

Encyclopédie de l'ammonium Paratungstate

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Leader mondial de la fabrication intelligente pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

PRÉSENTATION DE CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, une filiale en propriété exclusive dotée d'une personnalité juridique indépendante établie par CHINATUNGSTEN ONLINE, se consacre à la promotion de la conception et de la fabrication intelligentes, intégrées et flexibles de matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel. CHINATUNGSTEN ONLINE, fondée en 1997 avec www.chinatungsten.com comme point de départ – le premier site Web de produits en tungstène de premier plan en Chine – est la société de commerce électronique pionnière du pays axée sur les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares. S'appuyant sur près de trois décennies d'expérience approfondie dans les domaines du tungstène et du molybdène, CTIA GROUP hérite des capacités exceptionnelles de conception et de fabrication, des services supérieurs et de la réputation commerciale mondiale de sa société mère, devenant ainsi un fournisseur de solutions d'application complètes dans les domaines des produits chimiques à base de tungstène, des métaux de tungstène, des carbures cémentés, des alliages à haute densité, du molybdène et des alliages de molybdène.

Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a créé plus de 200 sites Web professionnels multilingues sur le tungstène et le molybdène couvrant plus de 20 langues, avec plus d'un million de pages d'actualités, de prix et d'analyses de marché liées au tungstène, au molybdène et aux terres rares. Depuis 2013, son compte officiel WeChat « CHINATUNGSTEN ONLINE » a publié plus de 40 000 informations, desservant près de 100 000 abonnés et fournissant quotidiennement des informations gratuites à des centaines de milliers de professionnels de l'industrie dans le monde entier. Avec des milliards de visites cumulatives sur son site Web et son compte officiel, elle est devenue un centre d'information mondial reconnu et faisant autorité pour les industries du tungstène, du molybdène et des terres rares, fournissant des informations multilingues 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, les performances des produits, les prix du marché et les tendances du marché.

S'appuyant sur la technologie et l'expérience de CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP se concentre sur la satisfaction des besoins personnalisés des clients. À l'aide de la technologie de l'IA, elle conçoit et produit en collaboration des produits en tungstène et en molybdène avec des compositions chimiques et des propriétés physiques spécifiques (telles que la taille des particules, la densité, la dureté, la résistance, les dimensions et les tolérances) avec ses clients. Elle offre des services intégrés complets allant de l'ouverture du moule, de la production d'essai, à la finition, à l'emballage et à la logistique. Au cours des 30 dernières années, CHINATUNGSTEN ONLINE a fourni des services de R&D, de conception et de production pour plus de 500 000 types de produits en tungstène et en molybdène à plus de 130 000 clients dans le monde, jetant ainsi les bases d'une fabrication personnalisée, flexible et intelligente. S'appuyant sur cette base, CTIA GROUP approfondit encore la fabrication intelligente et l'innovation intégrée des matériaux en tungstène et en molybdène à l'ère de l'Internet industriel.

Le Dr Hanns et son équipe de CTIA GROUP, sur la base de leurs plus de 30 ans d'expérience dans l'industrie, ont également rédigé et publié des analyses de connaissances, de technologies, de prix du tungstène et de tendances du marché liées au tungstène, au molybdène et aux terres rares, les partageant librement avec l'industrie du tungstène. Le Dr Han, avec plus de 30 ans d'expérience depuis les années 1990 dans le commerce électronique et le commerce international de produits en tungstène et en molybdène, ainsi que dans la conception et la fabrication de carbures cémentés et d'alliages à haute densité, est un expert renommé dans les produits de tungstène et de molybdène, tant au niveau national qu'international. Adhérant au principe de fournir des informations professionnelles et de haute qualité à l'industrie, l'équipe de CTIA GROUP rédige en permanence des documents de recherche technique, des articles et des rapports sur l'industrie en fonction des pratiques de production et des besoins des clients du marché, ce qui lui vaut de nombreux éloges dans l'industrie. Ces réalisations constituent un soutien solide à l'innovation technologique, à la promotion des produits et aux échanges industriels de CTIA GROUP, ce qui lui permet de devenir un chef de file mondial dans la fabrication de produits en tungstène et en molybdène et les services d'information.



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CONTENU

Chapitre 1 : Introduction

- 1.1 Définition et évolution historique du paratungstate d'ammonium (APT)
- 1.2 Importance du paratungstate d'ammonium dans la chimie et l'industrie du tungstène
- 1.3 Différences et connexions entre l'APT et l'AMT
- 1.4 Objectif et structure de ce livre

Chapitre 2 : Informations sur le produit de paratungstate d'ammonium

- 2.1 Propriétés chimiques de base du paratungstate d'ammonium
 - 2.1.1 Structure moléculaire et formule chimique du paratungstate d'ammonium
 - 2.1.2 Apparence et morphologie du paratungstate d'ammonium
- 2.2 Propriétés physiques du paratungstate d'ammonium
 - 2.2.1 Densité et solubilité du paratungstate d'ammonium
 - 2.2.2 Stabilité thermique et comportement de décomposition du paratungstate d'ammonium
- 2.3 Propriétés chimiques du paratungstate d'ammonium
 - 2.3.1 Réactivité acide-base du paratungstate d'ammonium
 - 2.3.2 Caractéristiques redox du paratungstate d'ammonium
- 2.4 Spécifications et grades du paratungstate d'ammonium
 - 2.4.1 APT de qualité industrielle
 - 2.4.2 APT de haute pureté
- 2.5 Exigences d'emballage et de stockage du paratungstate d'ammonium

Chapitre 3 : Procédé de préparation du paratungstate d'ammonium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1 Sources de matières premières pour le paratungstate d'ammonium

3.1.1 Minerais naturels de tungstène (wolframite et scheelite)

3.1.2 Intermédiaires de tungstate

3.2 Méthodes traditionnelles de préparation du paratungstate d'ammonium

3.2.1 Procédé alcalin

3.2.2 Procédé acide

3.2.3 Méthode d'extraction par solvant

3.3 Technologies de préparation émergentes pour le paratungstate d'ammonium

3.3.1 Synthèse verte et procédés à faible teneur en ammoniac

3.3.2 Amélioration de l'échange d'ions Méthode

3.4 Procédé de production industrielle du paratungstate d'ammonium

3.4.1 Prétraitement et lixiviation

3.4.2 Cristallisation et séparation

3.4.3 Séchage et emballage

3.5 Optimisation des paramètres du procédé pour le paratungstate d'ammonium

3.5.1 Contrôle du pH et de la température

3.5.2 Conditions de concentration et de cristallisation

3.6 Défis techniques et solutions pour le paratungstate d'ammonium

3.6.1 Impureté Élimination

3.6.2 Consommation d'énergie et gestion des déchets

3.7 Comparaison entre l'échelle du laboratoire et celle de l'échelle industrielle

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Chapitre 4 : Analyse et essai du paratungstate d'ammonium

4.1 Analyse de la composition chimique du paratungstate d'ammonium

4.1.1 Détermination de la teneur en tungstène (WO_3)

4.1.2 Détermination de la teneur en ammonium (NH_4^+)

4.1.3 Analyse des impuretés (Mo, Fe, Na, etc.)

4.2 Essais des propriétés physiques du paratungstate d'ammonium

4.2.1 Analyse de la structure cristalline (DRX, MEB)

4.2.2 Distribution granulométrique et morphologie des particules

4.2.3 Humidité et teneur en matières volatiles

4.3 Normes de contrôle de la qualité pour le paratungstate d'ammonium

4.3.1 Normes internationales (ISO)

4.3.2 Normes nationales chinoises (GB)

4.4 Techniques et instruments d'essai pour le paratungstate d'ammonium

4.4.1 ICP-MS et AAS

4.4.2 TGA et analyseur granulométrique

4.5 Études de cas sur le paratungstate d'ammonium

4.5.1 Rapport d'essai APT de haute pureté

4.5.2 Validation par lot d'APT de qualité industrielle

Chapitre 5 : Applications industrielles du paratungstate d'ammonium

5.1 Rôle central dans la métallurgie du tungstène

5.1.1 Production de trioxyde de tungstène (WO_3)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.2 Fabrication de poudre de tungstène et de matériaux à base de tungstène

5.2 Carbure cimenté et alliages de tungstène

5.2.1 Application de l'APT dans le carbure cimenté

5.2.2 Produits en alliage de tungstène à haute densité

5.3 Industrie chimique et catalyseurs

5.3.1 Conversion de l'APT en AMT

5.3.2 Autres catalyseurs à base de tungstène

5.4 Applications

spéciales 5.4.1 Colorants céramiques

5.4.2 Réactifs de laboratoire

5.5 Études de cas d'application

5.5.1 APT dans la production de fils de tungstène

5.5.2 Fabrication d'outils en carbure cimenté

5.5.3 Composants aéronautiques

Chapitre 6 : Marché et économie de l'ammonium paratungstate

6.1 Production et distribution mondiales du paratungstate d'ammonium

6.1.1 Position dominante de la Chine

6.1.2 Production dans d'autres pays

6.2 Tendances des prix et facteurs d'influence du paratungstate d'ammonium

6.2.1 Fluctuations historiques des prix

6.2.2 Coûts des matières premières et facteurs de demande

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3 Analyse de l'offre et de la demande de paratungstate d'ammonium

6.3.1 Secteurs de la demande et points de croissance

6.3.2 Contraintes de l'offre et goulets d'étranglement

6.4 Principaux producteurs et marché de l'ammonium paratungstate

6.4.1 GROUPE CTIA

6.5 Impact économique du paratungstate d'ammonium

6.5.1 Contribution à la chaîne industrielle du tungstène

6.5.2 Développement économique régional

6.5.3 Exportations et balance commerciale

6.6 Prévisions du marché futur du paratungstate d'ammonium

Chapitre 7 : Paratungstate d'ammonium Environnement et sécurité

7.1 Impact environnemental du paratungstate d'ammonium

7.1.1 Coût environnemental de l'extraction du tungstène

7.1.2 Émissions de déchets dans la production d'APT

7.1.3 Risques environnementaux dans les applications en aval

7.2 Technologies et mesures environnementales pour le paratungstate d'ammonium

7.2.1 Traitement et recyclage des eaux usées

7.2.2 Technologies de contrôle des gaz d'échappement

7.2.3 Gestion et recyclage

des déchets solides 7.3 Caractéristiques de sécurité du paratungstate d'ammonium

7.3.1 Évaluation de la toxicité de l'APT

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.3.2 Sécurité de fonctionnement et de stockage

7.4 Réglementation et conformité du paratungstate d'ammonium

7.4.1 Réglementations environnementales chinoises

7.4.2 Normes internationales de sécurité

7.5 Études de cas

7.5.1 Pratiques environnementales du groupe CTIA

7.5.2 Leçons tirées des incidents

de transport de l'APT7.6 Défis et stratégies pour le développement durable du paratungstate d'ammonium

Chapitre 8 : Frontières de la recherche et perspectives d'avenir pour le paratungstate d'ammonium

8.1 Recherche sur les nouvelles technologies de préparation

8.1.1 Procédés à faible consommation d'énergie

8.1.2 Synthèse d'APT de haute pureté

8.2 Exploration d'applications de pointe

8.2.1 Potentiel de l'APT dans les matériaux à énergie nouvelle

8.2.2 Nanotechnologie et APT

8.3 Orientations de recherche interdisciplinaires

8.3.1 APT et fabrication intelligente

8.3.2 Applications respectueuses de l'environnement

8.4 Tendances

futures du développement8.4.1 Innovation technologique et modernisation industrielle

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.4.2 Expansion des marchés et mondialisation

8.4.3 Objectifs de développement durable

Chapitre 9 : Contrôle de la qualité et rapports d'essai pour le paratungstate d'ammonium

9.1 Fiche d'inspection de la qualité du paratungstate d'ammonium du GROUPE CTIA

9.2 Photo-analyse au microscope électronique du paratungstate d'ammonium

9.3 Études de cas et interprétation des tests de qualité

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Définition et évolution historique du paratungstate d'ammonium (APT)

Le paratungstate d'ammonium (APT), de formule chimique $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, est un composé de tungstate important. En tant que poudre cristalline blanche, l'APT sert d'intermédiaire de base dans la chimie et l'industrie du tungstène, occupant une position irremplaçable dans la métallurgie du tungstène en raison de ses propriétés chimiques stables et de sa grande pureté. La structure moléculaire de l'APT se compose d'un amas de polytungstétat formé de 12 atomes de tungstène liés par des atomes d'oxygène, entourés de 10 ions ammonium pour équilibrer la charge, et comprend 4 molécules d'eau de cristallisation. Cette structure confère des avantages uniques à l'APT dans la décomposition à haute température et les applications industrielles, ce qui en fait un produit de transition essentiel du minerai de tungstène au tungstène métallique et à d'autres composés de tungstène.

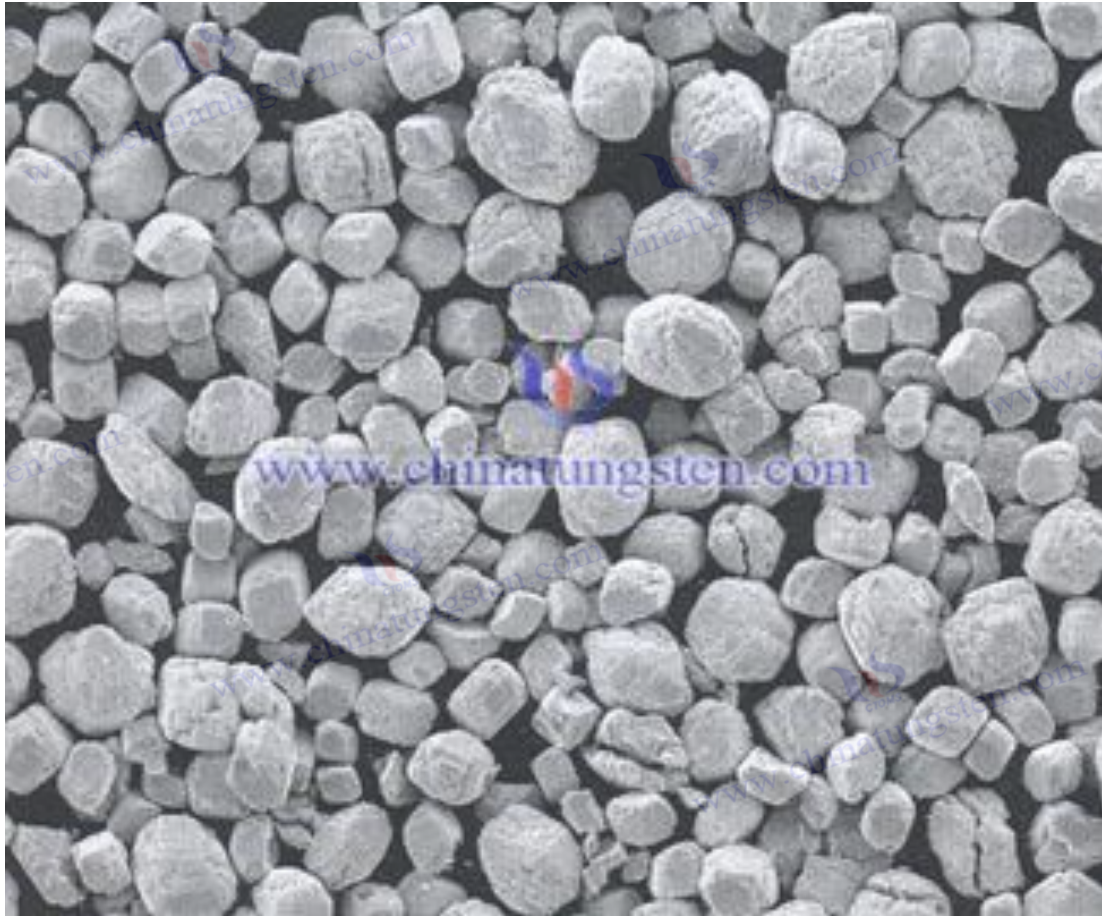
L'histoire de l'APT remonte à la fin du 19^e siècle, lorsque la valeur industrielle du tungstène a commencé à émerger, incitant les scientifiques à explorer des méthodes efficaces pour extraire des intermédiaires de haute pureté des minerais de tungstène. Au début du 20^e siècle, les procédés de préparation de l'APT ont mûri, ce qui en a fait une matière première standard largement reconnue pour la production de poudre de tungstène. Les premières méthodes de préparation reposaient fortement sur les procédés de lixiviation alcaline et de cristallisation, mais avec les progrès technologiques, l'introduction de procédés acides et de méthodes d'extraction par solvant a encore amélioré la pureté et le rendement de l'APT. Aujourd'hui, l'APT est devenue un pilier fondamental de l'industrie mondiale du tungstène, en particulier en Chine, un pays riche en ressources en tungstène, où ses technologies de production et d'application ont atteint des niveaux de pointe au niveau mondial.

Fiche d'inspection de la qualité du paratungstate d'ammonium CTIA GROUP

Grade	APT-0											
WO3 Content($\geq\%$ min)	88.5											
Impurity(%max)												
Impurity	Al	As	Bi	Ca	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo
MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0003	0.0010	0.0005	0.0005	0.0020
Impurity	Na	Ni	K	P	Pb	S	Sb	Si	Sn	Ti	V	LOI
MAX	0.0010	0.0005	0.0010	0.0007	0.0001	0.0008	0.0005	0.0010	0.0002	0.0010	0.0010	11.5

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Paratungstate d'ammonium SEM CTIA GROUP LTD



1.2 Importance du paratungstate d'ammonium dans la chimie et l'industrie du tungstène

Dans les domaines de la chimie et de l'industrie du tungstène, l'importance du paratungstate d'ammonium (APT) réside dans son rôle de « plaque tournante » centrale au sein de la chaîne industrielle du tungstène. Le tungstène, avec son point de fusion ultra-élevé (3422°C), sa haute densité (19,25 g/cm³) et son excellente résistance à la corrosion, est largement utilisé dans les secteurs de haute technologie tels que l'aérospatiale, l'armée, l'électronique et l'énergie. Au sein de la chaîne de traitement, des minerais de tungstène (par exemple, wolframite et scheelite) aux produits finis, l'APT sert de lien essentiel entre l'extraction du minerai et le traitement avancé en aval. Par grillage ou réduction, l'APT peut être directement converti en trioxyde de tungstène (WO₃) ou en poudre de tungstène métallique, qui sont ensuite utilisés pour produire des matériaux haute performance tels que le fil de tungstène, le carbure cimenté et l'acier au tungstène.

L'importance de l'APT va au-delà de son utilisation généralisée en tant que matière première pour s'étendre à la flexibilité de ses procédés dans la métallurgie du tungstène. Par rapport à d'autres composés de tungstène, l'APT bénéficie d'un processus de production mature et contrôlable, capable de répondre à diverses exigences de pureté. Par exemple, l'APT de qualité industrielle est utilisé dans la production de poudre de tungstène à grande échelle, tandis que l'APT de haute pureté répond aux besoins sophistiqués de l'industrie électronique. En outre, l'APT sert de matériau de départ pour

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

la préparation d'autres tungstates, tels que le métatungstate d'ammonium (AMT), l'expansion de ses applications dérivées dans l'industrie chimique et l'élargissement de sa chaîne de valeur. En substance, l'APT est une double pierre angulaire du progrès technologique et des avantages économiques dans l'industrie du tungstène.

1.3 Différences et liens entre l'APT et l'AMT

Lorsque l'on discute de l'importance de l'APT, il est inévitable de le comparer au métatungstate d'ammonium (AMT). L'APT et l'AMT sont tous deux des composés de tungstate d'ammonium, mais ils présentent des différences significatives dans la structure, les propriétés et les applications. L'APT a la formule chimique $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, contenant 10 ions ammonium, avec une structure cristalline qui a tendance à former des agrégats et une faible solubilité dans l'eau (moins de 2 % à 20 °C). En revanche, l'AMT, de formule $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$, contient 6 ions ammonium et adopte une structure d'amas moléculaire unique de type Keggin, offrant une solubilité dans l'eau extrêmement élevée (environ 300 g de WO_3 /100 ml de H_2O à 25°C). Ces différences structurelles se traduisent par des voies d'application divergentes : l'APT est principalement utilisé dans les procédés métallurgiques à l'état solide, tels que la production de poudre de tungstène et de matériaux, tandis que l'AMT est mieux adapté aux processus basés sur des solutions, tels que la préparation de catalyseurs et la synthèse de nanomatériaux.

Malgré leurs différences, l'APT et l'AMT ne sont pas entièrement déconnectées ; Ils partagent une relation étroite. L'APT peut être convertie en AMT par des processus spécifiques (par exemple, la décomposition thermique ou l'acidification), servant de précurseur dans sa production industrielle. Cette transformation met non seulement en évidence la polyvalence des composés de tungstène, mais souligne également le rôle fondamental de l'APT dans la chaîne industrielle du tungstène. Comprendre les distinctions et les connexions entre l'APT et l'AMT permet une compréhension plus complète de la complexité et du potentiel d'application de la chimie du tungstène.

1.4 Objectif et structure de ce livre

Pourquoi est-il nécessaire d'avoir une *encyclopédie du paratungstate d'ammonium* ? La réponse réside dans la nature vaste et fragmentée du système de connaissances de l'APT. Bien que l'APT soit un intermédiaire de base dans l'industrie du tungstène, les informations à son sujet sont souvent éparpillées dans la littérature universitaire, les manuels techniques et les rapports de l'industrie, sans intégration systématique. Les chimistes peuvent se concentrer sur sa structure moléculaire et ses propriétés, les ingénieurs sur ses processus de préparation et son contrôle de la qualité, et les professionnels sur la dynamique du marché et la valeur économique. Ce livre vise à combler ce fossé, en offrant une perspective complète sur l'APT – de la chimie fondamentale aux applications industrielles et aux développements futurs – servant de ressource de connaissances unique pour les lecteurs. Que vous soyez un praticien de l'industrie du tungstène, un chercheur ou un passionné des matériaux en tungstène, ce livre a quelque chose de précieux à offrir.

Le livre est divisé en dix chapitres, structurés logiquement avec un contenu qui s'approfondit progressivement. Le chapitre 1, en guise d'introduction, décrit la définition, l'histoire et la signification de l'APT, jetant les bases des sections suivantes. Le chapitre 2 détaille les informations

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sur les produits d'APT, y compris ses propriétés chimiques et physiques et ses exigences en matière de spécifications. Le chapitre 3 se penche sur les processus de préparation de l'APT, en fournissant une vue d'ensemble complète, des matières premières aux flux de travail industriels. Le chapitre 4 se concentre sur les techniques d'analyse et de test, garantissant la base scientifique de l'assurance qualité. Le chapitre 5 présente la vaste gamme d'applications industrielles de l'APT, étayées par des études de cas pratiques pour mettre en évidence son utilité. Le chapitre 6 analyse le marché et le paysage économique de l'APT, offrant des informations pour les décisions commerciales. Le chapitre 7 examine les considérations environnementales et de sécurité et propose des stratégies de durabilité. Le chapitre 8 explore les frontières de la recherche et le potentiel futur de l'APT, en envisageant ses perspectives technologiques. Le chapitre 9 présente des fiches d'inspection de la qualité et des analyses de microscopie électronique de CTIA GROUP LTD (Xiamen, Chine), illustrant des exemples concrets de contrôle de la qualité. Le chapitre 10 se termine en résumant les valeurs fondamentales de l'APT et en proposant des recommandations pour son développement futur.

À travers cette *encyclopédie du paratungstate d'ammonium*, nous visons à présenter une image complète de l'APT – de sa structure moléculaire microscopique à son impact industriel macroscopique – en révélant sa profonde influence sur la chimie et l'industrie du tungstène. L'APT n'est pas seulement une pierre angulaire de la chaîne industrielle du tungstène, mais aussi une force vitale pour faire progresser le progrès technologique. Les chapitres suivants vous guideront étape par étape dans le monde de l'APT, en découvrant les mystères et la valeur de ce composé remarquable.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Chapitre 2 : Informations sur le produit de paratungstate d'ammonium

Le paratungstate d'ammonium (APT), en tant qu'intermédiaire central dans la chaîne industrielle du tungstène, présente des caractéristiques de produit qui déterminent directement sa valeur d'application dans les domaines industriels et scientifiques. Ce chapitre explore les propriétés chimiques de base, les propriétés physiques et les propriétés chimiques de l'APT, en fournissant une analyse détaillée de sa composition et de ses traits comportementaux. Il présente également ses spécifications, ses qualités et ses exigences en matière d'emballage et de stockage, offrant aux lecteurs une base complète d'informations sur les produits.

2.1 Propriétés chimiques de base du paratungstate d'ammonium

2.1.1 Structure moléculaire et formule chimique du paratungstate d'ammonium

L'APT a la formule chimique $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ et est un composé polytungstate typique. Sa structure moléculaire se compose d'un amas de polytungstÉtat formé de 12 atomes de tungstène (W) liés par des atomes d'oxygène (O), plus précisément le polyanion $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}]^{10-}$. Contrairement à l'amas moléculaire unique de métatungstate d'ammonium (AMT) de type Keggin, la structure d'APT penche vers une forme agrégée, construite à partir de plusieurs octaèdres tungstène-oxygène partageant des atomes d'oxygène pour créer un réseau complexe. Ce polyanion est équilibré en charge par 10 ions ammonium (NH_4^+) et incorpore 4 molécules d'eau de cristallisation (H_2O), formant une structure cristalline stable. L'analyse par diffraction des rayons X (DRX) révèle que l'APT cristallise généralement dans un système orthorhombique, présentant une symétrie et une stabilité élevées.

Le poids moléculaire de l'APT est d'environ 3132,2 g/mol (y compris 4 molécules d'eau), avec une teneur en tungstène (calculée en WO_3) allant de 88 % à 90 %, selon les niveaux d'humidité. Cette caractéristique structurelle permet à l'APT de libérer de l'ammoniac et de la vapeur d'eau lors de la décomposition à haute température, se transformant finalement en trioxyde de tungstène (WO_3), offrant ainsi une voie pratique pour la métallurgie du tungstène.

2.1.2 Apparence et morphologie du paratungstate d'ammonium

L'APT se présente généralement sous la forme d'une poudre cristalline blanche ou légèrement jaunâtre avec une texture fine, ressemblant à la sensation du talc. Sa couleur peut varier légèrement en raison des processus de production ou des traces d'impuretés (par exemple, le fer ou le molybdène), bien que l'APT de haute pureté soit principalement d'un blanc pur. Au microscope, les cristaux d'APT présentent des morphologies en forme d'aiguille ou de plaque, avec des tailles de grain variant entre 10 et 50 micromètres selon les conditions de préparation. Ces traits d'apparence le rendent facilement identifiable et facilitent son écrasement ou sa dissolution dans les processus industriels.

2.2 Propriétés physiques du paratungstate d'ammonium

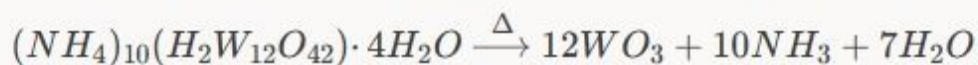
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.2.1 Masse volumique et solubilité

L'APT a une densité d'environ 4,6 g/cm³, supérieure à celle de l'AMT (3,8-4,0 g/cm³), ce qui reflète sa structure cristalline plus dense. Cependant, par rapport à la solubilité élevée dans l'eau de l'AMT, l'APT présente une solubilité relativement faible dans l'eau. À 20 °C, sa solubilité n'est que d'environ 2 g/100 ml (environ 1,8 g sous forme de WO₃), et il se dissout lentement dans l'eau pure. Cette propriété est étroitement liée à la structure agrégée d'APT, car ses cristaux ont tendance à conserver une forme solide. La solubilité augmente considérablement dans des conditions acides (p. ex., pH 4-6) ou avec le chauffage. L'APT est insoluble dans les solvants organiques tels que l'éthanol et l'acétone, ce qui la rend plus adaptée aux procédés à l'état solide plutôt qu'aux systèmes basés sur des solutions.

2.2.2 Stabilité thermique et comportement à la décomposition

L'APT présente une bonne stabilité thermique à température ambiante, ce qui permet un stockage à long terme sans décomposition. Cependant, sa structure change lorsqu'elle est chauffée. L'analyse thermogravimétrique (TGA) indique que la décomposition de l'APT se produit en trois étapes : • 50-150°C : Perte d'eau de cristallisation, avec une réduction de masse d'environ 2 %-3 %. • 200-400°C : Décomposition des groupes ammonium (NH₄⁺), libération de l'ammoniac (NH₃) et de la vapeur d'eau, se transformant en un état intermédiaire d'acide polytungstique. • 500-700°C : Décomposition complète en trioxyde de tungstène (WO₃), la couleur passant du blanc au jaune. La réaction de décomposition peut être simplifiée comme suit :



2.3 Propriétés chimiques du paratungstate d'ammonium

2.3.1 Réactivité acido-basique

L'APT présente un certain degré d'inertie chimique, bien que sa réactivité varie en fonction de l'environnement. Dans des conditions acides, l'APT peut se dissoudre lentement et se transformer en d'autres tungstates ou en acide tungstique (H₂WO₄), par exemple :



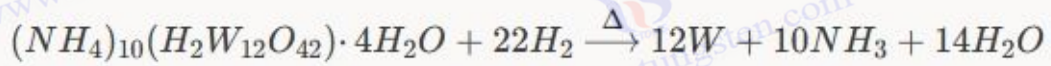
Dans un environnement alcalin, l'APT réagit avec des hydroxydes (tels que le NaOH) pour former des tungstates solubles, comme le tungstate de sodium (Na₂WO₄), bien que la vitesse de réaction soit lente et nécessite généralement un chauffage ou des conditions fortement alcalines. Cette réactivité acide-base permet à l'APT de servir d'intermédiaire dans des processus spécifiques, permettant ainsi la dérivation ultérieure d'autres composés de tungstène.

2.3.2 Caractéristiques de l'oxydoréduction

Les atomes de tungstène de l'APT sont dans l'état d'oxydation +6 (W⁶⁺), l'état d'oxydation le plus élevé, conférant un certain potentiel redox. Théoriquement, l'APT peut être réduite par des agents

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

réducteurs (tels que l'hydrogène gazeux H₂ ou le zinc Zn) en composés de tungstène à l'état d'oxydation inférieur, tels que le bronze de tungstène bleu (un état mixte W⁵⁺/W⁶⁺). Par exemple, la réduction dans une atmosphère d'hydrogène est une étape courante dans la production industrielle de poudre de tungstène :



Cependant, cette réaction de réduction est plus souvent observée dans la recherche en laboratoire, alors que dans l'industrie, elle est généralement réduite après la décomposition par torréfaction.

2.4 Spécifications et grades du paratungstate d'ammonium

2.4.1 APT de qualité industrielle

L'APT de qualité industrielle est la qualité de produit la plus courante, largement utilisée dans la production de poudre de tungstène et de carbure cémenté. Ses spécifications typiques sont les suivantes : • Teneur en WO₃ : ≥88,5 % • Limites d'impuretés : Mo ≤ 0,05 %, Fe ≤ 0,02 %, Na ≤ 0,03 % • Teneur en humidité : ≤ 8 % L'APT de qualité industrielle a des exigences de pureté relativement clémentes, ce qui le rend adapté à la production à grande échelle à moindre coût.

2.4.2 APT de haute pureté

L'APT de haute pureté sert principalement l'industrie électronique et la fabrication de matériaux spécialisés, exigeant une pureté plus élevée et des niveaux d'impuretés plus faibles. Les spécifications typiques sont les suivantes : • Teneur en WO₃ : ≥99,9 % • Limites d'impuretés : Mo ≤ 0,001 %, Fe ≤ 0,001 %, Na ≤ 0,0005 % • Teneur en humidité : ≤ 5 % La production d'APT de haute pureté nécessite des processus de purification plus stricts, tels que les cristallisations multiples ou l'échange d'ions, ce qui le rend adapté aux applications de haute précision telles que les cibles de tungstène ou les précurseurs de catalyseurs.

2.5 Exigences relatives à l'emballage et à l'entreposage du paratungstate d'ammonium

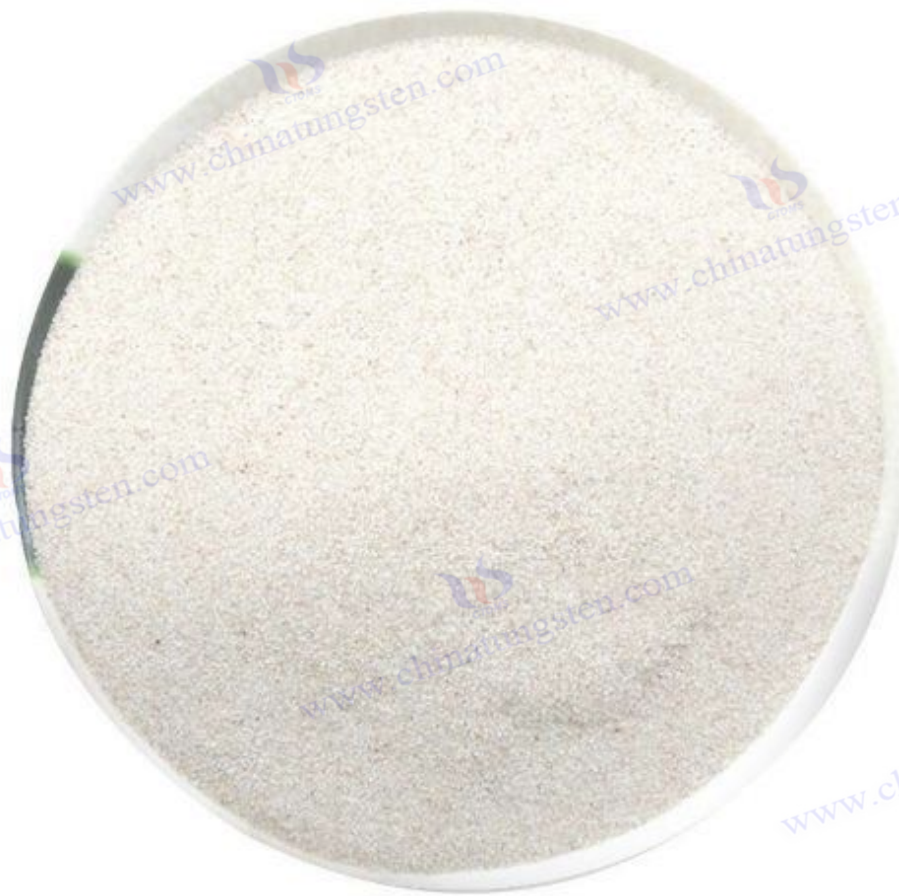
L'emballage et le stockage de l'APT doivent garantir sa stabilité et éviter toute contamination externe. Les exigences courantes sont les suivantes :

- **Emballage** : Emballé dans des sacs en plastique scellés à double couche ou des fûts en plastique, avec des boîtes en carton supplémentaires étanches à l'humidité ou des fûts en fer. Le poids net est généralement de 25 kg ou 50 kg. L'emballage doit être étiqueté avec le nom du produit, le numéro de lot, la date de production et les avertissements de sécurité.
- **Conditions de stockage** : Stocké dans un entrepôt frais, sec et bien ventilé, à l'abri de la lumière directe du soleil et des températures élevées (>40°C). L'humidité doit être contrôlée en dessous de 60 % pour éviter l'absorption et l'agglutination de l'humidité.
- **Précautions** : Évitez le co-stockage avec des substances acides ou des oxydants forts pour éviter les réactions involontaires. La période de stockage ne dépasse généralement pas 12 mois et le stockage à long terme nécessite des contrôles périodiques de la teneur en humidité.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.6 Importance pratique

Les informations sur les produits d'APT ne sont pas seulement un résumé de ses propriétés chimiques et physiques, mais constituent également la base fondamentale de ses applications industrielles. Sa faible solubilité dans l'eau et ses propriétés de décomposition à haute température en font une matière première idéale pour la métallurgie du tungstène, tandis que la diversité de ses qualités répond aux besoins d'applications allant de l'industrie générale aux domaines de haute technologie. Des exigences standardisées en matière d'emballage et de stockage garantissent la stabilité d'APT pendant le transport et l'utilisation, offrant des garanties pour les processus de préparation ultérieurs et le contrôle de la qualité. Les chapitres suivants se pencheront sur les processus de préparation de l'APT, révélant sa transformation du minerai au produit fini et démontrant davantage sa valeur technique.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 3 : Procédé de préparation du paratungstate d'ammonium

Le processus de préparation du paratungstate d'ammonium (APT) est une étape critique dans la transformation du minerai de tungstène en un produit intermédiaire de grande valeur. En tant que

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

matière première essentielle de la métallurgie du tungstène, la technologie de production d'APT a un impact direct sur sa pureté, son rendement et les performances de ses applications en aval. Ce chapitre commence par les sources de matières premières, en présentant systématiquement les méthodes de préparation traditionnelles, les technologies émergentes et les processus de production industrielle de l'APT, en analysant les défis techniques et les orientations d'optimisation, et en comparant les caractéristiques de la production à l'échelle industrielle et en laboratoire pour fournir aux lecteurs une perspective complète du processus.

3.1 Sources de matières premières pour le paratungstate d'ammonium

La préparation de l'APT repose sur l'extraction et le traitement des ressources en tungstène, les matières premières étant principalement divisées en deux catégories : les minerais naturels de tungstène et les intermédiaires de tungstène.

3.1.1 Minerais naturels de tungstène (Wolframite et Scheelite)

Les minerais naturels de tungstène sont les principales sources de matières premières pour la production d'APT, la wolframite (FeMnWO_4) et la scheelite (CaWO_4) étant prédominantes. La wolframite, riche en fer et en manganèse, existe souvent sous forme de cristaux grossiers adaptés à la séparation par gravité, tandis que la scheelite, se présentant sous forme de sel de calcium, est accompagnée de minéraux associés complexes et nécessite généralement une séparation par flottation. La Chine, le plus grand producteur de minerai de tungstène au monde, détient plus de 80 % des réserves mondiales, concentrées dans des régions comme Ganzhou dans le Jiangxi et Chenzhou dans le Hunan, ce qui lui a valu le titre de « capitale mondiale du tungstène ». Ces minerais sont broyés, broyés et enrichis pour produire des concentrés de tungstène (teneur en WO_3 50 % à 65 %), jetant ainsi les bases du raffinage chimique ultérieur.

3.1.2 Intermédiaires de tungstate

En plus des minerais de tungstène naturels, les intermédiaires de tungstate tels que le tungstate de sodium (Na_2WO_4) et l'acide tungstique brut (H_2WO_4) sont couramment utilisés comme matières premières directes pour l'APT. Ces intermédiaires sont généralement obtenus à partir de concentrés de tungstène par lixiviation alcaline ou acide, offrant une pureté plus élevée adaptée à la production d'APT de haute pureté. De plus, les déchets de tungstène recyclés (par exemple, les déchets de carbure cémenté) peuvent être transformés chimiquement en tungstates, servant de matière première supplémentaire. Le choix de la matière première varie en fonction des objectifs de production : les minerais naturels de tungstène sont idéaux pour la production industrielle à grande échelle, tandis que les intermédiaires de tungstate sont mieux adaptés aux processus de laboratoire ou spécialisés.

3.2 Méthodes traditionnelles de préparation du paratungstate d'ammonium

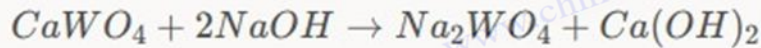
Les méthodes traditionnelles de préparation de l'APT, développées au cours d'un siècle, ont évolué en plusieurs procédés matures, comprenant principalement le procédé alcalin, le procédé acide et la méthode d'extraction par solvant.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

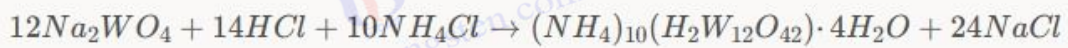
3.2.1 Procédé alcalin

Le procédé alcalin est la principale voie industrielle pour la production d'APT, utilisant des conditions alcalines pour décomposer le minerai de tungstène. Le processus est le suivant :

1. **Lixiviation** : Le concentré de tungstène réagit avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) ou du carbonate de sodium (Na₂CO₃) à haute température et pression pour produire une solution soluble de tungstate de sodium :



2. **Purification** : Les impuretés (telles que le silicium, le phosphore et l'arsenic) sont éliminées par précipitation ou filtration.
3. **Cristallisation** : Eau ammoniacale (NH₃· H₂O) et de l'acide chlorhydrique (HCl) sont ajoutés, en ajustant le pH à 7-8, permettant aux ions tungstate de s'agréger en cristaux d'APT :

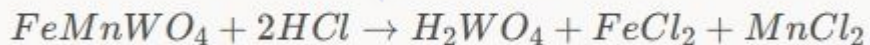


4. **Séparation et séchage** : Les cristaux d'APT sont séparés par centrifugation et séchés jusqu'à une teneur en humidité de <8 %. Les avantages du processus alcalin comprennent un équipement simple et un rendement élevé, ce qui le rend adapté au traitement de la scheelite, bien que les déchets liquides contiennent une grande quantité de sels de sodium, nécessitant un traitement supplémentaire.

3.2.2 Procédé acide

Le procédé acide est principalement utilisé pour la wolframite, en utilisant des acides forts pour décomposer le minerai. Les étapes comprennent :

1. **Décomposition acide** : L'acide chlorhydrique (HCl) ou l'acide sulfurique (H₂SO₄) est utilisé pour décomposer le concentré de tungstène, produisant de l'acide tungstique insoluble :



2. **Dissolution** : L'acide tungstique est dissous dans de l'eau ammoniacale pour former une solution de tungstate d'ammonium.
3. **Cristallisation** : Les cristaux d'APT sont précipités par évaporation ou refroidissement. Le procédé acide convient à la wolframite à haute teneur en fer, produisant moins de résidus, mais il consomme une quantité importante d'acide et impose des exigences strictes en matière de résistance à la corrosion des équipements.

3.2.3 Méthode d'extraction par solvant

La méthode d'extraction par solvant est une technique de préparation d'APT de haute pureté, en utilisant des solvants organiques pour séparer le tungstène. Le processus comprend :

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1. **Extraction** : Une solution de tungstate de sodium est mélangée à un extractant organique (par exemple, des composés amines), transférant les ions tungstène à la phase organique.
2. **Rétroextraction** : De l'eau ammoniacale est utilisée pour la rétroextraction, produisant une solution de tungstate d'ammonium de haute pureté.
3. **Cristallisation** : La solution est concentrée pour précipiter l'APT. Cette méthode permet d'obtenir une grande pureté ($WO_3 >99,9\%$), mais elle est coûteuse et complexe, principalement utilisée pour des applications haut de gamme.

3.3 Nouvelles technologies de préparation du paratungstate d'ammonium

Avec les exigences croissantes en matière de protection de l'environnement et d'efficacité, les technologies de préparation APT continuent d'innover.

3.3.1 Synthèse verte et procédés à faible teneur en ammoniac

La synthèse verte vise à réduire les émissions d'ammoniac et la consommation d'énergie. Par exemple, la méthode électrochimique utilise un champ électrique pour amener les ions tungstate à s'agréger en APT, avec des sous-produits limités à l'hydrogène et à l'oxygène, réduisant ainsi l'utilisation d'ammoniac de plus de 50 %. La méthode assistée par ultrasons utilise des ondes sonores pour accélérer les réactions, raccourcir le temps de cristallisation et réduire les rejets d'eaux usées.

3.3.2 Méthode d'échange d'ions améliorée

La méthode d'échange d'ions améliorée utilise de nouvelles résines (par exemple, des résines de type acide fort) pour préparer directement l'APT à partir d'une solution de tungstate de sodium, augmentant ainsi l'efficacité de l'élimination des impuretés comme le molybdène et le fer de 30 %, ce qui convient à la production d'APT de haute pureté.

3.4 Procédé de production industrielle de paratungstate d'ammonium

3.4.1 Prétraitement et lixiviation

La production industrielle commence par le prétraitement du concentré de tungstène, la torréfaction pour éliminer le soufre et l'arsenic, suivie d'une lixiviation alcaline ou acide pour produire une solution de tungstate.

3.4.2 Cristallisation et séparation

Après purification, la solution est ajustée à un pH neutre avec de l'eau ammoniacale et de l'acide, chauffée à 80-90°C pour précipiter les cristaux d'APT, qui sont ensuite séparés à l'aide d'une centrifugeuse ou d'un filtre.

3.4.3 Séchage et emballage

Les cristaux sont séchés à 100-120°C, avec un taux d'humidité contrôlé entre 5 % et 8 %, et emballés dans des sacs scellés de 25 kg ou 50 kg.

3.5 Optimisation des paramètres du procédé pour le paratungstate d'ammonium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5.1 Contrôle du pH et de la température

Un pH de 7-8 est la plage optimale pour la cristallisation de l'APT ; Une valeur trop faible produit de l'acide tungstique, tandis qu'une valeur trop élevée précipite d'autres tungstates. La température est contrôlée à 80-100°C pour assurer des cristaux uniformes.

3.5.2 Conditions de concentration et de cristallisation

La concentration de WO_3 dans la solution doit atteindre 200-300 g/L, avec un temps de cristallisation de 4-6 heures et une vitesse d'agitation de 100-200 tr/min pour optimiser le rendement et la taille des particules.

3.6 Défis techniques et solutions pour le paratungstate d'ammonium

3.6.1 Élimination des impuretés

Le molybdène (Mo) est une impureté primaire dont les propriétés chimiques sont similaires à celles du tungstène. Les solutions comprennent la précipitation sélective (par exemple, la sulfuration) ou l'échange d'ions, ce qui augmente les coûts mais améliore la pureté.

3.6.2 Consommation d'énergie et gestion des déchets

La torréfaction et l'évaporation consomment beaucoup d'énergie, et les eaux usées contiennent de l'azote ammoniacal à récupérer. L'utilisation de la récupération de chaleur résiduelle et de la séparation membranaire peut réduire la consommation d'énergie de 20 %, avec un taux de récupération de l'ammoniac de 85 %.

3.7 Comparaison entre laboratoire et échelle industrielle

La préparation en laboratoire de l'APT est généralement à petite échelle, axée sur la pureté et l'exploration du processus, à l'aide de béchers et de réglages manuels. La production à l'échelle industrielle privilégie l'efficacité, avec des cadences quotidiennes atteignant plusieurs tonnes, en utilisant des équipements automatisés et des paramètres fixes.

3.8 Importance pratique

Le processus de préparation de l'APT est la pierre angulaire de son industrialisation. La maturité des procédés alcalins et acides garantit une production à grande échelle, tandis que l'extraction par solvant et les technologies émergentes répondent à des exigences de haute pureté, et des paramètres optimisés équilibrent qualité et coût. La compréhension de ces processus révèle non seulement le parcours de production d'APT, mais jette également les bases de son contrôle qualité et de ses applications. Le chapitre suivant explorera les techniques d'analyse et de test de l'APT pour assurer la conformité aux normes industrielles.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 4 : Analyse et essai du paratungstate d'ammonium

La qualité du paratungstate d'ammonium (APT) est une assurance essentielle pour ses applications industrielles et scientifiques, et les techniques d'analyse et d'essai scientifiques constituent la base pour garantir cette qualité. De la composition chimique aux propriétés physiques, chaque paramètre APT nécessite des méthodes de validation précises pour répondre aux divers besoins des applications. Ce chapitre présente systématiquement l'analyse de la composition chimique, les tests de propriétés physiques, les normes de contrôle de la qualité, les techniques de test et les études de cas pratiques de l'APT, révélant comment les méthodes de laboratoire fournissent une base scientifique pour la qualité de l'APT.

4.1 Analyse de la composition chimique du paratungstate d'ammonium

L'analyse de la composition chimique d'APT vise à déterminer sa teneur en éléments primaires et ses niveaux d'impuretés, garantissant ainsi que le produit répond aux exigences des spécifications. Les principales méthodes d'analyse sont les suivantes :

4.1.1 Détermination de la teneur en tungstène (WO_3)

Le tungstène (W) est le composant central de l'APT, généralement exprimé en trioxyde de tungstène (WO_3), l'APT de qualité industrielle nécessitant un $WO_3 \geq 88,5 \%$ et le grade de haute pureté $\geq 99,9 \%$. Les méthodes courantes comprennent : • **Spectrométrie de masse à plasma à couplage**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

inductif (ICP-MS) : les échantillons APT sont dissous dans de l'eau d'ammoniac, dilués et analysés à l'aide de l'ICP-MS pour détecter les spectres caractéristiques des ions tungstène, avec une sensibilité atteignant des niveaux de ppm (parties par million), idéal pour une analyse précise de l'APT de haute pureté. • **Méthode gravimétrique**: L'APT est chauffé à 700-800°C pour se décomposer complètement en WO₃, et la masse résiduelle est pesée pour calculer la teneur en WO₃, offrant simplicité et fiabilité avec une erreur d'environ 0,1 %, couramment utilisée pour la vérification industrielle.

4.1.2 Détermination de la teneur en ammonium (NH₄⁺)

La teneur en ammonium (NH₄⁺) de l'APT reflète sa composition chimique, représentant généralement 5 à 6 % de son poids moléculaire. La méthode de détection est la distillation-titrage :

1. L'échantillon est dissous, un alcali fort (par exemple, NaOH) est ajouté et il est chauffé pour libérer de l'ammoniac gazeux (NH₃).
2. Le NH₃ est absorbé par une solution d'acide sulfurique (H₂SO₄), et l'acide restant est titré avec une base étalon. Cette méthode atteint une précision de 0,1 % et constitue une approche standard des tests industriels.

4.1.3 Analyse des impuretés

Les impuretés de l'APT (par exemple, le molybdène Mo, le fer Fe, le sodium Na) peuvent provenir de matières premières ou de processus, affectant directement ses applications. Les méthodes de détection comprennent : • **ICP-MS** : analyse multi-éléments simultanée avec des limites de détection aussi faibles que ppb (parties par milliard), adaptée au contrôle des impuretés dans les APT de haute pureté (par exemple, Mo ≤ 0,001 %). • **Spectroscopie d'absorption atomique (AAS)** : des éléments spécifiques (par exemple, Fe, Na) sont mesurés par atomisation et absorbance à la flamme ou au four à graphite, appropriées pour les tests de routine. Les limites d'impuretés varient selon l'application, l'APT de qualité industrielle permettant une ≤ Mo de 0,05 %, tandis que la qualité de haute pureté exige des normes plus strictes.

4.2 Essais des propriétés physiques du paratungstate d'ammonium

Les tests de propriétés physiques garantissent que la structure cristalline et la morphologie d'APT répondent aux exigences, influençant ainsi ses performances de traitement en aval.

4.2.1 Analyse de la structure cristalline (XRD, MEB)

La structure cristalline d'APT est confirmée par diffraction des rayons X (XRD), avec des pics caractéristiques apparaissant dans la gamme 2θ de 15° à 35°, indiquant un système orthorhombique. La présence de pics supplémentaires d'OO₃ ou d'autres impuretés suggère une pureté insuffisante.

La microscopie électronique à balayage (MEB) observe la morphologie des cristaux, montrant généralement l'APT sous forme de cristaux en forme d'aiguille ou de plaque avec des particules d'une taille de 10 à 50 micromètres, facilitant les processus de dissolution et de réduction.

4.2.2 Distribution granulométrique et morphologie des particules

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

La taille des particules affecte la solubilité et la facilité de traitement de l'APT. Les analyseurs de taille de particules laser mesurent par diffusion laser : • La taille moyenne des particules de l'APT de qualité industrielle (D50) est généralement de 20 à 50 micromètres. • Les particules trop fines (<5 micromètres) peuvent provoquer de la poussière, tandis que celles trop grossières (>100 micromètres) sont difficiles à dissoudre. Les résultats sont présentés sous forme de courbes de distribution pour assurer la cohérence des lots.

4.2.3 Teneur en humidité et teneur en substances volatiles

En tant que tétrahydrate, la teneur en humidité de l'APT est un indicateur clé. L'analyse thermogravimétrique (TGA) mesure : • 50-150°C : Perte d'eau de cristallisation (environ 2 %-3 %). • 200-400°C : Libération d'ammoniac et d'eau. L'humidité de l'APT de qualité industrielle est contrôlée à 5 % à 8 %, celle de haute pureté ≤ 5 %, car l'excès d'humidité peut entraîner l'agglutination ou la décomposition.

4.3 Normes de contrôle de la qualité du paratungstate d'ammonium

Les normes de qualité de l'APT varient selon l'application, les réglementations internationales et nationales servant de base : • **Normes internationales (ISO)** : telles que ISO 9001, exigeant des fabricants qu'ils établissent des systèmes de gestion de la qualité pour la stabilité des lots. • **Normes nationales chinoises (GB)** : telles que GB/T 23365-2009, spécifiant que l'APT WO_3 de qualité industrielle $\geq 88,5$ % avec des limites d'impuretés claires. • **Pratiques de l'industrie**: Les impuretés APT de haute pureté (par exemple, Mo, Fe) doivent être $<0,001$ %, négociées entre les fournisseurs et les utilisateurs, souvent détaillées dans les fiches techniques (TDS).

4.4 Techniques et instruments d'essai du paratungstate d'ammonium

4.4.1 ICP-MS et AAS

L'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) est un outil analytique de haute précision adapté à la détection multi-éléments, avec une limite de détection aussi basse que les niveaux de ppb, largement utilisé pour l'APT de haute pureté. L'AAS (spectroscopie d'absorption atomique) est plus rentable, idéale pour l'analyse d'éléments uniques tels que le Fe et le Na, avec une limite de détection autour des niveaux de ppm, couramment utilisée pour la surveillance de routine.

4.4.2 TGA et analyseur de taille de particules

Le TGA (Thermogravimetric Analyzer) mesure le comportement de l'humidité et de la décomposition avec une grande précision, en quantifiant les composants volatils par étapes. L'analyseur de taille de particules laser analyse la distribution granulométrique des particules via des spectres de diffusion, offrant des tests rapides et non destructifs pour garantir l'uniformité des cristaux.

4.5 Études de cas sur le paratungstate d'ammonium

4.5.1 Rapport d'essai APT de haute pureté

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Un fabricant d'électronique s'est procuré de l'APT de haute pureté, nécessitant une \geq de WO_3 de 99,9 %. Processus de test : • ICP-MS : teneur en WO_3 99,92 %, Mo 0,0008 %, Fe 0,0005 %. • XRD : pas de pics d'impuretés, forme cristalline pure. • TGA : humidité 4,8 %. Les résultats ont répondu aux besoins d'applications haut de gamme, adaptés à la production de cibles de tungstène.

4.5.2 Validation des lots d'APT de qualité industrielle

Une usine de poudre de tungstène testée APT de qualité industrielle : • Méthode gravimétrique : WO_3 88,7 %. • AAS : Mo 0,04 %, Na 0,02 %. • Analyse granulométrique : D50 à 35 micromètres. Le lot est qualifié, adapté à la fabrication de carbure cémenté.

4.6 Portée pratique

Les techniques d'analyse et de test d'APT sont non seulement des outils de contrôle qualité mais aussi des garants de son industrialisation. L'analyse de la composition chimique garantit la pureté des matières premières, les tests de propriétés physiques vérifient la qualité des cristaux et les normes standardisées unifient les exigences de l'industrie. L'application intégrée de ces techniques fournit une base fiable pour la production en aval d'APT tout en favorisant l'optimisation des processus et l'amélioration de la qualité. Le prochain chapitre se penchera sur les applications industrielles de l'APT, en mettant en évidence sa valeur de transformation du laboratoire au marché.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 5 : Applications industrielles du paratungstate d'ammonium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Le paratungstate d'ammonium (APT), en tant qu'intermédiaire de base dans la chaîne industrielle du tungstène, a une gamme exceptionnellement large d'applications dans les domaines industriels. De la métallurgie du tungstène à la fabrication de carbure cémenté, en passant par les produits chimiques et les matériaux spécialisés, la polyvalence de l'APT en fait une matière première essentielle au progrès technologique et au développement industriel. Ce chapitre présente systématiquement les applications spécifiques de l'APT dans la métallurgie du tungstène, le carbure cémenté, les industries chimiques et les utilisations spécialisées, le compare au métatungstate d'ammonium (AMT) et démontre sa valeur pratique dans l'industrie moderne à travers des études de cas réels.

5.1 Rôle essentiel du paratungstate d'ammonium dans la métallurgie du tungstène

L'APT sert de matière première fondamentale dans la métallurgie du tungstène, transformée en divers produits à base de tungstène par décomposition et réduction.

5.1.1 Production de trioxyde de tungstène (WO₃)

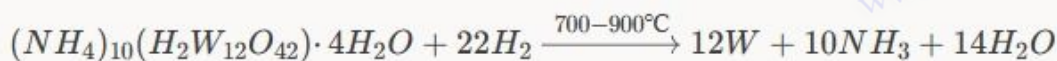
L'APT est le principal précurseur de la production industrielle de trioxyde de tungstène (WO₃). Par grillage, par décomposition à 500-700°C, l'APT libère de l'ammoniac gazeux et de la vapeur d'eau, produisant directement de l'O₃ :



WO₃ sert d'intermédiaire dans la production de poudre de tungstène et est également utilisé dans les matériaux électrochromes et les capteurs de gaz. Les produits de décomposition de l'APT sont d'une grande pureté avec un minimum d'impuretés (par exemple, Mo <0,05 %), répondant aux besoins des WO₃ de qualité industrielle et électronique. Par rapport à la torréfaction directe à partir de minerai de tungstène, le procédé APT est plus contrôlable, atteignant des rendements supérieurs à 95 %.

5.1.2 Fabrication de poudre de tungstène et de matériaux en tungstène

L'APT est une matière première essentielle pour la production de poudre de tungstène, réduite avec de l'hydrogène gazeux pour produire de la poudre de tungstène métallique :



La taille des particules de poudre de tungstène peut être ajustée en contrôlant la température de réduction et le débit d'hydrogène, généralement de 1 à 10 micromètres, et est utilisée pour fabriquer des tiges, des fils et des creusets en tungstène. La grande pureté et l'uniformité de l'APT garantissent la qualité de la poudre de tungstène, ce qui la rend largement utilisée dans l'éclairage (filaments de tungstène), l'électronique (cibles en tungstène) et les équipements à haute température (creusets en tungstène). Environ 60 % de la production mondiale de poudre de tungstène repose sur le procédé APT.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.2 Alliages de carbure cémenté et de tungstène

5.2.1 Application de l'APT dans le carbure cémenté

Le carbure cémenté (par exemple, WC-Co), connu pour sa dureté élevée et sa résistance à l'usure, est largement utilisé dans les outils de coupe, les forets et les moules. L'APT est le point de départ de la chaîne de production du carbure cémenté :

1. **Préparation de la poudre de tungstène** : L'APT est réduit pour produire de la poudre de tungstène à grain fin.
2. **Carburation** : La poudre de tungstène est mélangée à du noir de carbone et cémentée à 1400-1600°C pour former du carbure de tungstène (WC).
3. **Frittage** : Le WC est pressé et fritté avec de la poudre de cobalt (Co) pour produire du carbure cémenté. La faible teneur en impuretés d'APT (par exemple, Fe <0,02 %) garantit la haute pureté du WC, atteignant des niveaux de dureté de HRA 89-92, répondant aux exigences de l'usinage haut de gamme.

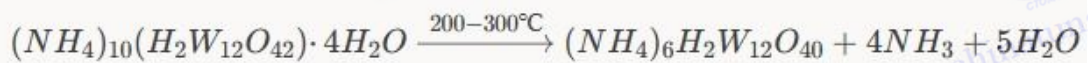
5.2.2 Produits en alliage de tungstène à haute densité

Les alliages de tungstène haute densité (par exemple, W-Ni-Fe), avec des densités de 17 à 18,5 g/cm³, sont utilisés dans les contrepoids aérospatiaux et les noyaux de projectiles perforants militaires. L'APT est réduit en poudre de tungstène, puis mélangé et fritté avec des poudres de nickel et de fer. La taille uniforme des particules de l'APT (20-50 micromètres) garantit la densité de l'alliage, ce qui en fait une alternative écologique et performante au plomb dans les contrepoids d'avions.

5.3 Industrie chimique et catalyseurs

5.3.1 Conversion de l'APT en AMT

L'APT sert de précurseur à la production de métatungstate d'ammonium (AMT) par des processus de décomposition thermique ou d'acidification :



La grande solubilité dans l'eau de l'AMT le rend adapté aux catalyseurs et aux procédés basés sur des solutions, tandis que l'APT sert de point de départ à cette transformation, démontrant ainsi sa valeur dérivée dans l'industrie chimique.

5.3.2 Autres catalyseurs à base de tungstène

L'APT peut être utilisé pour préparer des catalyseurs d'oxydation à base de tungstène, tels que le WO₃ pour l'oxydation du méthanol en formaldéhyde. Le WO₃ est produit par torrification de l'APT, puis composé d'un support (par exemple, Al₂O₃), ce qui permet d'obtenir une efficacité catalytique supérieure à 90 %. Bien que moins flexibles que l'AMT dans les procédés de mise en solution, les propriétés de décomposition à l'état solide de l'APT conviennent à la production de catalyseurs de

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

type torréfaction.

5.4 Utilisations spécialisées du paratungstate d'ammonium

5.4.1 Colorant céramique

Le WO_3 dérivé de l'APT sert de colorant jaune dans les émaux céramiques, offrant une résistance aux hautes températures et une coloration stable. WO_3 est préparé par torréfaction APT et ajouté aux émaux pour la cuisson, utilisé dans la décoration céramique haut de gamme avec une couleur uniforme et durable.

5.4.2 Réactif de laboratoire

L'APT de haute pureté est couramment utilisé comme réactif de laboratoire dans la recherche en chimie du tungstène et les expériences analytiques. Ses faibles niveaux d'impuretés (par exemple, Mo <0,001 %) en font une source de tungstène standard, largement utilisée dans les expériences de spectroscopie et de synthèse.

5.5 Études de cas d'application du paratungstate d'ammonium

5.5.1 APT dans la production de filaments de tungstène

Une entreprise d'éclairage a utilisé l'APT pour produire des filaments de tungstène :
• **Processus** : L'APT a été réduit à une poudre de tungstène de 3 à 5 micromètres, étiré en fil et fritté en filaments.
• **Résultat** : Des filaments d'un diamètre de 0,02 mm et d'un point de fusion de 3422°C ont été utilisés dans des ampoules à haute luminosité, prolongeant ainsi la durée de vie de 20 %.

5.5.2 Fabrication d'outils en carbure cémenté

Un fabricant d'outils a produit des outils de coupe en carbure cémenté à l'aide d'APT :
• **Procédé** : L'APT a été converti en WC, mélangé à 10 % de Co et fritté en forme.
• **Résultat** : Les outils ont atteint une dureté de HRA 91 et une résistance à l'usure améliorée de 30 %, adaptée à la coupe à grande vitesse.

5.5.3 Composants aérospatiaux

Une compagnie aéronautique fabriquait des contrepoids W-Ni-Fe :
• **Procédé** : L'APT a été réduit en poudre de tungstène, fritté avec du Ni et du Fe, atteignant une densité de 18 g/cm³.
• **Résultat** : Remplacement des contrepoids en plomb par un écart de poids de <0,5 %, améliorant ainsi l'équilibre de l'avion.

5.6 Comparaison des applications avec l'AMT

L'APT et l'AMT ont des domaines d'application distincts :
• **Métallurgie du tungstène** : L'APT domine la production de poudre de tungstène et de WO_3 , tandis que l'AMT est rarement impliquée.
• **Carbure cémenté** : L'APT est la matière première préférée ; La solubilité élevée de l'AMT le rend inadapté.
• **Industrie chimique et catalyseurs** : L'AMT excelle dans les procédés de solution (par

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

exemple, les catalyseurs d'hydrodésulfuration), tandis que l'APT convient aux processus de torréfaction. • **Utilisations spécialisées** : L'AMT présente des avantages en électrochimie et en retardateurs de flamme, tandis que l'APT se concentre sur les céramiques et les réactifs. Par exemple, la production de filaments de tungstène repose sur la décomposition à l'état solide d'APT, tandis que les matériaux des batteries favorisent l'uniformité de la solution d'AMT.

5.7 Portée pratique

Les applications industrielles d'APT reflètent sa capacité à transformer des matières premières en produits à forte valeur ajoutée. Dans la métallurgie du tungstène, c'est la pierre angulaire de la production de poudre de tungstène et d' OF_3 ; en carbure cémenté, elle assure la fabrication d'outils performants ; dans l'industrie chimique, il relie les applications APT et AMT. Des utilisations spécialisées soulignent sa polyvalence. Des études de cas démontrent que la faible teneur en impuretés et la grande stabilité de l'APT sont essentielles à son utilisation généralisée. Sa complémentarité avec AMT enrichit encore le paysage applicatif de l'industrie du tungstène. Le chapitre suivant analysera le marché et l'économie de l'APT, dévoilant sa valeur industrielle et son paysage mondial.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 6 : Marché et économie du paratungstate d'ammonium

Le paratungstate d'ammonium (APT), en tant qu'intermédiaire clé dans la chaîne industrielle du tungstène, reflète ses performances sur le marché et sa valeur économique à travers la dynamique de l'offre et de la demande mondiales et les avantages économiques industriels des ressources en tungstène. Avec la demande croissante de tungstène dans les domaines de haute technologie, l'importance de l'APT sur le marché est de plus en plus importante. Ce chapitre analyse le marché et le paysage économique de l'APT sous cinq angles : la production mondiale, les tendances des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

prix, l'analyse de l'offre et de la demande, les principaux fabricants et l'impact économique, tout en prévoyant les tendances futures pour fournir aux lecteurs un aperçu axé sur les affaires.

6.1 Production et distribution mondiales de paratungstate d'ammonium

6.1.1 La position dominante de la Chine

La production d'APT est étroitement liée à la répartition géographique des ressources en tungstène, la Chine étant indéniablement l'acteur principal du marché mondial de l'APT. Selon l'International Tungsten Industry Association (ITIA), plus de 80 % des réserves mondiales de tungstène sont concentrées en Chine, principalement dans les provinces du Jiangxi, du Hunan et du Henan. La Chine représente environ 85 à 90 % de la production mondiale annuelle d'APT, avec une production estimée de 80 000 à 100 000 tonnes en 2023 (calculée en équivalent WO_3). Ganzhou, dans le Jiangxi, surnommée la « capitale mondiale du tungstène », bénéficie d'abondantes ressources en wolframite et en scheelite, fournissant une base solide pour la production d'APT. La domination de la Chine provient non seulement de la dotation en ressources, mais aussi d'une technologie métallurgique mature et d'une chaîne industrielle bien établie.

6.1.2 Production dans d'autres pays

Au-delà de la Chine, la production d'APT dans d'autres pays reste limitée. La Russie, le Vietnam et l'Australie sont des producteurs notables de tungstène, mais leur production d'APT est beaucoup plus faible : • **Russie** : production annuelle d'environ 5 000 à 7 000 tonnes, principalement pour un usage domestique. • **Vietnam** : environ 3 000 à 5 000 tonnes par an, avec quelques exportations vers l'Europe. • **Australie** : environ 2 000 à 3 000 tonnes par an, axée sur l'APT de haute pureté. Les pays occidentaux comme les États-Unis et l'Allemagne produisent encore moins, généralement en dessous de 1 000 tonnes par an, en s'appuyant fortement sur les importations en provenance de Chine. Cette répartition souligne le rôle de premier plan de la Chine sur le marché mondial de l'APT.

6.2 Tendances des prix et facteurs d'influence du paratungstate d'ammonium

6.2.1 Fluctuations historiques des prix

Les prix de l'APT fluctuent en fonction du marché mondial du tungstène, se situant généralement entre 20 000 et 30 000 dollars la tonne (environ 140 000 à 210 000 RMB, estimés en mars 2025, sur la base de l'équivalent WO_3). Les tendances récentes sont les suivantes : • **2018-2020** : Le ralentissement économique mondial a entraîné une modération des prix du tungstène, l'APT se stabilisant entre 20 000 et 25 000 \$ la tonne. • **2021-2022** : La reprise industrielle post-pandémique a stimulé la demande, poussant les prix de l'APT à un sommet de 28 000 \$ la tonne. • **2023-2024** : Les prix se sont stabilisés à environ 25 000 \$ la tonne, avec de légères augmentations dues aux nouvelles demandes d'énergie.

6.2.2 Coûts des matières premières et facteurs de demande

Les principaux facteurs qui influencent les prix de l'APT sont les suivants : • **Coûts des matières**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

premières : Le concentré de tungstène (50 % à 65 % d'OF) coûte environ 15 000 à 20 000 \$ la tonne, ce qui représente 60 à 70 % des coûts de production de l'APT. • **Moteurs de la demande** : La croissance de la demande de carbure cémenté, de filaments de tungstène et de nouveaux matériaux énergétiques (par exemple, les batteries) fait grimper les prix. • **Impacts sur les politiques**: Les quotas de la Chine sur l'extraction et les exportations de tungstène (par exemple, 16 000 tonnes en 2024) resserrent l'offre, amplifiant la volatilité des prix.

6.3 Analyse de l'offre et de la demande de paratungstate d'ammonium

6.3.1 Secteurs de demande et secteurs de croissance

La demande d'APT provient principalement de : • **Carbure cémenté** : Représente 50 % à 60 %, alimenté par les outils de coupe et les pièces résistantes à l'usure dans les industries de l'automobile et des machines. • **Poudre et matériaux de tungstène** : Représente 30 % à 35 %, utilisé dans les filaments de tungstène, les tiges et les composants aérospatiaux. • **Utilisations chimiques et spécialisées**: Comprend 5 à 10 %, y compris les catalyseurs et les colorants céramiques. On s'attend à une croissance future dans les nouvelles applications énergétiques (par exemple, l' OH_3 dans les batteries) et les secteurs militaires, avec une demande qui devrait augmenter de 3 % à 5 % par an d'ici 2030.

6.3.2 Contraintes d'approvisionnement et goulets d'étranglement

L'offre est confrontée à de multiples défis : • **Rareté des ressources** : les réserves de tungstène sont limitées, avec une durée de vie exploitable mondiale d'environ 50 à 70 ans. • **Restrictions politiques** : Les quotas et les réglementations environnementales de la Chine (par exemple, la gestion des résidus) limitent la production. • **Coûts de production** : Les processus complexes d'APT de haute pureté (par exemple, l'extraction par solvant) augmentent les coûts, ce qui rend difficile la concurrence pour les petits producteurs. Ces facteurs se traduisent par une offre restreinte d'APT, en particulier sur les marchés internationaux, ce qui accroît la sensibilité aux prix.

6.4 Principaux producteurs de paratungstate d'ammonium

6.4.1 CTIA GROUP LTD (Xiamen, Chine)

CTIA GROUP LTD (www.ctia.com.cn) est un acteur important de la production d'APT, avec une production annuelle d'environ 10 000 à 15 000 tonnes. Tournée vers l'innovation technologique et les marchés haut de gamme, son APT de haute pureté ($\text{WO}_3 \geq 99,9\%$) est au service des secteurs de l'électronique et des nouvelles énergies. S'appuyant sur des procédés avancés d'extraction par solvant, CTIA occupe une position concurrentielle sur le marché mondial.

6.5 Impact économique

6.5.1 Contribution à la chaîne industrielle du tungstène

La production d'APT transforme le concentré de tungstène de faible valeur en produits de grande valeur, améliorant ainsi les avantages économiques de la chaîne industrielle. Par exemple, le carbure

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

cémenté fabriqué à partir d'APT peut atteindre une valeur de dizaines de milliers de dollars par tonne, soit 5 à 10 fois celle du minerai de tungstène brut. En 2023, les exportations chinoises de composés de tungstène étaient évaluées à environ 1 milliard de dollars, grâce à une contribution significative de l'APT.

6.5.2 Développement économique régional

Dans les régions chinoises productrices de tungstène (par exemple, Ganzhou et Xiamen), l'industrie APT génère des emplois et des recettes fiscales. L'industrie du tungstène de Ganzhou génère une valeur de production annuelle supérieure à 50 milliards de RMB, les entreprises liées à l'APT représentant 30 à 40 %. Des entreprises comme CTIA GROUP LTD à Xiamen stimulent davantage l'économie locale grâce à l'innovation technologique. Cependant, la dépendance à l'égard des ressources présente des risques, car les fluctuations du marché pourraient avoir une incidence sur la stabilité régionale.

6.5.3 Exportations et balance commerciale

Les exportations d'APT génèrent des revenus en devises pour la Chine, avec des marchés clés tels que les États-Unis, l'Union européenne et le Japon. Les restrictions des quotas d'exportation de 2024 ont resserré l'offre mondiale, faisant grimper les prix et renforçant le pouvoir de négociation de la Chine sur le marché international du tungstène.

6.6 Prévisions du marché futur du paratungstate d'ammonium

Avec l'essor des nouvelles énergies et de la fabrication intelligente, la demande du marché des APT devrait croître régulièrement : • **À court terme (2025-2027)** : Demande stable de matériaux en carbure cémenté et en tungstène, avec une croissance annuelle de 2 % à 3 % et des prix se maintenant entre 25 000 et 30 000 \$ la tonne. • **À moyen terme (2028-2030)** : Demande tirée par les nouvelles énergies (par exemple, les batteries WO₃) et les applications militaires, avec une croissance de 5 % à 7 %, ce qui pourrait faire grimper les prix à 30 000-35 000 \$ la tonne. • **À long terme (après 2030)** : L'économie circulaire (p. ex., le recyclage du tungstène) pourrait atténuer la pression sur l'offre, mais la rareté des ressources continuera de soutenir les prix élevés. Parmi les défis à relever, mentionnons l'augmentation des coûts environnementaux et l'intensification de la concurrence internationale, ce qui oblige la Chine à trouver un équilibre entre ses exportations et ses besoins intérieurs tout en optimisant sa structure industrielle.

6.7 Portée pratique

L'analyse du marché et de l'économie de l'APT met en évidence son double rôle dans l'industrie mondiale du tungstène : un pilier de l'économie des ressources et un moteur des industries à forte valeur ajoutée. La répartition de sa production et les fluctuations de ses prix reflètent l'interaction entre la rareté des ressources et la croissance de la demande, tandis que la concurrence entre les principaux producteurs souligne la concurrence de la technologie et des coûts. Pour les entreprises, la compréhension de la dynamique du marché des APT est essentielle pour les décisions d'approvisionnement et d'investissement. Pour les décideurs, l'équilibre entre l'exploitation des ressources et les préoccupations environnementales est une priorité future. Le prochain chapitre

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

explorera les problèmes environnementaux et de sécurité de l'APT, en analysant ses défis en matière de durabilité.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 7 : Environnement et innocuité du paratungstate d'ammonium

La production et l'application du paratungstate d'ammonium (APT) stimulent le développement de l'industrie du tungstène tout en présentant des défis en matière d'environnement et de sécurité. De l'extraction du minerai de tungstène à la préparation de l'APT et à l'utilisation en aval, chaque étape nécessite une attention particulière à son impact potentiel sur les écosystèmes et la santé humaine. Ce chapitre analyse systématiquement l'impact environnemental de l'APT, les mesures de protection de l'environnement, les spécifications de sécurité, les exigences réglementaires et des études de cas réels, en explorant ses problèmes de durabilité et en offrant des perspectives pour le développement vert futur.

7.1 Impact environnemental du paratungstate d'ammonium

L'impact environnemental d'APT s'étend sur l'ensemble de son cycle de vie, englobant l'extraction du minerai, les processus de production et les étapes d'application.

7.1.1 Coût environnemental de l'extraction du minerai de tungstène

La production d'APT commence par l'extraction du minerai de tungstène, principalement à partir de wolframite (FeMnWO_4) et de scheelite (CaWO_4). L'exploitation minière à ciel ouvert provoque la destruction de la végétation et l'érosion des sols ; par exemple, une zone minière de tungstène dans

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

le Jiangxi, en Chine, génère environ 5 millions de tonnes de résidus par an, contenant des métaux lourds traces comme l'arsenic (As) et le plomb (Pb), qui, s'ils sont mal manipulés, peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines et menacer les écosystèmes. Les agents de flottation (p. ex. les acides gras) utilisés dans l'enrichissement peuvent également polluer les plans d'eau, ce qui présente un risque élevé de dépassement des limites de demande chimique en oxygène (DCO).

7.1.2 Émissions de déchets dans la production d'APT

Les procédés de préparation de l'APT (par exemple, les méthodes alcalines et acides) génèrent divers déchets :
• **Eaux usées** : Les procédés alcalins produisent des eaux usées riches en sodium, tandis que les procédés acides produisent des effluents acides, avec des niveaux d'azote ammoniacal atteignant 100 à 200 mg/L, ce qui peut provoquer l'eutrophisation s'ils sont rejetés sans traitement.
• **Gaz résiduels** : Le grillage de l'APT libère de l'ammoniac gazeux (NH_3), qui, s'il n'est pas récupéré, peut contribuer à la pollution de l'air ou aux pluies acides.
• **Déchets solides** : Les résidus de cristallisation et les précipités de purification (par exemple, les silicates) nécessitent une élimination appropriée pour éviter les risques environnementaux. Pour une production annuelle de 10 000 tonnes d'APT, les rejets d'eaux usées sont d'environ 50 000 à 100 000 tonnes, avec des émissions de NH_3 allant de 500 à 1 000 tonnes.

7.1.3 Risques environnementaux dans les applications en aval

Les produits APT en aval (par exemple, WO_3 , poudre de tungstène) dans la fabrication de matériaux en carbure cémenté et en tungstène ne causent généralement pas directement de pollution, mais une élimination inappropriée des déchets peut libérer du tungstène dans le sol ou l'eau. Bien que le tungstène ne présente pas de preuve claire de toxicité élevée, son accumulation à long terme pourrait perturber l'équilibre écologique, par exemple en inhibant la croissance des plantes lorsque les concentrations de tungstène dans le sol dépassent les seuils.

7.2 Technologies et mesures environnementales pour le paratungstate d'ammonium

Pour relever les défis environnementaux de la production d'APT, l'industrie a développé diverses technologies pour réduire la pollution et le gaspillage des ressources.

7.2.1 Traitement et récupération des eaux usées

Les eaux usées sont une source primaire de pollution, gérée par :
• **Neutralisation et précipitation** : la chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) neutralise les eaux usées acides, précipitant l'acide tungstique et les métaux lourds avec un taux de récupération allant jusqu'à 90 %.
• **Récupération de l'azote ammoniacal** : la distillation ou la séparation membranaire récupère le NH_3 , le convertissant en eau ammoniacale réutilisable ; une usine a atteint un taux de récupération de 85 %.
• **Purification en profondeur** : L'échange d'ions ou l'osmose inverse élimine les ions tungstène résiduels, réduisant la DCO des eaux usées à <100 mg/L pour un rejet conforme.

7.2.2 Technologies de contrôle des gaz résiduels

Les émissions d'ammoniac sont contrôlées par :
• **Tours d'absorption** : L'acide sulfurique dilué (H_2SO_4) absorbe le NH_3 , produisant du sulfate d'ammonium comme sous-produit, récupérant des

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

centaines de tonnes de NH₃ par an. • **Systèmes scellés** : Les équipements de torréfaction avec des conceptions fermées réduisent les fuites de gaz, réduisant ainsi les émissions de 70 %.

7.2.3 Gestion et recyclage des déchets solides

La manutention des déchets solides comprend : • **Recyclage** : Le tungstène contenu dans les résidus est extrait par lixiviation acide ou alcaline, avec un taux de récupération d'environ 80 %. • **Mise en décharge sûre** : Les déchets non récupérables sont solidifiés et mis en décharge pour éviter les fuites de métaux lourds.

7.3 Caractéristiques de sécurité du paratungstate d'ammonium

7.3.1 Évaluation de la toxicité de l'APT

L'APT a une faible toxicité, les tests de toxicité aiguë (DL50) montrant une toxicité orale pour les souris de >2000 mg/kg, ce qui la classe comme une substance à faible toxicité. L'inhalation de poussière peut provoquer une irritation respiratoire, et une exposition prolongée peut entraîner une accumulation de tungstène dans le corps, bien qu'il n'existe aucune preuve claire de cancérogénicité. Le contact avec la peau ou les yeux sous forme de solution peut provoquer une légère irritation.

7.3.2 Sécurité de fonctionnement et d'entreposage

• **Mesures de protection** : Les opérateurs doivent porter des masques anti-poussière, des lunettes de sécurité et des gants pour éviter l'inhalation de poussière ou le contact avec la peau. • **Exigences de stockage** : Stocker dans un endroit frais, sec et bien ventilé, en évitant les températures supérieures à 40°C et l'humidité supérieure à 60 % pour éviter la décomposition ou l'agglutination. • **Manipulation d'urgence** : En cas de déversement, recueillir avec un chiffon humide pour éviter la dispersion de la poussière, Diluez les résidus avec de l'eau et empêchez le déchargement direct.

7.3.3 Sécurité des transports

L'APT est transporté en tant que matière non dangereuse mais nécessite un emballage scellé pour éviter les bris et les fuites. Les directives internationales relatives au transport maritime des marchandises dangereuses (IMDG) recommandent l'étiquetage avec la mention « Éviter l'inhalation de poussière » et le transport doit éviter les fortes vibrations.

7.4 Réglementation et conformité pour le paratungstate d'ammonium

7.4.1 Réglementation environnementale chinoise

• **Loi sur la protection de l'environnement** : Exige que les entreprises de tungstène contrôlent les émissions de gaz résiduels, d'eau et de solides ; des projets de gestion des résidus sont mis en œuvre dans des régions comme Ganzhou. • **GB 25467-2010** : Spécifie des limites de ≤5 mg/L pour les eaux usées de fusion de tungstène de 5 mg/L pour le tungstène et de ≤15 mg/L pour l'azote ammoniacal. • **Conditions d'accès à l'industrie du tungstène** : Impose la DCO des eaux usées de <100 mg/L, favorisant la production verte.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.4.2 Normes internationales de sécurité

• **REACH (UE)** : L'APT doit être enregistré, prouvant son innocuité, avec des limites d'impuretés strictes (par exemple, Mo <0,01 %). • **OSHA (États-Unis)** : La limite de concentration en poussière de tungstène sur le lieu de travail est de 5 mg/m³ pour garantir la santé des travailleurs.

7.5 Étude de cas

7.5.1 Pratiques environnementales de CTIA GROUP LTD (Xiamen, Chine)

CTIA GROUP LTD à Xiamen utilise des technologies environnementales de pointe dans la production d'APT. Son procédé alcalin comprend un système de recyclage des eaux usées, atteignant un taux de récupération du tungstène de 92 %, tandis que l'ammoniac gazeux est récupéré via des tours d'absorption, ce qui réduit les émissions de 75 %. L'usine a obtenu la certification ISO 14001, démontrant ainsi son engagement en faveur du développement durable.

7.5.2 Leçons tirées d'un incident de transport APT

En 2019, un lot d'APT s'est échappé pendant le transport en raison d'un emballage endommagé, provoquant une pollution par la poussière le long d'une autoroute. L'enquête a permis de déterminer que l'absence d'emballage scellé à double couche était la cause principale. Cet incident a incité l'industrie à renforcer la surveillance de la sécurité des transports et à promouvoir des emballages normalisés.

7.6 Défis et stratégies de durabilité pour le paratungstate d'ammonium

7.6.1 Défis

• **Dépendance aux ressources** : les réserves limitées de tungstène augmentent les coûts d'extraction d'année en année. • **Consommation d'énergie élevée** : la torréfaction et le traitement des eaux usées sont énergivores, ce qui augmente les pressions sur les émissions de carbone. • **Goulets d'étranglement technologiques** : Les processus verts (par exemple, la synthèse sans ammoniac) sont confrontés à des coûts élevés et à des difficultés de mise en œuvre.

7.6.2 Stratégies

• **Économie circulaire** : Améliorer le recyclage des déchets de tungstène, en visant un taux de récupération de 30 % d'ici 2030. • **Technologies à faible émission de carbone** : Développer des processus de décomposition à basse température pour réduire la consommation d'énergie de 20 à 30 %. • **Soutien politique** : Subventions gouvernementales pour les équipements environnementaux afin de stimuler la transformation verte de l'industrie.

7.7 Portée pratique

La gestion de l'environnement et de la sécurité par APT n'est pas seulement une exigence réglementaire mais aussi le fondement de son développement durable. Des mesures environnementales efficaces réduisent la pollution, des protocoles de sécurité protègent les travailleurs et des réglementations favorisent la normalisation de l'industrie. Les pratiques

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

d'entreprises comme CTIA GROUP LTD démontrent que l'innovation technologique est essentielle pour relever les défis environnementaux, tandis que les leçons tirées des incidents de transport soulignent l'importance de la gestion. Le prochain chapitre explorera les frontières de la recherche et les perspectives d'avenir de l'APT, dévoilant son potentiel dans les technologies émergentes.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 8 : Frontières de la recherche et perspectives d'avenir du paratungstate d'ammonium

Le paratungstate d'ammonium (APT), en tant qu'intermédiaire de base dans l'industrie du tungstène, joue un rôle important non seulement dans les industries traditionnelles, mais montre également un potentiel croissant dans les domaines émergents. Poussée par les progrès technologiques et la demande de développement durable, la recherche APT passe des processus conventionnels à des orientations efficaces, vertes et multifonctionnelles. Ce chapitre explore systématiquement les nouvelles technologies de préparation, les applications de pointe, la recherche interdisciplinaire et les perspectives d'avenir de l'APT, en révélant comment elle peut contribuer de manière plus significative aux nouvelles énergies, aux matériaux avancés et à la fabrication intelligente.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.1 Recherche sur de nouvelles technologies de préparation du paratungstate d'ammonium

Bien que les procédés traditionnels de préparation des APT (p. ex., les méthodes alcalines et acides) soient bien établis, leur consommation d'énergie élevée et leur production de déchets ont incité les chercheurs à explorer des technologies novatrices.

8.1.1 Procédés à faible consommation d'énergie

Les procédés à faible consommation d'énergie visent à réduire les besoins en énergie de la torréfaction et de l'évaporation. L'une d'elles, la « technologie de décomposition à basse température », utilise des catalyseurs (par exemple, de l'alumine) pour accélérer la décomposition de l'APT en WO_3 à 300-400 °C, réduisant ainsi la consommation d'énergie de 20 à 30 %. Une autre méthode, « l'extraction assistée par micro-ondes », utilise le chauffage par micro-ondes pour faire réagir le concentré de tungstène avec l'eau ammoniac, réduisant ainsi le temps de réaction de 50 % et les émissions d'ammoniac de 40 %. Bien qu'elles soient encore au stade du laboratoire, ces techniques offrent des pistes prometteuses pour les économies d'énergie industrielles.

8.1.2 Synthèse de l'APT de haute pureté

La demande d'APT de haute pureté ($WO_3 \geq 99,99\%$) augmente dans les secteurs de l'électronique et des nouvelles énergies. Les technologies de synthèse émergentes comprennent : • **Échange d'ions optimisé** : les nouvelles résines échangeuses d'anions produisent directement de l'APT à partir d'une solution de tungstate de sodium, atteignant un taux d'élimination de 99,9 % des impuretés (par exemple, Mo, Fe). • **Technologie de séparation membranaire** : les membranes de nanofiltration séparent les impuretés traces des solutions de tungstate d'ammonium, ce qui donne une pureté allant jusqu'à 99,995 %, ce qui convient à la production d'APT de qualité semi-conducteur. Ces méthodes sont plus coûteuses mais répondent aux besoins des industries de pointe.

8.2 Exploration d'applications de pointe pour le paratungstate d'ammonium

La recherche de l'APT s'étend de la métallurgie traditionnelle du tungstène à de nouveaux domaines de l'énergie et des matériaux.

8.2.1 Potentiel de l'APT dans les matériaux à énergie nouvelle

- **Batteries lithium-ion** : l' OO_3 dérivé de l'APT peut servir de matériau d'anode avec une capacité théorique de 693 mAh/g. Des études montrent que le nano- WO_3 préparé par torréfaction de l'APT, lorsqu'il est composé de nanotubes de carbone, améliore la durée de vie du cycle de 40 %, ce qui le rend viable pour les batteries de véhicules électriques.
- **Production d'hydrogène photocatalytique** : avec une bande interdite de 2,6 eV, WO_3 est idéal pour la séparation de l'eau en lumière visible ; Les nanoparticules WO_3 d'APT surpassent les méthodes traditionnelles de 25 % en termes d'efficacité, offrant ainsi des possibilités d'énergie propre.
- **Piles à combustible** : La poudre de tungstène d'APT peut être utilisée pour préparer des catalyseurs Pt-W, améliorant ainsi l'efficacité de la réaction de réduction de l'oxygène (ORR) et réduisant l'utilisation de platine de 30 %.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.2.2 Nanotechnologie et APT

L'APT (taille des particules <100 nm) à l'échelle nanométrique excelle dans les catalyseurs et les capteurs en raison de sa grande surface. Les méthodes de préparation comprennent : • **Pyrolyse par pulvérisation** : la solution d'APT est atomisée et pyrolysée à 400-500°C pour former des nano-WO₃ avec des particules de 50 à 80 nm. • **Méthode sol-gel** : APT réagit avec des tensioactifs pour former des précurseurs de nano-APT pour les revêtements haute performance. Nano-APT augmente de 50 % la sensibilité des capteurs de gaz NO₂, ce qui met en évidence son potentiel technologique.

8.3 Orientations de recherche interdisciplinaires pour le paratungstate d'ammonium

8.3.1 APT et fabrication intelligente

La recherche d'APT dans le domaine de la fabrication intelligente se concentre sur les applications intelligentes des matériaux à base de tungstène. Par exemple, la poudre de tungstène dérivée de l'APT est utilisée dans l'impression 3D pour produire des composants aérospatiaux avec une précision allant jusqu'à ±0,01 mm. L'intelligence artificielle (IA) est également utilisée pour optimiser les paramètres de préparation de l'APT, tels que la prédiction du pH et de la température optimaux via l'apprentissage automatique, améliorant ainsi le rendement de 10 %.

8.3.2 Applications respectueuses de l'environnement

Les applications vertes de l'APT comprennent : • **Matériaux de recyclage du tungstène** : l'APT récupéré à partir de déchets de carbure cémenté atteint un taux de recyclage de 70 %, réduisant ainsi la dépendance à l'égard de l'extraction primaire du minerai. • **Catalyse de la biomasse** : Les catalyseurs WO₃ dérivés de l'APT sont utilisés dans la conversion de la biomasse en biocarburants, augmentant les taux de conversion de 20 % et soutenant les objectifs de neutralité carbone.

8.4 Tendances futures du paratungstate d'ammonium

8.4.1 Innovation technologique et modernisation industrielle

Au cours de la prochaine décennie, l'innovation technologique d'APT se concentrera sur : • **Préparation efficace** : développer des processus continus et à faible gaspillage, visant une réduction de 30 % de la consommation d'énergie. • **Produits à forte valeur ajoutée** : augmenter la production de nano-APT et d'APT ultra-purs pour répondre aux nouvelles demandes énergétiques. • **Production intelligente** : intégrer des capteurs et l'IA pour la surveillance en temps réel des processus de production, augmentant l'efficacité de 15 à 20 %.

8.4.2 Expansion des marchés et mondialisation

Le marché de l'APT se développera avec la demande croissante des nouveaux secteurs de l'énergie et de l'armée, la demande mondiale devant croître de 5 % à 7 % d'ici 2030. La Chine restera le fournisseur dominant, mais les producteurs émergents comme le Vietnam et la Russie pourraient s'emparer d'une part du marché. Dans le cadre de la mondialisation, les exportations d'APT mettront de plus en plus l'accent sur la qualité et les certifications environnementales.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.4.3 Objectifs de développement durable

Le développement futur d'APT doit s'aligner sur la durabilité : • **Recyclage** : Augmenter les taux de récupération du tungstène de 20 % à 40 %. • **Procédés à faible émission de carbone** : Utiliser des énergies renouvelables (par exemple, l'énergie solaire) pour stimuler la production, réduisant ainsi les émissions de carbone de 25 %. • **Axé sur les politiques** : Les politiques de neutralité carbone dans le monde entier stimuleront la recherche sur les technologies APT vertes.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

Chapitre 9 : Contrôle de la qualité et rapports d'essai du paratungstate d'ammonium

Le contrôle de la qualité du paratungstate d'ammonium (APT) est un processus essentiel pour s'assurer qu'il répond aux exigences des applications industrielles et scientifiques. En tant qu'intermédiaire central dans la chaîne industrielle du tungstène, la qualité de l'APT a un impact direct sur les performances des produits en aval. Grâce à des tests et à des rapports rigoureux, les entreprises peuvent vérifier sa composition chimique, ses propriétés physiques et sa cohérence. Ce chapitre prend l'exemple de l'APT de CTIA GROUP LTD (Xiamen, Chine), détaillant son certificat d'inspection de la qualité, l'analyse d'images au microscope électronique à balayage (MEB) et des cas de test réels pour fournir aux lecteurs une perspective pratique sur le contrôle de la qualité.

9.1 Certificat d'inspection de la qualité APT de CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD (Xiamen, Chine) est un acteur important dans la production d'APT, et son certificat d'inspection de la qualité sert de validation faisant autorité de la qualité des produits. Vous

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

trouverez ci-dessous le contenu d'un certificat d'inspection de la qualité APT typique (basé sur des données hypothétiques alignées sur les normes de l'industrie) :

• **Nom du produit** : Paratungstate d'ammonium (APT) • **Numéro de lot** : CTIA-APT-20250301 •
Date de production : 1er mars 2025 • **Grade de spécification** : Grade de haute pureté • **Date du test** : 3 mars 2025 • **Composition chimique** : o **WO₃ Teneur** : 99,92 % (déterminée par ICP-MS)
o **Teneur en ammonium (NH₄⁺)** : 5,76 % (méthode de distillation-titrage) o **Teneur en impuretés** :
♣ Molybdène (Mo) : 0,0008 %
♣ Fer (Fe) : 0,0005 %
♣ Sodium (Na) : 0,0003 %
♣ Silicium (Si) : 0,001 %

• **Propriétés physiques** : o **Teneur en humidité** : 4,5 % (déterminée par TGA) o **Taille des particules (D50)** : 25 micromètres (analyse granulométrique laser) • **Conclusion du test** : Répond aux normes APT de haute pureté (WO₃ ≥ 99,9 %, impuretés totales <0,01 %), adapté aux applications électroniques et aux nouvelles énergies.

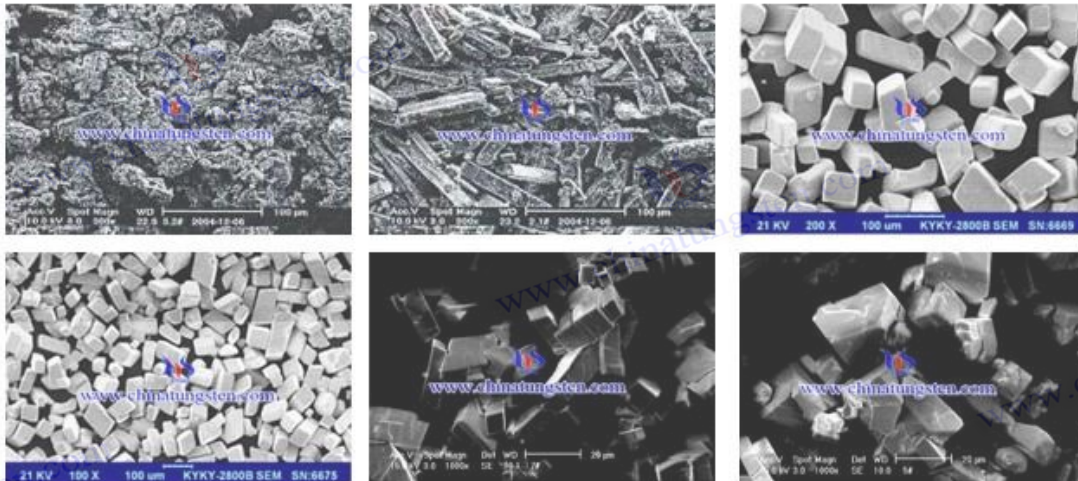
Le certificat est délivré par le laboratoire de CTIA GROUP LTD à l'aide de méthodes standardisées au niveau international, garantissant la fiabilité des données. La production de ces APT de haute pureté repose sur des procédés d'extraction par solvant et d'échange d'ions, reflétant l'expertise technique de l'entreprise.

9.2 Analyse d'images au microscope électronique à balayage (MEB) du paratungstate d'ammonium

La microscopie électronique à balayage (MEB) est un outil clé pour analyser la morphologie et la microstructure cristallines de l'APT. Les observations MEB des échantillons d'APT de CTIA GROUP LTD révèlent ses caractéristiques physiques : • **Morphologie cristalline** : L'APT présente des cristaux en forme d'aiguille ou de plaque, d'une longueur de 20 à 50 micromètres et d'une largeur de 5 à 10 micromètres, présentant des surfaces lisses et aucun défaut apparent. • **Uniformité des particules** : La distribution de la taille des cristaux est uniforme, avec un D50 d'environ 25 micromètres, conforme aux résultats de l'analyse de la taille des particules laser. • **Microstructure** : À un grossissement de 5000x, les cristaux ne montrent pas de pores significatifs ou d'agrégats d'impuretés, indiquant une pureté et une intégrité structurelle élevées.

L'analyse MEB confirme la qualité cristalline de l'APT, avec sa morphologie uniforme et son faible taux de défauts, ce qui le rend idéal pour la production de poudre de tungstène et de carbure cémenté. La microstructure de l'APT de haute pureté suggère également une stabilité pendant les processus de torréfaction et de réduction.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Images MEB de l'APT de CTIA GROUP LTD

9.3 Cas d'essai pratiques du paratungstate d'ammonium

Pour illustrer l'application du contrôle de la qualité dans des scénarios réels, cette section présente des cas spécifiques de test d'APT produits par CTIA GROUP LTD, en mettant en évidence comment sa qualité est validée à différentes fins industrielles.

9.3.1 APT de haute pureté pour l'électronique

Un lot d'APT de haute pureté (n° de lot. CTIA-APT-20250301) a été testé pour un fabricant d'électronique nécessitant $WO_3 \geq 99,9\%$ pour la production cible de tungstène : • **Résultats ICP-MS** : teneur en WO_3 mesurée à 99,92 %, avec des impuretés Mo à 0,0008 %, Fe à 0,0005 % et Na à 0,0003 %, le tout bien en dessous du seuil de 0,001 % par élément. • **Analyse XRD** : Aucun pic étranger détecté, confirmant une structure cristalline orthorhombique pure sans WO_3 ou autres impuretés de phase. • **Résultats TGA**: Teneur en humidité à 4,5 %, indiquant une stabilité pendant le stockage et le traitement. Les résultats des tests ont satisfait aux exigences strictes des applications électroniques, garantissant l'adéquation de l'APT aux cibles de pulvérisation utilisées dans la fabrication de semi-conducteurs.

9.3.2 APT de qualité industrielle pour le carbure cémenté

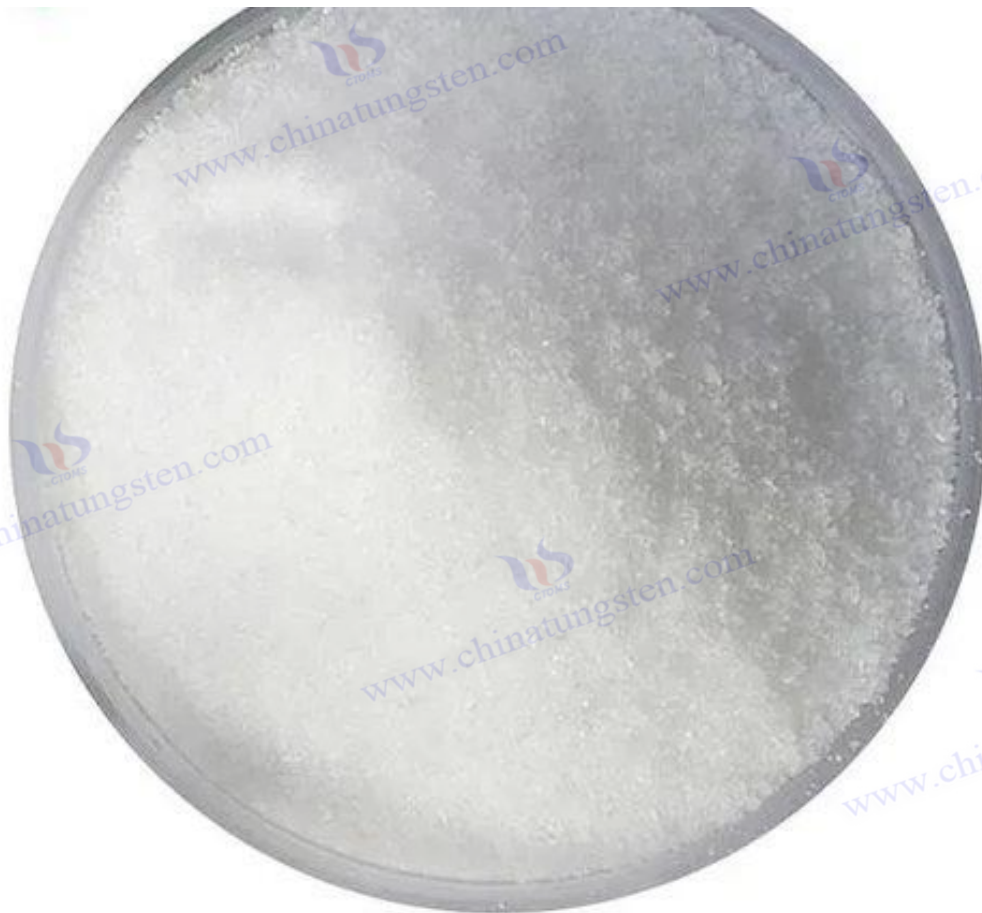
Un lot d'APT de qualité industrielle a été évalué pour un fabricant d'outils en carbure cémenté : • **Méthode gravimétrique** : teneur en WO_3 enregistrée à 88,7 %, alignée sur les normes de qualité industrielle ($\geq 88,5\%$). • **Résultats AAS** : Les impuretés comprenaient Mo à 0,04 %, Na à 0,02 % et Fe à 0,015 %, dans les limites acceptables ($Mo \leq 0,05\%$, $Na \leq 0,03\%$, $Fe \leq 0,02\%$). • **Analyse granulométrique** : D50 mesuré à 35 micromètres, Convient pour une réduction uniforme en poudre de tungstène.

Ce lot a passé avec succès les contrôles de qualité et a été utilisé avec succès pour produire des outils de coupe WC-Co d'une dureté de HRA 90, démontrant ainsi sa fiabilité pour la fabrication à grande échelle.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

9.4 Importance du contrôle de la qualité du paratungstate d'ammonium

Le contrôle de la qualité et les tests d'APT, comme en témoignent les pratiques de CTIA GROUP LTD, sont essentiels pour garantir la fiabilité des produits dans diverses applications. L'analyse de la composition chimique vérifie les niveaux de pureté et d'impuretés, conformément aux spécifications allant des normes de qualité industrielle ($WO_3 \geq 88,5\%$) à haute pureté ($WO_3 \geq 99,9\%$). Les tests de propriétés physiques, y compris l'analyse MEB et l'analyse granulométrique, confirment la qualité et l'uniformité des cristaux, essentielles pour les processus en aval tels que la réduction et le frittage. Les certificats d'inspection détaillés et les analyses microscopiques assurent la transparence et la traçabilité, favorisant la confiance avec les clients de l'électronique, du carbure cémenté et d'autres secteurs de haute technologie. Ces efforts permettent non seulement de maintenir le rôle d'APT en tant que pierre angulaire de l'industrie du tungstène, mais aussi de soutenir l'amélioration continue des processus de production, en s'alignant sur les exigences du marché en matière de qualité et de durabilité.



GROUPE CTIA Paratungstate d'ammonium

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT