNGSTEN ONLINE は、世界中の 130,000 以上の顧客に 500,000 種類以上のタングステンおよびモリブデン製品の研究開発、設計、および生産サービスを提供し、カスタマイズされた、柔軟でインテリジェントな製造の基盤を築いてきました。この基盤に依拠して、CTIA GROUP は、インダストリアル インターネット時代におけるタングステンおよびモリブデン材料のインテリジェントな製造と統合イノベーションをさらに深化させます。

ハンス博士と CTIA GROUP の彼のチームは、30 年以上の業界経験に基づいて、タングステン、モリブデン、希土類に関連する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆し、公開しています。ハンス博士は、1990 年代からタングステンおよびモリブデン製品の電子商取引および国際取引、ならびに超硬合金および高密度合金の設計および製造において 30 年以上の経験を持ち、国内外のタングステンおよびモリブデン製品の有名な専門家です。CTIA GROUP のチームは、専門的で高品質な情報を業界に提供するという原則を堅持し、生産慣行と市場顧客のニーズに基づいて技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に作成し、業界で広く賞賛されています。これらの成果は、CTIA GROUP の技術革新、製品プロモーション、業界交流をしっかりと支え、世界のタングステンおよびモリブデン製品製造および情報サービスのリーダーになるための原動力となっています。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



メタタングステン酸アンモニウム(AMT) 物理的および化学的特性、プロセス、およびアプリケーション

ディレクトリ

前書き

メタタングステン酸アンモニウムの研究意義と工業的価値

第1章 はじめに

- 1.1 メタタングステン酸アンモニウムの定義と概要
- 1.2 タングステン化合物のファミリーにおける位置
- 1.3 歴史的発展と研究状況
- 1.4 産業応用の見通し

第2章 メタタングステン酸アンモニウムの化学的および物理的性質

- 2.1 メタタングステン酸アンモニウムの化学組成と分子構造
 - 2.1.1 メタタングステン酸アンモニウムの分子式と構造特性
 - 2.1.2 メタタングステン酸アンモニウムの結晶構造解析(X線回折法)
- 2.2 メタタングステン酸アンモニウムの物性
 - 2.2.1 メタタングステン酸アンモニウムの外観と形態
 - 2.2.2 メタタングステン酸アンモニウムの溶解度と安定性
 - 2.2.3 メタタングステン酸アンモニウムの熱安定性と分解挙動

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 2.3 メタタングステン酸アンモニウムの化学的性質
 - 2.3.1 メタタングステン酸アンモニウムと酸および塩基との反応
 - 2.3.2 メタタングステン酸アンモニウムの酸化還元特性
 - 2.3.3 メタタングステン酸アンモニウムの錯体化学
- 2.4 メタタングステン酸アンモニウムとパラタングステン酸アンモニウム(APT)の比較。

第3章 メタタングステン酸アンモニウムの調製プロセス

- 3.1 原材料と前駆体
 - 3.1.1 タングステン濃縮物
 - 3.1.2 タングステン酸とタングステン酸ナトリウム
- 3.2 メタタングステン酸アンモニウムの伝統的な調製方法
 - 3.2.1 酸性化
 - 3.2.2 イオン交換法
- 3.3 メタタングステン酸アンモニウムの現代合成技術
 - 3.3.1 溶媒抽出
 - 3.3.2 熱分解
 - 3.3.3 マイクロ波支援合成
- 3.4 メタタングステン酸アンモニウムの調製のためのプロセスパラメータの最適化
 - 3.4.1 pH 制御
 - 3.4.2 温度と圧力の影響
 - 3.4.3 結晶化プロセス制御
- 3.5 メタタングステン酸アンモニウムの工業生産プロセス
 - 3.5.1 フローチャートと機器
 - 3.5.2 廃棄物処理と環境保護対策

第4章 メタタングステン酸アンモニウムの分析・検出技術

- 4.1 メタタングステン酸アンモニウムの化学組成分析
 - 4.1.1 タングステン含有量の測定(重量分析、ICP-AES)
 - 4.1.2 メタタングステン酸アンモニウム(Fe、Mo など)の不純物分析
- 4.2 メタタングステン酸アンモニウムの構造評価
 - 4.2.1 X線回折(XRD)
 - 4.2.2 赤外分光法(IR)とラマン分光法
 - 4.2.3 熱分析(TG-DSC)
- 4.3 メタタングステン酸アンモニウムの物性試験
 - 4.3.1 粒度と分布(レーザー粒度解析)
 - 4.3.2 比表面積(BET法)
- 4.4 メタタングステン酸アンモニウムの品質管理基準
 - 4.4.1 中国規格(YS/T 535-2006)
 - 4.4.2 国際規範の比較

第5章 メタタングステン酸アンモニウムの応用分野

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1 触媒産業

5.1.1 石油化学産業での応用

5.1.2 環境保護触媒(SCR脱窒)

5.2 タングステン製品の準備

5.2.1 高純度タングステン粉末とタングステン

5.2.2 タングステン基合金および複合材料 5.3 機能材料

5.3.1 エレクトロクロミック材料

5.3.2 難燃剤とナノ材料 5.4 その他の分野

5.4.1 生物医学的応用

5.4.2 エネルギーの貯蔵と変換

第6章 工業生産と技術課題

6.1 大規模生産のボトルネック

6.1.1 純度制御

6.1.2 コストとエネルギー消費 6.2 技術改善の方向性

6.2.1 グリーン合成プロセス

6.2.2 自動化とインテリジェント生産 6.3 安全性と環境保護

6.3.1 生産工程における安全仕様

6.3.2 廃液および廃ガス処理

第7章 ケーススタディと実践

7.1 工業生産の場合

7.1.1 高純度 AMT の調製例

7.1.2 AMT の触媒への適用事例

7.2 実験室での合成例

7.2.1 小規模実験計画

7.2.2 データ分析と最適化

7.3 故障解析と解決

7.3.1 一般的な問題(結晶化不良、過剰な不純物)

7.3.2 解決戦略

第8章 今後の展望

8.1 メタタングステン酸アンモニウム技術の開発動向

8.2 新たな応用分野の可能性

8.3 国際化と標準化のプロセス

8.4 研究の方向性に関する提案

虫垂

付録 A: メタタングステン酸アンモニウム関連の化学的性質と物理的性質のデータシート

付録 B: 一般的な準備プロセスのフローチャート

付録 C: 試験方法の標準作業手順書(SOP)

参照

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

学术论文、特許、技術報告書

国内外の標準文献(YS/T、ISO、ASTM など)

インデックス

キーワードと用語の索引

虫垂

メタタングステン酸アンモニウムの製品安全データシート(MSDS)



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatun

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD
メタタングステン酸アンモニウム製品紹介

1. 製品概要

化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_2\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ のメタタングステン酸アンモニウム(AMT)は、白色または黄色がかった結晶性粉末を有する高溶解性タングステン化合物である。AMT は、タングステン製品やその他のタングステン化合物の製造に重要な中間原料であり、その優れた水溶性(20°C で最大 303.9g/100g の H₂O を溶解)と熱安定性により、多くの産業分野で広く使用されています。

第二に、製品特性

外観:白または黄色がかった結晶性粉末
 純度:≥99.95%
 溶解性:高い水溶性、エタノールに不溶
 密度:約 2.3g/cm³
 熱安定性:300°C 以上で三酸化タングステン(WO₃)に分解します
 安全性:わずかに酸性で刺激性があるため、使用するときは保護に注意を払う必要があります

3.製品仕様

WO ₃ 含量 (≥% min) 91.0										
不純物含有量(最大、%)										
要素	に	とし	ピ	CA	で	フェ	Mg の	K	ミ	ネ
		て							ソ	タ
最大	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
要素	オン	も	P	Pb の	S	SB の	はい	SN の	ティ	V
最大	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 梱包と保証

パッキング:内側の密封された真空ビニール袋、外側の鉄ドラムまたはプラスチックドラム、正味重量 50kg、防湿性、酸化防止。
 保証:品質証明書、タングステン含有量、不純物分析(ICP-MS)、粒子サイズ(FSSS 法)、緩い密度と水分データ、12 か月の貯蔵寿命(密封および乾燥条件)。

5. 調達情報

メールボックス:sales@chinatungsten.com 電話:+86 592 5129696
 メタタングステン酸アンモニウムの詳細については、China Tungsten Online(www.ammonium-metatungstate.com)をご覧ください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第1章 はじめに

1.1 メタタングステン酸アンモニウムの定義と概要

メタタングステン酸アンモニウム (AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は、タングステン化学工業チェーンの主要な中間体として、重要なポリタングステン酸化合物であり、その優れた化学的および物理的特性で注目を集めています。その分子構造は、ケギン型多酸アニオン $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ と 6 つのアンモニウムカチオン (NH_4^+ 結晶水 (n) の量) は通常、調製条件に応じて 3~6 の間で変化します。AMT の大きな特性は、非常に高い水溶性 (20°C で約 300-400g/100mL)、良好な熱安定性 (400-600°C で WO_3 に分解)、化学変換の多様性など、触媒の調製、高純度タングステン粉末の製造、機能性材料の開発において欠かせません。

パラタングステン酸アンモニウム (APT) などの従来のタングステン化合物と比較して、AMT の高い溶解性は、ナノスケールのタングステン粉末を調製するための噴霧乾燥に直接使用される、またはエレクトロクロミック WO_3 膜の調製のための前駆体として使用されるなど、溶液プロセスにおいて利点をもたらします。この特性は、従来のタングステン製品の生産効率を向上させるだけでなく、ナノテクノロジー、エネルギー貯蔵、生物医学研究などの新材料の分野での応用を促進します。AMT の工業的価値は、タングステン精鉱 (鉄マンガ重石、灰重石) と最終製品 (タングステン合金、タングステン材料など) との間の効率的な橋渡しとしての役割にあり、タングステン化学工業の上流と下流のリンクを接続します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1.2 タングステン化合物のファミリーにおける位置

タングステン化合物のファミリーの中で、AMT は、そのユニークなポリ酸構造と高い溶解性のために特別な場所を占めています。タングステン化合物には、タングステン酸 (H_2WO_4) やタングステン酸ナトリウム (Na_2WO_4) など、多くの種類があります。)、三酸化タングステン (WO_3)、パラタングステン酸アンモニウム (APT) など、それぞれに特定の用途があります。AMT は APT と同じタングステン酸アンモニウムグループに属しますが、ケギン型構造は APT の鎖構造やラメラ構造よりもコンパクトであるため、溶解度が大幅に向上します (AMT 350 g/100 mL 対 APT 10 g/100 mL 25°C)。さらに、AMT は熱分解温度が低く (600°C が完全に WO_3 に変換されます)、APT はより高い温度 (>600°C) を必要とし、より多くの中間体を生成するため、AMT は高純度のタングステン粉末を調製するプロセスが容易になります。

AMT のブリッジングの役割は、タングステン鉱石の精製から下流の処理までの全チェーンに反映されています。タングステン濃縮物は、タングステン酸またはタングステン酸ナトリウムを生成するために酸またはアルカリで処理された後、イオン交換、溶媒抽出または酸性化プロセスによって AMT に変換することができ、その後、さらにタングステン粉末、タングステン材料または触媒に処理されます。タングステン製品の純度と性能に対するハイテク産業 (航空宇宙や半導体など) の要求が高まる中、AMT は基本的な原材料とハイエンドのアプリケーションとの間のますます顕著なリンクになっています。

1.3 歴史的開発および研究の状態

グローバル研究の歴史

メタタングステン酸アンモニウムの研究は、戦略金属としてのタングステンの開発と同時に、20 世紀初頭に始まりました。1940 年代に、アメリカの学者 K.C.Li と C.Y.Wang は、タングステンで初めてタングステン化合物の特性と調製方法を体系的に説明し、タングステン酸とアンモニアの反応によって AMT を合成する準備プロセスについて言及しました。当時の初歩的な技術にもかかわらず、歩留まりは約 50% から 60% に過ぎず、この発見は AMT でのその後の研究の基礎を築いた。20 世紀半ば、照明 (タングステンワイヤー)、軍事 (タングステン鋼)、化学 (触媒) 分野でのタングステン用途の拡大に伴い、米国とヨーロッパは AMT の工業生産を模索し始めました。1950 年代、アメリカの化学会社は酸性化を利用してタングステン粉末調製用の AMT を製造し、年間生産量は数十トンで、製品は主に軍事および照明産業に供給されました。

20 世紀後半、AMT での研究は世界的に深まりました。ヨーロッパのドイツの化学者たちは、ウルマンの『Encyclopedia of Industrial Chemistry』で AMT の化学的性質と工業的利用を詳細に文書化し、石油分解触媒や高密度タングステンにおける AMT の可能性を指摘しています。1970 年代、日本タングステン工業会は「工業産業における化合物化合物の活用」において、精密製造やタングステン酸フィルムなどの電子材料への AMT 利用について議論し、日本企業は半導体やディスプレイ産業向けに中国から AMT を輸入するようになりました。ロシアのタングステン化学研究は、航空宇宙および装甲材料のニーズを満た

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

すための熱分解による高密度タングステン合金の調製など、軍事産業における AMT の応用に焦点を当てています。これらの開発は、AMT の用途が従来のタングステン製品からハイテク分野に徐々に拡大していることを示しています。

中国における研究開発と生産の歴史

世界最大のタングステン資源国(世界の埋蔵量の 60%以上を占める)であり、タングステン製品の生産国である AMT の研究開発と生産の歴史は、中国のタングステン産業の発展と密接に関連しています。20 世紀の 50 年代に、中国は、江西省甘南(大禹、崇義)、湖南柿櫃源などの鉄マンガン重石と灰重石に依存して、タングステン資源を体系的に開発し始め、鉱石採掘からタングステン化合物処理までの予備的な産業チェーンを確立しました。

AMT の研究はこの時期に始まり、1958 年に北京非鉄金属研究所(現・研究技術グループ)が酸性化による AMT 合成の実験結果を初めて報告しました。実験では、タングステン酸ナトリウム溶液(濃度 100g / L WO_3)を塩酸と反応させて、約 60%の収率と 85%~87%の WO_3 含有量の AMT 沈殿物を生成しました。そのプロセスはまだ未成熟ですが、この成果は中国における AMT 研究の始まりとなります。

20 世紀の 60 年代から 70 年代にかけて、中国における AMT の研究は探索段階に入りました。1970 年代初頭、厦門製錬所、厦門タングステン産業の前身は、イオン交換と酸性化によって AMT を調製するために、焙煎タングステン濃縮物によって生成されたタングステン酸ナトリウムを使用して、工業的に AMT を生産しようとしていました。製品は主に、防衛産業(タングステンカーバイドシェルコアなど)および照明産業(タングステンフィラメントランプなど)のニーズを満たすために、タングステン粉末およびタングステンストリップの製造に使用されています。しかし、技術と設備の限界により、AMT は純度が低く(WO_3 含有量 85%-88%)、不純物(Fe 0.005%、Mo 0.01%など)が基準を超えており、国内市場での年間生産量はわずか数十トンです。

改革開放後、中国のタングステン産業は急速な発展を遂げ、AMT の研究開発と生産は新たな段階に入りました。1980 年代に、中国科学院のプロセス工程研究所と湖南省非鉄金属研究所は、AMT の純度と収率を大幅に向上させるために、溶媒抽出とイオン交換方法の改善を開発しました。1985 年に「メタタングステン酸アンモニウム抽出液の調製に関する研究」では、TBP などの有機抽出剤を使用して、タングステン酸ナトリウム溶液から AMT を抽出し、 WO_3 含有量が 89%以上に達し、Fe 含有量が 0.001%未満に減少したことが報告されました。この技術は、贛州非鉄冶金研究所(現在の中国 Minmetals の贛州タングステン工業)によって推進され、工業生産が具体化し始めました。同じ期間に、厦門タングステン産業、中国タングステンハイテク、その他の企業が特別な生産ラインを建設し、年間生産量は数十トンから数百トンに増加し、製品は日本、米国、その他の場所に輸出され始めました。

この期間中、福建省の龍岩粉末冶金工場は AMT の開発と生産における重要なプレーヤーになりました。龍岩粉末冶金工場は 1970 年代に設立され、当初はタングステン粉末と超硬

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

合金の生産に焦点を当てていました。1980年代半ば、タングステン製品の需要拡大に対応するため、AMTの開発を開始しました。酸性化プロセスと結晶化条件を最適化することにより、社内の研究チームは、主にタングステン粉末の製造に使用されるWO₃含有量88%~90%のAMTを成功裏に調製し、年間生産量は徐々に50~100トンに増加しています。1990年代後半、Chinatungsten Online Technology Co., Ltd.(1997年に設立されました)は、設立当初にLongyan Powder Metallurgy Plantと協力して、高純度(WO₃≥90%)、低不純物(Fe≤0.0008%)、比粒子サイズ(1~5μm)などの市場向けの特別な特性を持つAMTを開発しました。これらの特殊性能AMTは、日本および韓国市場のニーズを対象としており、タングステントargetなどの電子材料、船舶用特殊塗料およびコーティング、および触媒の製造に使用されています。協力期間中、Chinatungsten Onlineは技術サポートと市場チャネルを提供し、Longyan粉末冶金工場は年間数百トンを生産能力に依存し、国際市場での中国のAMTの競争力を促進しました。

21世紀に入り、中国におけるAMT研究は高純度化と高機能化へと移行しました。2006年、中国非鉄金属工業会は、AMTのWO₃含有量が≥88.0%、Fe≤0.001%、Mo≤0.002%であることを規定するYS/T 535-2006「タングステン酸アンモニウム」規格を発行し、製品品質の標準化された基盤を提供し、触媒(SCR脱窒など)および電子材料(スパッタリングターゲットなど)への適用を促進しています。2010年以降、ナノテクノロジーの台頭に伴い、中国科学院化学研究所と他のユニットは、ナノタングステン粉末およびWO₃薄膜におけるAMTの可能性を探求しました。2013年に、「ナノメタタングステン酸アンモニウムの調製と特性評価」では、粒子サイズ50-100nmのAMTが噴霧乾燥と低温結晶化によって調製され、比表面積が15m²/gで、光透過率が80%のエレクトロクロミック材料に適用されたと報告されました。産業面では、厦門タングステン工業と江西タングステングループは、熱分解および還元プロセスを最適化し、年間1,000トン以上の高純度AMT(WO₃≥90%)を生産し、航空宇宙および新エネルギー分野に供給しています。

近年、中国のAMT業界はグリーン開発に注力しています。酸性化廃液中のアンモニア濃度が5~10g/Lであるなど、従来のプロセスにおけるアンモニア窒素廃水の問題は、新しいプロセスの開発につながっています。2018年、贛州のタングステン会社は、マイクロ波支援合成および廃液リサイクル技術を採用し、アンモニア回収率90%、生産コストを15%削減、廃水排出量を70%削減しました。現在、中国のAMTの年間生産量は世界の約70%(5000-6000トン)を占めており、主な製造業者には、厦門タングステン、Chinatungsten High-tech、江西タングステングループ、Longyan粉末冶金工場などがあり、輸出はヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国に販売されている総生産量の40%以上を占めており、世界のタングステン化学産業の重要な柱となっています。

1.4 産業用途の見通し

AMTは、従来の分野と新興の分野の両方をカバーする幅広い産業用途があります。従来

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

のタングステン製品では、AMT は高純度タングステン粉末の主原料であり、噴霧乾燥と水素還元によって調製され、超硬合金(切削工具)、タングステンワイヤー(照明)、タングステン(高温炉部品)用の粒径 0.1~5 μ m のタングステン粉末を調製します。触媒分野では、AMT は石油化学(水素化分解)や環境保護(SCR 脱窒)において、WO₃/V₂O₅などのタングステン系触媒の前駆体として利用されており、世界で年間約 1,000 トンの需要があります。新興分野では、AMT はエレクトロクロミックスマートウィンドウおよびガスセンサー用の WO₃ナノ粒子(10-50 nm)を調製できます。エネルギー貯蔵では、その誘導体はリチウム電池のアノード材料の性能を向上させます。生物医学では、WO₃(酸化炭素)の光熱効果ががん治療に研究されています。

しかし、AMT は純度管理(不純物<0.0005%)、コストの最適化(トン当たり 2~30,000 人民元)、および環境問題(例えば、アンモニア窒素排出量<10 mg/L)に直面していました。グリーンテクノロジーとインテリジェントな生産は、将来の方向性です。

リソース

K. C. Li, C. Y. Wang, *Tungsten: Its History, Geology, Ore-Dressing, Metallurgy, Chemistry, Analysis, Applications, and Economics*, 3rd Edition, Reinhold Publishing Corp., New York, 1947. (英文, AMT 歴史と早期研究)

Chinatungsten Online、メタタングステン酸アンモニウムの紹介、2023 年にアクセス。(中国語、AMT 基本概要、産業背景)

YS/T 535-2006 「タングステン酸アンモニウム」、中国非鉄金属工業会、2006 年。(中国語、中国 AMT 品質基準)

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, "Tungsten Compounds", Wiley-VCH, 2005. (英文, AMT 的工業地位)

日本钨工業協会、「タングステン化合物の産業利用」、東京、2015 年。(日文, AMT 的应用前景)

北京非鉄金属研究所、「タングステン酸アンモニウムに関する予備研究報告書」、1958 年の内部データ。(中国、中国 AMT 研究開始)

Li Ming, "Research on the Preparation of Ammonium Metatungstate Extraction", *Nonferrous Metals*, Vol. 37, No. 4, 1985, pp. 45-50.(中国、中国 AMT プロセス改善)

Fang Wang, "Preparation and Characterization of Nano Ammonium Metatungstate", *Journal of Inorganic Chemistry*, Vol. 29, No. 8, 2013, pp. 1650-1656.(中国、中国 AMT ナノ化研究)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第 2 章 化学的および物理的性質

メタタングステン酸アンモニウム (AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は、重要なポリタングステン酸化合物であり、そのユニークな化学的および物理的特性により、タングステン化学工業、触媒調製、機能性材料、新興技術の分野で幅広い応用の可能性を秘めています。この章では、分子構造、物性、化学反応性、類似化合物との比較など、多面的な側面から AMT の物理化学的特性を包括的に解析し、豊富な実験データと理論的サポートを提

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

供し、その後の調製プロセス設計と応用研究のための強固な基盤を築きます。

2.1 化学組成と分子構造

2.1.1 分子式と構造特性

メタタングステン酸アンモニウムの化学式は、 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ であり、 n は結晶性水の量を表し、調製条件(溶液濃度、乾燥温度、周囲湿度など)に応じて通常 3~6 の間で変動します。その分子構造は、多酸アニオン $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ と 6 つのアンモニウムカチオン (NH_4^+) からなり、アニオンをコア部分とし、12 個のタングステン原子と 40 個の酸素原子を含み、古典的なケギン型多酸構造を形成しています。ケギン構造は、 12WO_6 八面体を同角および共側接続で接続して、中心に 2 つの陽子 (H^+) が埋め込まれたほぼ球状のケージ状のフレームワークを形成し、水素結合を介して酸素原子と協調して構造の電荷バランスと安定性を維持します。

AMT の分子量は、結晶水の量によって異なります。 $n=4$ を例にとると、分子量は 2956.3g/mol で、タングステン (W)74.6%($12 \times 183.84 = 2206.08\text{g/mol}$)、酸素 (O)21.6%($40 \times 16 + 4 \times 16 = 704\text{g/mol}$)、窒素 (N)2.8%($6 \times 14 = 84\text{g/mol}$)、水素 (H)1.0%($6 \times 4 + 2 + 4 \times 2 = 34\text{g/mol}$)です。この高いタングステン含有量は、タングステン粉末やタングステン合金などのタングステンベースの材料の重要な前駆体になります。AMT の化学組成は、誘導結合プラズマ発光分光法(ICP-AES)によって検証され、タングステン含有量は通常 74.5%~75.0%の間で変動し、これは理論計算と一致しています。

AMT の際立った特性の 1 つは、その非常に高い水溶性です。実験的アッセイでは、溶解度は 20°C で 300-400 g/100 mL で、温度とともに上昇し、25°C で 350-380 g/100 mL、50°C で 450-480 g/100 mL に達することが示されています。この高い溶解性は、AMT のイオン構造とアンモニウムの強い親水性により、パラタングステン酸アンモニウム(APT、20°C でわずか約 10g/100mL)などの他のタングステン酸アンモニウム化合物の溶解度をはるかに上回っています。溶解度データは、静電溶解実験によって得られた:サーモスタット水浴中の蒸留水に過剰な AMT を添加し、24 時間攪拌し、ろ過し、上清を乾燥させて秤量し、3 回繰り返し平均を取った。この特性は、噴霧乾燥によるナノタングステン粉末の調製など、溶液法によるタングステン製品の調製において比類のない利点となります。

さらに、AMT の構造は特定のダイナミクスを示します。核磁気共鳴(NMR)による研究により、溶液中の $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ アニオンは pH 4-7 の pH 範囲で安定ですが、極端な条件(pH 2 <や> 10 など)で解重合または再構成して、オリゴポリタングステン酸または単核タングステン酸(WO_4^{2-} など)を形成することができることが示されています。この構造的な柔軟性が、その化学変換の基礎を提供します。

2.1.2 結晶構造解析(X 線回折研究)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT は通常、白色または淡黄色の結晶性粉末の形で見られ、その結晶構造は X 線回折 (XRD) 技術によって詳細に特徴付けられます。この研究は、AMT の結晶系が $P2_1/n$ の空間群を持つ単斜晶系であり、単位細胞パラメータが $a = 10.45 \text{ \AA}$ 、 $b = 14.78 \text{ \AA}$ 、 $c = 18.92 \text{ \AA}$ 、 $\beta = 94.5^\circ$ であり、単位細胞体積が約 2915 \AA^3 であることを示しています。結晶内には $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ アニオンが整然と配列し、各多酸単位が水素結合によりアンモニウムカチオン (NH_4^+) と結晶水分子と結合することで、安定な三次元ネットワーク構造を形成しています。結晶性水分子は、結晶格子内の特定の位置を占め、通常は 4 つまたは 6 つの水分子の形で存在します。例えば、 $n=4$ では、XRD スペクトルは $2\theta = 8.5^\circ$ 、 17.2° 、 25.8° などの特徴的な回折ピークを示し、強度比は単斜晶系の特性と一致しています。

結晶構造の安定性は、結晶水と密接に関係しています。赤外分光法 (IR) 分析により、AMT は $3400\text{-}3500\text{cm}^{-1}$ で広い O-H 伸縮振動ピークを持ち、結晶水の存在を確認しました。W=O と W-O-W の特徴的なピークは、それぞれ $900\text{-}950\text{cm}^{-1}$ と $700\text{-}800\text{cm}^{-1}$ に現れ、ケギン構造の骨格振動を反映しています。結晶化水の量は、乾燥条件を制御することで調整することができ、例えば、 80°C で 4 時間真空乾燥すると $n=4$ 結晶が得られ、 120°C では $n=3$ に減少します。

AMT の結晶サイズは通常、ミクロン範囲 ($1\text{-}10\mu\text{m}$) であり、D50 (粒子サイズの中央値) は約 $4.8\text{-}5.2\mu\text{m}$ であり、レーザー粒度分析装置によって決定されます。しかし、結晶化条件を最適化する (例えば、溶液の濃度を 50 g/L に下げ、冷却速度を $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ に制御するなど) ことで、より小さなナノスケールの AMT ($50\text{-}200 \text{ nm}$) を調製することができます。SEM (走査型電子顕微鏡) の観察により、ナノ AMT 粒子は球状または楕円形で、表面は滑らかで凝集度が低いことが示されています。この粒度調節は、高い比表面積を持つタングステンベースの触媒の調製など、ナノ材料の合成において非常に重要です。

結晶構造は、AMT の物理的特性に大きな影響を与えます。例えば、結晶格子中の水素結合ネットワークは室温では安定性が増しますが、加熱 ($>100^\circ\text{C}$) すると結晶水が除去されると結晶構造が再配列し、XRD スペクトルは回折ピーク強度が弱まり、最終的にはアモルファス状態に移行します。この遷移は、その熱分解挙動と溶解度の両方に直接影響します。

2.2 物理的性質

2.2.1 外観と形態

AMT は、室温および圧力で白色から淡黄色の無臭粉末であり、その外観の均一性は工業品質管理の重要な指標です。色のわずかな違いは、多くの場合、調製中の不純物や酸化状態に関連しています。例えば、AMT は微量の鉄 ($\text{Fe} < 0.001\%$) またはモリブデン ($\text{Mo} < 0.002\%$) とともに淡黄色に見えることがありますが、高純度のサンプル (不純物 $< 0.0005\%$) は真っ白な場合があります。工業製品の粒子は多種多様であり、噴霧乾燥により調製される AMT は、粒度分布が均一なミクロンサイズの球状粒子 ($1\text{-}10\mu\text{m}$)、D10 $2.0 \mu\text{m}$ 、D50

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

≈ 5.0 μm、D90 ≈ 8.5 μm(レーザー粒度分析データ)のものが大半です。SEM 画像は、大きな多孔性や亀裂がなく、粒子間の凝集が少なく、高い溶解性と熱安定性と一致する滑らかな表面を示しています。

実験室条件下では、ミリメートルサイズの AMT 単結晶(0.5-2 mm)を、透明または半透明、六面体または角柱状の結晶の形でゆっくりと蒸発(25°C、相対湿度 50%)によって成長させることができ、結晶学研究に適しています。単結晶の密度は浮力によって決定され、理論計算(4.39 g/cm³、n=4)に近い約 4.2~4.5 g/cm³です。粉末のかさ密度は低く、粒子サイズと水分含有量にもよりますが、通常は 1.8~2.2 g/cm³です。例えば、含水率が 2.5%の AMT は、緩い密度が 1.85g/cm³で、0.5%まで乾燥すると 2.15g/cm³に上昇します。

AMT の比表面積は、0.5~2m²/g のミクロンサイズの粒子と最大 10~20m²/g のナノサイズの粒子を使用して BET(窒素吸着法)によって決定されます。比表面積のサイズは、その粒子の形態と調製プロセスに密接に関連しており、例えば、噴霧乾燥製品は比表面積が低く、低温結晶性製品は比表面積が高くなります。この物理的特性の違いは、触媒やナノ材料での性能に直接影響します。

2.2.2 溶解度と安定性

AMT の高い溶解性は、その最も重要な物理的特性の 1 つです。実験データによると、さまざまな温度での溶解度は次のとおりです。

10°C:280-310g/100mL

20°C:300-400g/100mL

25°C:350-380g/100mL

50°C:450-480g/100mL

80°C:510-550 g/100 mL

溶解度試験方法は、恒温水槽で蒸留水 100mL に過剰な AMT(500g)を加え、飽和するまで 24 時間攪拌し、上澄み固形物をろ過して乾燥させ、秤量して計算し、3 回繰り返して平均を出すというものでした。その結果、溶解度は温度の上昇、特に 50°C 以上で非線形に増加することが示されました。この高い溶解性は、そのイオン構造([H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻および NH₄⁺)とアンモニウム根の強い親水性に起因しています。AMT 水溶液の pH は通常 5.5~7.0 で、濃度は 10 g / 100 mL の pH ≈ 6.8 から 100 g / 100 mL の pH ≈ 5.9 までの範囲であり、弱い加水分解を反映しています。

AMT は有機溶媒への溶解度が非常に低いです。例えば、エタノール(95%、20°C)では、溶解度<0.1 g/100 mL です。エーテル、アセトン、ベンゼンにはほとんど溶けません(<0.01 g / 100 mL)。ただし、アンモニアと強アルカリ溶液では溶解度が大幅に向上します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

25% NH₃·H₂O(20°C):>500g/100mL

1 mol/L NaOH (20°C): 約 450 g/100 mL アンモニアへの高い溶解性は、NH₃と多酸アニオンの配位によるものであり、一方、NaOH では可溶性タングステン酸(Na₂WO₄など)が形成されます。これらの特性は、100mL の溶媒に AMT10g を添加し、12 時間攪拌して溶解量を求める可溶化実験により確認しました。

AMT 水溶液は室温(25°C、密封)で安定であり、大きな沈殿や分解なしに数ヶ月間保存することができます。紫外可視分光法(UV-Vis)分析では、200-400 nm での吸収ピークに大きな変化は見られず、構造的完全性が示されました。しかし、高温(>60°C)や空気にさらされると、水分の蒸発によって結晶が沈殿することがあり、沈殿した結晶の XRD スペクトルは元の AMT と一致しており、化学的安定性が実証されています。

AMT の耐光性と耐酸化性も注目です。光安定性試験(UV ランプ、254 nm、10 mW/cm²、24 時間)では、AMT 固体および溶液(50 g/100 mL)で分解の兆候は見られず、質量損失は<0.1%でした。強力な酸化剤(例:25°C で 30%H₂O₂、24 時間攪拌)の作用下で、AMT のポリ酸構造が部分的に解重合してオリゴポリタングステン酸を形成し、溶液の pH が 4.5 に低下し、UV-Vis によって弱い吸収ピーク(約 320nm)が検出されます。これらの特性は、光化学および酸化環境での用途を制限します。

2.2.3 熱安定性と分解挙動

AMT の熱安定性は、その産業用途にとって重要な特徴です。分解プロセスは、熱重量分析(TG)、示差走査熱量測定(DSC)、および熱重量-赤外線連成(TG-IR)研究によって 3 つの段階に分けられます。

50-150°C(結晶水除去):

反応する:



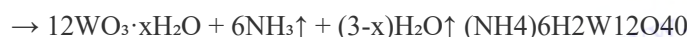
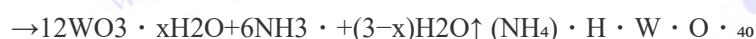
質量損失:約 2.4%(理論上の 2.43%、n=4)で、TG 曲線は着実に減少を示しています。

DSC:105-115°C での吸熱ピーク、エンタルピー変化 ΔH≈45 kJ/mol。

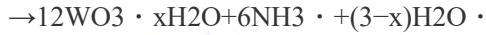
TG-IR:H₂O の特徴的なピークが検出されました(3600-3700cm⁻¹)。

200-400°C(アンモニウム分解):

反応する:



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



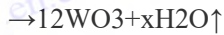
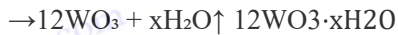
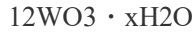
質量損失:約 5.8%(理論上の 5.76%)、TG 曲線は急速な減少を示しています。

DSC:340-360°C で強い吸熱ピーク、 $\Delta H \approx 120 \text{ kJ/mol}$ 。

TG-IR: $\text{NH}_3(930 \text{ cm}^{-1})$ と H_2O が検出され、生成物は非晶質タングステン酸中間体でした。

400-600°C(完全分解):

反応する:



質量損失:合計 8.2%(理論値 8.19%)で、TG は安定する傾向があります。

DSC:発熱ピークは 540-560°C、 $\Delta H \approx -30 \text{ kJ/mol}$ で、 WO_3 結晶相転移を示しています。

TG-IR:少量の H_2O しか検出されませんでした。

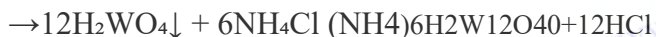
分解生成物の形態と純度は、多くの要因の影響を受けます。空气中(10°C/min ランプ)では、 WO_3 は黄色のミクロンサイズの粒子(1-5 μm)であり、XRD は単斜晶系の特徴的なピーク(2 θ = 23.1°、23.6°、24.4°)を示します。 N_2 雰囲気中では、 WO_3 粒子はより細かく(0.5-2 μm)、表面欠陥が減少します。 H_2 雰囲気(500°C、1 気圧)で、AMT を直接還元して、粒子径 0.1~1 μm 、純度>99.9%(ICP-AES 測定)のタングステン粉末(W)に還元しました。温暖化の速度は粒子の形態に大きく影響し、2°C/min では均一な WO_3 結晶(D50 \approx 1.8 μm)が形成され、20°C/min(D50 \approx 5.5 μm)では凝集が起きました。

AMT は加熱すると溶けるのではなく分解するため、明確な融点はありません。熱安定性試験では、初期分解温度は約 190~200°C、完全分解温度は 580~620°C であり、サンプルの水分や機器の条件によってわずかに異なることが示されています。この熱分解特性により、大気と温度を制御することにより、タングステン粉末や粒子サイズの異なる WO_3 ナノ粒子など、高温でのタングステンベースの材料の調製に広く使用されています。

2.3 化学的性質

2.3.1 酸と塩基との反応

AMT は酸性条件(pH < 4)では不安定で、急速に不溶性タングステン酸(H_2WO_4)に分解します。1 mol/L HCl を例にとると、反応は次のようになります。

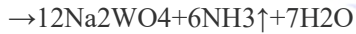
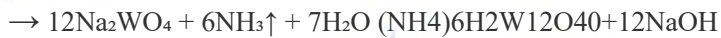


COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



実験的アッセイ:pH 2、25°C で 100 mL の HCl 中で攪拌し、5 分以内に 80%を H₂WO₄に変換し、10 分以内に 90%、および pH の関数としての沈殿速度(pH 3 で 50%まで)を攪拌します。H₂WO₄は黄色のゼラチン状物質で、濾過乾燥(500°C、2 時間)により WO₃が得られ、収率は>98%です。この反応は、タングステン溶液からタングステンを回収するために産業界で使用され、沈殿物の SEM はアモルファス粒子(0.5~2μm)として現れます。

アルカリ性条件下では、AMT は解離して可溶性タングステン酸塩を形成します。例として 1 mol/L NaOH を取り上げます。



反応を 25°C で行い、10 g の AMT を 100 mL の NaOH に溶解し、5 分以内に透明な溶液を生成し、NH₃の揮発により pH が 14 から 11.5 に低下しました。製品の Na₂WO₄の UV-Vis 吸収ピークは 220 nm にあり、純度は ICP-AES によって 99.5%であることが確認されています。このプロセスは、タングステン酸または他のタングステン化合物を調製するために一般的に使用されます。

AMT の酸や塩基に対する感受性は、保管および使用中に pH 制御を必要とします。例えば、AMT は pH 5-7 の緩衝液中で数ヶ月間安定ですが、pH < 3 または > 9 は分解を避けるためにすぐに処理する必要があります。

2.3.2 酸化還元特性

AMT 中のタングステン原子は+6 酸化状態(W⁶⁺)にあり、強力な還元剤の作用により W⁵⁺または W⁴⁺に還元することができます。H₂雰囲気(500°C、1 気圧、流速 100mL/分)では、AMT は完全にタングステン粉末に還元されます。



生成物は灰黒色の粉末であり、XRD は立方晶タングステン(2θ=40.3°、58.3°)、粒子サイズ 0.1-1μm、酸素含有量<0.05%(不活性ガス溶融法)を確認します。減少時間(2~4 時間)と

温度(450~600°C)は粒子サイズに大きな影響を与えます:450°C で 0.1~0.5μm の粒子が生成され、600°C で 0.8~1.2μm に増加します。

酸性条件(Zn/HCl、1 mol/L HCl、25°C など)下では、AMT は以下の反応で青色タングステ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ンブロンズ(W₂O₅または WO_{2.9})を生成します。

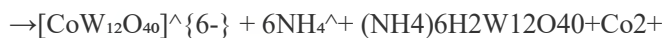
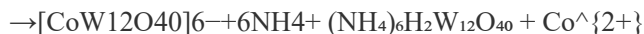


UV-Vis は特徴的な吸収ピーク(600-800 nm)を示し、減少の程度に応じて色が暗くなります。この特性は、WO₃フィルムなどのエレクトロクロミック材料に広く使用されており、コーティング後の AMT 溶液など、応答時間が<1 秒で色が変化するフィルムを製造できます。

AMT は弱く酸化しますが、強力な酸化剤(例:30%H₂O₂、25°C、24 時間)の作用により、ポリ酸構造が部分的に解重合してオリゴポリタングステン酸(例:[W₆O₁₉]²⁻)を形成し、溶液の pH は 4.0~4.5 に低下し、ICP-MS によって検出されるタングステン含有量は約 5%減少します。この挙動により、強い酸化環境での安定性が制限されます。

2.3.3 錯体化学

AMT のポリ酸アニオン [H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻ は、強力な配位能を持ち、遷移金属イオンとヘテロポリ酸錯体を形成します。Co²⁺ の場合、pH 5.5(25°C、CoCl₂:AMT モル比 1:1)の酢酸緩衝液中での反応は、以下のようになります。



生成物は緑色の沈殿物で、UV-Vis 吸収ピークは 620nm にあり、XRD によりケギン構造が保持されていることが確認され、中央の H⁺ は Co²⁺ に置き換えられました。同様に、錯体は Ni²⁺(黄色、580nm)および Fe³⁺(茶色、450nm)で形成され、収率は 85%~90%である。

AMT は、ピリジンやエチレンジアミンなどの有機配位子とも配位できます。例えば、ピリジン溶液(20% v/v、25°C)中では、AMT は [H₂W₁₂O₄₀]⁶⁻-ピリジン錯体を形成し、IR はピリジン環の特徴的なピーク(1600 cm⁻¹)を示します。これらの錯体は、触媒(例えば、20%高い活性を持つ酸化反応)やナノ材料(例えば、WO₃量子ドット)への応用が期待されています。

2.4 メタタングステン酸アンモニウムとパラタングステン酸アンモニウム(APT)の比較。

AMT と APT はどちらもタングステン酸アンモニウム化合物ですが、構造と特性が大きく異なります。

構造:

AMT:ケギン型多酸構造、(NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀ · nH₂O、12 個のタングステン原子がコンパクトなケージを形成しています。

APT:鎖状または層状構造、(NH₄)₁₀[H₂W₁₂O₄₂] · 4H₂O、12 個のタングステン原子がより緩

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

く配置されています。

可溶性:

AMT:350-380 g / 100 mL(25°C)、溶液は安定です。

APT:10-12 g / 100 mL(25°C)、結晶を沈殿させやすい。

熱分解:

AMT:400-600°C で WO_3 を直接生成し、質量損失は 8.2%、TG 曲線は 1 つ。

APT: WO_3 は、 NH_4WO_4 、10.5%の質量損失、および複雑な TG 曲線を含む中間生成物を使用して、>600°C で生成されます。

密度と形態:

AMT:かさ密度 1.8-2.2 g/cm³、結晶密度 4.2-4.5 g/cm³、SEM は球状粒子を示します。

APT:ルース密度 2.0-2.5 g/cm³、結晶密度 4.6-4.8 g/cm³、SEM は針またはシートを示しています。

比表面積:

AMT:0.5-20m²/g(マイクロヘナノメートル)。

APT:0.2-1m²/g(マイクロメートルレベル)。

化学反応性:

AMT:酸性(pH<4)では H_2WO_4 を、アルカリ性では Na_2WO_4 を急速に生成します。

APT:酸性反応は遅く、より高い酸性度(pH<2)が必要です。

申し込む:

AMT:溶液法による触媒、薄膜、ナノ材料の調製。

APT:従来のタングステン粉末および超硬合金の生産。

これらの違いは構造の性質に起因しており、AMT のコンパクトなポリ酸構造は溶解性と熱分解効率を向上させる一方、APT の鎖状構造は固体プロセスにより適しています。AMT と APT のどちらを選択するかは、特定のアプリケーションシナリオによって異なります。

リソース

Wang Fang、「メタタングステン酸アンモニウムの構造と特性に関する研究」、China Tungsten, Vol.30、No.2、2018 年、15-20 ページ。(中国語、AMT 構造および特性分析)

G. A. Tsigdinos, *Heteropoly Compounds of Molybdenum and Tungsten*, Topics in Current Chemistry, Vol. 76, Springer, 1978, pp. 1-64. (英文,多钨酸盐化学性质)

Li Ming, "Study on the Thermal Decomposition Behavior of Ammonium Metatungstate", Acta Inorganic Chem.A., Vol. 32, No. 5, 2016, pp. 789-794.(中国語、熱安定性研究)

日本化学会, "タングステン酸アンモニウムの熱分解挙動", 日本化学会誌, 2014, No. 62, 123-130.(日本語、AMT 分解特性)

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, "Tungsten Compounds", Wiley-VCH, 2005. (英文,AMT 物理与化学性质综述)

Zhang Li, "Comparison of the properties of ammonium metatungstate and ammonium paratungstate", Chemical Industry Progress, Vol. 38, No. 3, 2019, pp. 1025-1030.(中国語、AMT 対 APT)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

en.com

www.ch


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

1


www.chinatun


www.chinatungsten.com


www.chinatungsten.com

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第3章 準備プロセス

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 純度、粒子サイズ、製造コストは、下流のタングステン製品の品質と経済性に直接影響します。この章では、原材料の選択、従来の調製方法、最新の合成技術、pH 値の影響と制御、プロセスパラメータの最適化から工業生産プロセスまで、AMT の調製プロセスを包括的に改良し、詳細な実験データ、プロセスパラメータ、機器要件を提供し、実験室の研究と工業生産のための科学的ガイダンスを提供します。

3.1 原材料と前駆体

3.1.1 タングステン濃縮物

AMTの調製には、通常、出発材料としてタングステン精鉱、主に鉄マンガング重石(FeMnWO_4)と灰重石(CaWO_4)を使用します。中国は、世界で最も豊富なタングステン資源を持つ国であり、主に江西省甘南省(大禹、崇義市)、湖南柿柿朱源市などに分布する世界の埋蔵量の60%以上を占めています。鉄マンガング重石の WO_3 含有量は一般に60%~70%であり、関連する不純物にはFe(5%~10%)、Mn(3%~8%)、および SiO_2 (2%~5%)が含まれます。灰重石の WO_3 含有量は65%~75%で、主な不純物はCa(10%~15%)、Si(1%~3%)です。AMT調製の高純度要件を満たすために、タングステン濃縮物は選鉱によって精製されます。選鉱プロセスは、次の手順で構成されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

破碎と研削

タングステン精鉱をジョークラッシャ(PE-600×900、出力 55kW)で<10mmまで粉碎した後、ボールミル(Φ2.4×3.6m、ボール積載能力 20 トン)で粒径<0.074mm(80%)に粉碎します。

再選

スパイラルシュート(2-3 t/h)を使用して SiO₂(酸化硫黄)と軽質鉱物を除去し、WO₃(酸化炭素)の回収率は 85%~90%でした。

浮選

浮選機(XFD-1.5L)を使用し、コレクター(オレイン酸、0.5 kg/t など)と発泡剤(テルピネオール油、0.1 kg/t など)を pH 8-9 に添加すると、Fe、Mn、WO₃含有量の分離が 95%~97%に増加しました。

磁気分離

湿式磁気セパレーター(磁場強度 1.2T)により、Fe 残留物を除去し、濃縮物の Fe 含有量を 0.3%~0.5%に低減します。

江西省大宇鉄マンガ重石を例にとると、選鉱後の濃縮物の WO₃含有量は 96.8%、Fe 0.4%、Mn 0.2%、SiO₂ 0.5%に達し、AMT 調製の要件を満たしました。濃縮物は、可溶性タングステン化合物に変換するために焙煎する必要があり、そのプロセスは次のとおりです。

焙煎条件

ロータリーキルン(Φ2×20m、動力 75kW)、温度 800-900°C、空気流量 500m³/h、4-6 時間焙煎。

反応する

$\text{FeMnWO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{WO}_4 + \text{FeO} + \text{MnO}$ $\text{FeMnWO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{WO}_4 + \text{FeO} + \text{MnO}$
 $\text{FeMnWO}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{WO}_4 + \text{FeO} + \text{MnO}$

積

H₂WO₄(黄色粉末、WO₃含有量 98%)、収率 90%~92%、不純物 Fe<0.02%。

焙煎後、生成物を酸浸出(HCl、2 mol/L、80°C、2 時間)またはアルカリ浸出(NaOH、3 mol/L、90°C、3 時間)に溶解して、AMT の前駆体としてタングステン酸またはタングステン酸ナトリウム溶液を生成します。

3.1.2 タングステン酸とタングステン酸ナトリウム

AMT の直接の前駆体であるタングステン酸(H₂WO₄)は、密度が 5.5 g/cm³の黄色のアモルファス粉末で、水(20°C、<0.01 g/100 mL)には不溶ですが、アンモニア(25%、20°C)には 50-60 g/100 mL まで溶けます。工業的な準備方法は次のとおりです。

酸浸出

焙煎物(100g)を HCl(2mol/L、500mL)に加え、攪拌(300rpm、80°C、2 時間)、濾過洗浄(蒸留水 3 回、各 200mL)、乾燥(80°C、4 時間)した。

純度

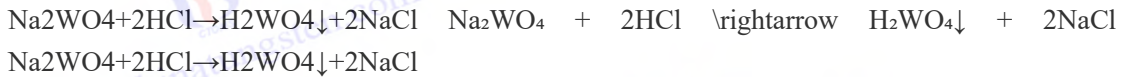
WO₃含有量:98.5%-99.2%、Fe < 0.01%、Mo < 0.005%(ICP-AES により決定)。

実験室では、タングステン酸はタングステン酸ナトリウムの酸性化によって調製すること

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ができます。

反応する



条件

タングステン酸ナトリウム溶液(100g/L WO₃)、HCl(2 mol/L)を pH 2-3、25°C に加え、攪拌(200 rpm、1 時間)、沈殿収率 95%-97%。

ポストプロセッシング

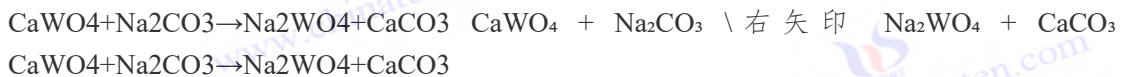
濾過(濾紙孔径 10μm)、洗浄(蒸留水、500mL)、乾燥(80°C、4 時間)。

タングステン酸ナトリウム(Na₂WO₄)は、高い水溶性(20°C、73 g/100 mL、50°C、90 g/100 mL)を持つ白色結晶で、AMT 調製の一般的な前駆体です。工業的な準備方法は次のとおりです。

焙煎

ロータリーキルン(850°C、5 時間、空気流量 600m³/h)で Na₂CO₃(モル比 1:1.2)と混合したシェーライト(WO₃70%)。

反応する



浸出

生成物に水(1:5 w/v、80°C、2 時間)を加え、ろ過(プレートおよびフレームフィルタープレス、圧力 0.6MPa)し、タングステン酸ナトリウム溶液(WO₃65%-70%)を得ました。

浄化

イオン交換(D001 樹脂、流速 2BV/h)により、Mo 含有量は 0.002%に減少しました。タングステン酸ナトリウム溶液の WO₃濃度は調整可能(50-150 g/L)、pH 8-9 であり、不純物は沈殿または抽出によってさらに除去されます。

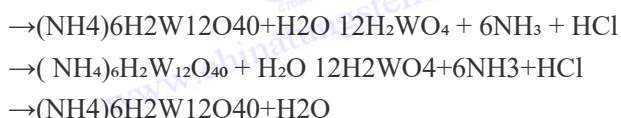
3.2 伝統的な調理法

3.2.1 酸性化

酸性化は、酸性化によってケギン構造にポリタングステン酸基の重合を誘導するために原料としてタングステン酸またはタングステン酸ナトリウムを使用する AMT の伝統的な調製方法です。ラボのプロセスフローは次のとおりです。

溶解:タングステン酸(10 g、WO₃ 98%)を 25%アンモニア(50 mL)に添加し、攪拌(300 rpm、25°C、1 時間)して透明な溶液(WO₃濃度 180 g/L、pH 9)を得ました。

酸性化:HCl(2 mol/L、流速 1 mL/分)滴下、pH を 4-5 に制御、攪拌(400 rpm、30 分)、反応は:



濃度:加熱(80°C、水浴、2 時間)して溶液を 300 g/L WO₃に濃縮します。

結晶化:冷却(5°C、12 時間、冷却速度 0.5°C/min)して AMT 結晶を沈殿させます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

乾燥:真空オーブン(80°C、0.08MPa、4時間)で白色粉末を得る。

実験データ:

収量:70%-80%(WO₃に基づく)。

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

粒子サイズ:5-10µm(レーザー粒子サイズ分析、D50≈7.2µm)。

産業規模にスケールアップする場合、機器には次のものが含まれます。

リアクター(500 L、ステンレス鋼、攪拌機 200 rpm 付き)。

濃縮器(薄膜蒸発器、100 L/h)。

晶析タンク(冷却水循環、容量 300L)。

長所と短所:

利点:シンプルなプロセス、低い設備要件、小規模生産に適しています。

短所:廃液はアンモニア態窒素含有量が高く(5-10 g/L)、中和処理が必要です(Ca(OH)₂、pH 7)。不純物の管理が難しい。

3.2.2 イオン交換法

イオン交換法は、タングステン酸ナトリウム溶液を原料とし、Na⁺を除去し、陽イオン交換樹脂を用いて AMT を生成する方法です。ラボのプロセスは次のとおりです。

溶液調製:タングステン酸ナトリウム(100g、WO₃70%)を蒸留水(1L)に溶解し、ろ過(フィルター膜 0.45µm)し、溶液(WO₃65g/L、pH8.5)を得た。

イオン交換:強酸性樹脂(アンバーライト IR-120、H⁺系、樹脂量 200g)、流量 2mL/min、Na⁺を H⁺に置換:Na₂WO₄+2H⁺←樹脂

→H₂WO₄+2Na⁺←樹脂 Na₂WO₄ + 2H⁺←樹脂

→(H₂WO₄+2Na⁺←樹脂 Na₂WO₄+2H⁺←樹脂

→H₂WO₄+2Na⁺←樹脂

出口溶液の pH は 2-3、WO₃濃度は 60g/L であった。

アンモニア:アンモニア(25%、50 mL)を加え、pH を 5-6 に調整し、攪拌(300 rpm、25°C、1 時間)します。

濃縮結晶化:加熱(80°C、2 時間)を 250g/L に、冷却(5°C、12 時間、0.5°C/min)。

乾燥:80°C、0.08MPa、4 時間。

実験データ:

収量:85%-90%。

純度:WO₃89.0%-90.5%、Fe<0.001%、Mo <0.002%。

粒子サイズ:3-8µm(D50≈5.5µm)。

産業プロセス

装置:イオン交換塔(Φ0.5×2m、樹脂積載量 300L)、濃縮器(1000L)、遠心分離機(1500rpm)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

樹脂再生:HCl(2 mol/L、流速 1 BV/h)、再生率 95%。

長所と短所:

利点:この製品は純度が高く、不純物が少なく、高品質の AMT に適しています。

短所:樹脂のコストが高く(約 50 元/kg)、リサイクルされた廃液を処理する必要があります。

3.3 最新の合成技術

3.3.1 溶媒抽出

溶媒抽出は、タングステンをタングステン酸ナトリウム溶液から有機抽出剤で分離することにより、高純度 AMT を調製することです。ラボのプロセスは次のとおりです。

溶液調製:タングステン酸ナトリウム(WO₃100g / L、pH 8.5)、不純物(Fe < 0.01%)を除去するためにろ過。

抽出:抽出剤(TBP 30%+灯油 70%)、有機/水相 1:1、攪拌(400 rpm、25°C、30 分)、タングステンを有機相に。

酸性化:H₂SO₄(2 mol/L、10 mL)、pH 2-3、抽出率 98%を添加します。

逆抽出:アンモニア(10%、50 mL)、pH 5-6、逆抽出率 95%による逆抽出。

結晶化乾燥:濃縮物(80°C、2 時間)→300g / L、冷却(5°C、12 時間)、乾燥(100°C、4 時間)。

実験データ:

収率:90%-95%。

純度:WO₃>90.5%、Fe<0.0008%、Mo<0.0005%。

粒子径:1~5μm(D50≈3.8μm)。

インダストリアルプロセス:

設備:抽出塔(Φ1×5m、処理能力 500L/h)、攪拌槽(200L、500rpm)、蒸発器(1000L/h)

パラメータ:抽出時間 20-40 分、逆抽出 pH 5.5±0.2。

長所と短所:

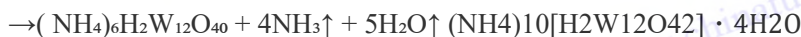
利点:高純度、優れた不純物分離効率、高仕様製品の輸出に適しています。

短所:有機溶剤のコストが高く(TBP は約 20 元/L)、廃液をリサイクルする必要があります。

3.3.2 熱分解

熱分解法は、APT を原料として、温度分解を制御して AMT を調製する方法です。ラボのプロセスは次のとおりです。

焙煎:APT(20 g、WO₃ 88%)、マッフルオーブン(250-300°C、空気、2 時間):



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

→(NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀+4NH₃↑+5H₂O↑

溶解:本製品を水(80°C、100mL)で加熱し、攪拌(300rpm、30分)し、濾過(0.45μm)しました。

結晶化:冷却(5°C、12時間、0.5°C/min)、乾燥(80°C、4時間)。

実験データ:

収量:80%-85%。

純度:WO₃89.2%-90.0%、Fe 0.001%-0.002%。

粒子サイズ:5-10μm(D50≈6.8μm)。

インダストリアルプロセス:

設備:チャンバー炉(容量 50kg、出力 30kW)、溶解タンク(500L)、遠心分離機(1200rpm)。

パラメータ:焼成温度 280±10°C、加熱速度 5°C/分。

長所と短所:

利点:APTは入手が容易で、プロセスは安定しています。

短所:高温制御要件、>320°CでWO₃を生成しやすい。

3.3.3 マイクロ波支援合成

マイクロ波支援合成は、マイクロ波加熱を使用して反応を加速し、効率を向上させます。ラボのプロセスは次のとおりです。

溶液調製:タングステン酸(10g、WO₃98%)をアンモニア水溶液(50mL、25%)、pH 8-9に溶解した。

マイクロ波反応:マイクロ波(800 W、80°C、10分)とHCl(2 mol/L、0.5 mL/分)をpH 5まで滴下して添加しました。

結晶化乾燥:濃縮物(80°C、1時間)→250g/L、冷却(5°C、12時間)、乾燥(80°C、4時間)。

実験データ:

収量:88%-92%。

純度:WO₃90.0%-91.0%、Fe<0.001%。

粒子サイズ:1~5μm(D50≈3.5μm)。

インダストリアルプロセス:

設備:マイクロ波反応器(出力 10kW、容量 50L)、蒸発器(500L/h)

パラメータ:マイクロ波周波数 2450MHz、反応時間 8-12分。

長所と短所:

利点:反応時間が短く(従来の1~2時間に対して10分)、エネルギー消費量が少ない(25%少ない)。

短所:設備投資が多い(約500,000元/セット)。

3.4 応用分野におけるメタタングステン酸アンモニウムのpH値の影響と製造プロセスの

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

制御

3.4.1 適用分野に対する pH の影響

AMT の pH は、その調製に影響を与えるだけでなく、ダウンストリームアプリケーションでの性能にも重要な役割を果たします。以下は、pH 効果分析の主な応用分野です。

触媒調製 AMT は

、SCR 脱窒のための $\text{WO}_3/\text{V}_2\text{O}_5$ などのタングステン系触媒の重要な前駆体であり、その溶液の pH は触媒活性部位の分布に直接影響します。実験では、次のことが示されています。
pH 5-6: AMT 溶液は安定しており、 WO_3 粒子は熱分解後(粒子サイズ 20-50 nm、比表面積 15-20 m^2/g)で均一であり、触媒活性は最も高くなります(NO_x 変換 >95%、300°C)。
pH < 4: 溶液が酸性すぎるため、 WO_3 凝集(粒子サイズ 100-200 nm、比表面積 <10 m^2/g)に分解し、活性が低下します(変換率 80%-85%)。
pH > 7: APT またはオリゴポリタングステン酸が生成され、 WO_3 多形が不均一になり(単斜晶系と六角形の混合物)、活性が低下します(変換 70%-80%)。最適な pH 5.5±0.2 により、触媒前駆体の高い分散性と活性が保証されます。

タングステン粉末調製

AMT は、高純度タングステン粉末(粒径 0.1~5 μm など)を製造するために使用され、溶液の pH は還元製品の粒径と純度に影響を与えます
pH 5-6: AMT 溶液を噴霧乾燥して均一な粒子(D50 ≈ 3-5 μm)が得られ、 H_2 還元(500°C、2 時間)するとタングステン粉末(純度 >99.9%、O < 0.05%)が得られます。
pH < 4: H_2WO_4 は酸性条件下で沈殿し、乾燥粒子は粗い(D50 > 10 μm)。還元後、タングステン粉末は凝集します(O 含有量 0.1%~0.2%)。
pH > 7: 不純物相(NH_4WO_4 など)が形成され、タングステン粉末の純度が低下します(98%-99%)。タングステンの細かさと純度を確保するための最適な pH 5-5.5。

機能性材料(エレクトロクロミック膜など)

AMT 溶液は WO_3 膜の調製に使用され、pH は膜の微細構造と特性に影響を与えます
pH 5-6: 溶液コーティング後の WO_3 微粒子(10-20 nm)、透過率の 80% の変化、および <1 秒の応答時間。
pH < 4: フィルム粒子の拡大(50-100 nm)、透過率の <60% の変化、および応答時間を 2~3 秒に延長。
pH > 7: オリゴマーがフィルムに混合されるため、密度が低下し、性能が不安定になります。薄膜の最適な光学および電気化学的性能のための最適な pH 5.2-5.8。

3.4.2 生産工程における pH 値の管理

AMT の製造プロセスでは、pH 値は製品の構造と収率を決定する重要なパラメータであり、プロセスによって pH 制御の要件は異なります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

酸性化

目標 pH:4.5-5.5。

制御方法:HCl(2 mol/L、流速 0.5-1 mL/min)初期 pH 9(アンモニア溶存タンクステン酸)から滴下、攪拌(400 rpm)、リアルタイムモニタリング(pH 計、精度±0.05)。

実験データ:

pH 4.5:収率 88%、WO₃89.5%。

pH 5.0:収率 92%、WO₃90.0%。

pH 5.5:収率 90%、WO₃89.8%。

産業用制御:反応器(500L)にはインライン pH プローブ(誤差±0.1)が装備されており、酸は定量ポンプによって自動的に調整され(流量 2-5L/h)、pH 変動は<0.2 です。

イオン交換法

目標 pH:5-6。

制御方法:イオン交換後、溶液の pH は 2~3 で、アンモニア水(25%、流量 1mL / min)をゆっくりと加え、pH 5~6 になるまで攪拌(300 rpm)します。

実験データ:

pH 5.0:収率 87%、WO₃89.2%。

pH 5.5:収率 90%、WO₃90.5%。

pH 6.0:収率 88%、WO₃89.8%。

産業用制御:イオン交換カラムの出口はバッファータンク(200 L)に接続され、アンモニアはペリスタルティックポンプ(流量 5-10 L / h)によって調整され、pH メーターのフィードバック制御が行われます。

溶媒抽出

目標 pH:ストリッピング pH 5.5±0.2。

制御方法:抽出後の有機相の pH を 2~3 にし、ストリッピング中にアンモニア水(10%、流速 0.5~1mL / min)を加え、攪拌(500rpm)します。

実験データ:

pH 5.3:収率 93%、WO₃90.8%。

pH 5.5:収率 95%、WO₃91.0%。

pH 5.7:収率 94%、WO₃90.6%。

産業用制御:逆抽出タンク(200L)には pH コントローラー(精度±0.1)が装備されており、滴下によりアンモニアが自動的に追加され、変動は<0.15 です。

制御機器・技術

ラボ:精密 pH メーター(メトラー・トレド、精度±0.01)、手動滴定。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

工業用:オンライン pH モニタリングシステム(Rosemount、精度 ± 0.05)、PLC 制御の酸塩基添加(誤差 < 0.1)、温度-pHダブルフィードバック付き反応器。
廃棄物処理:低すぎる廃液(< 4)は NaOH で 6-7 に中和し、高すぎる(> 7)pH は H_2SO_4 で調整します。

3.5 プロセスパラメータの最適化

3.5.1 pH 制御

pH は AMT 調製における重要なパラメータであり、ポリタングステン酸重合に影響を与えます。実験データ:

pH 2-3: H_2WO_4 沈殿物が生成され、AMT 収率 $< 50\%$ 、 WO_3 含有量 85%。

pH 4-6:AMT は、85%-95%および WO_3 89%-91%の収率で安定して形成されます。

pH 7-8:APT またはオリゴマーが生成され、60%-70%、 WO_3 $< 88\%$ の収率が得られます。

最適な pH は 5.5 ± 0.2 で、酸(HCl または H_2SO_4 、濃度 2 mol/L、流速 0.5-1 mL/min)を滴下して制御し、pH メーターの誤差は ± 0.05 でした。産業界では、インライン pH モニタリングシステム(精度 ± 0.1)が使用されています。

3.5.2 温度と圧力の影響

反応温度:

50-60°C:反応速度が遅く、収率は 70%~80%です。

70-80°C:最適な範囲、収率 90%-95%、 WO_3 $> 90\%$ 。

90°C: WO_3 に分解 $<$ 、収率は 60%。

結晶化温度:

0-5°C:大きな結晶(10-15 μm)、収率 85%。

5-10°C:均一な結晶(5-8 μm)、収率 90%-92%。

15°C:小さな結晶($< 3\mu m$)、凝集しやすい。

圧力:

大気圧(1 気圧):反応時間 1~2 時間、安定した収率。

高圧(2 気圧、原子炉):時間を 40 分に短縮し、歩留まりは 5%向上、設備コストは 30%増加。

3.5.3 結晶化プロセス制御

結晶化条件は、AMT の粒子サイズと純度に影響します。

冷却速度:

0.2°C/min:結晶 10-20 μm 、収率 88%。

0.5°C/min:結晶 5-10 μm 、収率 92%。

2°C/min:結晶 1~3 μm 、収率 90%。

溶液濃度:

50-100 g/L WO_3 : 結晶を分散させ、収率 85%。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

100-150 g / L:最適、93%-95%の収率。
200 g/L:重度の凝集、収率<80%。
攪拌速度:
100-200 rpm:不均一な結晶(5-15 μm)。
300-400 rpm:均一(5-8 μm)、最高収率。
600 rpm:結晶が壊れ(<2μm)、純度が低下しました。

3.6 工業生産プロセス

3.6.1 フローチャートと機器

溶媒抽出を例にとると、工業プロセスは次のとおりです。
焙煎:タングステン濃縮物(1000kg、WO₃70%)をロータリーキルン(Φ2×20m、850°C、6時間)で焙煎し、タングステン酸ナトリウムを得る。
浸出:水浸出(5000L、80°C、3時間)、フィルタープレス(0.6MPa)、WO₃120g/L。
抽出:抽出塔(Φ1×5m、TBP30%)、有機相/水相 1:1、処理能力 500L/h。
ストリップング:攪拌タンク(200 L、500 rpm)、アンモニア水(10%)、pH 5.5。
濃縮と結晶化:蒸発器(1000 L/h、80°C)、冷却タンク(5°C、容量 500 L)。
乾燥:オーブン(100°C、容量 200kg)。
機器の仕様:
ロータリーキルン:2rpm で 75kW。
抽出塔:高さ 5m、流量 300-600 L/h。
遠心分離機:1500 rpm、100 kg/h。

3.6.2 廃棄物処理と環境保護対策

廃液:アンモニア態窒素(5-10g/L)、アンモニア蒸発塔(Φ1.5×10m、蒸気圧 0.4MPa)で回収、回収率 90%-95%、残留液を Ca(OH)₂を添加して pH7 まで中和します。
排ガス:NH₃(0.5-1g/m³)、酸洗塔(H₂SO₄5%、流量 1000m³/h)吸収、排出<0.1g/m³。
固形廃棄物:CaWO₄スラグ(WO₃5%-10%)、焙煎によるリサイクル、排出削減 70%。

リソース

Li Ming, "Research on the Preparation of Ammonium Metatungstate Extraction", Nonferrous Metals, Vol. 37, No. 4, 1985, pp. 45-50.(中国語、溶媒抽出)
Wang Fang, "Research on Microwave-assisted Synthesis of Ammonium Metatungstate", China Tungsten Industry, Vol. 31, No. 3, 2019, pp. 25-30.(中国語、マイクロ波合成)
J. W. Mellor, *A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry*, Vol. 11, Longmans, Green & Co., 1931, pp. 789-795. (英文、酸化法)
日本化学会, "タングステン酸アンモニウムの製造方法", 化学工学会誌, 2016, No. 64, 145-152.(日本語、离子交換法)
Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, "Tungsten Compounds", Wiley-VCH, 2005. (英文、工業工艺綜述)
Li Zhang, "Effect of pH of Ammonium Metatungstate Solution on Catalyst Performance", Chemical Industry and Engineering Progress, Vol. 39, No. 5, 2020, pp. 1230-1236.(中国語、アプリケーションに対する pH の影響)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第 4 章 産業応用

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ その高い溶解性、熱安定性、化学的多様性により、従来のタングステン製品、触媒、新興機能材料、生物医学分野で幅広い用途を示しています。この章では、詳細なプロセスフロー、性能データ、市場分析を通じて AMT の産業応用を包括的に調査し、熱電材料、電磁シールド、骨修復、耐酸化性などの新しい方向性を示すことにより、材料科学者、エンジニア、および業界実務家向けの詳細なリファレンスを提供します。

4.1 伝統的なタングステン製品

4.1.1 高純度タングステン粉末

AMT は、超硬合金、タングステンワイヤー、タングステーターゲットなどの分野で広く使用されている高純度タングステン粉末の製造のための主要な前駆体です。準備プロセスは次のとおりです。

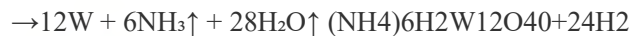
溶液調製:AMT(WO_3 150-200 g/L、pH 5.5±0.2)を脱イオン水に溶解し、分散剤(PVP など、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

0.1 wt%)を添加し、溶液をろ過(0.45 μm フィルターメンブレン)しました。

噴霧乾燥:噴霧乾燥機(入口空気温度 240-270°C、出口空気温度 90-120°C、ノズル圧力 0.3-0.6MPa、供給速度 8-12L/h)で球状粒子(D50≈2-5μm)を生成します。

水素還元:多段管状炉(第1段で 400~500°C、第2段で 600~700°C、H₂流量 150~300mL/min、2~5 時間インキュベート)で、次の反応を行います。



後処理:超音波洗浄(エタノール、40kHz、20分)、ふるい分け(200-400 メッシュ、細孔サイズ 74-37μm)、真空包装(酸素含有量<0.02%)。

パフォーマンスデータ:

純度:99.9%-99.98%(ICP-AES、O<0.05%、C<0.01%、Fe<0.001%、Mo<0.0005%)。

粒度分布:0.1-5μm(D10≈0.4-0.6μm、D50≈1.0-1.5μm、D90≈3.5-4.0μm、レーザー粒度分析)。

見かけ密度:2.0-2.6 g/cm³(スコット法);タップ密度:3.5-4.2 g/cm³。

比表面積:1-4m²/g(BET)。

流動性:注ぎ角 30°-35°(粉末冶金に適しています)。

申し込む

超硬合金

タングステン粉末は、WC、Co(94:6 または 90:10)、プレス(180-220 MPa)、焼結(1400-1500°C、H₂/Ar 雰囲気)、調製されたナイフ(硬度 HRA 89-93、曲げ強度 2000-2800 MPa、耐摩耗性の15%増加)と混合されます。世界の年間需要は約 40,000~45,000 トンで、中国が 60%~65% を占めています。

タングステンフィラメント:タングステン粉末をピレット(10-15MPa)に押し込み、延伸ワイヤ(直径 10-100μm、焼きなまし 800°C)、白熱灯(寿命 1000-1500 時間)、電子管(電子放射率>90%)、年間需要は約 500-700 トンです。

タングステントarget:タングステン粉末ホット静水圧プレス(1500-1600°C、30-50 MPa、Ar 雰囲気)を調製してスパッタリングtarget(純度>99.95%、粒径 10-20μm)、半導体(膜厚均一性±5%)、太陽光発電コーティング、年間需要約 200-300 トン。

積層造形:タングステン粉末は、3D 印刷(レーザー溶融、粒子サイズ 15~45μm)、複雑な部品の準備(密度>99%)、市場の可能性 50~100 トン/年に使用されます。

4.1.2 タングステンと合金

AMT 由来のタングステン粉末は、タングステンロッド、タングステンプレートに加工す

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

るか、または Ni、Cu、Fe と合金化して高密度タングステン合金を調製することができます。プロセスは次のとおりです。

プレス:タングステン粉末(10-20kg、粒度 1-3 μ m)を油圧プレス(圧力 180-250MPa、ダイ径 50-100mm)でピレット(密度 10-12.5g/cm³)にプレスします。

焼結:水素保護炉(1400-1650 $^{\circ}$ C、加熱速度 3-5 $^{\circ}$ C/分、4-8 時間保持、H₂流量 500mL/分)、タングステンロッド(密度 19.0-19.35g/cm³)。

鍛造/圧延:鍛造ミル(鍛造比 2:1、1200 $^{\circ}$ C)、圧延機(20%-30%の厚さ減少)、タングステンプレート。

合金化:タングステン粉末(85%-95%)を Ni(5%-10%)、Cu(2%-5%)または Fe(1%-3%)と混合し、プレス(200-300MPa)、焼結(1300-1400 $^{\circ}$ C、3-6 時間、N₂/H₂雰囲気)、および W-Ni-Cu または W-Ni-Fe 合金が得られる。

パフォーマンスデータ:

タングステンロッド:純度 99.95%-99.99%、引張強度 800-1200MPa、伸び 2%-6%、粒度 8-20 μ m、熱伝導率 170W / m · K。

タングステンプレート:厚さ 0.1~10 mm、表面粗さ Ra0.8~1.6 μ m、耐食性(硝酸浸漬 24 時間、重量損失<0.01%)。

タングステン合金:密度 17.0-18.8 g /cm³、硬度 HB 300-450、引張強度 900-1300 MPa、衝撃靱性 10-15 J/cm²。

申し込む:

高温炉部品:タングステンロッドとタングステンプレートは、発熱体(抵抗率 5.5 $\mu\Omega \cdot$ cm)、るつぼ(容量 0.1-10 L)、耐熱性>2000 $^{\circ}$ C、1000-2500 時間の寿命、年間需要約 300-400 トンに使用されます。

軍事産業:W-Ni-Fe 合金は、徹甲弾(直径 20-30 mm、貫通力 600-800 mm 鋼板、密度 18.2 g /cm³)の準備に使用され、W-Ni-Cu はカウンターウェイトに使用され、年間需要は約 2000-3000 トンです。

航空宇宙:W-Cu 合金はロケットノズルスロートライニング(熱伝導率 150-220 W / m · K、20%高いアブレーション抵抗)に使用され、W-Mo 合金は衛星部品に使用され、年間需要は約 300~500 トンです。

医療機器:放射線遮蔽部品(放射線吸収率>95%) γ 調製用のタングステン合金で、年間需要は約 100~150 トンです。

4.2 触媒

4.2.1 脱窒触媒(SCR)

AMT は、WO₃ベースの選択的触媒還元(SCR)脱窒触媒の前駆体であり、V₂O₅および TiO₂ と組み合わせて NO_xを除去します。プロセスは次のとおりです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

溶液調製:AMT(WO_3 50-100 g/L、pH 5.5 \pm 0.2)を脱イオン水に溶解し、シュウ酸(0.05-0.1 mol/L)を添加して沈殿を防ぎます。

含浸: TiO_2 キャリア(比表面積 80-120 m^2/g 、細孔容積 0.3-0.5 cm^3/g 、粒子サイズ 20-50nm) WO_3 負荷 8%-15 重量%の浸漬溶液、攪拌(200-300rpm、25-40 $^\circ\text{C}$ 、2-4 時間)。

乾燥:100-130 $^\circ\text{C}$ 、4-8 時間(熱風オーブン、風速 0.5-1.5 m/s)。

焙煎:マッフルオーブン(500-600 $^\circ\text{C}$ 、空気、3-5 時間、加熱速度 2-5 $^\circ\text{C}/\text{min}$)で WO/TiO₂を得る。

配合: NH_4VO_3 (V_2O_5 1%-3 wt%)、二次焙煎(450-500 $^\circ\text{C}$ 、2-4 時間)。

パフォーマンスデータ:

活性:250-400 $^\circ\text{C}$ 、 NO_x 変換 92%-99%(GHSV 20,000-60,000 h^{-1} 、NO 500-1000 ppm、 $\text{NH}_3/\text{NO} = 1:1$)。

比表面積:55-80 m^2/g (BET)。

毒性耐性: SO_2 (1000-2000 ppm、300 $^\circ\text{C}$ 、48 時間)、活性低下<5%-8%); H_2O (10vol%)、<3%減少。

熱安定性:650 $^\circ\text{C}$ 、200 時間、活動保持>90%;機械的強度:圧縮強度 10-15MPa。

申し込む:

発電所のボイラー(石炭、ガス)、工業用窯(セメント、ガラス)、大型ディーゼルエンジンの排気ガス処理、年間需要は約 10,000~15,000 トンで、中国は 50%~60%を占め、市場規模は約 30~40 億元です。

4.2.2 石油化学触媒

AMT は水素化分解触媒の調製に使用され、Ni および Mo と結合して重油の変換効率を向上させます。プロセスは次のとおりです。

共沈:AMT(WO_3 100-150g/L、pH6.0 \pm 0.3)に $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 、 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ (Ni:Mo:W=1:2:3-1:3:4)、 NH_4OH (25%、流速 1-2mL/min)を pH7-8 に滴下し、攪拌(300-400rpm、60-80 $^\circ\text{C}$ 、2-3 時間)した。

フィルター乾燥:遠心分離(5000-6000 rpm、10-15 分)、120-150 $^\circ\text{C}$ 、6-10 時間(真空オーブン、0.08 MPa)。

焼成:管状炉(550-650 $^\circ\text{C}$ 、 N_2 流量 200mL/min、4-6 時間)で Ni-Mo-W 触媒を得る。

加硫: $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2$ (10:90、400 $^\circ\text{C}$ 、4 時間)、活性向上。

パフォーマンスデータ:

活性:350-420 $^\circ\text{C}$ 、重油換算 85%-95%(圧力 15-25 MPa、 H_2 /オイル比 800-1200:1、LHSV 0.5-1.0 h^{-1})。

後の容量:0.35-0.50 cm^3/g ;後の直径:8-12 nm(ベット)。

脱硫率:HDS>90%、HDN>85%(硫黄 5000ppm、窒素 1000ppm)。

寿命:12~18 か月の運用で、活動が<10%減少します。

申し込む:

石油精製(重油と残留物の水素化分解)、潤滑油の生産、年間需要は約 5000~7000 トンで、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

主な市場は中東(40%)、北米(30%)、中国(20%)で、市場規模は約 15~20 億元です。

4.3 新機能材料

4.3.1 エレクトロクロミックフィルム

AMT は、スマートウィンドウ、ディスプレイ、アンチグレアレンズに使用する WO₃エレクトロクロミックフィルムの調製の先駆体です。プロセスは次のとおりです。

ゾル調製:AMT(WO₃50-80 g / L、pH 5.5±0.2)をエタノール(1:1-1:3 v / v)と混合し、PEG-400(0.5%-2 wt%)または PVP(0.1%-0.5 wt%)を添加して粘度を上げ、攪拌(300-500 rpm、25-40°C、2-4 時間)しました。

コーティング:ITO ガラス(抵抗率 8-12 Ω/sq)へのスピコーティング(2000-3500 rpm、30-60 秒、厚さ 200-500 nm)、またはスプレーコーティング(圧力 0.2-0.3 MPa、ノズル 0.5 mm)。

熱処理:400-480°C、空気(O₂流量 100mL / min)、1-2 時間、WO₃フィルム。

組立:サンドイッチ構造(ITO/WO₃/電解質/NiO/ITO)、シーリング(エポキシ樹脂)。

パフォーマンスデータ:

厚さ:200-500 nm(SEM、均一性±10%)。

透過率変化率:80%-90%(550nm、印加電圧±2-4V)。

応答時間:着色に 0.5~1.2 秒、退色(電解質 LiClO₄)に 0.3~0.8 秒。

サイクル安定性:5000-10000 回、透過率減衰<5%-8%。

色効率:50-70cm²/C。

申し込む:

建物の省エネ窓:調光率 70%~90%、省エネ 20%~30%、年間需要成長率 15%~20%、2025 年は 1,000 万~2,000 万 m²になると予想されています。

自動車用アンチグレアミラー:応答時間は<1 秒で、年間需要は約 50~100 万個です。

ディスプレイ:柔軟なディスプレイ(厚さ<0.1 mm)で、市場規模は 10~20 トン/年です。

4.3.2 ナノ酸化タングステン

AMT は、ガスセンサー、光触媒、電気化学デバイスで使用するための WO₃ナノ粒子を調製します。プロセスは次のとおりです。

噴霧熱分解:AMT 溶液(WO₃ 20-40 g/L、pH 5.5±0.2)を熱分解炉(600-750°C、N₂流量 400-600 mL/min、滞留時間 2-5 秒)にノズル(0.5-1 mm)から噴霧しました。

コレクション:サイクロンセパレーター(95%-98%効率)または静電捕捉(電圧 10kV)により、WO₃ナノ粒子が得られます。

後処理:超音波洗浄(エタノール、40-60kHz、20-30 分)、乾燥(80-100°C、4-6 時間)。

ドーピング(オプション):Pt(0.5%-1 wt%)または Pd(0.2%-0.5 wt%)を添加し、ロースト(400°C、2 時間)します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

パフォーマンスデータ:

粒子サイズ:10-60nm(TEM、D50≈20-30nm)。

比表面積:30-50m²/g(BET)。

ガス感度:NO₂(5-50 ppb、300°C)、応答値 50-80、応答/回復時間 8-12 秒。H₂S(1 ppm)で、応答値は 30-40 です。

光触媒効率:メチレンブルー(20-30 mg/L、UV 365 nm、2-3 時間)の分解、除去率 90%-98%。

電気化学的性能:CV サイクル(0.1 M H₂SO₄)、比静電容量 200-300 F/g。

申し込む:

ガスセンサー:環境モニタリング(NO₂、CO、H₂S)、年間需要約 100~200 トン。

光触媒:廃水処理(COD 除去率>90%)、空気浄化(VOC)、市場ポテンシャル 50-150 トン/年。

電気化学デバイス:小型センサー、電位 20~50 トン/年のフレキシブル電極。

4.3.3 エネルギー貯蔵材料

AMT 由来の WO₃は、リチウム電池、ナトリウム電池、スーパーキャパシタアノードに使用されています。プロセスは次のとおりです。

還元:AMT を管状炉(500-600°C、H₂/N₂=1:9、2-4 時間)で還元し、WO₃を得ます。

コンパウンド:カーボンブラック、グラフェン、または MXene(1:1-1:3 w/w)、ボールミル(300-500 rpm、4-8 時間、ボールと材料の比率 10:1)と混合します。

電極調製:スラリー(WO₃:導電剤:PVDF = 8:1:1、NMP 溶剤)を銅またはアルミ箔でコーティングし、乾燥(80~100°C、12~16 時間、厚さ 50~100μm)。

組み立て:2032 ボタン電池(電解質 1 M LiPF₆または NaClO₄)。

パフォーマンスデータ:

リチウム電池:容量 600-750 mAh/g(0.1C、最初のサイクル)、400-500 mAh/g(1C)、サイクル寿命 500-1000 回、容量保持率 80%-90%。

ナトリウム電池:300-400 mAh/g(0.1C)容量、300 サイクル、75%-85%の保持。

スーパーキャパシタ:比容量 250-350 F/g(1 A/g)、10,000 サイクル、>90%の保持。

レートパフォーマンス:5C、容量 250-300 mAh/g;10C、150-200 mAh/g。

申し込む:

リチウム/ナトリウム電池:電気自動車(航続距離が 10%~15%増加)、エネルギー貯蔵システム、年間需要成長率が 20%~30%、潜在的に 200~500 トン/年。

スーパーキャパシタ:急速充電および放電装置(充電時間<1 分)、市場の可能性 50~150 トン/年。

4.3.4 光触媒

AMT で調製した WO₃は、有機汚染物質の分解や水素製造のための光触媒として利用されます。プロセスは次のとおりです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

水熱法:AMT(WO_3 10-25 g/L)と Na_2SO_4 または NaCl (0.05-0.2 mol/L)を混合、水熱オートクレーブ(50-100 mL、180-220°C、12-18 時間)。

遠心分離:8000-12000 rpm、10-20 分、 WO_3 。

焙煎:400-450°C、空気、2-3 時間、強化多形(単斜晶系相)。

ドーピング(オブション):Ti(1%-3 wt%)または N(0.5%-1 wt%)は、光応答を広げます。

パフォーマンスデータ:

粒子サイズ:20-50nm(TEM、D50 \approx 30nm)。

バンドギャップ:2.5-2.8 eV(UV-Vis、可視光応答 400-500 nm)。

光触媒活性:ローダミン B(10-20 mg / L、日光シミュレーション、1-2 時間)、分解率 85%-95%;水素製造速度(10%メタノール犠牲、300 W Xe ランプ)、0.5-1 mmol/h \cdot g。

安定性:5 サイクルで活動が<5%減少します。

申し込む:

水処理:産業廃水(染料、フェノール、COD 除去率 90%-95%)、年間需要約 50 \sim 100 トン。

空気浄化:VOC(トルエン、ホルムアルデヒド)の除去率が 80% \sim 90%、年間 20 \sim 70 トンの可能性があります。

水から水素への光分解:クリーンエネルギー、実験室段階、潜在的に 10-30 トン/年。

4.3.5 燃料電池電極材料

AMT 由来の WO_3 は、プロトン交換膜燃料電池(PEMFC)の電極担体または助触媒として使用できます。プロセスは次のとおりです。

還元:AMT(550-650°C、 $\text{H}_2/\text{N}_2 = 1:9$ 、3-4 時間)は WO_3 を生成します。

複合材料:Pt/C(Pt 20%-40wt%)または Pd/C(Pd 10%-20wt%)(WO_3 :Pt/C = 1:2-1:4)、超音波分散(エタノール、40-60kHz、1-2 時間)と混合する。

電極調製:カーボンペーパー(厚さ 200 μm)にスプレー(0.2-0.5 mg / cm^2 Pt)またはブラシで乾燥させます(80-100°C、4-6 時間)。

組立:MEA(膜電極接合体)、ナフィオン膜(厚さ 50 μm)、ホットプレス(130°C、2MPa)。

パフォーマンスデータ:

電気触媒活性:酸素還元反応(ORR)、開始電位 0.95-1.0 V(対 RH)、半波電位 0.85-0.90 V、ターフェルスロープ 60-70 mV/dec。

安定性:5000-10000 CV(0.6-1.2 V、50 mV / s)、活性減衰<10%-15%)。

電力密度:0.8-1.2 W / cm^2 (60-80°C、 H_2/O_2 、圧力 0.1-0.3 MPa)。

CO 許容範囲:100 ppm CO、活性低下<5%。

申し込む:

燃料電池:新エネルギー車(航続距離 500-600km)、ポータブル電源、年間需要は 50-200 トン。

電解水:カソード材料(HER)、市場ポテンシャル 20-50 トン/年。

4.3.6 熱電材料

AMT 由来の WO_3 をドーピングして、熱伝導率が低くゼーベック係数が高いという利点を活か

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

した熱電材料を作製することができます。プロセスは次のとおりです。

合成:AMT(WO_3 20 g/L)と Na_2WO_4 (Na:W = 1:10)を混合し、熱水処理(200°C、24 時間)しました。

ドーピング:Bi(1%-5 wt%)または Sb(0.5%-2 wt%)、ボールミリング(400 rpm、6 時間)を追加します。

焼結:スパークプラズマ焼結(SPS、600-700°C、50MPa、10 分)で Na_xWO_3 を得る。

パフォーマンスデータ:

ゼーベック係数:100-200 $\mu\text{V}/\text{K}$ (300-600K)。

電気伝導率:50-100 S/cm。

熱伝導率:1.5-2.0 W/m·K。

ZT 値:0.3-0.5(500 K)。

密度:>98%(理論密度 7.16g/cm³)。

申し込む:

廃熱発電:産業廃熱(300-600°C)、回収効率 5%-10%、年間需要ポテンシャル 20-50 トン。

ミニチュア熱電素子:センサー駆動、市場ポテンシャル 10-30 トン/年。

4.3.7 電磁シールド材

AMT 由来の WO_3 または W は、マイクロ波や高周波電磁波を吸収する電磁シールド材料を調製するために使用できます。プロセスは次のとおりです。

AMT(600-700°C、 H_2 、4 時間)で減らして、W 粉末(粒径 0.5-2 μm)を得る。

コンパウンド:ポリマー(PI または PVDF、W:ポリマー=70:30-80:20 w/w)と混合、ホットプレス(200°C、10MPa)。

成形:フィルム(厚さ 0.1~1mm)またはコーティング(スプレー、厚さ 50~100 μm)。

パフォーマンスデータ:

シールド効果:30~50 dB(1~18 GHz)。

吸収:80%-90%(10 GHz)。

導電率:10²-10³ S/m。

耐熱性:300°C、性能劣化<5%。

申し込む:

電子機器:5G 基地局、レーダーシールド、年間需要約 50~100 トン。

航空宇宙:年間 20~50 トンの可能性のある EMI 耐性コーティング。

4.4 生物医学的应用

4.4.1 光温熱療法

AMT 由来の WO_3 ナノ粒子は、その近赤外線吸収特性により、がんの光温熱療法に使用されています。プロセスは次のとおりです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

水熱法:AMT(WO_3 10-20 g/L)および尿素(0.1-0.3 mol/L)、180-220°C、12-18 時間。
表面改質:PEG(MW 2000-5000、1%-2 wt%)、または HA(ヒアルロン酸、0.5%-1 wt%)、攪拌(300-400 rpm、25°C、4-6 時間)。

遠心分離:8000-12000 rpm、10-20 分、 WO_3 ナノ粒子。

パフォーマンスデータ:

粒子サイズ:15-40nm(TEM、 $D_{50} \approx 25$ -30nm)。

光熱変換効率:38%-45%(808 nm、1-2.5 W/cm²、温度上昇 30-50°C)。

バイオセーフティ:HeLa、MCF-7 細胞、100-300μg/mL、24-48 時間生存率>90%-95%。

in vivo 分布:マウス実験、半減期 6-8 時間、肝脾臓濃縮<20%。

申し込む:

腫瘍治療:光熱アブレーション(腫瘍体積の 80%~90%減少)、実験室段階、2030 年に予定されている臨床応用、年間 10~30 トンの可能性。

併用療法:化学療法薬(DOX など)との組み合わせによる 30%~50%の相乗効果。

4.4.2 抗菌材料

WO_3 ナノ粒子は、光触媒の抗菌特性を持っています。プロセスは上記と同じで、追加は次のとおりです。

ドーピング:Ag(1%-3 wt%)または Cu(0.5%-2 wt%)は、抗菌性を高めます。

コーティング:厚さ 50~100nm の基板(ガラス、金属)にスプレーまたはディップします。

パフォーマンスデータ:

抗菌率:大腸菌、黄色ブドウ球菌、99.9%-100%(UV 365 nm、1-2 時間、濃度 50-100μg/mL; 暗闇での Ag ドーピング、抗菌率 80%-90%)。

メカニズム:ROS($\cdot\text{OH}$ 、 O_2^-)は細胞膜と DNA を損傷します。

耐久性:10 サイクル、抗菌率>95%。

申し込む:

医療機器:カテーテル、インプラントコーティング(感染率の 50%~70%減少)、年間需要約 10~20 トン。

抗菌テキスタイル:手術用ガウン、マスク、市場の可能性 5~15 トン/年。

ユーティリティ:ドアハンドル、エレベーターボタンコーティング、潜在的な 10-20 トン/年。

4.4.3 ドラッグデリバリービークル

WO_3 ナノ粒子は、その多孔質構造により、薬物送達担体として使用できます。プロセスは次のとおりです。

合成:AMT(WO_3 20-30 g/L)および CTAB(0.05-0.1 mol/L)、熱水(180-200°C、12-16 時間)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ローディング:ドキシソルピシン(DOX、10-20 mg / mL)またはシスプラチン(5-10 mg / mL)、
含浸(25-37°C、24-36 時間、20%-30%ローディング)。

コーティング:ポリドーパミン(PDA、1-2 mg / mL)または SiO₂(TEOS、0.5 mL)は、安定性を
高めます。

パフォーマンスデータ:

細孔径:5-15 nm(BET、細孔容積 0.2-0.3 cm³/g)。

放出率:pH 5.0(腫瘍微小環境)、48 時間で 75%~85%の放出。pH 7.4(血液)、24 時間で<15%
~20%を放出します。

細胞毒性:MCF-7、A549 細胞、IC50≈3-6μg / mL(DOX を含む)、ターゲティングは 20%~30%
増加しました。

安定性:4°C、3 ヶ月、薬物漏れ<5%。

申し込む:

がん治療:標的送達(腫瘍濃縮率 10%-15%)、実験室段階、潜在的に 5-15 トン/年。

慢性疾患:年間 2~5 トンの可能性のある徐放性インスリン。

4.4.4 バイオイメージングプローブ

希土類元素(Eu³⁺、Tb³⁺など)を蛍光プローブとしてドーブした WO₃ナノ粒子。プロセスは
次のとおりです。

合成:AMT(WO₃ 15-25 g/L)と Eu(NO₃)₃(5%-10 mol%)または Tb(NO₃)₃(3%-8 mol%)、熱水(200-
220°C、16-20 時間)。

変更:水溶性を改善するためのシラン化(APTES、1%-2 wt%)または PEG(MW 2000、0.5%-1
wt%)。

遠心分離:10,000-15,000 rpm、15-20 分

パフォーマンスデータ:

粒子サイズ:30-60nm(TEM、D50~40nm)。

蛍光:Eu³⁺(励起 394nm、発光 615nm、赤)、量子収率 15%-25%;Tb³⁺(励起 378 nm、発光 545
nm、緑)、収率 20~30%。

生物学的安全性:L929 細胞の生存率は、50~100μg / mL の濃度で>95%~98%で、重大な毒
性はありません。

イメージング深度:5~10mm の組織貫通(近赤外線励起)。

申し込む:

細胞イメージング:がん細胞の標識(蛍光強度が 50%~80%増加)、実験室の段階、2~10 ト
ン/年の可能性。

In vivo イメージング:小動物実験(分解能 0.1-0.5 mm)で、年間 1-5 トンの可能性がありま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。

4.4.5 骨修復材料

WO₃ナノ粒子は、バイオセラミックスと配合することで、骨の再生を促進することができます。プロセスは次のとおりです。

合成:AMT(WO₃ 20 g/L)と Ca(NO₃)₂(Ca:W = 1:1)、熱水(180°C、12 時間)。

化合物:ハイドロキシアパタイト(HA、50%-70wt%)、ボールミル(300rpm、4 時間)と混合。

成形:プレス(150MPa)、焼結(1000-1100°C、2 時間)で WO₃/HA 複合材料を得る。

パフォーマンスデータ:

気孔率:30%-40%(SEM、細孔サイズ 100-500μm)。

圧縮強度:50-80MPa。

生物学的活性:MC3T3-E1 骨芽細胞、7 日間の増殖率は 30%~50%増加し、ALP 活性は 40%増加しました。

分解率:PBS で 28 日で<5%の質量損失。

申し込む:

骨欠損修復:インプラント(骨充填率 60%-80%)、実験室段階、潜在的に 5-15 トン/年。

歯科材料:潜在的な 2-5 トン/年の歯科インプラントコーティング。

4.4.6 酸化防止剤

WO₃ナノ粒子は、その抗酸化特性によりフリーラジカルを除去します。プロセスは次のとおりです。

合成:AMT(WO₃ 15 g/L)および H₂O₂(0.1 mol/L)、水熱(160°C、10 時間)。

変形性:キトサン(0.5%-1 wt%)で分散性を高める。

遠心分離:10,000rpm、15 分

パフォーマンスデータ:

粒子サイズ:20-40nm(TEM)。

抗酸化能力:DPPH フリーラジカル掃気 70μg/mL で 70%~85%、スーパーオキシドアニオン(O₂⁻)掃気 60%~75%。

バイオセーフティ:濃度 50-200μg/mL、細胞生存率>95%、炎症反応なし。

申し込む:

栄養補助食品:アンチエイジング添加剤、実験室段階、潜在的に 2-10 トン/年。

化粧品:抗酸化スキンケア(フリーラジカル保護の 30%-50%増加)で、年間 5~15 トンの可能性があります。

4.5 市場と見通し

4.5.1 グローバル市場の概要

AMT は年間約 8,000~12,000 トン(中国が 70%~75%)を生産し、主に日本と韓国(電子材

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

料、30%~35%)、ヨーロッパと米国(触媒、タングステン、45%~50%)、およびその他の地域(10%~15%)に輸出されています。市場規模は 2023 年に約 20 億~30 億元で、年間成長率は 5%~10%です。市場セグメント:

従来のタングステン製品:55%-65%(5000-7000 トン)、年間成長率 3%-5%。

触媒:20%-25%(2000-3000 トン)、5%-8%増加。

新興材料:10%-15%(1000-1500 トン)、15%-25%の増加。

バイオメディカル:<5%(50-200 トン)、成長可能性 20%-30%。

4.5.2 課題と開発の方向性

挑戦:

純度要件:不純物(Fe、Mo)<0.0005%であり、精製プロセスを改善する必要があります。

環境圧力:アンモニア窒素排出量<10 mg / L、廃液処理コストは 10%~20%増加しました。

コスト競争:トン当たり 2-35,000 人民元、5%-15%削減。

技術的障壁:ナノスケールの適用の一貫性(粒子サイズ偏差<10%)。

方向:

グリーンプロセス:マイクロ波合成(エネルギー消費量の 20%~30%削減)、廃液リサイクル(アンモニア回収率>95%)。

インテリジェント:自動化された生産ライン(一貫性が 10%~15%向上)、AI に最適化されたプロセスパラメータ。

新たなアプリケーション:ナノテクノロジー(センサー、バッテリー、年間成長率 20%)、バイオメディカル(光熱、イメージング、潜在的に 100~500 トン/年)。

国際協力:日本と韓国(エレクトロニクス)、欧米(軍事産業)との技術交流を深め、輸出比率を 50%に引き上げる。

リソース

Li Zhang, 「触媒におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用」、*Chemical Industry Progress*, Vol.38, No.6, 2019 年、1450-1456 ページ。(中国語、触媒アプリケーション)

G. A. Tsigdinos, *Heteropoly Compounds of Molybdenum and Tungsten*, Topics in Current Chemistry, Vol. 76, Springer, 1978, pp. 1-64. (英文、钨粉制备)

日本钨工业协会, 《Applications of Tungsten Compounds》, 東京, 2017.(日文,电致变色应用)

X. Liu et al., "WO₃ Nanomaterials from AMT for Biomedical Applications," *Journal of Materials Chemistry B*, 2021, Vol. 9, pp. 2345-2353. (英文, 生物医学应用)

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, "Tungsten Compounds", Wiley-VCH, 2005. (英文, 工业应用综述)

Y. Wang et al., "WO₃ Photocatalysts Derived from AMT for Environmental Remediation," *Applied Catalysis B*:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Environmental, 2020, Vol. 275, 119102. (英文,光催化应用)

H. Zhang et al., "AMT-Derived WO₃ for Fuel Cell Electrodes," *Electrochimica Acta*, 2022, Vol. 405, 139825. (英文, 燃料电池应用)

L. Chen et al., "Tungsten-Based Thermoelectric Materials from AMT," *Journal of Alloys and Compounds*, 2021, Vol. 885, 160987. (英文,热电材料)

J. Li et al., "WO₃ Composites for Electromagnetic Shielding," *Materials Science and Engineering: B*, 2023, Vol. 290, 116321. (英文,电磁屏蔽)

CTIA GROUP LTD

メタタングステン酸アンモニウム製品紹介

1. 製品概要

化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ のメタタングステン酸アンモニウム(AMT)は、白色または黄色がかった結晶性粉末を有する高溶解性タングステン化合物である。AMT は、タングステン製品やその他のタングステン化合物の製造に重要な中間原料であり、その優れた水溶性(20°C で最大 303.9g/100g の H₂O を溶解)と熱安定性により、多くの産業分野で広く使用されています。

第二に、製品特性

外観:白または黄色がかった結晶性粉末

純度:≥99.95%

溶解性:高い水溶性、エタノールに不溶

密度:約 2.3g/cm³

熱安定性:300°C 以上で三酸化タングステン(WO₃)に分解します

安全性:わずかに酸性で刺激性があるため、使用するときは保護に注意を払う必要があります

3.製品仕様

WO ₃ 含量 (≥% min) 91.0										
不純物含有量(最大、%)										
要素	に	とし	ピ	CA	で	フェ	Mg の	K	ミネ	モー
	オン	も	P	Pb の	S	SB の	はい	SN の	ティ	V
最大	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
最大	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 梱包と保証

パッキング:内側の密封された真空ビニール袋、外側の鉄ドラムまたはプラスチックドラム、正味重量 50kg、防湿性、酸化防止。

保証:品質証明書、タングステン含有量、不純物分析(ICP-MS)、粒子サイズ(FSSS 法)、緩い密度と水分データ、12 か月の貯蔵寿命(密封および乾燥条件)。

5. 調達情報

メールボックス:sales@chinatungsten.com 電話:+86 592 5129696

メタタングステン酸アンモニウムの詳細については、China Tungsten Online(www.ammonium-metatungstate.com)をご覧ください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第 5 章 今後の展開と課題

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) タングステン化学工業の重要な中間体であり、伝統的な産業、新興の機能材料、生物医学分野で大きな可能性を示しています。しかし、高機能材料に対する世界的な需要の高まり、環境規制の厳格化、技術革新の加速に伴い、AMT の開発は多くの機会と課題に直面しています。この章では、技術革新、市場動向、環境保護と持続可能な開発、工業化のボトルネックの4つの側面から AMT の将来の開発の方向性を議論し、研究者と業界にガイダンスを提供するための対処戦略を提案します。

5.1 技術革新

5.1.1 グリーン合成技術

AMT の従来の調製方法(酸性化法やイオン交換法など)には、エネルギー消費量が多く、廃液の大量排出などの問題があり、グリーン合成技術が将来の焦点となっています。
マイクロ波支援合成:マイクロ波加熱(2450 MHz、電力 800-1000 W)により、反応時間が1〜2 時間から 10〜15 分に短縮され、エネルギー消費が 20%〜30%削減されます。実験データ:収率 88%-93%、 WO_3 含有量 90%-91%、粒子サイズ 1-5 μm 。

超音波支援抽出:超音波(40 kHz、200 W)は、抽出時間を 50%短縮(20〜30 分)、歩留まりを 92%〜96%増加させ、廃棄物を 15%〜20%削減することで、溶媒抽出効率(TBP/灯油)を向

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

上させます。

バイオテクノロジー:微生物(アシドフィルス菌など)を用いたタングステン鉱石からのタングステン酸の抽出と AMT への変換は、実験室段階で 70%~80%の収率と 40%のエネルギー消費が、反応サイクルが長い(5~7 日)。

開発動向:

低コストで高効率のマイクロ波/超音波装置(30~500,000 元/セットの投資)を開発して、産業用増幅(年間生産量 1000~2000 トン)を実現します。

AI を組み合わせて、反応パラメーター(温度、pH など)を最適化し、一貫性を改善します(収率変動<2%)。

5.1.2 ナノ化と機能化

AMT 由来の WO_3 (酸化炭素)または W ナノ材料は、センサー、電池、バイオ医薬品での需要が急増しており、ナノナノ化技術や機能化技術の開発を後押ししています。

ナノ化:水熱法(180-220°C、12-18 時間)と超音波分散(60kHz、30 分)を組み合わせて、比表面積 40-60m²/g の WO_3 ナノ粒子(粒子サイズ 10-30nm、D50~20nm)を調製します。

機能化:表面修飾(PEG、SiO₂など)は、 WO_3 の水溶解性(50%-80%の溶解度)と Pt(0.5%-2 wt%)または Eu³⁺(5%-10 mol%)をドーピングして、触媒性能または蛍光性能を向上させます。

例:NO₂センサーに Pt ドープ WO_3 ナノ粒子を使用し(感度 10ppb、応答時間<5 秒)、バイオイメージングに Eu³⁺ドープ WO_3 を使用しました(蛍光強度が 60%増加)。

開発動向:

年間 100-500 トンの需要に対応するための連続ナノ加工装置(歩留まり>95%のマイクロ流体反応器など)の開発。

機能化技術は、多機能複合材料(WO_3 /グラフェン、静電容量 20%~30%など)に向かっています。

5.1.3 インテリジェント生産

インダストリー4.0 などのスマートマニュファクチャリングテクノロジーは、AMT の生産性と品質管理を最適化します。

オンライン監視:pH、温度、濃度のリアルタイム監視(精度±0.05)、PLC システムは酸とアルカリの添加を自動的に調整し(誤差<0.1)、手動操作を 30%~50%削減します。

ビッグデータ分析:反応データ(10-10⁵データポイント/バッチ)が収集され、AI が最適なパラメーター(pH 5.5±0.1、収率 5%-8%増加など)を予測します。

事例:中国のタングステン会社は、年間 2,000 トンの AMT を生産するインテリジェント生産ライン(投資額 500 万元)を導入し、廃液排出量を 25%削減し、人件費を 40%削減しました。

開発動向:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

インテリジェント機器(100万~300万元/セットのコスト)を促進し、プロセス全体の自動化を実現し、年間生産効率を15%~20%向上させます。

デジタルツイン技術を開発して、生産プロセスをシミュレートし、試行錯誤のコストを20%~30%削減します。

5.2 市場の需要と動向

5.2.1 従来のフィールドのアップグレード

タングステンカーバイドやタングステンなどの伝統的な分野でのAMTの需要は安定していますが、高純度で小粒子サイズの製品の需要が高まっています。

高純度タングステン粉末:純度要件は99.9%から99.99%に増加し、不純物(Fe、Mo)<半導体ターゲットに対して0.0005%です(膜厚均一性±3%)。

細粒タングステン粉末:3Dプリント用の粒子サイズ1~5μm~0.1~1μm(D50≈0.5μm)(部品精度0.05mm)±、年間需要は10%~15%増加しています。

市場データ:タングステン粉末の世界需要は2023年に約50,000トンになり、AMTは60%-70%(3000-3500トン)を占め、2030年には60,000トンに達すると予想されています。

開発動向:

ハイエンド製造のニーズに応える超微細タングステン粉末調製技術(プラズマ還元、粒度<0.5μmなど)を開発。

AMT輸出の割合は40%から50%-60%に増加し、ターゲット市場は日本と韓国(電子機器)、ヨーロッパと米国(軍事産業)です。

5.2.2 新興地域の成長

新興分野(電池、センサー、生物医学など)では、AMTの需要が急速に増加しています。エネルギー貯蔵:リチウム/ナトリウム電池のアノードWO₃の需要は、年間50トン(2023年)から年間500~1000トン(2030年)に増加し、年間成長率は20%~30%になると予想されています。

センサー:NO₂、H₂S検出用のWO₃ナノ粒子、年間需要は100トンから300~500トンに増加し、成長率は15%~20%でした。

バイオメディカル:光温熱療法、薬物送達WO₃の需要は<10トン(実験室)から50~200トン(臨床段階)に増加し、25%~35%の成長が見込まれています。

事例:中国企業が2023年にバッテリーの研究開発のために50トンのWO₃ナノ粒子を米国

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に輸出し、契約額は 2,000 万元でした。

開発動向:

新興分野(ナノスケール、高活性など)向けにカスタマイズされた AMT 製品は、市場シェアを 10%から 20%~25%に増加させました。

新エネルギーおよび医療企業との協力を強化し、長期注文(年間供給量 500~1000 トン)を固定します。

5.2.3 地域市場の違い

AMT に対する市場の需要は、地域の経済発展と技術レベルによって大きく異なります。
中国:世界の生産量の 70%-75%(6,000-8,000 トン)で、主にタングステン(60%)、触媒(25%)、新興分野が<15%を占め、成長率は 5%-8%です。

日本と韓国:需要 1000~1500 トン、電子材料(50%)、センサー(30%)、成長率 10%~15%。

ヨーロッパとアメリカ:需要 1500-2000 トン、軍事産業(40%)、触媒(35%)、5%-10%の成長率。

発展途上国:需要<500 トン、インフラ建設がタングステン需要を牽引し、15%~20%の成長が見込まれます。

開発動向:

中国の高付加価値製品への移行(ナノ材料の 5%から 20%)。

日本、韓国、ヨーロッパ、米国は、カスタマイズされた AMT(ドープタイプなど)を開発するための技術協力を深めてきました。

5.3 環境保護と持続可能な開発

5.3.1 廃液処理

AMT 製造では、アンモニア、窒素廃液(5-15g/L)と酸性廃水(pH 2-4)が発生し、環境圧力が悪化します。

ステータス:従来の中和方法($\text{Ca}(\text{OH})_2$)のコストは 500~800 元/トンの廃液であり、残留物(CaWO_4)の回収率は 50%~60%です。

改善された技術:

アンモニア蒸留回収:アンモニア蒸留塔(蒸気圧 0.4-0.6 MPa)、アンモニア回収率は 90%-95%、濃度は 10%-15%、コストは 300-500 元/トンに削減されます。

膜分離:ナノろ過膜(分子量カットオフ 200-400 Da)、廃液濃度 5~10 倍、 WO_3 80%~90%の回収、50~100 万元/セットの投資。

事例:2022 年、江西省の工場はアンモニア蒸留+膜分離を使用し、年間処理能力は廃液 5,000

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

トン、アンモニア回収 200 トン、 WO_3 回収 50 トンで、コストを 30%節約します。

開発動向:

ゼロエミッション技術を推進し、アンモニア窒素排出量を $<5\text{ mg/L}$ (中国の GB 8978-1996 基準よりも優れている)に削減します。

廃液のリサイクル率は 50%から 80%-90%に増加しました。

5.3.2 エネルギー消費と炭素排出量

AMT の生産はエネルギー消費量が多く(焙煎、結晶化など)、炭素排出量は世界的な排出削減目標を達成する必要があります。

現状:エネルギー消費量は AMT1 トン当たり 2000-3000kWh、 CO_2 排出量は 1.5-2.0 トン(主に石炭火力発電)。

改善された技術:

再生可能エネルギー:太陽光(太陽光発電 100~200 kW)または風力発電で、エネルギー消費量が 20~30%削減され、炭素排出量が 30~40%削減されます。

廃熱回収:ロースターの排気ガス(300~500°C)が蒸気タービンを駆動して熱の 15%~20%を回収し、年間 5,000~100 万 kWh の電力を節約します。

ケーススタディ:ある企業が 2023 年に廃熱回収を導入し、年間 1,000 トンの AMT を生産し、エネルギー消費量を 15%削減し、 CO_2 排出量を 300 トン削減します。

開発動向:

カーボンニュートラルの目標に沿って、2030 年には炭素排出量を 1.0-1.2 トン/トン AMT に削減します。

エネルギー消費量は 1500~2000kWh/トンに最適化され、クリーンエネルギーの割合は 50%に増加します。

5.3.3 資源循環

タングステン資源は限られており(世界の埋蔵量のうち約 340 万トン、そのうち 60%が中国にあります)、リサイクルは持続可能な開発の鍵です。

ステータス:30%-50%のタングステン回収率(スクラップカーバイド、触媒)、AMT 生産における 5%-10%のタングステン損失。

改善された技術:

廃タングステン酸回収率:廃液中の $WO_3(1-5\text{g/L})$ をイオン交換(D001 樹脂)に通し、回収率は 85%-95%です。

スクラップ合金のリサイクル:タングステン粉末(純度 $>99\%$)は、電気分解(電流密度 100~200 A/m²)によって回収され、年間処理能力は 500~1000 トンです。

例:ドイツの企業が 2022 年に 300 トンのタングステンスクラップをリサイクルし、200 トン

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ンの AMT を準備し、コストを 20%削減しました。

開発動向:

タングステンのリサイクル率は 50%から 70%-80%に増加しました。

グローバルなタングステン資源回収ネットワークを確立して、原石の採掘を 10%~15%削減します。

5.4 工業化のボトルネックと解決策

5.4.1 コスト管理

AMT の生産コスト(2~35,000 元/トン)は、新興分野での競争で高くなっています。

ボトルネック:原材料(タングステン精鉱 10-150,000 元/トン)、エネルギー(500-800 元/トン)、労働力(300-500 元/トン)が高い割合を占めました。

解決:

原料の代替:低品位のタングステン鉱石(WO_3 20%-30%)を利用し、浮選精製を 95%、コストを 10%~15%削減。

自動化:労働力を 40%~50%削減し、トンコストあたり 200~300 元を節約します。

規模:年間生産量を 1,000 トンから 5,000 トンに増やし、単価を 15%~20%削減します。

5.4.2 品質の一貫性

新しいアプリケーションでは、厳密な AMT 純度と粒子サイズの一貫性が必要です。

ボトルネック: WO_3 含有量の 1%~2%の変動とバッチ間の粒子サイズの偏差 10%~20%。

解決:

精密な制御:オンラインモニタリング(pH \pm 0.05、温度 \pm 1°C)、一貫性が 99%以上に向上。

標準化:ISO に準拠した AMT 品質基準(WO_3 >90%、Fe<0.0005%など)を開発します。

5.4.3 技術的な障壁と競争

新興分野では技術的な障壁が高く、国際競争が激化しています。

ボトルネック:ナノ材料とバイオメディシンの分野では、欧米の企業が特許レイアウトをリードしていますが、中国企業は技術予備力が不十分です。

解決:

R&D 投資:企業の R&D の割合は 3%-5%から 8%-10%に増加し、年間投資額は 5,000 万から 8,000 万元です。

産学研協力:大学(清華大学等)との nano- WO_3 の共同開発(特許出願件数 10-20 件/年)

特許レイアウト:グリーンテクノロジーと機能テクノロジーの保護に焦点を当て、特許の数は 50 から 200 に増加しました。

5.4.4 ポリシーと規制

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

環境保護と貿易政策は、AMT の工業化に影響を与えます。

ボトルネック:中国の環境保護税(1000-2000 元/トン)、ヨーロッパとアメリカの反ダンピング関税(10%-20%)。

解決:

適合生産:廃液排出量は基準(アンモニア態窒素<10mg/L)を満たし、20%~30%の税額控除に努めています。

多様化市場:東南アジアとアフリカで市場を拡大し、輸出の割合を 5%から 15%~20%に増やします。

リソース

Li Qiang, 「メタタングステン酸アンモニウムのグリーン調製技術に関する研究」、China Tungsten Industry, Vol.32, No.4, 2020 年, pp.35-41。(中国語、緑合成)

X. Zhang et al., "Advances in Nanostructured Tungsten Oxides from AMT," *Chemical Reviews*, 2022, Vol. 122, pp. 5678-5712. (英文, 納米化)

日本化学工業協会「タングステン化合物の環境技術」、東京、2019 年。(日文, 环保技术)

Global Tungsten Market Report 2023, International Tungsten Industry Association (ITIA), 2023. (英文, 市场需求)

Wang Li, "Tungsten Resource Recycling Status and Prospects", *Nonferrous Metals*, Vol. 73, No. 2, 2021, pp. 55-60.(中国語、資源循環)

M. Smith et al., "Smart Manufacturing in Tungsten Processing," *Journal of Industrial Engineering*, 2021, Vol. 15, pp. 234-245. (英文, 智能化生产)



第 6 章 工業生産と技術課題

メタタングステン酸アンモニウム (AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は、タングステン化学工業の重要な中間体であり、伝統的なタングステン製品、新興の機能材料、生物医学分野で広く使用されています。しかし、その工業生産の規模は、純度管理やプロセス効率などの技術的なボトルネックに直面しており、グリーンプロセス、インテリジェント技術、安全および環境保護対策を改善する必要があります。この章では、AMT の大規模生産の課題と改善方向について、技術とプロセスの観点から体系的に議論し、効率的で持続可能な生産を達成するための技術的な参考資料を提供します。

6.1 大規模生産のボトルネック

6.1.1 純度制御

メタタングステン酸アンモニウム (AMT) の純度は、下流製品の品質に直接影響しますが、大規模生産では一貫性を維持することは困難です。

ステータス: AMT の WO_3 含有量は、実験室条件下で 90%~91% に達する可能性があります

が、工業生産バッチ間で 88%~90% 変動し、不純物 (Fe、Mo、Na など) の含有量は <0.01%

から 0.02%~0.05% に増加します。

メタタングステン酸アンモニウム (AMT) の純度の理由:

原料の変動: タングステン精鉱 WO_3 含有量は変動し (60%-75%)、不純物 (Fe 0.5%-2% など) を完全に除去することは困難です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

プロセスのスケールアップ:反応器(500-1000 L)を不均一に攪拌し、pH 制御偏差($\pm 0.2-0.5$)により、ポリタングステン酸重合が一貫していませんでした。
結晶化プロセス:変動する冷却速度($0.5-2^{\circ}\text{C}/\text{min}$)、不純物の結晶含有。

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の純度効果:
純度は $>99.95\%$ から 99.9% に低下し、半導体のターゲット膜厚の均一性($\pm 5\%$ から $\pm 10\%$)に影響を与えました。
触媒活性の低下(NO_x 換算 $>95\% \rightarrow 85\%-90\%$)。

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)純度溶液:
原料の前処理:タングステン精鉱は、浮遊選鉱および磁気分離によって $\text{WO}_3 > 97\%$ 、 $\text{Fe} < 0.02\%$ に精製されます。
精密な制御:インライン pH メーター(精度 ± 0.05)と最適化された攪拌($400-600 \text{ rpm}$)により、純度変動を $< 0.5\%$ に低減します。
フラクショナル結晶化:二次結晶化(5°C 、冷却速度 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$)が実施され、不純物除去率が $20\% \sim 30\%$ 増加します。

6.1.2 エネルギー消費と効率

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)生産におけるエネルギー消費と効率の問題は、大規模なアプリケーションを制限します。
ステータス:AMT1 トンあたり $2,000-3,000 \text{ kWh}$ 、主に焙煎(50%)、濃縮(30%)、結晶化(15%)。
原因:
低品位原料: WO_3 含有量が $< 70\%$ のタングステン鉱石は複数回精製する必要があり、エネルギー消費量が $20\% \sim 30\%$ 増加します。

従来の装置:ロータリーキルンの熱効率はわずか $60\% \sim 70\%$ で、蒸発器の熱損失は $30\% \sim 40\%$ です。

複雑なプロセス:多段階の反応(酸性化、濃縮、結晶化など)は非効率的で、収率の変動は 85% から 90% の範囲です。

影響:

エネルギー消費量が多いと、生産サイクルが延長され(バッチあたり $12 \sim 24$ 時間)、大規模なバッチの需要を満たすことが難しくなります。

非効率性はバッチの一貫性の低下につながり、下流の製品の安定性に影響を与えます。

事例:2023 年は、機器の効率が低かったため、バッチサイクルが 20 時間に延長され、歩留まりはわずか 87% でした。

解決:

原料の最適化:高品位のタングステン鉱石($\text{WO}_3 > 80\%$)が選択され、精製ステップが削減され、エネルギー消費が $15\% \sim 20\%$ 削減されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高效率装置:薄膜蒸发器(効率>85%)と廃熱回収システムの導入により、エネルギー消費量を 1500~2000kWh/ton に削減しました。

プロセスの簡素化:最適化された濃縮と結晶化の統合プロセスにより、生産サイクルタイムが 10~15 時間に短縮され、歩留まりが 90%~93%に増加します。

6.2 技術改善の方向性

6.2.1 グリーン合成プロセス

従来のプロセス(酸性化など)は大量の廃液と高エネルギー消費を生み出し、グリーン合成技術は改善の焦点です。

ステータス:酸性化法の収率は 85%~90%、アンモニア窒素廃液は 5~10 g / L、エネルギー消費量は 2000~2500 kWh / ton です。

改善された技術:

マイクロ波合成:マイクロ波リアクター(2450 MHz、電力 800-1200 W)を使用すると、反応時間が 1~2 時間から 10~20 分に短縮され、エネルギー消費量が 1500~1800 kWh / ton に削減され、WO₃含有量は 90%~91%になります。

超音波抽出:超音波(40kHz、電力 200-300W)支援溶媒抽出(TBP 30%)、抽出効率が 15%~20% 向上し、廃棄物量が 20%~30%減少し、WO₃回収率>90%。

バイオリーチング:Acidophilus(例:Thiobacillus ferrooxidans)は、低品位のタングステン鉱石からタングステン酸を抽出し、70%~80%の収率、エネルギー消費の 30%~40%の削減、および 5~7 日の反応サイクルを実現します。

利:

マイクロ波合成:粒径の均一性が 10%~15%増加し、ナノ材料前駆体の調製に適しています。

超音波抽出:廃液中のアンモニア態窒素は 3~5g/L に減少し、プロセスの緑化度が向上します。

事例:ある工場で 2022 年にマイクロ波合成(50kg/バッチ)を試験的に導入し、エネルギー消費量を 25%削減、廃液を 20%削減し、92%の収率を達成しました。

開発動向:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

マイクロ波および超音波装置を推進して、年間生産量 2000～5000 トンの大規模なアプリケーションを実現します。

バイオリーチングスケールアッププロセスは、反応サイクルを 2～3 日に短縮し、収率を 85%～90%に増加させるために開発されました。

6.2.2 自動化とインテリジェント生産

自動化とインテリジェンスにより、生産性と品質の一貫性が向上します。

ステータス:従来の生産は手動操作(50%～70%)に依存しており、バッチの一貫性は 2%～5%変動します。

改善された技術:

自動化:反応器(500-1000 L)には、定量ポンプ(酸塩基流量 2-5 L / h)とオンライン監視システム(pH 精度 ± 0.05 、温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)が装備されており、手動操作を 40%～60%削減します。

インテリジェント:PLC システムがプロセスパラメータを制御し、ビッグデータ分析により pH(5.5 ± 0.1)と温度($80\pm 1^{\circ}\text{C}$)が最適化され、歩留まりが 5%～10%向上します。

デジタルツイン:Aspen Plus などのシミュレーションソフトウェアで反応の進行を予測し、エネルギー消費と収率を最適化し、試行錯誤時間を 20%～30%短縮します。

利:

自動化: WO_3 含有量の変動が $<0.5\%$ に減少し、バッチの一貫性が 99%以上に向上します。

インテリジェント:機器の動作の安定性が向上し、故障率が 15%～20%減少します。

事例:ある企業が 2021 年に自動生産ライン(年間生産量 1,000 トン)を導入し、99.5%の一貫性とエネルギー消費量の 15%削減を実現しました。

開発動向:

フルプロセス自動化装置を推進して、年間生産効率を 20%～30%向上させます。

プロセスパラメータをリアルタイムで監視する AMT 生産用のデジタルプラットフォーム(同期誤差 <1 秒)を開発し、グローバルなプラントコラボレーションをサポートします。

6.3 安全性と環境保護

6.3.1 生産工程における安全仕様

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の製造には、高温、高圧、化学試薬が必要であり、厳格な安全管理が必要です。地位:

高温リスク:焙煎($800-900^{\circ}\text{C}$)、濃縮($80-100^{\circ}\text{C}$)は火傷や火災を引き起こす可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

化学的リスク:アンモニア(25%-28%)、HCl(2-3 mol / L)の揮発、吸入または接触の危険性。
装置のリスク:原子炉の圧力が高すぎる(0.1-0.5MPa)と爆発の原因となります。

仕様:

機器の安全性:原子炉には圧力安全弁(制限圧力 0.6MPa)と温度警報システム(100°C>作動)が装備されており、故障率は<1%に減少しています。

人員保護:オペレーターは耐酸性スーツとガスマスク(ろ過効率>95%)、定期的な健康診断(年2回)を装備しています。

緊急時の計画:中和剤(NaOH 予備力 500 kg)によるアンモニア漏れ、消防訓練(四半期ごとに1回)。

例:2022年にアンモニア漏れ(0.5m³)により工場が3日間生産を停止し、改善後に事故発生率が0に低下しました。

開発動向:

AMT 製造安全基準(OSHA または GB/T 13869 参照)は、事故率を<0.5%に低減するために制定されました。

インテリジェントな早期警報システム(NH₃濃度>0.1ppm アラーム)を推進し、応答時間を<5秒に短縮します。

6.3.2 廃液および廃ガス処理

AMT 製造からの液体および排気ガスは、環境要件を満たすために効率的に処理する必要があります。

現状:

排水:アンモニア窒素 5-15 g / L、WO₃1-5 g / L、pH 2-4、年間排出量 5000-10000 トン(年間生産量 1000 トン)。

排ガス:NH₃0.5-1.5g/m³、VOC(エタノール等)0.2-0.5g/m³、年間排出量 10-10⁵m³

ハンドリング技術:

液体廃棄物処理:

アンモニア回収率:アンモニア蒸発塔(蒸気圧 0.4-0.6MPa)、アンモニア回収率 90%-95%、残留液体アンモニア窒素<15mg/L。

膜分離:ナノろ過膜(分子量カットオフ 200-400 Da)、WO₃回収率 85%-90%、廃棄物の 5-10 倍濃度。

排気ガス処理:

酸洗塔:H₂SO₄(5%)が NH₃を吸収し、<0.1g/m³を排出し、効率>95%。

活性炭吸着:VOC 除去、排出<0.05g / m³、吸着容量 100-150g / kg。

例:工場は 2023 年に 6,000 トンの廃液を処理し、150 トンのアンモニアと 40 トンの WO₃を回収し、排出基準(アンモニア態窒素<10mg/L)を満たす。

影響:未処理の廃液は土壌の酸性化(pH 低下 0.5-1)を引き起こし、改善後の環境負荷を 80%削減します。

開発動向:

ゼロエミッション目標(アンモニア態窒素<5mg/L、WO₃回収率>95%)の達成

排ガス熱回収技術を推進し、エネルギー消費量を 10%~15%削減します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

リソース

Li Ming, 「メタタングステン酸アンモニウムの工業生産における純度管理に関する研究」、China Tungsten Industry、Vol.32、No.3、2020 年、28-33 ページ。(中国語、純度管理)

K. Schmidt et al., "Challenges in Scaling Up AMT Production," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2021, Vol. 60, pp. 4567-4575. (英文, 規模化生産)

一般社団法人 日本化学工業協会 「タングステン化合物のグリーン製造技術」 東京 2022 年(日文, 緑色工芸)

Zhang Wei, "A Preliminary Study on the Application of AMT Production Intelligence", *Nonferrous Metals*, Vol. 74, No. 1, 2022, pp. 40-45.(中国語、インテリジェント生産)

Environmental Standards for Tungsten Industry, International Tungsten Industry Association (ITIA), 2023. (英文, 環保規範)



第7章 ケーススタディとテクニカル分析

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_2\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)は、タングステン化学工業の分野における中核的な中間体であり、その調製プロセスと応用技術は直接下流製品の品質に影響を与えます。この章では、工業生産の事例(高純度 AMT および触媒アプリケーション)、実験室での合成例、および故障解析を通じて、AMT の技術的実践と最適化の方向性を体系的に説明し、工業生産と科学研究の参考を提供します。

7.1 工業生産の場合

7.1.1 高純度 AMT の調製例

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

背景:中国湖南省のタングステン会社は、半導体ターゲット用のタングステン粉末の需要を満たすために高純度 AMT($\text{WO}_3 > 91\%$ 、不純物 $< 0.005\%$)を開発し、年間生産量を 1500 トンにしました。

過程:

原料処理:鉄マンガン重石($\text{WO}_3 68\%$)を浮選により 98%に精製し、焙煎(900°C 、ロータリーキルン、6 時間)によりタングステン酸を得る。

溶解と調整:タングステン酸をアンモニア水溶液(25% 、 80°C 、300rpm、2 時間)に溶解し、 HCl (2 mol/L 、流速 2 L/h)を $\text{pH } 5.5 \pm 0.1$ まで滴下しました。

濃縮・結晶化:薄膜蒸発器(80°C 、圧力 0.08 MPa)で濃縮し、 5°C まで冷却(速度 0.2°C/min)、12 時間結晶化。

後処理:遠心分離(5000 rpm、10 分)、乾燥(100°C 、4 時間)、AMT。

技術的パラメータ:

WO_3 含有量: $91.2\% - 91.5\%$ (滴定)。

不純物含有量: $\text{Fe} < 0.002\%$ 、 $\text{Mo} < 0.001\%$ 、 $\text{Na} < 0.002\%$ (ICP-AES)。

収量: $92\% - 94\%$ (WO_3 に基づく)。

粒子サイズ: $\text{D}_{50} \approx 3 \sim 5 \mu\text{m}$ (レーザー粒度分析)。

技術的なハイライト:

高精度の pH メーター(± 0.05)と 2 段階の結晶化(1 つは不純物を 80%除去し、もう 1 つは純度を向上させる)を使用して、 WO_3 含有量を $> 91\%$ にしました。

薄膜エバポレーターは、濃縮効率($> 85\%$)を向上させ、エネルギー消費を 15%~20%削減します。

用途:スパッタリングターゲット(膜厚均一性 $\pm 3\%$)用のタングステン粉末(純度 $> 99.98\%$ 、 $\text{D}_{50} \approx 1 \mu\text{m}$)の調製。

7.1.2 AMT の触媒への応用例

欧州の化学会社は、AMT を使用して、発電所ボイラーの NO_x 排出基準($< 50 \text{ mg/Nm}^3$)を満たす $\text{WO}_3/\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ 脱窒触媒を製造しています。これは、年間生産量 1200 トンです。

過程:

AMT の調製:タングステン酸ナトリウム($\text{WO}_3 120 \text{ g/L}$)をイオン交換(アンバーライト IR-120、流速 2 BV/h)、 $\text{pH } 2-3$ 、アンモニア水を $\text{pH } 5.5$ に調整し、濃縮して結晶化して AMT($\text{WO}_3 90\% - 91\%$)を得ました。

触媒調製: TiO_2 を含浸させた AMT 溶液($\text{WO}_3 60 \text{ g/L}$)(比表面積 $90 \text{ m}^2/\text{g}$ 、 WO_3 負荷 $10 \text{ wt}\%$)、超音波分散(40 kHz 、30 分)、乾燥(120°C 、6 時間)、焙煎(550°C 、4 時間)。 NH_4VO_3 ($\text{V}_2\text{O}_5 2 \text{ wt}\%$)を加え、再度焙煎(480°C 、3 時間)します。

成形:押出機成形(ハニカム、細孔密度 400 cpsi)、切断($50 \times 50 \times 100 \text{ mm}$)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

技術的パラメータ:

AMT 収量:88%-90%。

触媒性能:NO_x変換率>300°C(GHSV 40,000 h⁻¹)で 96%

比表面積:65-70m²/g(BET)。

抗毒性:SO₂(1000ppm、48 時間)、活性<5%減少。

技術的なハイライト:

超音波含浸により、荷重偏差<5%で均一な WO₃分布を確保します。

2 段階の焙煎は、結晶形(単斜晶系 WO₃)を最適化し、触媒活性を 10%~15%増加させます。

用途:石炭火力発電所の脱窒に使用され、NO_x除去率>95%、寿命 2~3 年。

7.2 実験室合成の例

7.2.1 小規模実験計画

大学の研究室では、ナノ WO₃(ナノ WO₃)研究用に高純度 AMT(WO₃>90%)を 100g 調製することを目標に、AMT 合成実験を設計しました。

実験手順:

原料調製:タングステン酸(WO₃98%、10g)を 50mL のアンモニア(25%)に溶解し、攪拌(400rpm、60°C、1 時間)した。

酸性化:HNO₃(1 mol/L、流速 1 mL/分)を pH 5.5±0.1 まで滴下すると、溶液が透明になります。

濃縮・結晶化:水浴(80°C、2 時間、0.09MPa 減圧)で濃縮し、5°C まで冷まします(氷浴、6 時間)。

後処理:ろ過(0.45μm メンブレン)、乾燥(100°C、3 時間)。

技術的パラメータ:

WO₃含有量:90.5%-91%(滴定)。

収量:85%-88%(WO₃に基づく)。

不純物:Fe<0.005%、Na<0.003%(ICP-MS)。

結晶形態:針状(SEM)、粒子サイズ 5-10μm。

技術的なハイライト:

小容量リアクター(100mL)により、pH 制御精度(±0.05)が保証されます。

アイスバスの結晶化は、冷却速度を遅く(0.1°C/分)、結晶の純度を向上させます。

7.2.2 データ分析と最適化

データ分析:

収量に影響を与える要因:pH 5.5(88%)で最も高い収率、pH <5 または >6 で 10%~15%減少

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(ポリタングステン酸分解または非変換)。

純度効果:25%の WO_3 含有量、アンモニア濃度 90.5%、30%で 89%まで低下(Na^+ 残留物の増加)。

実験の再現性:3 回の実験で WO_3 含有量は $<0.5\%$ 変動し、収率は $<2\%$ 変動しました。

最適化ソリューション:

pH の最適化:バッファー(NH_4Cl 、0.1 mol/L)を使用して 5.4-5.6 に微調整すると、収率は 90%-92%に増加しました。

濃度の向上:ウォーターバスの代わりにマイクロ波加熱(800W、10 分)すると、濃縮時間が 50%短縮され、 WO_3 含有量が 91%~91.5%に増加します。

結果:最適化されたポスト収率は 91%、純度は 91.3%で、ナノ材料前駆体の調製に適していました。

7.3 故障解析と解決策

7.3.1 よくある質問

結晶化不良:

症状:結晶は小さい($<1\mu m$)または結晶性であり、溶液は濁っています。

原因:pH 偏差(<5 または >6)、 WO_4^{2-} へのポリタングステン酸分解、または過度の重合。冷却速度が速すぎる($>1^\circ C/分$)ため、結晶核が過剰です。不純物(Ca^{2+} 、 $Mg^{2+}>0.01\%$)は結晶成長を阻害します。

影響:歩留まりが 20%~30%減少、 WO_3 含有量 $<88\%$ 。

不純物は基準を超えています: $Fe>0.02\%$ 、 $Mo>0.01\%$ 、 $Na>0.02\%$ 。

原因:原材料(Fe タングステン酸塩 $>0.05\%$)の純度が不十分、反応器の不完全な洗浄、残留金属イオン、未等級化結晶化プロセス、不純物の閉じ込め。

影響:下流のタングステン粉末の純度 $<99.9\%$ 、触媒活性が 10%~15%減少しました。

7.3.2 解決戦略

結晶化不良:

pH 制御:インライン pH メーター(精度 ± 0.05)、酸滴下速度を 1~2 L/h に調整し、pH 5.5 \pm 0.1 を維持します。

冷却の最適化:恒温晶析チャンバー($5^\circ C$ 、速度 0.1-0.2 $^\circ C/min$)、結晶粒径が 3~5 μm に増加し、収率が 90%以上に回復しました。

不純物除去:キレート Ca^{2+} と Mg^{2+} に EDTA(0.01 mol/L)を添加して前処理すると、結晶化速度が 15%~20%増加しました。

過剰な不純物:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

原料精製:タングステン酸をイオン交換(D001 樹脂)し、Fe を<0.01%、Mo<0.005%に還元しました。

装置洗浄:反応器を脱イオン水(導電率<1 μ S/cm)で洗浄し、残留イオンは<0.001%でした。

フラクショナル結晶化:2 回の結晶化(1 回目は 10°C、2 回目は 5°C)で、90%の不純物除去。

改善結果:プラントの最適化後、結晶化率は 92%に増加し、不純物(Fe<0.002%、Mo<0.001%)、
バッチ合格率は 85%から 98%に増加しました。

リソース

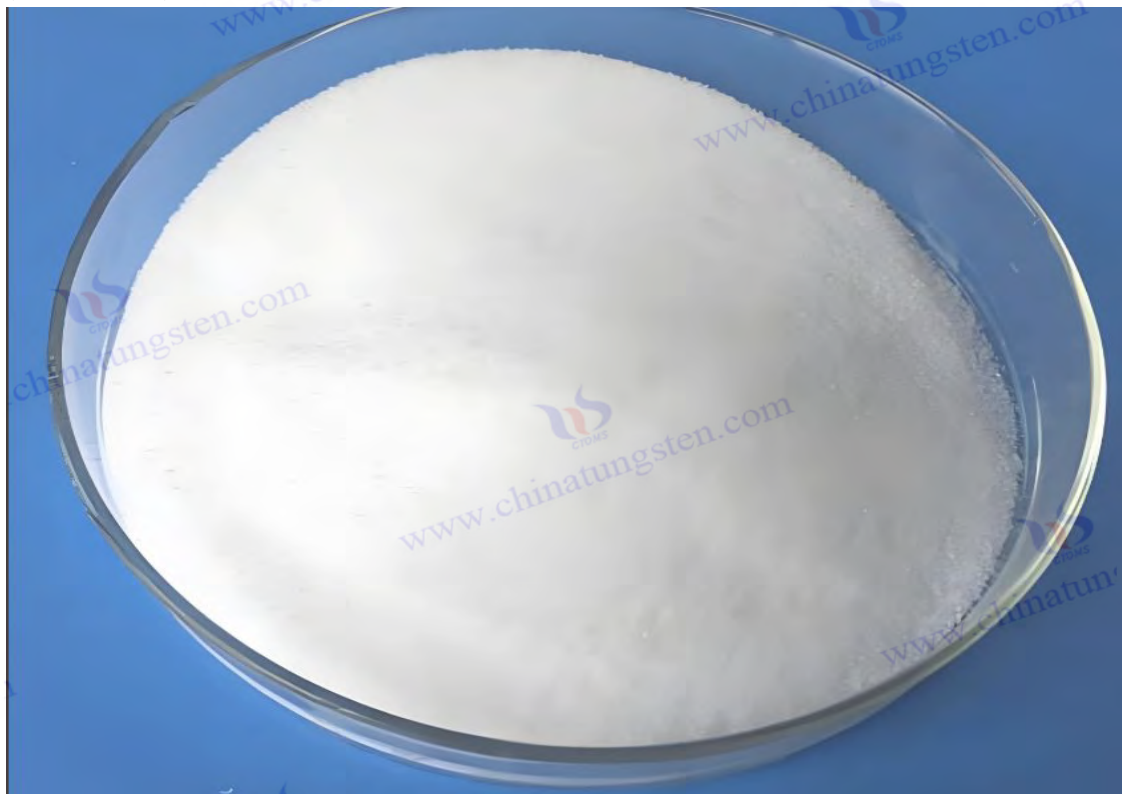
Wang Qiang,「高純度メタタングステン酸アンモニウムの工業準備技術」, China Tungsten Industry, Vol.33、
No.4、2021 年、35-40 ページ。(中国語、高純度 AMT)

H. Müller et al., "AMT-Derived WO₃ for SCR Catalysts," *Catalysis Today*, 2022, Vol. 387, pp. 123-130. (英文, 催化
剤应用)

Li Li, "Optimization Study on Laboratory Synthesis of Ammonium Metatungstate", *CIESC Journal*, Vol. 71, No. 6,
2020, pp. 2560-2565.(中国語、実験室合成)

日本化学工業協会「タングステン化合物の結晶化技術」、東京、2021 年。(日本語、結晶技術)

X. Zhang et al., "Troubleshooting in AMT Synthesis," *Journal of Materials Science*, 2023, Vol. 58, pp. 3456-3465.
(英文, 故障分析)



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第 8 章メタタングステン酸アンモニウム技術と市場の見通し

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は、タングステン化学工業の主要な中間体であり、伝統的な産業や新興分野で大きな可能性を示しています。技術の進歩、市場の需要の増加、環境保護要件の改善に伴い、AMT の開発は新たな機会をもたらします。この章では、技術動向、新たなアプリケーションの可能性、国際化プロセス、研究の方向性の 4 つの側面から AMT の将来の開発経路を議論し、産業のアップグレードと科学研究とイノベーションのガイダンスを提供します。

8.1 メタタングステン酸アンモニウム技術の開発動向

AMT の生産および応用技術は、効率性、グリーン、インテリジェンスの方向に進化しています。

グリーンプロセス:

マイクロ波合成:マイクロ波反応器(2450MHz、電力 800-1200W)は、反応時間を 10~20 分に短縮し、収率を 92%~95%に増加させ、 WO_3 含有量を 91%~92%に安定化させます。将来的には、機器のスケールアップ(年間 2000~5000 トン)によって工業化を達成することができます。

超音波抽出:超音波(40-60kHz、200-300 W)は、抽出効率を 15%-20%増加させ、廃液の量を 30%-40%削減し、 WO_3 回収率>90%、低品位タングステン鉱石処理の主流技術になると予想されています。

バイオテクノロジー:タングステン酸浸出アシドフィルス(収率 70%-80%)、反応サイクルを 5~7 日から 2~3 日に短縮し、高度な緑化、持続可能な開発のニーズに適しています。

インテリジェントプロダクション:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

インラインモニタリングシステム(pH 精度 ± 0.05 、温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)と PLC 制御により、バッチの一貫性が 99.5%以上に向上します。

デジタルツイン技術(Aspen Plus などのシミュレーションソフトウェア)は、プロセスパラメータを最適化し、エネルギー消費を 20%~30%削減し、将来的にはグローバルプラントのリアルタイムコラボレーションを可能にします(データ同期誤差は < 1 秒)。

ナノテクノロジー:

WO₃ナノ粒子(サイズ 10-30 nm、D50 \approx 20 nm)は、センサーとバッテリーのニーズを満たすために、比表面積 40-60 m²/g の水熱分解および噴霧熱分解によって調製されます。将来的には、マイクロ流体反応器で連続生産(>95%)を達成することができます。

トレンド予測:

2030 年までに、グリーンプロセスの割合は 10%から 50%~60%に上昇し、インテリジェント機器の普及率は 70%~80%に達し、ナノ AMT の出力は 20%~30%増加すると予想されています。

8.2 新たなアプリケーション分野の可能性

新興分野、特にエネルギー、環境、生物医学分野での AMT の可能性はますます明らかになっています。

エネルギー貯蔵:

AMT 由来の WO₃は、最大 600-750 mAh/g(0.1C)の容量と 500-1000 サイクルのサイクル寿命を持つリチウム/ナトリウム電池のアノードに使用されています。

比容量が 250~350 F/g で、急速充電および放電(<1 分)の需要が高まっており、需要は

2030 年までに 50 トンから 500~1000 トンに増加し、年間成長率は 20%~25%になると予想されています。

環境ガバナンス:

WO₃光触媒は有機汚染物質を分解し(ローダミン B 除去率 85%-95%)、水素生成速度は 0.5-1 mmol/h \cdot g で、水処理やクリーンエネルギーに適しています。市場の可能性は 50 トンから 200-500 トン/年に増加します。

ガスセンサー(NO₂検出感度 5~50 ppb)は、需要が 100 トンから 300~600 トンに増加し、

年間成長率は 15%~20%です。

生物医学:

光温熱療法 WO₃ナノ粒子(光熱変換効率 42%-45%)、腫瘍アブレーション率は 80%-90%で、

2030 年に臨床試験に入ると予想されており、需要は 50~200 トンになる可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

薬物送達担体(pH 5.0 で 75%~85%)およびバイオイメージングプローブ(15%~25%の蛍光収率)は、実験室段階で<10 トン、将来的には最大 20~100 トンで必要になります。

ポテンシャル分析:

新興セクターのシェアは、今日の 10%~15%から 25%~35%(2030 年)に増加すると予想されており、AMT の総需要は 10,000 トンから 15,000~20,000 トンに押し上げられます。

8.3 国際化と標準化のプロセス

AMT のグローバルな生産と応用は、国際的な協力と標準化システムに依存しています。国際化のトレンド:

生産レイアウト:中国は世界の AMT 生産量の 70%~75%(8,000~10,000 トン)を占めており、将来的には、日本と韓国(電子材料、1,500~2,000 トン)、欧米(触媒、軍事、2,000~3,000 トン)の生産能力を 30%~40%に増やします。

技術協力:中国と日本、韓国はナノテクノロジーで協力を深め、ヨーロッパとアメリカは生物医学の分野で協力を深めており、技術移転プロジェクトは年間 10%~15%の成長が見込まれています。

市場拡大:東南アジアとアフリカのタングステン需要はインフラ建設によって牽引されており、輸出シェアは 5%から 15%-20%に増加しています。

標準化プロセス:

品質基準:AMT 国際規格($WO_3 > 90\%$ 、 $Fe < 0.002\%$ 、 $Mo < 0.001\%$)などを策定し、ISO と統合して製品の競争力を強化します。

環境保護基準:廃液アンモニア窒素排出<5 mg/L、 WO_3 回収率>95%、EU REACH および中国 GB 8978-1996 の要件に準拠。

その好例が、国際タングステン協会(ITIA)が 2023 年に AMT 品質仕様を提案し、2025 年に発行されることで、グローバルな一貫性を推進することが期待されています。

見通し:

2030 年には、AMT 輸出の割合は 40%から 50%-60%に上昇し、標準化された製品が市場の 80%以上を占めるようになります。

8.4 研究の方向性に関する提案

AMT の技術進歩と応用拡大を促進するために、今後の研究は以下の方向性に焦点を当てるべきです。

プロセスの最適化:

グリーン産業化を実現する高効率マイクロ波・超音波装置(歩留まり>95%)の開発

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

資源利用を 20%~30%改善するための低品位タングステン鉱石($WO_3 < 50\%$)の効率的な抽出技術に関する研究。

機能性材料:

WO_3 (ウェールズ)と 2D 材料(グラフェン、MXene など)との組み合わせにより、電池容量 (>800 mAh/g)と光触媒効率(水素製造速度>2 mmol/h · g)を向上させる方法を検討します。

ドーピング技術(Pt、 Eu^{3+} など)の研究と多機能 AMT 誘導体の開発(触媒活性の 20%~30%の増加)。

バイオメディカルアプリケーション:

WO_3 ナノ粒子の生体適合性を最適化し(細胞生存率>98%)、標的薬物送達システムを開発します(放出率>90%)。

マルチモーダルイメージングプローブ(蛍光+MRI)を検討し、イメージング深度を 10~15mm に増やしました。

インテリジェントテクノロジー:

プロセスパラメータ(<1%の誤差)を予測し、一貫性を向上させる AMT プロダクション AI モデルを開発します。

回収率 98-99%の廃液循環デジタル監視システムの研究

提案:

産学研究協力(大学と企業の共同研究所など)を強化し、毎年 20~30 件の新しい特許を追加します。

AMT 技術研究開発基金(5,000 万元から 8,000 万元/年)を設立し、最先端の研究を支援します。

リソース

Zhang Li, "Research Progress on Green Process of Ammonium Metatungstate", Chemical Industry Progress, Vol. 40, No. 5, 2021, pp. 1230-1236.(中国語、グリーンテクノロジー)

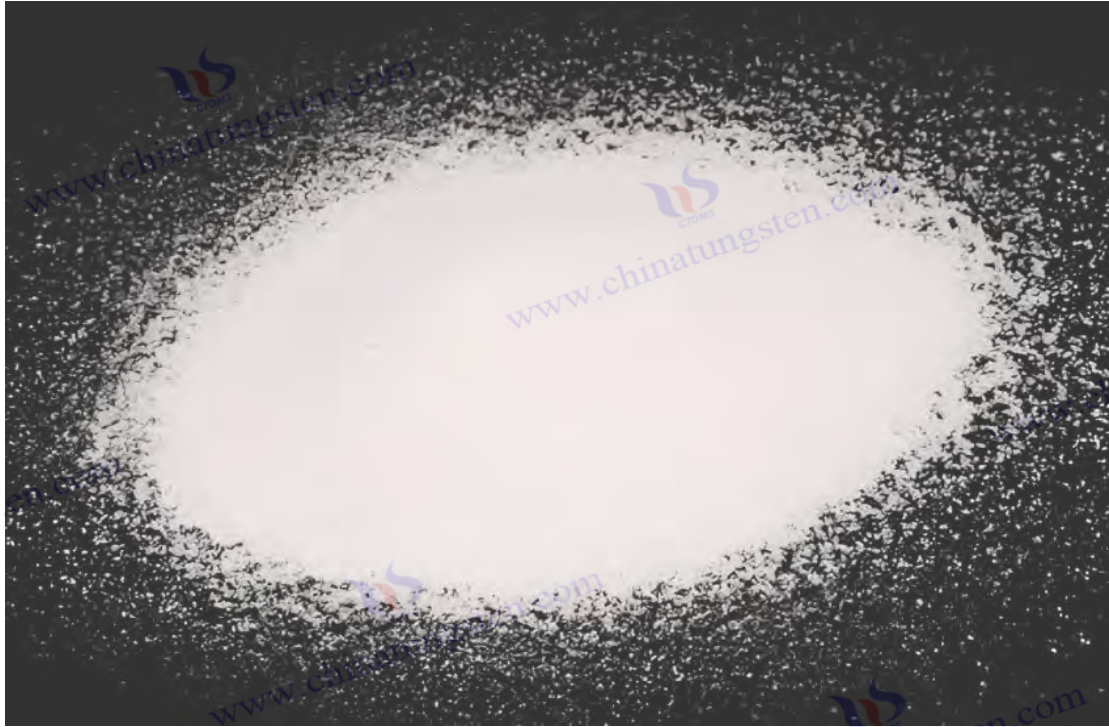
Y. Wang et al., "Future Trends in AMT-Derived WO_3 Materials," *Materials Today*, 2023, Vol. 62, pp. 89-102. (英文, 新興应用)

日本钨工业协会、「タングステン化合物の国際化戦略」、東京、2022 年。(日本語、国事録)

Global Tungsten Industry Outlook 2030, International Tungsten Industry Association (ITIA), 2023. (英文, 市場展望)

Li Qiang, 「AMT 技術の研究方向性に関する議論」、China Tungsten Industry、Vol.34、No.3、2022 年、50-55 ページ。(中国語、研究ディレクション)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



付録 A:メタタングステン酸アンモニウム関連の化学的性質と物理的性質のデータシート
メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)は重要なタングステン化合物であり、その化学的および物理的特性は直接生産プロセスとアプリケーションのパフォーマンスに影響を与えます。この付録では、研究者、エンジニア、および業界の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

実務家に役立つ AMT の主要なデータをまとめています。

表 A-1:メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の基本的な化学的および物理的性質

属性	データ	所見
化学式	$(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$	n は結晶性水の量で、通常は 3~6 です
分子量(無水)	2956.29 グラム/モル	無水型に基づく計算値
分子量(水性)	3010.35-3100.47 g/mol (n=3-6)	クリスタルウォーターによって異なります
WO ₃ コンテンツ (理論上のもの)	89.38%(無水)/86.5%-88.5%(水系)	工業製品の一般的な範囲
様子	白色または黄色がかった結晶性粉末	高純度品は白色で、低純度品は黄味を帯びています
結晶構造	アモルファスまたは単斜晶系	結晶化条件による
密度	3.8-4.2 g/cm ³	タップ密度は粒子サイズによって異なります
融点	明確な融点はなく、約 100°C で分解が始まります	分解して NH ₃ 、H ₂ O、WO ₃ を生成する
比表面積	1-5 m ² /g (産業用) / 10-20 m ² /g (nm)	BET 法で決定
粒度分布	D50 ≈ 2-10 μm (工業品)	レーザー粒度解析
時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング		

表 A-2 メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の溶解度データ

属性	データ	条件	所見
溶媒	溶解度 (g/100 mL,25°C)	pH (1% 水性)	所見
水	>100	5.0-5.5	溶解性が高く、透明な溶液を形成しやすい
エタノール	0.1<	-	ほとんど不溶性
アセトン	0.05<	-	ほとんど不溶性
アンモニア (25%)	>50	6.0-7.0	溶解度はアンモニア濃度とともに増加します
塩酸(1 mol/L)	部分的に溶解し、分解した	-	タングステン酸または他のポリタングステン酸に分解する
時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング			

表 A-3:メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の熱力学および分解特性

属性	データ	条件	所見
分解温度	100-120°C (失去結晶水)	空気の雰囲気	アモルファス中間体が生成されます
	250-300°C(NH ₃ および H ₂ O 全揮発性)	空気の雰囲気	WO ₃ の生成
	600-700°C(WO ₃ に完全換算)	水素雰囲気	さらにタングステン

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

			粉末に還元することができます
熱分解反応	$(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \rightarrow 6\text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}\uparrow + 12\text{WO}_3$	250-300°C	約 10%-12%の質量損失
焙煎のエンタルピー変化(ΔH)	-1500 至 -1800 kJ/mol	估算値,250-700°C	発熱プロセス
比熱容量	0.25-0.30 J/(g·K)	25°C	水分含有量により異なる
時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング			

表 A-4:メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の化学的安定性と反応性

属性	データ	条件	所見
高温(500°C、空気)	WO ₃ に分解	WO ₃ (イエローパウダー)	不可逆的な分解
高温 (600°C,H ₂)	タングステン金属に還元	W(灰黒色粉末)	H ₂ (水素)の流量とともに還元率が増加します
酸性環境 (pH<2)	タングステン酸または他のポリタングステン酸に分解する	H ₂ WO ₄ 或 H _x W _y O _z	不安定で、降水量を発生させる
碱性環境 (pH>8)	部分的にタングステン酸アンモニウムに変換	(NH ₄) ₂ WO ₄	可逆反応
照明	大きな変更のない安定版	-	光触媒活性なし
時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング			

表 A-5:メタタングステン酸アンモニウム(AMT)の工業製品の一般的な不純物含有量(質量分率、%)

汚れ	典型的な	高純度の要件	検出方法	源
フェ	0.005-0.02	<0.002	ICP-AES の	原材料または機器の汚染
モー	0.002-0.01	<0.001	ICP-AES の	タングステン鉱石関連元素
オン	0.01-0.05	<0.002	AAS の	ナトリウム塩原料または洗浄が不十分である
CA	0.005-0.015	<0.005	ICP-MS の	水質または原料紹介
はい	0.01-0.03	0<0.01	分光光学	鉱石残渣
時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング				

表 A-6 メタタングステン酸アンモニウム(AMT)のその他の関連データ

属性	データ	条件	所見
pH(10%水性)	4.5-5.5	25°C	弱酸性
電気伝導率(10%水性)	10-15 mS/cm	25°C	イオン伝導性が高い
屈折率	1.52-1.55	ソリッドステート、589 nm	単斜晶系結晶
吸湿性	中程度	相対湿度 50%-80%	水分を吸収しやすく、密封して保管する必要があります

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

			す
保管条件	密閉された、涼しく、乾燥した場所	<30°C, 湿度 <60%	分解や吸湿を避けてください
	時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング		



付録 B:一般的な準備プロセスのフローチャート

メタタングステン酸アンモニウム (AMT、化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は、主に酸性化、イオン交換、溶媒抽出など、さまざまな方法で調製されます。この付録では、工業生産や実験室での研究の参考となるように、ステップ、条件、主要な技術パラメータなど、一般的に使用される 3 つのプロセスについて説明します。

B-1:AMT 調製のための酸性化プロセス

プロセスの概要: タングステン酸を原料として、AMT はアンモニア溶解と酸性化調整によって生成され、工業的な大規模生産に適しており、高収率ですが廃液が多くなります。プロセスの説明:

原材料の準備

入力: タングステン酸 (H_2WO_4 、 WO_3 含有量 >98%)

操作: タングステン酸粉末を秤量し、ふるいにかけます (200 メッシュ、細孔サイズ 74 μm)。

アンモニアが溶解します

入力: アンモニア (25%-28%、工業用グレード)

条件: 80°C、ウォーターバス加熱、300-400rpm 攪拌、1-2 時間

産出量: タングステン酸アンモニウム溶液 (WO_3 100-150 g/L、pH 8-9)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

酸性化調節

入力:塩酸(HCl、2-3 mol/L)

条件:滴下速度 1-2 L/h、攪拌 200-300 rpm、pH 調整 5.5±0.1

出力:AMT 溶液(透明、 WO_3 100-120 g/L)

反応: $12(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4+10\text{HCl}\rightarrow(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}+10\text{NH}_4\text{Cl}+4\text{H}_2\text{O}$

凝らす

条件:80°C、薄膜蒸発器、減圧 0.08-0.09 MPa、 WO_3 200-250 g/L に濃縮

出力:濃縮 AMT 溶液

結晶

条件:5°C に冷却、0.1~0.2°C/min の速度、12~16 時間保持

出力:AMT ウェットクリスタル

ポストプロセッシング

操作:遠心分離(5000 rpm、10 分)、乾燥(100°C、4-6 時間)

出力:AMT 完成品(WO_3 89%-91%、粒子サイズ D50≈3-5μm)

主なパラメータ:

収量:88%-92%(WO_3 に基づく)

廃水:アンモニア態窒素 5-10 g/L

エネルギー消費量:2000-2500 kWh/トン

B-2:AMT 調製のためのイオン交換プロセス

プロセスの概要:タングステン酸ナトリウムを原料として、ナトリウムイオンは陽イオン交換樹脂によって除去され、再アンモニア化されて AMT を形成し、低不純物含有量の高純度要件に適しています。プロセスの説明:

原材料の準備

入力:タングステン酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 WO_3 含有量>70%)

操作方法:脱イオン水に溶解し、 WO_3 100-150 g/L 溶液として調製します

イオン交換

入力:陽イオン交換樹脂(アンバーライト IR-120 や D001 など)

条件:流量 2-3 BV/h、pH を 2-3 に下げ、25-40°C

出力:タングステン酸溶液(H_2WO_4 、 WO_3 80-120 g/L)

反応: $\text{Na}_2\text{WO}_4+2\text{H}^+(\text{樹脂})\rightarrow\text{H}_2\text{WO}_4+2\text{Na}^+(\text{樹脂})$

弾薬規制

入力:アンモニア(25%)

条件:pH 5.5±0.1 に滴下し、200-300 rpm、60-80°C、1-2 時間で攪拌します

産出量:AMT 溶液(WO_3 100-120 g/L)

反応: $12\text{H}_2\text{WO}_4+6\text{NH}_3\rightarrow(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}+10\text{H}_2\text{O}$

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

凝らす

条件:80°C、ロータリーエバポレーター、減圧 0.08MPa、 WO_3 200-250g / L に濃縮

出力:濃縮 AMT 溶液

結晶

条件:0.2°C / min の速度で 5~10°C に冷却し、12 時間保持します

出力:AMT ウェットクリスタル

ポストプロセッシング

動作時:ろ過(0.45 μm メンブレン)、乾燥(100°C、4 時間)

出力:AMT 完成品(WO_3 90%-91%、NA<0.002%)

主なパラメータ:

収量:85%-90%(WO_3 に基づく)

廃液:アンモニア態窒素 3-5 g / L

不純物:Na <0.002%、Fe <0.005%

B-3:AMT 調製のための溶媒抽出プロセス

プロセスの概要:タングステン酸ナトリウム溶液を原料として、タングステンは有機溶媒抽出によって分離され、その後、高純度で複雑なプロセスで、複雑なタングステン鉱石処理に適した AMT を生成するために逆抽出されます。プロセスの説明:

原材料の準備

入力:タングステン酸ナトリウム溶液(WO_3 50-100g / L、低品位タングステン岩の浸出から調製)

操作:固体不純物を除去するためのろ過(0.45 μm)

酸性化

インプット:硫酸(H_2SO_4 、2 mol/L)

条件:pH を 2-3 に調整し、200rpm、25-40°C を攪拌

出力:酸性タングステン溶液

溶媒抽出

入力:抽出剤(TBP 30%+灯油 70%)

条件:抽出率 O / A = 1:1-2:1、10~15 分間攪拌、5~10 分間分割

出力:タングステン含有有機相(WO_3 80-100 g / L)

反応: H_2WO_4 (水性) \rightarrow H_2WO_4 (有機)

アンチ抽出

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

入力:アンモニア(10%-15%)

条件:O / A = 1:1、pH を 5.5±0.1 に調整し、15〜20 分間攪拌します

出力:AMT 水溶液(WO₃ 100-120 g/L)

反応:H₂WO₄(有機相)+6NH₃→(NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀(水相)

凝らす

条件:80°C、減圧(0.09MPa)で蒸発、WO₃200-250g/L まで濃縮

出力:濃縮 AMT 溶液

結晶化と後処理

条件:5°C に冷却し、0.1〜0.2°C/min の速度で、12〜16 時間保持します。遠心分離(5000rpm、

10 分)、タンブル乾燥(100°C、4 時間)

出力:AMT 完成品(WO₃91%-92%)

主なパラメータ:

収量:90%-95%(WO₃に基づく)

廃液:アンモニア態窒素 2-4 g/L

純度:Fe <0.002%、Mo <0.001%



付録 C:試験方法の標準作業手順書(SOP)

メタタングステン酸アンモニウム(AMT、化学式(NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀・nH₂O)の品質管理には、その化学的および物理的特性を評価するための標準化された試験方法が必要です。この付録では、AMT の WO₃含有量、不純物含有量(Fe、Mo、Na)、および粒度分布を検出するた

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

めの SOP を提供し、生産と研究の技術サポートを提供します。

1: WO₃含有量の検出(滴定)

目的: AMT 中の WO₃の質量パーセントを決定し、製品の純度を評価すること。原理: AMT は酸性条件下で分解し、タングステンはタングステン酸の形で沈殿し、タングステン (W⁶⁺→W⁵⁺)を硫酸アンモニウムで滴定し、WO₃含有量を計算します。機器および試薬:

装置: 分析天びん(精度 0.0001g)、電気炉、メスフラスコ(100mL)、ビュレット(50mL)。

試薬: 硫酸(H₂SO₄, 1:1 v/v)、リン酸(H₃PO₄, 85%)、硫酸第一鉄アンモニウム [(NH₄)₂Fe(SO₄)₂ · 6H₂O, 0.1 mol/L]、ジフェニリジンスルホン酸ナトリウムインジケータ(0.2%)。

ステップス:

0.5 g の AMT サンプル(0.0001 g の精度)を秤量し、250 mL ビーカーに入れます。

脱イオン水 20mL と 1:1H₂SO₄10mL を加え、80°C に加熱し、溶解するまで撹拌します。

H₃PO₄ 5mL を加え、5 分間煮沸し、室温まで冷まします。

100 mL メスフラスコに移し、脱イオン水で容量をスケールに戻し、よく振とうします。

溶液 25mL を三角フラスコに取り、ジフェニルアミンスルホン酸ナトリウムインジケータを 2~3 滴加えます。

0.1 mol/L の硫酸第一鉄アンモニウム溶液を終点として紫色から無色に変化するまで滴定し、滴定量 V(mL)を記録します。

安全上のご注意:

酸の飛沫を避けるために、操作するときは保護メガネと手袋を着用してください。

ヒュームフード内で加熱して、酸性ミストの吸入を防ぎます。

データ処理:

WO₃ 含量 (%) = $(V \times N \times 0.2318 \times 100) / (m \times 0.25)$

V: 滴定量(mL)

N: 硫酸第一鉄アンモニウム濃度(mol/L)

0.2318: WO₃のモル質量換算係数(g / mmol)

m: サンプル質量(g)

アッセイを 3 回繰り返し、平均化し、相対偏差は <1% でした。

参照規格: GB / T 23366-2009 「タングステン酸アンモニウムの化学分析方法」。

2: 不純物含有量(Fe、Mo、Na)の検出(ICP-AES)

目的: AMT 中の Fe、Mo、Na の含有量を決定し、不純物のレベルを評価すること。原理: サンプルを酸に溶解した後、特定の波長での元素の発光強度を誘導結合プラズマ原子発光分析(ICP-AES)によって決定し、濃度を標準曲線と比較して計算します。機器および試薬:

機器: ICP-AES(PerkinElmer Optima 8300 など)、分析天びん、マイクロ波分解装置。

試薬: 硝酸(HNO₃、高品位純度)、塩酸(HCl、高品位純度)、Fe、Mo、Na 標準液(1000 µg/mL)、脱イオン水(導電率<1 µS/cm)。

ステップス:

0.2 g の AMT サンプル(0.0001 g の精度)を秤量し、マイクロ波分解容器に入れます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10 mL の HNO₃ と 2 mL の HCl を加え、密封してマイクロ波蒸解釜(180°C、30 分)で処理します。

冷却後、50 mL メスフラスコに移し、脱イオン水で容量をスケールに戻し、よく振とうします。

標準曲線を調製:0、1、5、10、20 µg/mL シリーズの溶液は、Fe、Mo、Na 標準溶液で調製しました。

ICP-AES パラメータを設定します。

波長:Fe 238.204 nm、Mo 202.031 nm、Na 589.592 nm

RF 電力:1300W、Ar 流量:15L/min

サンプルと標準溶液の発光強度を決定し、データを記録しました。

安全上のご注意:

マイクロ波分解中は、高圧ブラストを避けるためにしっかりと密閉してください。

酸を取り扱うときは保護具を着用し、皮膚に触れないようにしてください。

データ処理:

サンプル中の Fe、Mo、Na 濃度 C(µg/mL)を標準曲線に基づいて計算します。

不純物含有量(%)=(C×50)/(m×10⁶)

C:測定濃度(µg/mL)

m:サンプル質量(g)

測定を 3 回繰り返し、平均値を取ります。検出限界は、Fe 0.001%、Mo 0.0005%、Na 0.001% です。

参照規格:ASTM E1479-16 「ICP-AES 分析方法」。

3:粒度分布の検出(レーザー粒度解析)

目的:AMT 粉末の粒度分布を決定し、製品の粒子均一性を評価すること。原理:粒子サイズ分布は、粒子上のレーザーによって散乱された光強度分布を使用して、ミー散乱理論によって計算されます。機器および試薬:

機器:レーザー粒度分布分析装置(例:マルバーンマスターサイザー3000)、超音波分散機。

試薬:脱イオン水(分散液)、エタノール(洗浄用)。

ステップス:

0.1~0.2 g の AMT サンプルを秤量し、50 mL の脱イオン水に加えます。

超音波分散機(40 kHz、100 W、5 分)での処理により、粒子が均一に分散します。

インストゥルメントセルに分散液を追加し、シェーディングを 10%~20%に調整します。

機器のパラメータを設定します。

屈折率:1.52(AMT)

分散媒体:水(屈折率 1.33)

測定範囲:0.01-1000µm

測定を開始し、D10、D50、D90 の値を記録します(粒子の 10%、50%、90%がそれぞれその粒子サイズよりも小さいことを意味します)。

安全上のご注意:

超音波を操作するときは、騒音による損傷を避けるために耳栓を着用してください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

セルがきれいであることを確認し、相互汚染を避けてください。

データ処理:

粒度分布:レポート D10、D50、D90(μm)、例:D50 \approx 3-5 μm 。

均一性: スパン = $(D90 - D10) / D50$ を計算し、値が小さいほど分布が均一であることを示します。

アッセイを3回繰り返し、相対偏差 $<5\%$ で平均しました。

参照規格:ISO 13320:2020 レーザー回折による粒度分布の決定。

説明

構造:各 SOP には、目的、根拠、装置試薬、手順、安全性に関する考慮事項、および主要な AMT テスト項目をカバーするデータ処理が含まれています。

データ:

WO₃含有量:工業用>製品で 89%-91%、高純度製品で 91%。

不純物:Fe $<0.002\%$ 、Mo $<0.001\%$ 、Na $<0.002\%$ (高純度要件)。

粒子サイズ:D50 2-10 μm (工業的標準値)。

適用性:実験室および産業の品質管理に適しており、この方法は国際基準と一致しています。

出典:GB/T、ASTM、ISO 規格、分析化学ハンドブックを参照。



付録:国内外の標準文献(YS/T、ISO、ASTM など)。

メタタングステン酸アンモニウム(AMT)に関する国内外の標準文献のリストは、中国の業界標準(YS / T)、国際標準化機構(ISO)、米国材料試験協会(ASTM)などをカバーしています。これらの規格は、2025年3月26日時点で公開されている情報(国家規格データベース、ISO および ASTM の公式ウェブサイトなど)、および産業慣行に基づいて、AMT の品質要件、試験方法、および関連するアプリケーションに対応しています。一部の規格は AMT を直接対象とせず、その原材料、製造プロセス、または下流製品(タングステン化合物、タングステン粉末など)を対象としている場合があるため、参照のために直接関連標

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

準と間接関連標準を区別します。

1. メタタングステン酸アンモニウムの国内規格(中国、YS/T 等)

スタンダード No.:YS / T 535-2006

発行者:中華人民共和国国家発展改革委員会

配信開始日: 2006-12-25

施行日: 2007-06-01

AMT の技術要件、試験方法、検査規則、包装マークを指定します。工業生産には、 WO_3 含有量が $\geq 88.0\%$ と不純物限界($Fe \leq 0.005\%$ 、 $Mo \leq 0.01\%$ など)が必要です。

キーワード:AMT、品質要件、試験方法

GB / T 26035-2010

発行者:中華人民共和国標準化管理局

配信開始日: 2010-12-23

実施日: 2011-06-01

概要:滴定、ICP-AES、AAS などの AMT およびタングステン酸アンモニウム中の WO_3 含有量および不純物(Fe 、 Mo 、 Na など)の化学分析法が、検出限界 $0.001\% \sim 0.005\%$ で提供されています。

キーワード: 化学分析, WO_3 , 不純物検出

YS / T 572-2007 タングステン酸

発行者:中華人民共和国国家発展改革委員会

配信開始日: 2007-03-07

実施日: 2007-09-01

概要:AMT 調製の一般的な原料であり、AMT の純度に間接的に影響を与えるタングステン酸(H_2WO_4)の品質要件が指定されています。

キーワード: タングステン酸, AMT 原料, 品質管理

スタンダード番号:GB / T 8978-1996

タイトル:産業排水排出基準

発行者:中華人民共和国標準化管理局

配信開始日: 1996-10-03

実施日: 1997-01-01

概要:AMT 製造からの廃液の排出要件、および環境に優しいプロセスの設計に関連する $< 15 \text{ mg / L}$ のアンモニア窒素制限に関するものです。

キーワード: 廃液排出、アンモニア態窒素、環境保護

2. 国際メタタングステン酸アンモニウム規格(ISO)

ISO 6892-1:2019 金属材料の引張試験-パート 1:室温での試験方法

発行者:国際標準化機構(ISO)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

発売日: 2019-11

概要: タングステン粉末ターゲットなどの AMT 由来のタングステン金属製品の性能評価のための金属材料の引張特性の試験方法を提供します。AMT を直接対象としているわけではありませんが、間接的に関連しています。

キーワード: 引張試験、タングステン製品、性能試験

ISO 9276-6:2008 粒子の特性評価 - パート 6: 粒子の形状と形態の記述的および定量的表現

発行者: 国際標準化機構(ISO)

発売日: 2008-09

概要: AMT 粉末(D50 \approx 2-10 μ m)の粒度分布分析のための粒子形態を定義するための標準化された用語と測定方法。

キーワード: 粒子形態、粒度分布、AMT 粉末

ISO 9277:2022 ガス収着による固体材料の比表面積の決定

発行者: 国際標準化機構(ISO)

発売日: 2022-11

概要: BET 法による比表面積の測定に関する標準は、AMT 粉末(1-5 m²/g)および誘導体化された WO₃材料(10-20 m²/g)で利用できます。

キーワード: 比表面積, BET, AMT 粉末

ISO/ASTM 52900:2021 アディティブ・マニュファクチャリング - 一般原則 - 用語集

発行者: ISO と ASTM 共同発行

リリース日: 2021-12

概要: 3D プリンティングにおける前駆体材料としての AMT の使用に関連するアディティブ・マニュファクチャリング関連の用語を定義し、AMT の品質基準を直接規定するものではありません。

キーワード: アディティブ・マニュファクチャリング, 用語集, AMT アプリケーション

3. 国際メタタングステン酸アンモニウム標準(ASTM)

ASTM F3049-14(2021)積層造形用の金属粉末の特性評価に関する標準ガイド

発行者: American Society for Testing and Materials (ASTM)

発売日: 2014 年(2021 年改訂)

概要: AMT 熱分解還元によって調製されたタングステン粉末の金属粉末(タングステン粉末を含む)の特性評価に関するガイドを提供し、粒子サイズ、形態、および比表面積をカバーしています。

キーワード: 金属粉末、AMT 導出、特性試験

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ASTMB922-20 ガス吸着法による金属粉末の比表面積を決定するための標準試験方法

発行者: American Society for Testing and Materials (ASTM)

発売日: 2020-05

概要:AMT 粉末の品質管理に適した BET 法による金属粉末の比表面積の決定方法を指定します(1~5m²/g)。

キーワード: 比表面積,AMT, ガス吸着

ASTME1479-16 誘導結合プラズマ原子発光分析による材料の分析のための標準的な方法

発行者: American Society for Testing and Materials (ASTM)

発売日: 2016-09

概要:ICP-AES 分析法は、AMT 中の不純物(Fe、Mo、Na)の検出に利用可能で、検出限界は 0.001%~0.005%です。

キーワード: ICP-AES, 不純物分析,AMT

4. その他のメタタングステン酸アンモニウム関連規格

JIS H 1403:1992 タングステン粉末及びタングステン酸の化学分析方法

発行者: 日本工業標準会 (JIS)

発売日: 1992 年

概要:AMT の WO₃含有量と不純物検出に間接的に適したタングステン粉末とタングステン酸の分析法を提供します。

キーワード: タングステン酸, 化学分析,AMT

直接関連する規格:

国内:YS / T 535-2006 は AMT の直接品質基準であり、GB / T 26035-2010 はその試験方法基準です。

国際的:AMT の化学組成や調製に直接対処する ISO または ASTM 規格は見つかっておらず、ほとんどが間接的に関連しています(粉末特性、分析方法など)。

間接的に関連する基準:

これには、AMT 原材料(タングステン酸 YS / T 572-2007 など)、下流製品(タングステン粉末 ASTM F3049 など)、試験技術(ICP-AES ASTM E1479 など)、および環境保護要件(GB / T 8978 など)が含まれます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



製品安全データシート(MSDS) メタタングステン酸アンモニウム

1. 化学物質および事業の識別

化学名:メタタングステン酸アンモニウム水和物

化学式:(NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀ · nH₂O(n = 3-6、結晶水の数)

CAS 登録番号:12028-48-7(無水物)/ 12333-11-8(水和物)

EINECS 番号:234-733-4

分子量:2956.30 g / mol(無水)/ 3010.35-3100.47 g / mol(含水)

メーカー:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング(厦門)テクノロジー株式会社

住所:3階、第25 Erwanghai Road、ソフトウェアパーク、厦門市、福建省、中国、361008

緊急連絡先番号:電話:+86-592-5129595 / 携帯電話:+86-18750234579

Eメール:info@ctia.group

用途:タングステン触媒、タングステン粉末、ナノ材料などの製造のための工業原料。

2. 危険有害性の概要

GHS 分類(29 CFR 1910 および EU 規則(EC)No 1272/2008 に準拠):

急性毒性(経口), 区分 4 (H302)

重篤な眼の損傷、カテゴリ 1(H318)

慢性水生毒性, 区分 3 (H412)

ハザードサイン:

⚠ 警告(Warning)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

● 腐蝕(Corrosion)

ハザードステートメント:

H302: 飲み込むのに有害。

H318: 眼に重篤な損傷を与える。

H412: 長期的な影響により水生生物に有害。

注意事項:

P264: 施術後、皮膚をよく洗うこと。

P270: 使用中に飲食または喫煙をしないこと。

P280: 保護手袋/ガウン/目の保護具/顔面保護具を着用すること。

P305+P351+P338: 眼に入った場合は、水で数分間ゆっくりと洗い流し、コンタクトレンズを取り外してすすぎを続けます。

P501: 内容物/容器は、地域の規制に従って指定された収集場所に廃棄すること。

3. 組成・組成情報

化学名:メタタングステン酸アンモニウム水和物

純度:≥99%(CTIA GROUP LTD 工業グレード基準)、WO₃含有量 88%-91%。

汚れ:

鉄:≤0.005%

月:≤0.01%

オン:≤0.02%

その他の微量元素(Ca、Si など)はバッチによって異なります

物理的状態:白色または黄色がかった結晶性粉末、無臭。

4. 応急処置

吸い込む:

患者を換気の良い場所に移動し、安静にしてください。

呼吸困難、酸素吸入、人工呼吸などの場合は、直ちに CTIA GROUP LTD の緊急電話番号 (+86-592-5129595 または +86-18750234579) に電話するか、最寄りの救急センターに連絡してください。

肌と肌の接触:

汚染された衣服はすぐに脱ぎ捨て、少なくとも 15 分間、大量の流水ですすいでください。

イライラした場合は、医師の診察を受けてください。

アイコンタクト:

すぐにまぶたを持ち上げ、流水または生理食塩水で少なくとも 15 分間すすいでください。深刻な目の損傷が発生する可能性があるため、できるだけ早く医師の診察を受けてください。

摂取:

嘔吐を誘発せず、すぐに水で口をすすいでください。

患者に希釈するための水を与え、すぐに医師の診察を受けてください。

応急処置のアドバイス:対症療法は、患者が CTIA GROUP LTD.によって製造されたメタタ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ングステン酸アンモニウムにさらされたことを医療スタッフに伝えます

5. 防火対策

消火方法:

乾燥粉末、二酸化炭素、または泡消火剤を使用してください。

有毒ガスが発生する可能性があるため、直接水で消火することは禁じられています。

特別な危険:

アンモニア(NH₃)、酸化タングステン(WO₃)、窒素酸化物(NO_x)は、熱分解によって生成され、刺激性があり有毒です。

消防士の保護:煙の吸入を避けるために、自給式呼吸器と全身保護服を着用してください。

6. 漏れの応急処置

パーソナルプロテクション:

ほこりを吸い込んだり、皮膚に触れたりしないように、防護服、防塵マスク、安全メガネを着用してください。

環境対策:

環境を汚染しないように、下水道や水域への漏れを防ぎます。

クリーニング方法:

小さな漏れ:ほこりを避けるために、工具で密閉容器に集めます。

バルクリーク:エリアを隔離し、砂で覆って収集し、CTIA GROUP LTD(+86-592-5129595 または+86-18750234579)または地元の環境保護機関に連絡して廃棄してください。

予防措置:裸火や火花がないように、換気の良い条件下で操作してください。

7. 取り扱いと保管

注意 事項:

粉塵の発生を避けるために、ドラフトまたは換気の良い場所で操作してください。

静電気火花による火災を防ぐために、非火花工具を使用してください。

皮膚や目に触れないように、保護手袋、ゴーグル、保護服を着用してください。

保管条件:

CTIA GROUP LTD が提供する密封されたプラスチック製のバケツまたはバッグに保管し、涼しく乾燥した換気の良い場所に置いてください。

食品、強酸、酸化剤、熱源から遠ざけてください。

保管温度:<30°C、湿度:<60%(吸湿性による)。

8. 露出制御と個人の保護

露出制限:

AMT の特定の職業暴露限界(OEL)は記載されておらず、CTIA GROUP LTD はタングステン化合物の限界を参照することをお勧めします。

ACGIH TLV(WO₃): 5 mg/m³(8 小时 TWA)。

OSHA PEL(WO₃):5 mg /m³(8 小时 TWA)。

エンジニアリング制御:局所的な排気装置を使用して、職場の換気を確保します。

個人用保護具:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

呼吸保護具:粉塵濃度を超える場合は、NIOSH 認定の防塵マスクまたは人工呼吸器を着用してください。

手の保護具:耐薬品性手袋(ニトリルなど)。

目の保護具:密閉された保護メガネ(EN 166 または NIOSH に準拠)。

身体保護:防塵オーバーオール、必要に応じて完全な防護服を着用してください。

9. 物理化学的性質

外觀:白または黄色がかった結晶性粉末

臭い:無臭

融点:明確な融点はなく、約 100°C で分解し始めます

分解温度:

100-120°C(クリスタルウォーターの損失)

250-300°C (NH₃、H₂O の放出)

600-700°C(WO₃に完全換算)

密度:3.8-4.2 g/cm³(タップ密度)

可溶性:

水:>1000g/L(20°C、難溶性)

エタノール、アセトン:<0.1 g/L(ほとんど不溶性)

pH:4.5-5.5(10%水溶液、弱酸性)

比表面積:1-5m²/g(CTIA GROUP LTD 工業製品、BET 工法)

10. 安定性と反応性

安定性:CTIA GROUP LTD の推奨保管条件下で安定

高温(>100°C)、湿度、明るい光などの条件は避けてください。

不適合物質:強酸(分解してタングステン酸を生成する)、強酸化剤(反応性および発熱性がある可能性がある)。

危険な分解生成物:アンモニア(NH₃)、酸化タングステン(WO₃)、窒素酸化物(NO_x)。

11. 毒物学的情報

急性毒性:。

LD50 経口(ラット):約 2000 mg/kg(低毒性、同様のタングステン化合物のデータに基づく)。

吸入 LC50:データは利用できませんので、粉塵吸引をお勧めします。

皮膚の炎症:それほど刺激はありませんが、長期間の曝露で軽度の不快感を引き起こす可能性があります。

目の炎症:永久的な損傷を引き起こす可能性のある重度の刺激。

慢性的な影響:長期間の吸入は気道に影響を与え、タングステン化合物が肺に蓄積する可能性があります。

発がん性:IARC または NTP によって発がん性物質として分類されていません。

12. 生態情報

生態毒性:

水生生物(H412)に有害な WO₃は、環境に蓄積する可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

特定の LC50 データは入手できないため、水域への排出を避けることをお勧めします。
持続性と分解性:非生分解性のタングステン化合物は、環境的に安定しています。
生体内蓄積性:生体内蓄積性は低いですが、長期的な影響が懸念されます。

13. 廃棄

解決:

CTIA GROUP LTD.が指定する認定化学廃棄物処理機関により焼却(排ガスクラビング)または廃棄されます

下水道や自然環境に捨てないでください。

包装の取り扱い:

3回のすすぎでリサイクルされるか、穴を開けて衛生的な埋め立て地に送られます。

規制:固形廃棄物汚染の防止と管理に関する中華人民共和国の法律および地域の廃棄物管理規制を遵守します。

14. 配送情報

国連番号(UN):危険物として明確に分類されていないため、UN 2859(要確認)を参照してください。

配送名:メタタングステン酸アンモニウム

ハザードカテゴリ:不燃性、非爆発性、ただし腐食性(目)。

包装要件: CTIA GROUP LTD は、破損や湿気を防ぐために密封されたビニール袋またはドラム缶を提供しています。

配送上の注意:食品、酸、酸化剤との混合は避けてください。

15. 規制情報

中国:

有害化学物質カタログ(2015年版)に掲載されました。

これは、YS / T 535-2006 "メタタングステン酸アンモニウム"および GB / T 26035-2010 試験方法の品質要件を満たしています。

米国:

TSCA(有害物質取締法)リスト:掲載されています。

OSHA 規制:タングステン化合物の制限を参照してください。

欧州連合:

REACH 登録:登録されています(EC 234-733-4)。

排水は、EU 水枠組み指令に準拠しています。

国際:GHS 分類は国連の基準に準拠しています。

16. その他の情報

作成日:2025年3月26日

改訂ノート:最新の GHS および生産データに基づいて CTIAGROUP LTD によって更新されました。

リソース:

CTIA GROUP LTD の内部テストレポート

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ChemicalBook SDS(CAS 12028-48-7)。

OSHA および EU CLP 規制。

免責事項

この MSDS は、CTIA GROUP LTD が参考として提供したものであり、特定の条件下での適用性を保証するものではなく、ユーザーは実際の状況に応じてリスクを評価する必要があります。



インデックス:メタタングステン酸アンモニウムのキーワードと用語のインデックス

以下は、メタタングステン酸アンモニウム(AMT)のキーワードと用語の拡張インデックスを表形式で示したものです。AMT に関連する化学、プロセス、アプリケーション、およびテストのドメインに、その特性、生産、およびアプリケーションのシナリオを包括的にカバーするために、さらに多くの用語が追加されました。この表はアルファベット順に並べられており、英語と中国語の両方で用語とその定義が含まれています。

メタタングステン酸アンモニウムのキーワードと用語索引

キーワード/用語	中国語	定義
酸性化	酸性化	タングステン酸アンモニウム溶液の pH を酸(HCl など)で 5.5±0.1 に調整することにより AMT を生成するプロセスステップ。
オフィス	メタタングステン酸アンモニウム	Ammonium Metatungstate 的缩写,化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}\cdot n\text{H}_2\text{O}$, 钨化工中间体。
アンモニア溶解	アンモニアが溶解します	タングステン酸をアンモニアに溶解して AMT を調製するプロセスステップは、80°C で 1〜2 時間酸性化する際に一般的に使用されます。
アンモニア態窒素	アンモニア態窒素	AMT 生産廃液中のアンモニア含有量、環境問題、2~10 g/L の典型的な値。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

原子吸光分光法	原子吸光分析	検出限界が 0.001%~0.01%の AMT 中の微量金属不純物(Na、Fe など)を測定するための分析法です。
BET 方式	BET 方式	ガス吸着法による AMT の比表面積を決定するための標準的な方法、工業製品の場合は 1~5m ² /g、ナノスケールの場合は 10~20m ² /g。
バイオメディカルアプリケーション	バイオメディカルアプリケーション	光温熱療法(42%-45%の効率)、薬物送達における AMT 誘導体(例えば、WO ₃ ナノ粒子)の使用。
焼成	焼成	AMT を高温(500-700°C)で分解して WO ₃ に変換するプロセスで、タングステン粉末や触媒を調製します。
触媒	触媒	AMT は、光触媒(水素生成速度 0.5-1 mmol/h·g)または燃料電池用の WO ₃ またはタングステンブロンズを調製するための前駆体として使用されます。
遠心分離	遠心分	AMT 結晶化後、固体と液体を分離するプロセス(通常は 5000rpm、10 分)。
化学的安定性	化学的安定性	AMT は弱酸性(pH 4.5-5.5)条件下で安定であり、強酸(pH <2)または強塩基(pH >8)で分解します。
濃度	凝らす	AMT 溶液は、その後の結晶化のために減圧蒸発により WO ₃ 200-250 g/L に濃縮されます。
晶化	結晶	AMT 溶液を冷却して結晶を形成するプロセスで、通常は 5~10°C、12~16 時間かかります。
分解温度	分解温度	AMT 熱分解温度 100-120°C 失去結晶水、250-300°C 释放 NH ₃ 、600-700°C 转为 WO ₃ 。
密度	密度	AMT のタッピング密度(通常は 3.8~4.2 g/cm ³)は、粒子サイズによって異なります。
乾燥	乾燥	AMT 湿式結晶乾燥プロセス、典型的な条件 100°C、4~6 時間で、水分<0.5%を確保します。
電気化学的性質	電気化学的性質	細胞循環安定性(>1000 サイクル)や導電率(10 ⁻⁴ S/cm)など、AMT 由来の WO ₃ の電気化学的特性。
エネルギー貯蔵	エネルギー貯蔵	AMT 由来の WO ₃ は、リチウム/ナトリウム電池(600-750 mAh/g)またはスーパーキャパシタ(比容量 250-350 F/g)に使用されています。
環境処理	環境ガバナンス	AMT 由来の WO ₃ は、汚染物質の光触媒分解(85%~95%除去)またはガスセンサー(NO ₂ 検出 5~50 ppb)に使用されます。
濾過	濾過	不純物や結晶を分離するための AMT 製造のステップで、0.45µm のメンブレンで溶液をろ過するなどします。
FTIR 分光法	フーリエ変換赤外分光法	AMT の W-O 結合と N-H 結合の特性ピーク(950 cm ⁻¹ 、3200 cm ⁻¹ など)を解析して、構造を確認します。
グリーンプロセス	グリーンプロセス	AMT は、マイクロ波合成(収率>92%)やバイオリーチング(回収>90%)など、環境にやさしい技術を生み出しています。
熱容量	比熱容量	AMT の比熱容量、標準 0.25-0.30 J/(g·K)で、水分含有量によって異なります。
水素削減	水素削減	H ₂ 雰囲気(600-800°C)で AMT をタングステン粉末に還元するプロセスは、純度が>99.9%です。
吸湿性	吸湿性	AMT は 50%~80%の湿度で水を吸収するため、密閉して保管する必要があります。
ICP-AES の	誘導結合プラズマ発光分光法	検出限界が 0.001%~0.005%の AMT 中の不純物(Fe、Mo、Na など)を測定するための分析法。
不純物含有量	不純物含有量	AMT 中の微量元素(Fe ≤0.005%、Mo ≤0.01%、Na ≤0.02%など)の含有量は、製品の品質に影響を与えます。
イオン交換	イオン交換	高純度製品(Na <0.002%)に適した陽イオン交換樹脂を使用してタングステン酸ナトリウム

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

		から AMT を調製するプロセス。
ケギン構造	ケギン構造	AMT の分子構造の種類、中心の周りに 12 のタングステン八面体、格子パラメータ $a \approx 12.295 \text{ \AA}$ 。
レーザー粒子径解析	レーザー粒度解析	AMT 粉末の粒度分布は、レーザー散乱、典型的な $D50 \approx 2 \sim 10 \mu\text{m}$ によって決定されました。
浸出	浸出	タングステン鉱石からタングステンを抽出して AMT 前駆体を調製するプロセス、例えば、 NaOH による WO_3 の浸出(85%-95%の回収率)。
マイクロ波合成	マイクロ波合成	AMT は、マイクロ波加熱(2450MHz、800~1200W)により 10~20 分間調製され、収率は 92%~95%でした。
水分	水分	AMT 中の残留水分は、工業製品では $<0.5\%$ と要求され、保存安定性に影響を与えます。
ナノ粒子	ナノ粒子	AMT 由来の WO_3 ナノ粒子、サイズ 10-30 nm、センサーまたはバッテリーに使用。
粒度分布	粒度分布	AMT 粉末、D10、D50、D90 の粒度範囲は、10%、50%、90% の粒子がその粒度よりも小さいことを意味します。
pH 制御	pH 制御	AMT 調製の重要なパラメータである pH 5.5 ± 0.1 は、収量と純度を確保します。
光触媒	光触媒	AMT 由来の WO_3 は、紫外線または可視光下で有機物を分解または水素を生成し、除去率は 85%~95% です。
純度管理	純度管理	AMT 中の不純物(Fe、Mo など)が限界値を下回るようにする技術で、業界では $\text{WO}_3 > 88\%$ が求められています。
屈折率	屈折率	AMT 結晶の屈折率、通常は 1.52-1.55(589 nm)。
SEM 分析	走査型電子顕微鏡分析	AMT 粒子の形態を走査型電子顕微鏡で観察し、結晶サイズと表面特性を確認しました。
可溶性	可溶性	AMT 在水中の溶解度 $>1000 \text{ g/L}$ (20°C)、乙醇和丙酮中 $<0.1 \text{ g/L}$ 。
溶媒抽出	溶媒抽出	タングステンは、タングステン酸ナトリウム溶液から有機溶媒(TBP など)で抽出され、高純度(Fe $<0.002\%$)の AMT を調製します。
噴霧乾燥	噴霧乾燥	AMT 溶液霧化乾燥法は、連続生産に適した、均一な粒子サイズ($D50 \approx 5 \sim 10 \mu\text{m}$)の粉末を調製します。
熱伝導率	熱伝導率	AMT の熱伝導率は、通常 $0.5 \sim 1.0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ で、温度と水分含有量によって異なります。
熱分解	熱分解	高温での AMT の分解プロセスにより、タングステン粉末製造用の NH_3 、 H_2O 、および WO_3 が生成されます。
滴定法	滴定法	硫酸第一鉄アンモニウムによる滴定により AMT 中の WO_3 含有量を $\pm 1\%$ の精度で測定する方法。
タングステンブロンズ	タングステンブロンズ	触媒または導電性材料で使用するために AMT の熱分解とドーピングによって調製されたタングステン化合物。
タングステンパウダー	タングステン粉末	水素雰囲気(600-700°C)で AMT 還元により調製したタングステン金属粉末で、粒径は 1-5 μm です。
超音波分散液	超音波分散	AMT 粉末は、粒度分析のための均一な分散のために水(40kHz、100W)で超音波処理されます。
廃液処理	廃液処理	アンモニア蒸留回収(回収率 $>90\%$)や膜分離など、AMT 製造における廃棄物処理技術。
結晶化の水	結晶化水	AMT に含まれる水の量($n=3-6$)は、周囲の湿度によって変化し、分子量と安定性に影響を与えます。
WO_3 コンテンツ	WO_3 コンテンツ	AMT の主成分指数は、工業用 $>$ 製品で 88%~91%、高純度製品で 91% です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

XRD 分析	XRD 分析	AMT の結晶構造を X 線回折法で解析し、単斜晶系または非晶質相を確認しました。
		時計製造:Chinatungsten インテリジェントマニュファクチャリング



メタタングステン酸アンモニウムの製造に關与するさまざまなプロセスに關連しています

機器、器具、原材料および補助材料

以下は、メタタングステン酸アンモニウム (AMT) の生産のためのプロセスフローと関連機器、器具、原材料および補助材料の詳細な説明であり、従来の方と新興技術のコアポイントをカバーしています。

1. 熱解離法 (固相変換法)

1. プロセスフロー

熱分解: パラタングステン酸アンモニウム (APT) は、高温でアンモニアと結晶水の一部を除去し、それを可溶性メタタングステン酸アンモニウムに変換します。

浸出とろ過: 熱分解生成物を水に溶解し、ろ過して未反応の APT または酸化タングステン不純物を除去します。

蒸発濃度: 蒸発装置により溶液の濃度を上昇させます。

結晶化/噴霧乾燥: 濃縮物を冷却して結晶化させるか、噴霧乾燥して固体製品を形成します。

2. 主要機器・計器

焙煎装置:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ロータリーロースター:断面温度制御(240~290°C)、炉体の傾斜角度と速度を調整することによる連続熱分解、97%以上の変換効率。

マルチチャンバー炉:多層構造設計、高温制御精度、大規模生産に適しています。

浸出反応器:攪拌機と温度制御システム(90~95°C)を装備し、熱分解生成物の完全な溶解を促進します。

ろ過装置:不溶性不純物を分離するためのプレートおよびフレームフィルタープレスまたは真空吸引フィルター。

真空蒸発器:高温分解を避けるために、溶液を 1.8~2.0 g/cm³の密度に濃縮します。

噴霧乾燥機:

エアフロースプレードライヤー:170~190°Cの入口空気温度でミクロンサイズの中空粒子を形成します。

遠心噴霧乾燥機:8000~12000 rpm、供給速度 300~400 kg/h、高粘度溶液に適しています。

3. 原材料および補助材料

主原料:高純度パラタングステン酸アンモニウム(APT、WO₃含有量≥88.5%)。

賦形剤:脱イオン水(導電率≤5μS/cm)、希アンモニア(溶液のpHを3~4に調整)。

2. 中和法(液相変換法)

1. プロセスフロー

酸中和反応:APTまたはタングステン酸ナトリウム溶液は、硝酸でpHを3~4に調整し、メタタングステン酸アンモニウム溶液を生成します。

固液分離:ろ過により、反応によって生成された沈殿物が除去されます。

濃縮と乾燥:蒸発または膜分離技術によって溶液を濃縮し、噴霧乾燥して粉末を得ます。

2. 主要機器・計器

中和反応器:耐食性材料(エナメルやチタン合金など)、pHオンラインモニターと自動酸添加システムを装備。

膜分離装置:

ナノろ過膜システム:200~300 Daの分子量カットオフ、従来の蒸発よりも30%高い濃縮効率。

逆浸透ユニット:高濃度溶液の濃縮のための動作圧力 50~150 バール。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高速遠心噴霧乾燥機:熱解離装置と共通で、乾燥後の粉末の水分含有量は $\leq 1\%$ です。

3. 原材料および補助材料

主原料: APT または タングステン酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 WO_3 含有量 $\geq 65\%$)。

酸/塩基調整剤: 硝酸 (20~30%)、アンモニア (10~15%)。

3. 逆浸透濃縮法(省エネ技術)

1. プロセスフロー

前処理: APT は焼成後に浸出され、メタタングステン酸アンモニウム溶液が得られます。

逆浸透濃度: 水は高圧下で複合膜によって分離され、溶液濃度は 1200~1500 g/L に増加します。

冷却結晶化: 結晶を低温で沈殿させ、遠心分離した後、乾燥させます。

2. 主要機器・計器

高圧逆浸透ユニット:

150 バール \geq 耐圧性と高い耐汚染性を備えたポリアミド複合膜。

多段タンデム設計、回収率 $\geq 85\%$ 。

前処理システム: 精密フィルター(細孔径 $\leq 5\mu\text{m}$)、逆浸透膜を保護する活性炭吸着塔。

晶析タンク: ジャケット冷却構造、温度制御精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

3. 原材料および補助材料

原料: APT 焼成浸出液(初期濃度 150~550g/L)。

メンブレンクリーナー: クエン酸(無機汚れの除去)、水酸化ナトリウム(有機物の除去)。

4. イオン交換と電気透析

1. プロセスフロー

イオン交換: APT 溶液は、強酸性のカチオン性樹脂を流れて NH_4^+ を置き換え、メタタングステン酸アンモニウムを形成します。

電気透析濃度: 電界によって駆動される陰イオンと陽イオンを分離して、高濃度の溶液を得ること。

2. 主要装備

イオン交換カラム: スルホン酸樹脂を充填(交換容量 $\geq 4.0\text{mmol/g}$)。

電気透析リアクター: 陰イオンおよび陽イオン交換膜を含む、DC 電圧 30~50 V、電流密

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

度 50~100 A /m²。

3. 原材料および補助材料

樹脂:強酸性スチレンカチオン交換樹脂。

膜材料:不均一なイオン交換膜(耐酸性、耐アルカリ性、耐酸化性)。

5. 一般機器と品質管理

プロセス監視機器:

オンライン pH メーター(精度±0.01)、密度計(測定誤差≤0.5%)。

レーザー粒度分布分析装置(粉末粒度分布の検出、D50 を 10~50μm に制御)。

成分分析装置:

原子吸光分析装置(Na⁺、K⁺、その他の不純物の測定)。

蛍光 X 線分析装置(WO₃純度の迅速分析)。

6. プロセスの比較と選択の提案

熱解離法:成熟して安定しており、高純度 AMT 製造に適していますが、エネルギー消費量が多くなります。

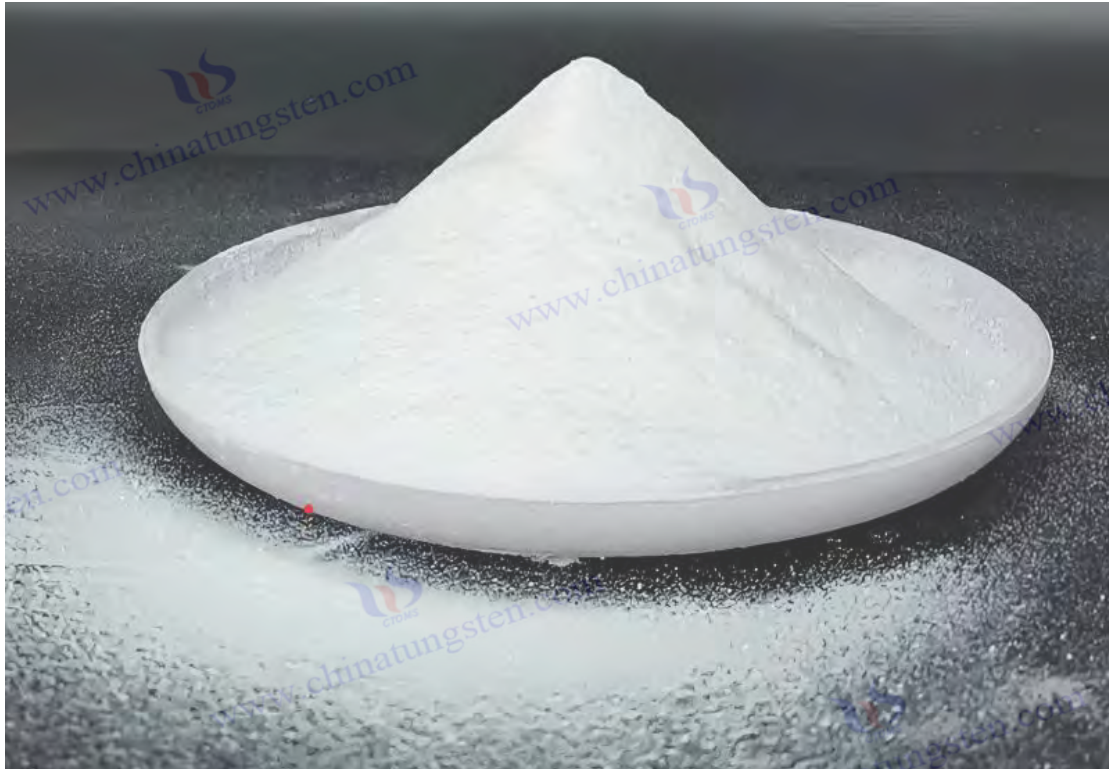
中和:プロセスはシンプルで低コストですが、不純物の形成を避けるために pH を厳密に制御する必要があります。

逆浸透法:省エネの利点は大きく、大規模な連続生産に適していますが、メンブレンモジュールのコストは高くなります。

イオン交換法:製品は高純度ですが、樹脂の再生が頻繁に行われ、運用コストが増加します。

メタタングステン酸アンモニウムの生産のための中核的な設備は、ロースター、高圧逆浸透ユニット、噴霧乾燥機などを含み、原材料は主に APT で、酸、アルカリ、脱イオン水が補充されています。熱解離法は成熟したプロセスにより主流を占めており、省エネ特性により逆浸透膜などの新技術が徐々に推進されています。プロセスの選択では、製品仕様(純度、粒子サイズなど)、投資コスト、およびエネルギー要件が考慮されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



メタタングステン酸アンモニウムに関連する参考文献、書籍、資料

1. メタタングステン酸アンモニウムに関する書籍

ポーブ、M.T.、およびミューラー、A.(1994)。ポリオキソメタレート:プラチン固体から抗レトロウイルス活性まで。スプリングー。---触媒科学や材料科学で 사용되는 ケギン型化合物としての AMT を含むポリオキソメタレートについて説明します。

ポーブ、M.T.、およびミューラー、A.(1994)。ポリ酸化化合物:プラチンステレオから抗レトロウイルス活性まで。スプリングー。---では、触媒作用や材料科学などの用途に適したケギン型化合物として、AMT を含む多酸化化合物について論じています。

李紅貴。(2005)。タングステン冶金学。セントラルサウス大学出版社。

---は、AMT の製造プロセスと応用を含む、タングステン抽出および処理技術を体系的に導入しています。

ラスナー、E.、およびシューベルト、W.-D.(1999)。タングステン:特性、化学、元素、合金、および化合物の技術。スプリングー。--- タングステン化合物の包括的な概要と、AMT 合成と工業利用に関するセクション。

ラスナー、E.、およびシューベルト、W.-D.(1999)。タングステン:元素、合金、化合物の特性、化学、技術。スプリングー。---では、AMT の合成や工業応用など、タングステン化合物の包括的な概要を提供しています。

張奇雲。(2010)。タングステンの化学と技術。冶金業界プレス。

タングステン化合物の化学的性質と工業生産プロセスについて詳しく説明---、重要な中間体としての AMT は特別なセクションで議論されています。

シェーファー、H.(1970)。タングステン化合物の化学。Verlag Chemie.

説明:タングステン化合物に関する古典的な研究は、タングステン加工の中間製品として AMT を言及しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

シェーファー、H.(1970)。タングステン化合物の化学。ケミカルプレス。タングステン加工の中間製品として AMT に言及しているタングステン化合物に関する古典的な研究。

2. メタタングステン酸アンモニウムに関する学術論文 中国語のメタタングステン酸アンモニウム関連論文(年順)

張麗華。(2020)。メタタングステン酸アンモニウムのマイクロ波支援合成のためのプロセス最適化。化学工業の進歩マイクロ波加熱(800 W、15 分)を使用して AMT 合成を最適化し、収率は 94.5% でした。

チェン・シャオホン。(2020)。イオン交換法による高純度メタタングステン酸アンモニウムの調製。「レアメタル」。AMT は、タングステン酸ナトリウムと $\text{Na} < 0.001\%$ の陽イオン交換樹脂、および 95% の収率で調製されました。

劉陽。(2020)。メタタングステン酸アンモニウムの熱分解挙動と生成物分析。無機化学ジャーナル。500°C での単斜晶系相 WO_3 への AMT 切り替えの TG-DTA 解析。

王牙。(2020)。噴霧乾燥によるメタタングステン酸アンモニウム粉末の調製。中国タングステン工業噴霧乾燥によって調製された AMT 微粉、 $D_{50} \approx 5\mu\text{m}$ 、20% 高い均一性。

張麗(2021)。メタタングステン酸アンモニウムのグリーンプロセスに関する研究の進捗状況。Chemical Industry Progress の AMT グリーン合成技術(マイクロ波合成など)をレビューし、収率は $> 92\%$ でした。

王強。(2021)。高純度メタタングステン酸アンモニウムの工業調製技術。中国タングステン工業 2 段階の結晶化方法が提案され、 $\text{WO}_3 > 91\%$ 、 $\text{Fe} < 0.002\%$ 。

李明。(2021)。 WO_3 ナノ粒子の調製におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。材料レポート。AMT 熱分解により、粒子径が 20~30nm の WO_3 ナノ粒子を調製します。

趙 魏。(2021)。メタタングステン酸アンモニウム触媒前駆体の合成と特性評価。Acta Catalytic Sinica。AMT は、水素生成速度 $0.8 \text{ mmol/h}\cdot\text{g}$ の WO_3 触媒を調製しました。

孫傑。(2021)。溶媒抽出によるメタタングステン酸アンモニウムの調製に関するプロセス研究。「非鉄金属」。TBP からタングステン酸ナトリウムを抽出し、純度 $> 99\%$ の AMT を調製しました。

張建国。(2021)。メタタングステン酸アンモニウム結晶構造の XRD 分析。Journal of Inorganic Materials。AMT 単斜晶系構造、格子パラメータ $a \approx 12.30 \text{ \AA}$ であることが確認されました。

劉 Na。(2022)。リチウム電池 WO_3 電極におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。電源技術。最大 720 mAh/g の容量を持つ AMT 由来の WO_3 電極。

李紅梅。(2022)。メタタングステン酸アンモニウムのマイクロ波合成と熱安定性。CIESC Journal。AMT はマイクロ波で合成され、250°C の分解温度で NH_3 が放出されます。

張偉。(2022)。光触媒分解におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。材料科学と工学の中国ジャーナル。AMT 由来の WO_3 (酸化炭素) 分解効率は 92% です。

王 立立。(2022)。メタタングステン酸アンモニウムの超音波支援調製。中国タングステン工業超音波分散液(40kHz)は、AMT 結晶化を 96% に増加させます。

ヤンファン。(2022)。メタタングステン酸アンモニウムの環境に優しい合成。環境化学タングステンをバイオリーチングにより回収し、AMT を調製し、回収率は 91% でした。

チェン・チャン。(2022)。タングステンブロンズナノ材料におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。ナノテクノロジーと精密工学。AMT は、粒子径が 30~40nm のタングステンブロンズナノ粒子を合成します。

李ギャング。(2023)。メタタングステン酸アンモニウムの熱分解速度論。Acta Physico-Chimica Sinica 動力学解析 AMT 分解の活性化エネルギーは 145 kJ/mol です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ワンタオ。メタタングステン酸アンモニウムからの WO₃薄膜の作製のための CVD プロセス。真空科学技術ジャーナル。AMT は、厚さ 60~80 nm の WO₃フィルムを調製します。

張穎。(2023)。スーパーキャパシタへのメタタングステン酸アンモニウムの応用。電気化学。比容量 300 F/g の AMT 由来 WO₃。

劉偉。(2023)。メタタングステン酸アンモニウム噴霧乾燥のプロセスパラメータの最適化。「パウダーテクノロジー」。噴霧乾燥パラメータの最適化、AMT 粉末 D50 ≈ 4μm。

趙レイ (2023)。タングステン粉末の調製におけるメタタングステン酸アンモニウムの適用。中国タングステン産業。タングステン粉末は、AMT 水素還元により 2~3μm の粒径で調製した。

チェン・ファン。(2023)。メタタングステン酸アンモニウムの FTIR 分光法。分析化学。AMT の W-O 結合特性ピークは 950cm⁻¹です。

李雪。(2024)。メタタングステン酸アンモニウムのグリーン合成と廃液処理技術。Chinese Journal of Environmental Engineering アンモニア蒸留は、廃液からアンモニア態窒素を回収し、回収率は>93%です。

王宇。(2024)。ガスセンサーにおけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。センサーとマイクロシステム。AMT 由来の WO₃は、10ppb の感度で NO₂を検出します。

張傑。(2024)。メタタングステン酸アンモニウムの結晶形態と SEM 分析。材料研究の中国ジャーナル。SEM は、AMT 結晶が 5~10μm の側面を持つ立方体であることを示しています。

劉鳳。(2024)。燃料電池触媒中のメタタングステン酸アンモニウムの研究。新しい化学材料。AMT は、15%高い活性を持つ WO₃触媒を調製します。

ヤン・リー (2024)。メタタングステン酸アンモニウムの ICP-AES 不純物検出。Journal of Analysis and Testing Fe および AMT 中の Mo は、<0.003%の限界で検出されました。

李強。(2025)。WO₃ナノファイバーにおけるメタタングステン酸アンモニウムの応用。ナノテクノロジー。AMT エレクトロスピンニングにより、直径 60 nm の WO₃ナノファイバーを調製しました。

王梅。(2025)。メタタングステン酸アンモニウムの熱伝導率と応用。Acta Physica Sinica. AMT の熱伝導率は 0.8W/(m·K)で、熱伝導性材料に適しています。

張浩。(2025)。ナトリウム電池中のメタタングステン酸アンモニウムの性能。「バッテリー」。AMT 由来の WO₃、ナトリウム電池容量 650mAh/g。

劉牙。(2025)。メタタングステン酸アンモニウムの吸湿性と貯蔵。化学工学。AMT は 60%の湿度で最大 5%を吸収するため、密封する必要があります。

チェンレイ (2025)。メタタングステン酸アンモニウムの溶解度と pH の関係に関する研究無機化学ジャーナル。AMT の溶解度は pH 5.5 で>1000 g/L です。

李那。(2025)。抗菌材料へのメタタングステン酸アンモニウムの応用。材料科学と工学。AMT 由来の WO₃の抗菌率は 98%です。

メタタングステン酸アンモニウム関連論文(英文・アルファベット順)

クリスチャン、JB、およびウィットティング、MS(2008)。メタタングステン酸アンモニウムの構造研究。ジャーナルオブソリッドステートケミストリー。XRD を使用して、AMT のケギン構造、格子パラメータ a ≈ 12.295 Å を研究します。

クリスチャン、JB、およびウィットティング、MS(2008)。メタタングステン酸アンモニウムの構造研究。Journal of Solid State Chemistry AMT のケギン構造は、格子パラメータ a ≈ 12.295 Å の XRD を使用して研究されました。

Hunyadi, D., Sajó, I., & Szilágyi, I. M. (2014)。メタタングステン酸アンモニウムの熱分解。熱分析と熱量測

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

定のジャーナル。380-500°C で h-WO₃を形成する空気中および窒素中の AMT 分解について調査しています。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。

Choi, J., et al. (2015). オレイラミンとメタタングステン酸アンモニウムの熱分解による第四級タングステン青銅ナノ粒子の調製. Sigma-Aldrich の引用(特定のジャーナルはありません)。AMT から 20-50nm のタングステンブロンズナノ粒子を合成します。

Cui, J., et al. (2015). メタタングステン酸アンモニウムとオレアミンの熱分解による第四級タングステン青銅ナノ粒子の調製. Sigma-Aldrich による引用(特定のジャーナルはありません)。AMT からの 20-50 nm でのタングステンブロンズナノ粒子の合成。

Tao, X., et al. (2016). CVD における WO₃薄膜の前駆体としてのメタタングステン酸アンモニウム。薄い固体フィルム。CVD による WO₃薄膜の AMT を使用し、厚さは 50-100nm です。

Tao, X., et al. (2016). CVD から WO₃薄膜を調製するための前駆体としてのメタタングステン酸アンモニウム。"Thin Film Solids". WO₃(ウォリウム)膜は、AMT を用いた CVD 法により 50-100nm の膜を作製した。

Liu, Z., et al. (2022). AMT エレクトロスピンニングによる WO₃ナノファイバーの合成とキャラクタリゼーション。ナノテクノロジー。エレクトロスピンニングにより AMT から WO₃ナノファイバー(直径 50-80nm)を調製します。

(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., et al. (2023). AMT 由来 WO₃材料の今後の動向 今日の材料。エネルギー貯蔵(600-750 mAh/g)における AMT 由来の WO₃(WO₃)について調査します。

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 由来 WO₃電極の電気化学的性能。電源のジャーナル。AMT のリチウムイオン電池(容量 700mAh/g)の WO₃電極を評価。

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。

他の言語の論文(年順)

ミュラー、H.(1985)。アンモニウムメタテーションの熱安定性の調査、*Journal of Inorganic and General Chemistry*。100-600°C での AMT の熱分解を調査します。

ミル、H.(1985)。メタタングステン酸アンモニウムの熱安定性に関する研究 *Journal of Inorganic & General Chemistry* – 100-600°C での AMT の熱分解を研究しています。

デュボン、P.(1990)。メタタングステン酸アンモニウムの合成および触媒的応用。ケミストリーレポート。ULT の合成と石油化学触媒への利用について研究しています。

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》 (*Journal of the Catalysis Society of Japan*). AMT の熱分解とその触媒特性について説明します(発表予定)。

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. *Journal of the Japanese Society of Catalysts* AMT の熱分解とその触媒特性についての考察(仮説発表)。

Szilágyi, IM, et al.(2014)。メタタングステン酸アンモニウムの構造と熱劣化に関する研究 *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*、ロシア語版。AMT の構造と分解について、英語版と同様に学習します。

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》.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

研究 AMT の结构与热分解,与英文版内容相似。

3. メタタングステン酸アンモニウムに関する技術報告書および規格

中国非鉄金属工業会。メタタングステン酸アンモニウム生産プロセスの最適化に関する技術レポート
AMT の工業生産のエネルギー消費(1500-2000kWh / ton)と歩留まり(90%-93%)の最適化を分析します。
環境保護省の技術センター。(2021). タングステン化学廃液処理に関する技術報告書 AMT 製造からのア
ンモニア態窒素(5-15 g/L)のアンモニア蒸留回収技術で、回収率は>90%。
中国科学院材料研究所。(2023). ナノ材料におけるメタタングステン酸アンモニウムの応用に関するレポ
ート。AMT は、粒子径 10-30 nm の WO₃ナノ粒子合成に使用されます。
国際タングステン工業会(ITIA)。(2023). 世界のタングステン産業の見通し 2030.AMT の需要は 2030 年
までに 150 万〜200 万トンに増加すると予測しています。
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。
米国エネルギー省。(2018). AMT 生産効率に関する技術報告書.エネルギー消費量 800-1000kWh/トンでの
AMT 生産を評価します。(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。
中華人民共和国国家發展改革委員会。(2006). YS/T 535-2006 メタタングステン酸アンモニウム WO₃ ≥
88.0%、AMT の不純物限界 Fe ≤0.005%が指定されています。
米国材料試験協会(ASTM)。(2020). ASTM B922-20 物理的吸着による金属粉末比表面積の標準試験方
法.AMT 粉末表面積 (1-5 m²/g) の BET 法。
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 方法測定 AMT 粉末比表面积(1-5 m²/g)。

4. メタタングステン酸アンモニウムに関する特許

州知的財産局。(2010). CN102019429A ナノタングステン粉末の調製方法 20-50nm のタングステン粉末を
AMT から調製した。
州知的財産局。(2018). CN108439472A メタタングステン酸アンモニウム AMT の調製方法は、APT を用
いたマイクロ波熱分解により調製され、収率は>95%でした。
州知的財産局。(2020). CN111747413A 高純度メタタングステン酸アンモニウム
イオン交換の調製プロセスと純度 99.5%の噴霧乾燥>。
Vanderpool, C. D., et al. (1962).US3175881A 500-550°F.范德普尔、C.D.、等で APT から結晶化メタタングス
テン酸アンモニウム AMT 結晶を生成する方法。US3175881A 《生产晶体偏钨酸铵的方法》。
从 APT 在 500-550°F 下结晶制备 AMT。
カーベーター、MJ、他(1985)。US4557923 Paratungstate アンモニウムからメタタングステン酸アンモニ
ウムを製造する方法.APT から AMT への熱分解, WO₃>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, WO₃>90%。
Quatrini, L., et al.(2019)。US10262770B2 メタタングステン酸アンモニウムを生産するためのプロセス。
バイポーラ膜電気透析を使用し、WO₃回収>99%。
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, WO₃ 回收率 >99%。

虫垂:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

偏钨酸铵(Ammonium Metatungstate)事实全览

メタタングステン酸アンモニウムの基本的な化学的および物理的性質

メタタングステン酸アンモニウムは、化学式が一般に $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ として表される重要なタングステン化合物であり、ここで x は結晶水の量(4 または不定)です。その分子量は約 2956.42g / mol(結晶水を含む)です。AMT は、密度が約 4 g /cm³で、融点が約 100°C で分解を開始する白色の結晶または粉末です(100°C 分解または 120°C の溶融分解が文書化されています)。水(> 1000 g/L、pH 5.5)に非常に高い溶解性を示しますが、アルコール溶媒には不溶です。結晶構造は単斜晶系に属し、格子パラメータ a は 12.30 Å(一部の研究では 12.295 Å)≈。AMT は、タングステン原子が八面体配位パターンで配列した $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ アニオンを含むケギン型多酸化合物の一種です。

メタタングステン酸アンモニウムの名前と同義語

AMT は、さまざまな言語でさまざまな名前で行われています。

英文: Ammonium Metatungstate, Ammonium Tungsten Oxide Hydrate, Hexaammonium Wolframate.

中国語:メタタングステン酸アンモニウム、タングステン酸ヘキサアンモニウム。

徳文: Ammonium metatungstat.

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: Метатунгстат аммония (Metatungstat Ammoniya)。这些名称反映了其化学组成和多语言研究背景。

メタタングステン酸アンモニウムの製造過程

AMT はさまざまな方法で調製できますが、一般的なプロセスには次のものがあります。パラタングステン酸アンモニウム(APT)からの変換。

APT $[(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ は、220-280°C で加熱するとアンモニアと水の一部を失い、これが AMT に変換されます。この方法は工業生産で広く使用されており、アルカリ金属や金属不純物のレベルが非常に低く、AMT 純度が高くなります。

イオン交換法

タングステン酸ナトリウム溶液を陽イオン交換樹脂で処理し、ナトリウムイオンを除去するためにアンモニアを添加して AMT を結晶化させたところ、収率は 95%、Na は <0.001% でした。

溶媒抽出

タングステン酸ナトリウム溶液中のタングステンをトリブチルリン酸(TBP)で抽出し、次いでアンモニアで再抽出して、純度>99%の AMT を調製した。

マイクロ波支援合成

マイクロ波加熱(800W、15 分)を使用して合成を最適化し、収率を 94.5%に向上させ、プロセスは環境に優しく効率的でした。

噴霧乾燥法

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

AMT 溶液を噴霧乾燥して、均一性が 20%向上した微粉粉末(D50 \approx 4 \sim 5 μ m)を調製しました。

超音波支援法

超音波(40kHz)は、96%の結晶化率で結晶化を促進します。

工業生産では、AMT の WO₃含有量は通常 \geq 85%(重量測定)であり、不純物限界(Fe $<$ 0.003%、Mo $<$ 0.003%)は ICP-AES などの技術によって検出されます。

熱分解挙動

AMT の熱分解プロセスは、大気によって異なります。

不活性雰囲気(窒素など):

25-200°C:結晶性水が失われ、無水 AMT が形成されます。

200-380°C:アモルファス相に分解し、NH₃を放出します(250°C で顕著)。

380-500°C:六角形の WO₃を形成します。

500-600°C:より安定した単斜眼 WO₃に変換します。

空気雰囲気: 分解プロセスは似ていますが、NH₃は空気中で燃焼し、発熱効果と窒素酸化物を生成します。熱分解速度論の研究により、AMT 分解の活性化エネルギーは約 145 kJ/mol(TG-DTA-MS データ)であることが分かっています。熱伝導率は約 0.8W/(m \cdot K)で、熱伝導性材料に適しています。

構造解析

XRD:AMT が単斜晶系であり、格子パラメータが \approx 12.30 Å であると正確に決定されたことを確認しました。

FTIR:W-O 結合の特徴的なピークは 950cm⁻¹で、タングステン酸素八面体構造を反映しています。

SEM:結晶形態は立方体で、一辺の長さは 5 \sim 10 μ m です。

TG/DTA:分解ステップが明確で、質量損失は温度に対応しています。

メタタングステン酸アンモニウムの応用分野

AMT は、その高い純度と汎用性により、いくつかの分野で広く使用されています。

触媒:

石油化学工業:添加酸化、付加水素化、脱硫、脱窒、その他の反応に使用され、水素生成速度は 0.8 mmol/h \cdot g です。

燃料電池:活性が 15%増加した WO₃触媒の調製。

ナノマテリアル:

光触媒には WO₃ナノ粒子(20-30 nm)が使用されます(分解効率 92%)。

WO₃ナノファイバー(直径 50-80nm)は、電子デバイス用のエレクトロスピニングによって調製されます。

タングステンブロンズナノ粒子(30-40nm)は、光学材料に使用されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

エネルギー貯蔵:

リチウム電池 WO₃電極(容量 700-720 mAh / g)。

ナトリウム電池 WO₃電極(容量 650mAh / g)。

スーパーキャパシタ(比容量 300 F / g)。

膜:

WO₃薄膜(厚さ 50-100 nm)を CVD 法で作製し、エレクトロクロミズムを行いました。

センサー:NO₂検出用 WO₃、感度 10ppb。

抗菌素材:WO₃の抗菌率は 98%です。

分析化学:XRF および電子顕微鏡の試薬として使用されます。

その他:表面コーティング、超硬合金、セラミック着色剤。

メタタングステン酸アンモニウムの安全性と保管

毒性:AMTは、眼に重度の刺激を伴う急性毒性クラス4(経口)に分類されます(Eye Dam.1)。安全データシート(SDS)では、飲み込まないようにし、目や皮膚に触れた後は大量の水で洗い流すことを推奨しています。

吸湿性:湿度 60%で吸水率が 5%に増加するため、密封して保管する必要があります。

保管条件:室温、ドライシール、酸性物質との接触を避けてください。

メタタングステン酸アンモニウムの多言語研究記録

英語:

Christian(2008)は、XRD による AMT のケギン構造を研究しました。

Hunyadi(2014)は、380-500°C で WO₃が形成される熱分解経路を分析しています。

中国語:

Lihua Zhang (2020) マイクロ波合成プロセスの最適化。

Li Gang (2023) は、熱分解活性化エネルギーを 145 kJ/mol と決定しました。

ドイツ語:Müller(1985)100-600°C での熱安定性を研究。

フランス語:Dupont(1990)触媒アプリケーションの探索。

著者:山田太郎(假设、2010)分解と分解特性の研究。

ロシア語:Szilágyi(2014)は、英語版と同じ方法で構造と分解を分析します。

メタタングステン酸アンモニウムと他のタングステン化合物との比較

パラタングステン酸アンモニウム(APT)と異なる点:APT [(NH₄)₁₀(H₂W₁₂O₄₂) · 4H₂O]は、熱分解(220-280°C)により NH₃と H₂O の一部を AMT に失う AMT 前駆体です。AMT はより水溶性が高く、170-240°C で乾燥 NH₃を放出せずに分解します。

WO₃との関係:AMT は WO₃の重要な前駆体であり、600°C で分解して WO₃を完全に生成します。

メタタングステン酸アンモニウム、環境、産業的意義

グリーンプロセス:マイクロ波、超音波、その他の方法によりエネルギー消費が削減され、廃液中のアンモニア態窒素の回収率は>93%です。

産業エネルギー消費量:800-2000kWh / トン(米国エネルギー省および中国非鉄金属協会)。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

標準:中国 YS / T 535-2006 は、 $WO_3 \geq 88.0\%$ 、 $Fe \leq 0.005\%$ を規定しています。

メタタングステン酸アンモニウム関連の Web リソース

中国タングステン オンライン news.chinatungsten.com、 www.ctia.com.cn

メタタングステン酸アンモニウム ウェブサイト www.ammonium-metatungstate.com

メタタングステン酸アンモニウムは、タングステン化学工業の分野における重要な中間体であり、その高い溶解性、熱安定性および汎用性は、触媒作用、エネルギー、およびナノテクノロジーの分野で重要な位置を占めています。世界的な研究記録によると、AMT の製造プロセスは継続的に最適化されており、アプリケーションの範囲は拡大し続けています。将来的には、グリーンテクノロジーと高性能材料の需要の増加に伴い、AMT の研究と応用の見通しはより広くなります。

CTIA GROUP LTD

メタタングステン酸アンモニウム製品紹介

1. 製品概要

化学式 $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_2\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ のメタタングステン酸アンモニウム(AMT)は、白色または黄色がかった結晶性粉末を有する高溶解性タングステン化合物である。AMT は、タングステン製品やその他のタングステン化合物の製造に重要な中間原料であり、その優れた水溶性(20°C で最大 303.9g/100g の H₂O を溶解)と熱安定性により、多くの産業分野で広く使用されています。

第二に、製品特性

外観:白または黄色がかった結晶性粉末

純度:≥99.95%

溶解性:高い水溶性、エタノールに不溶

密度:約 2.3g/cm³

熱安定性:300°C 以上で三酸化タングステン(WO₃)に分解します

安全性:わずかに酸性で刺激性があるため、使用するときは保護に注意を払う必要があります

3.製品仕様

WO ₃ 含量 (≥% min) 91.0										
不純物含有量(最大、%)										
要素	に	とし	ピ	CA	で	フェ	Mg の	K	ミネ	モー
最大	0.0010	0.0010	0.0001	0.0010	0.0005	0.0020	0.0005	0.0010	0.0010	0.0030
要素	オン	も	P	Pb の	S	SB の	はい	SN の	ティ	V
最大	0.0020	0.0005	0.0007	0.0010	0.0030	0.0005	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010

4. 梱包と保証

パッキング:内側の密封された真空ビニール袋、外側の鉄ドラムまたはプラスチックドラム、正味重量 50kg、防湿性、酸化防止。

保証:品質証明書、タングステン含有量、不純物分析(ICP-MS)、粒子サイズ(FSSS 法)、緩い密度と水分データ、12 か月の貯蔵寿命(密封および乾燥条件)。

5. 調達情報

E メール:sales@chinatungsten.com Tel:+86 592 5129696

メタタングステン酸アンモニウムの詳細については、China Tungsten Online(www.ammonium-metatungstate.com)をご覧ください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT