

Энциклопедия п а р а в о л ь ф р а м а т а

а м м о н и я

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Мировой лидер в области интеллектуального производства для
вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной промышленности

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

ЗНАКОМСТВО С CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, дочерняя компания с независимой правосубъектностью, созданная компанией CHINATUNGSTEN ONLINE, занимается продвижением интеллектуального, интегрированного и гибкого проектирования и производства вольфрамовых и молибденовых материалов в эпоху промышленного интернета. CHINATUNGSTEN ONLINE, основанная в 1997 году с www.chinatungsten.com в качестве отправной точки — первый в Китае веб-сайт высшего уровня по вольфрамовым продуктам — является новаторской компанией электронной коммерции в стране, специализирующейся на вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной промышленности. Опираясь на почти тридцатилетний опыт работы в области вольфрама и молибдена, CTIA GROUP наследует исключительные возможности своей материнской компании в области проектирования и производства, превосходные услуги и глобальную деловую репутацию, став поставщиком комплексных прикладных решений в области химических веществ вольфрама, металлов вольфрама, твердых сплавов, сплавов высокой плотности, молибдена и молибденовых сплавов.

За последние 30 лет CHINATUNGSTEN ONLINE создала более 200 многоязычных профессиональных веб-сайтов по вольфраму и молибдену, охватывающих более 20 языков, с более чем миллионом страниц новостей, цен и анализа рынка, связанных с вольфрамом, молибденом и редкоземельными элементами. С 2013 года официальный аккаунт WeChat «CHINATUNGSTEN ONLINE» опубликовал более 40 000 единиц информации, обслуживая почти 100 000 подписчиков и ежедневно предоставляя бесплатную информацию сотням тысяч профессионалов отрасли по всему миру. Благодаря совокупному количеству посещений веб-сайта и официального аккаунта, достигнутому миллиардов раз, компания стала признанным глобальным и авторитетным информационным центром для вольфрамовой, молибденовой и редкоземельной отраслей, предоставляющим 24/7 многоязычные новости, характеристики продукции, рыночные цены и услуги по рыночным тенденциям.

Опираясь на технологии и опыт CHINATUNGSTEN ONLINE, CTIA GROUP фокусируется на удовлетворении индивидуальных потребностей клиентов. Используя технологию искусственного интеллекта, она совместно с клиентами разрабатывает и производит вольфрамовые и молибденовые изделия с определенным химическим составом и физическими свойствами (такими как размер частиц, плотность, твердость, прочность, размеры и допуски). Она предлагает комплексные интегрированные услуги, начиная от вскрытия пресс-форм, пробного производства и заканчивая отделкой, упаковкой и логистикой. За последние 30 лет компания CHINATUNGSTEN ONLINE предоставила услуги по исследованиям и разработкам, проектированию и производству более 500 000 видов вольфрамовых и молибденовых изделий для более чем 130 000 клиентов по всему миру, заложив основу для индивидуального, гибкого и интеллектуального производства. Опираясь на эту основу, CTIA GROUP еще больше углубляет интеллектуальное производство и интегрированные инновации в области вольфрама и молибдена в эпоху промышленного интернета.

Д-р Ханн и его команда в CTIA GROUP, основываясь на своем более чем 30-летнем опыте работы в отрасли, также написали и обнародовали знания, технологии, цены на вольфрам и рыночные тенденции, связанные с вольфрамом, молибденом и редкоземельными элементами, свободно делясь ими с вольфрамовой промышленностью. Д-р Хан, обладая более чем 30-летним опытом работы с 1990-х годов в электронной коммерции и международной торговле вольфрамовыми и молибденовыми изделиями, а также в разработке и производстве цементированных карбидов и сплавов высокой плотности, является признанным экспертом в области вольфрама и молибдена как внутри страны, так и за рубежом. Придерживаясь принципа предоставления профессиональной и качественной информации отрасли, команда CTIA GROUP постоянно пишет технические исследовательские работы, статьи и отраслевые отчеты, основанные на производственной практике и потребностях клиентов на рынке, завоевав широкое признание в отрасли. Эти достижения обеспечивают надежную поддержку технологических инноваций, продвижения продукции и отраслевых обменов CTIA GROUP, что позволяет ей стать лидером в мировом производстве вольфрамовой и молибденовой продукции и информационных услугах.



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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Глава 1: Введение

- A.A Определение и историческое развитие паравольфрамата аммония (АРТ)
- A.B Значение паравольфрама аммония в химии и промышленности вольфрама
- A.B Различия и связи между АРТ и АМТ
- A.Г Цель и структура этой книги

Глава 2: Информация о паравольфрамате аммония

- 2.1 Основные химические свойства паравольфрамата аммония
 - 2.1.1 Молекулярная структура и химическая формула паравольфрамата аммония
 - 2.1.2 Внешний вид и морфология паравольфрамата аммония
- 2.2 Физические свойства паравольфрамата аммония
 - 2.2.1 Плотность и растворимость паравольфрамата аммония
 - 2.2.2 Термическая стабильность и разложение паравольфрамата аммония
- 2.3 Химические свойства паравольфрамата аммония
 - 2.3.1 Кислотно-основная реакционная способность паравольфрамата аммония
 - 2.3.2 Окислительно-восстановительные характеристики паравольфрамата аммония
- 2.4 Характеристики и марки паравольфрамата аммония
 - 2.4.1 Промышленный АРТ
 - 2.4.2 АРТ высокой чистоты
- 2.5 Требования к упаковке и хранению паравольфрамата аммония

Глава 3: Процесс получения паравольфрамата аммония

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.1 Источники сырья для паравольфрама аммония

3.1.1 Природные вольфрамовые руды (вольфрамиты и шеелиты)

3.1.2 Промежуточные продукты вольфрамата

3.2 Традиционные методы получения паравольфрамата аммония

3.2.1 Щелочной процесс

3.2.2 Кислотный процесс

3.2.3 Метод экстракции растворителем

3.3 Новые технологии получения паравольфрама аммония

3.3.1 Зеленый синтез и процессы с низким содержанием аммиака

3.3.2 Улучшенный ионный обмен

Метод 3.4 Промышленное производство паравольфрамата аммония

3.4.1 Предварительная обработка и выщелачивание

3.4.2 Кристаллизация и сепарация

3.4.3 Сушка и упаковка

3.5 Оптимизация технологических параметров для паравольфрамата аммония

3.5.1 pH и контроль температуры

3.5.2 Концентрация и условия кристаллизации

3.6 Технические проблемы и решения для примеси паравольфрамата аммония

3.6.1 Примесь Удаление

3.6.2 Потребление энергии и управление отходами

3.7 Сравнение лабораторных и промышленных масштабов

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Глава 4: Анализ и тестирование паравольфрамата аммония

4.1 Анализ химического состава паравольфрамата аммония

4.1.1 Определение содержания вольфрама (WO_3)

4.1.2 Определение содержания аммония (NH_4^+)

4.1.3 Анализ примесей (Mo, Fe, Na и т.д.)

4.2 Испытание паравольфрамата аммония на физические свойства

4.2.1 Анализ кристаллической структуры (XRD, SEM)

4.2.2 Распределение частиц по размерам и морфология

4.2.3 Содержание влаги и летучих веществ

4.3 Стандарты контроля качества паравольфрамата аммония

4.3.1 Международные стандарты (ISO)

4.3.2 Китайские национальные стандарты (GB)

4.4 Методы и приборы для тестирования паравольфрамата аммония

4.4.1 ICP-MS и AAS

4.4.2 ТГА и анализатор размера частиц

4.5 Тематические исследования паравольфрамата аммония

4.5.1 Отчет об испытаниях АРТ высокой чистоты

4.5.2 Валидация партий промышленных АРТ

Глава 5: Промышленное применение паравольфрамата аммония

5.1 Основная роль в металлургии вольфрама

5.1.1 Производство триоксида вольфрама (WO_3)

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.1.2 Производство порошка вольфрама и вольфрамовых материалов

5.2 Твердый сплав и сплавы вольфрама

5.2.1 Применение АРТ в твердых сплавах

5.2.2 Изделия из вольфрамовых сплавов высокой плотности

5.3 Химическая промышленность и катализаторы

5.3.1 Преобразование АРТ в АМТ

5.3.2 Другие катализаторы на основе вольфрама

5.4 Специальные применения

5.4.1 Керамические красители

5.4.2 Лабораторные реактивы

5.5 Примеры применения

5.5.1 АРТ в производстве вольфрамовой проволоки

5.5.2 Производство инструментов из твердого сплава

5.5.3 Аэрокосмические компоненты

Глава 6: Рынок паравольфрамата аммония и экономика

6.1 Мировое производство и распределение паравольфрамата аммония

6.1.1 Доминирующее положение Китая

6.1.2 Производство в других странах

6.2 Ценовые тенденции и факторы, влияющие на паравольфрамаат аммония

6.2.1 Исторические колебания цен

6.2.2 Стоимость сырья и факторы спроса

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3 Анализ спроса и предложения паравольфрамата аммония

6.3.1 Секторы спроса и точки роста

6.3.2 Ограничения и узкие места в поставках

6.4 Основные производители и рыночный ландшафт паравольфрамата аммония

6.4.1 CTIA GROUP

6.5 Экономическое влияние паравольфрама аммония

6.5.1 Вклад в цепочку производства вольфрама

6.5.2 Региональное экономическое развитие

6.5.3 Экспорт и торговый баланс

6.6 Прогноз будущего рынка паравольфрамата аммония

Глава 7: Паравольфрамат аммония окружающая среда и безопасность

7.1 Воздействие паравольфрама аммония на окружающую среду

7.1.1 Экологические затраты на добычу вольфрама

7.1.2 Выбросы отходов при производстве АРТ

7.1.3 Экологические риски при переработке и переработке

7.2 Экологические технологии и меры по паравольфрамату аммония

7.2.1 Очистка и переработка сточных вод

7.2.2 Технологии контроля выхлопных газов

7.2.3 Управление твердыми отходами и их переработка

7.3 Характеристики безопасности паравольфрамата аммония

7.3.1 Оценка токсичности АРТ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.3.2 Безопасность эксплуатации и хранения

7.4 Правила и соблюдение паравольфрамата аммония

7.4.1 Китайские экологические нормы

7.4.2 Международные стандарты безопасности

7.5 Тематические исследования

7.5.1 Экологическая практика CTIA GROUP

7.5.2 Уроки инцидентов

с транспортировкой АРТ7.6 Проблемы и стратегии устойчивого развития паравольфрамата аммония

Глава 8: Перспективы исследований и перспективы развития паравольфрамата аммония

8.1 Исследования в области новых технологий получения

8.1.1 Процессы с низким энергопотреблением

8.1.2 Синтез высокочистых АРТТ

8.2 Изучение передовых приложений

8.2.1 Потенциал АРТ в новых энергетических материалах

8.2.2 Нанотехнологии и АРТ

8.3 Междисциплинарные направления исследований

8.3.1 АРТ и интеллектуальное производство

8.3.2 Экологически безопасные приложения

8.4 Будущие тенденции

развития8.4.1 Технологические инновации и промышленная модернизация

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.4.2 расширение рынков и глобализация

8.4.3 Цели в области устойчивого развития

Глава 9: Контроль качества и отчеты об испытаниях паравольфрамата аммония

9.1 CTIA GROUP Лист контроля качества паравольфрамата аммония

9.2 Электронная микроскопия Фотоанализ паравольфрамата аммония

9.3 Тематические исследования и интерпретация тестирования качества

Глава 1: Введение

1.1 Определение и историческое развитие паравольфрамата аммония (АРТ)

Паравольфрама́т аммония́ (АРТ) с химической формулой $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ является важным соединением вольфрамата. В виде белого кристаллического порошка АРТ служит промежуточным продуктом ядра в вольфрамовой химии и промышленности, занимая незаменимое место в металлургии вольфрама благодаря своим стабильным химическим свойствам и высокой чистоте. Молекулярная структура АРТ состоит из кластера поливольфрама, образованного 12 атомами вольфрама, связанными через атомы кислорода, окруженного 10 ионами аммония для балансировки заряда, и включает в себя 4 молекулы воды кристаллизации. Эта структура придает АРТ уникальные преимущества при высокотемпературном разложении и промышленном применении, что делает его критически важным переходным продуктом от вольфрамовой руды к металлическому вольфраму и другим соединениям вольфрама.

История АРТ восходит к концу 19 века, когда начала проявляться промышленная ценность вольфрама, что побудило ученых исследовать эффективные методы извлечения высокочистых промежуточных продуктов из вольфрамовых руд. К началу 20-го века процессы приготовления АРТ стали более совершенными, что сделало его широко признанным стандартным сырьем для производства вольфрамового порошка. Ранние методы подготовки в значительной степени опирались на процессы щелочного выщелачивания и кристаллизации, но с развитием технологий внедрение кислотных процессов и методов экстракции растворителем еще больше улучшило чистоту и выход АРТ. Сегодня АРТ превратилась в основополагающую опору мировой вольфрамовой промышленности, особенно в Китае — стране, богатой вольфрамовыми ресурсами, где технологии производства и применения достигли ведущих мировых уровней.

CTIA GROUP Лист контроля качества аммонийного паравольфрамата

Grade		APT-0										
WO3 Content(≥%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

П а р а в о л ь ф р а м а т а м м о н и я SEM CTIA GROUP LTD



1.2 Значение паравольфрама аммония в химии и промышленности вольфрама

В области химии вольфрама и промышленности значение паравольфрама (APT) заключается в его роли в качестве ключевого «хаба» в цепочке вольфрамовой промышленности. Вольфрам со сверхвысокой температурой плавления (3422°C), высокой плотностью (19,25 г/см³) и отличной коррозионной стойкостью широко используется в высокотехнологичных секторах, таких как аэрокосмическая, военная, электроника и энергетика. В технологической цепочке от вольфрамовых руд (например, вольфрамита и шеелита) до готовой продукции, АРТ служит важнейшим связующим звеном между добычей руды и последующей глубокой переработкой. Путем обжига или восстановления АРТ может быть непосредственно преобразован в триоксид вольфрама (WO₃) или металлический вольфрамовый порошок, который затем используется для производства высокоэффективных материалов, таких как вольфрамовая проволока, твердый сплав и вольфрамовая сталь.

Важность АРТ простирается не только на широкое использование в качестве сырья, но и на гибкость процесса в металлургии вольфрама. По сравнению с другими вольфрамовыми соединениями, АРТ может похвастаться зрелым и контролируемым производственным процессом, способным удовлетворить различные требования к чистоте. Например, промышленный АРТ используется в крупномасштабном производстве вольфрамового

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

порошка, в то время как АРТ высокой чистоты удовлетворяет сложные потребности электронной промышленности. Кроме того, АРТ служит исходным материалом для получения других вольфраматов, таких как метавольфрамат аммония (АМТ), расширяя его применение в химической промышленности и расширяя цепочку создания стоимости. По сути, АРТ является двойным краеугольным камнем технологического прогресса и экономических выгод в вольфрамовой промышленности.

1.3 Различия и связи между АРТ и АМТ

При обсуждении важности АРТ неизбежно следует сравнивать его с метавольфраматом аммония (АМТ). И АРТ, и АМТ являются соединениями вольфрамата аммония, но они демонстрируют значительные различия в структуре, свойствах и применении. АРТ имеет химическую формулу $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, содержащую 10 ионов аммония, с кристаллической структурой, склонной к образованию агрегатов, и низкой растворимостью в воде (менее 2% при 20°C). В отличие от него, АМТ с формулой $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ содержит 6 ионов аммония и имеет одномолекулярную кластерную структуру типа Кеггина, обеспечивая чрезвычайно высокую растворимость в воде (примерно 300 г $\text{WO}_3/100$ мл H_2O при 25°C). Эти структурные различия приводят к различным путям применения: АРТ в основном используется в твердотельных металлургических процессах, таких как производство вольфрамового порошка и материалов, в то время как АМТ лучше подходит для процессов, основанных на растворах, таких как подготовка катализаторов и синтез наноматериалов.

Несмотря на различия, АРТ и АМТ не полностью разъединены; Их связывают близкие отношения. АРТ может быть преобразован в АМТ с помощью определенных процессов (например, термического разложения или подкисления), что служит прекурсором в его промышленном производстве. Эта трансформация не только подчеркивает универсальность соединений вольфрама, но и подчеркивает основополагающую роль АРТ в цепочке вольфрамовой промышленности. Понимание различий и связей между АРТ и АМТ позволяет получить более полное представление о сложности и потенциале применения вольфрамовой химии.

1.4 Цель и структура данной книги

Зачем нужна энциклопедия паравольфрамата аммония? Ответ кроется в обширной и фрагментарной природе системы знаний АРТ. Несмотря на то, что АРТ является основным промежуточным звеном в вольфрамовой промышленности, информация о нем часто разбросана по академической литературе, техническим руководствам и отраслевым отчетам, поскольку ей не хватает систематической интеграции. Химики могут сосредоточиться на его молекулярной структуре и свойствах, инженеры — на процессах подготовки и контроле качества, а специалисты по бизнесу — на динамике рынка и экономической ценности. Эта книга призвана восполнить этот пробел, предлагая всесторонний взгляд на АРТ — от фундаментальной химии до промышленного применения и будущих разработок — выступая в качестве универсального источника знаний для читателей. Независимо от того, являетесь

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ли вы практикующим специалистом в вольфрамовой промышленности, исследователем или энтузиастом вольфрамовых материалов, эта книга может предложить что-то ценное. Книга разделена на десять глав, структурированных логически с постепенно углубляющимся содержанием. Глава 1, в качестве введения, излагает определение, историю и значение АРТ, закладывая основу для последующих разделов. В главе 2 подробно изложена информация о продукте АРТ, включая его химические и физические свойства и требования к спецификациям. В главе 3 подробно рассматриваются процессы подготовки АРТ и дается всесторонний обзор от сырья до промышленных рабочих процессов. Глава 4 посвящена методам анализа и тестирования, обеспечивающим научную основу для обеспечения качества. В главе 5 демонстрируется широкий спектр промышленных применений АРТ, подкрепленные практическими примерами из практики, чтобы подчеркнуть их полезность. В главе 6 анализируется рыночный и экономический ландшафт АРТ, а также предлагаются идеи для принятия бизнес-решений. В главе 7 рассматриваются вопросы охраны окружающей среды и безопасности, а также предлагаются стратегии устойчивого развития. В главе 8 исследуются исследовательские рубежи АРТ и будущий потенциал, а также предвидятся его технологические перспективы. В главе 9 представлены листы контроля качества и анализы с помощью электронной микроскопии от CTIA GROUP LTD (Сямынь, Китай), иллюстрирующие реальные примеры контроля качества. Глава 10 завершается обобщением основных ценностей АРТ и предложениями по ее дальнейшему развитию.

С помощью этой *энциклопедии паравольфрама аммония* мы стремимся представить полную картину АРТ — от его микроскопической молекулярной структуры до макроскопического промышленного воздействия, — раскрывая его глубокое влияние на химию вольфрама и промышленность. АРТ является не только краеугольным камнем цепочки вольфрамовой промышленности, но и жизненно важной силой в продвижении технологического прогресса. Следующие главы шаг за шагом проведут вас в мир АРТ, раскрывая тайны и ценность этого замечательного соединения.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 2: Информация о паравольфрамате аммония

Паравольфрамат аммония (АРТ), как основной промежуточный продукт в цепочке вольфрамовой промышленности, имеет характеристики продукта, которые напрямую определяют его ценность для применения в промышленной и научной областях. В этой главе исследуются основные химические свойства, физические свойства и химические свойства АРТ, а также дается подробный анализ его состава и поведенческих особенностей. В нем также представлены его технические характеристики, классы и требования к упаковке/хранению, предлагая читателям исчерпывающую основу информации о продукте.

2.1 Основные химические свойства паравольфрамата аммония

2.1.1 Молекулярная структура и химическая формула паравольфрамата аммония

АРТ имеет химическую формулу $(\text{NH}_4)_{10}(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и является типичным соединением поливольфрамата. Его молекулярная структура состоит из кластера поливольфрама, образованного 12 атомами вольфрама (W), связанными через атомы кислорода (O), а именно полианион $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}]^{10-}$. В отличие от одного молекулярного кластера метавольфрамата аммония (АМТ) типа Кеггина, структура АРТ склоняется к агрегатной форме, построенной из нескольких вольфрамо-кислородных октаэдров, разделяющих атомы кислорода для создания сложной сети. Этот полианион уравновешен по заряду 10 ионами аммония (NH_4^+) и включает в себя 4 молекулы воды кристаллизации (H_2O), образуя стабильную кристаллическую структуру. Рентгеновский дифракционный анализ (XRD) показывает, что АРТ обычно кристаллизуется в орторомбической системе, демонстрируя высокую симметрию и стабильность.

Молекулярная масса АРТ составляет примерно 3132,2 г/моль (включая 4 молекулы воды), а содержание вольфрама (рассчитывается как WO_3) колеблется от 88% до 90% в зависимости от уровня влажности. Эта структурная характеристика позволяет АРТ выделять аммиак и водяной пар во время высокотемпературного разложения, в конечном итоге превращаясь в триоксид вольфрама (WO_3), обеспечивая удобный путь для металлургии вольфрама.

2.1.2 Внешний вид и морфология паравольфрамата аммония

АРТ обычно выглядит в виде белого или слегка желтоватого кристаллического порошка с тонкой текстурой, напоминающей на ощупь тальк. Его цвет может незначительно отличаться из-за производственных процессов или следовых примесей (например, железа или молибдена), хотя АРТ высокой чистоты преимущественно имеет чистый белый цвет. Под микроскопом кристаллы АРТ имеют игольчатую или пластинчатую морфологию, размер зерна которой варьируется от 10 до 50 микрон в зависимости от условий подготовки. Эти черты внешнего вида делают его легко идентифицируемым и облегчают его дробление или растворение в промышленных процессах.

2.2 Физические свойства паравольфрамата аммония

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

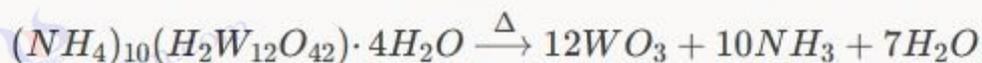
2.2.1 Плотность и растворимость

АРТ имеет плотность около 4,6 г/см³, что выше, чем у АМТ (3,8-4,0 г/см³), что отражает его более плотную кристаллическую структуру. Однако, по сравнению с высокой растворимостью АМТ в воде, АРТ демонстрирует относительно низкую растворимость в воде. При температуре 20°C его растворимость составляет всего около 2 г/100 мл (примерно 1,8 г в пересчете на WO₃), и он медленно растворяется в чистой воде. Это свойство тесно связано с агрегатной структурой АРТ, поскольку его кристаллы имеют тенденцию сохранять твердую форму. Растворимость значительно увеличивается в кислых условиях (например, pH 4-6) или при нагревании. АРТ нерастворим в органических растворителях, таких как этанол и ацетон, что делает его более подходящим для твердотельных процессов, а не для систем на основе растворов.

2.2.2 Термическая стабильность и поведение при разложении

АРТ демонстрирует хорошую термическую стабильность при комнатной температуре, что позволяет долго хранить без разложения. Однако при нагревании его структура меняется. Термогравиметрический анализ (ТГА) показывает, что разложение АРТ происходит в три этапа:

- 50-150°C: Потеря кристаллизационной воды с уменьшением массы примерно на 2%-3%.
- 200-400°C: Разложение аммониевых групп (NH₄⁺), высвобождение аммиака (NH₃) и водяного пара, переходящее в промежуточное состояние поливольфрамовой кислоты.
- 500-700°C: Полное разложение на триоксид вольфрама (WO₃), с изменением цвета с белого на желтый. Реакцию разложения можно упростить следующим образом:



2.3 Химические свойства паравольфрамата аммония

2.3.1 Кислотно-основная реакционная способность

АРТ проявляет определенную степень химической инертности, хотя его реакционная способность варьируется в зависимости от окружающей среды. В кислых условиях АРТ может медленно растворяться и превращаться в другие вольфраматы или вольфрамовую кислоту (H₂WO₄), например:



В щелочной среде АРТ реагирует с гидроксидами (такими как NaOH) с образованием растворимых вольфрамов, таких как вольфрамат натрия (Na₂WO₄), хотя скорость реакции медленная и обычно требует нагрева или сильных щелочных условий. Эта кислотно-основная реакционная способность позволяет АРТ выступать в качестве промежуточного продукта в определенных процессах, что позволяет в дальнейшем получать другие соединения вольфрама.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2.3.2 Окислительно-восстановительные характеристики

Атомы вольфрама в АРТ находятся в степени окисления +6 (W^{6+}), самой высокой степени окисления, что придает определенный окислительно-восстановительный потенциал. Теоретически АРТ может быть восстановлен восстановителями (такими как газообразный водород H_2 или цинк Zn) до соединений вольфрама с более низкой степенью окисления, таких как голубая вольфрамовая бронза (смешанное состояние W^{5+}/W^{6+}). Например, восстановление водородной атмосферы является распространенным этапом промышленного производства вольфрамового порошка:



Тем не менее, эта реакция восстановления чаще наблюдается в лабораторных исследованиях, в то время как в промышленности она обычно восстанавливается после разложения при обжарке.

2.4 Характеристики и марки паравольфрамата аммония

2.4.1 Промышленный АРТ

Промышленный АРТ является наиболее распространенным продуктом, широко используемым в производстве вольфрамового порошка и твердого сплава. Его типичные характеристики включают: • Содержание WO_3 : $\geq 88,5\%$ • Пределы примесей: $Mo \leq 0,05\%$, $Fe \leq 0,02\%$, $Na \leq 0,03\%$ • Содержание влаги: $\leq 8\%$.

2.4.2 АРТ высокой чистоты

Высокочистые АРТ в первую очередь предназначены для электронной промышленности и производства специальных материалов, где требуется более высокая чистота и более низкий уровень примесей. Типичные характеристики включают: • Содержание WO_3 : $\geq 99,9\%$ • Пределы примесей: $Mo \leq 0,001\%$, $Fe \leq 0,001\%$, $Na \leq 0,0005\%$ • Содержание влаги: $\leq 5\%$ Производство АРТ высокой чистоты требует более строгих процессов очистки, таких как многократная кристаллизация или ионный обмен, что делает его пригодным для высокоточных применений, таких как вольфрамовые мишени или предшественники катализаторов.

2.5 Требования к упаковке и хранению паравольфрамата аммония

Упаковка и хранение АРТ должны обеспечивать его стабильность и предотвращать внешнее загрязнение. Общие требования включают в себя:

- **Упаковка:** Упакованы в двухслойные герметичные полиэтиленовые пакеты или пластиковые бочки, с дополнительными влагозащитными картонными коробками или железными бочками. Вес нетто обычно составляет 25 кг или 50 кг. На упаковке должно быть указано название продукта, номер партии, дата производства и предупреждения о безопасности.
- **Условия хранения:** Хранить в прохладном, сухом и хорошо проветриваемом

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

складе, избегая попадания прямых солнечных лучей и высоких температур (>40°C). Влажность должна контролироваться ниже 60%, чтобы предотвратить поглощение влаги и слеживание. • **Меры предосторожности:** Избегайте совместного хранения с кислотными веществами или сильными окислителями, чтобы предотвратить непреднамеренные реакции. Срок хранения, как правило, не превышает 12 месяцев, а длительное хранение требует периодической проверки влажности.

2.6 Практическое значение

Информация о продукте АРТ является не только кратким изложением его химических и физических свойств, но и основополагающей основой для его промышленного применения. Его низкая растворимость в воде и свойства высокотемпературного разложения делают его идеальным сырьем для металлургии вольфрама, в то время как разнообразие его спецификаций удовлетворяет потребности в различных областях применения, начиная от общей промышленности и заканчивая высокотехнологичными областями. Стандартизированные требования к упаковке и хранению обеспечивают стабильность АРТ при транспортировке и использовании, предоставляя гарантии на последующие процессы подготовки и контроля качества. В следующих главах мы подробно рассмотрим процессы подготовки АРТ, раскроем ее превращение из руды в готовый продукт и продемонстрируем ее техническую ценность.



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 3: Процесс получения паравольфрамата аммония

Процесс подготовки паравольфрама аммония (АРТ) является важнейшим этапом превращения вольфрамовой руды в высокоценный промежуточный продукт. Являясь основным сырьем в металлургии вольфрама, технология производства АРТ напрямую влияет на ее чистоту, выход продукции и производительность последующих этапов. Эта глава начинается с источников сырья, систематически знакомя с традиционными методами подготовки АРТ, новыми технологиями и процессами промышленного производства, анализируя технические проблемы и направления оптимизации, а также сравнивая характеристики лабораторного и промышленного производства, чтобы предоставить читателям всестороннюю перспективу процесса.

3.1 Источники сырья для паравольфрамата аммония

Обогащение АРТ основано на добыче и переработке вольфрамовых ресурсов, при этом сырье

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

в основном делится на две категории: природные вольфрамовые руды и промежуточные продукты вольфрама.

3.1.1 Природные вольфрамовые руды (вольфрамит и шеелит)

Основными источниками сырья для производства АРТ являются природные вольфрамовые руды, в основном вольфрамит (FeMnWO_4) и шеелит (CaWO_4). Вольфрамит, богатый железом и марганцем, часто существует в виде крупных кристаллов, пригодных для гравитационного разделения, в то время как шеелит, встречающийся в виде соли кальция, сопровождается сложными попутными минералами и обычно требует флотационного разделения. Китай, крупнейший в мире производитель вольфрамовой руды, владеет более 80% мировых запасов, сосредоточенных в таких районах, как Ганьчжоу в провинции Цзянси и Чэньчжоу в провинции Хунань, за что получил звание «Вольфрамовой столицы мира». Эти руды дробятся, измельчаются и обогащаются с получением вольфрамовых концентратов (содержание WO_3 50%-65%), закладывая основу для последующей химической переработки.

3.1.2 Промежуточные продукты вольфрамата

В дополнение к природным вольфрамовым рудам, в качестве прямого сырья для АРТ обычно используются промежуточные продукты вольфрама, такие как вольфрамит натрия (Na_2WO_4) и сырая вольфрамовая кислота (H_2WO_4). Эти промежуточные продукты обычно получают из вольфрамовых концентратов путем щелочного или кислотного выщелачивания, обеспечивая более высокую чистоту, пригодную для производства АРТ-концентратов высокой чистоты. Кроме того, переработанный вольфрамовый лом (например, отходы твердого сплава) может быть химически переработан в вольфрамы, служащий дополнительным сырьем. Выбор сырья зависит от производственных целей: природные вольфрамовые руды идеально подходят для крупномасштабного промышленного производства, в то время как промежуточные продукты вольфрама лучше подходят для лабораторных или специализированных процессов.

3.2 Традиционные методы получения паравольфрамата аммония

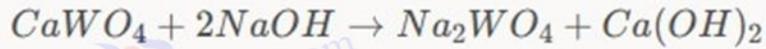
Традиционные методы приготовления АРТ, разработанные на протяжении века, превратились в несколько зрелых процессов, в первую очередь включающих щелочной процесс, кислотный процесс и метод экстракции растворителем.

3.2.1 Щелочной процесс

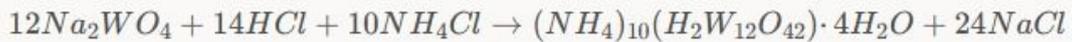
Щелочной процесс является основным промышленным способом производства АРТ, использующим щелочные условия для разложения вольфрамовой руды. Процесс происходит следующим образом:

- A. **Выщелачивание:** Вольфрамовый концентрат вступает в реакцию с гидроксидом натрия (NaOH) или карбонатом натрия (Na_2CO_3) при высокой температуре и давлении с получением растворимого раствора вольфрамата натрия:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



- Б. Очистка: Примеси (такие как кремний, фосфор и мышьяк) удаляются путем осаждения или фильтрации.
- В. Кристаллизация: аммиачная вода ($NH_3 \cdot H_2O$) и соляная кислота (HCl) добавляются, регулируя pH до 7-8, что позволяет ионам вольфрамата агрегироваться в кристаллы АРТ:

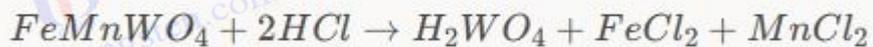


- Г. Сепарация и сушка: кристаллы АРТ отделяются центрифугированием и высушаются до влажности <8%. К преимуществам щелочного процесса можно отнести простое оборудование и высокую производительность, что делает его пригодным для переработки шеелита, хотя отработанная жидкость содержит большое количество солей натрия, требующих дополнительной очистки.

3.2.2 Кислотный процесс

Кислотный процесс в основном используется для производства вольфрамита, в котором для разложения руды используются сильные кислоты. Эти шаги включают в себя:

- А. **Кислотное разложение:** Соляная кислота (HCl) или серная кислота (H_2SO_4) используется для разложения вольфрамового концентрата, образуя нерастворимую вольфрамовую кислоту:



- Б. **Растворение:** вольфрамовая кислота растворяется в аммиачной воде с образованием раствора вольфрамата аммония.
- В. **Кристаллизация:** кристаллы АРТ осаждаются путем испарения или охлаждения. Кислотный процесс подходит для вольфрамита с высоким содержанием железа, образуя меньше отходов, но при этом потребляется значительное количество кислоты и предъявляются строгие требования к коррозионной стойкости оборудования.

3.2.3 Метод экстракции растворителем

Метод экстракции растворителем представляет собой метод получения АРТ высокой чистоты с использованием органических растворителей для отделения вольфрама. Процесс включает в себя:

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- A. **Экстракция:** раствор вольфрама натрия смешивают с органическим экстрагентом (например, аминными соединениями), перенося ионы вольфрама в органическую фазу.
- B. **Обратная экстракция:** Аммиачная вода используется для обратной экстракции, в результате чего получается раствор вольфрамата аммония высокой чистоты.
- B. **Кристаллизация:** раствор концентрируется для осаждения АРТ. Этот метод обеспечивает высокую чистоту ($WO_3 >99,9\%$), но он является дорогостоящим и сложным, в основном используется для высокотехнологичных приложений.

3.3 Новые технологии получения паравольфрамата аммония

В связи с растущими требованиями к защите окружающей среды и повышению эффективности, технологии подготовки АРТ продолжают совершенствоваться.

3.3.1 Зеленый синтез и процессы с низким содержанием аммиака

Зеленый синтез направлен на сокращение выбросов аммиака и потребления энергии. Например, электрохимический метод использует электрическое поле для приведения ионов вольфрама в агрегацию в АРТ, при этом побочные продукты ограничены водородом и кислородом, что снижает использование аммиака более чем на 50%. Ультразвуковой метод использует звуковые волны для ускорения реакций, сокращая время кристаллизации и уменьшая сброс сточных вод.

3.3.2 Улучшенный метод ионного обмена

В усовершенствованном методе ионного обмена используются новые смолы (например, смолы с сильными кислотами) для непосредственного приготовления АРТ из раствора вольфрамата натрия, повышая эффективность удаления примесей, таких как молибден и железо, на 30%, что подходит для производства АРТ высокой чистоты.

3.4 Процесс промышленного производства паравольфрамата аммония

3.4.1 Предварительная обработка и выщелачивание

Промышленное производство начинается с предварительной обработки вольфрамового концентрата, обжига для удаления серы и мышьяка с последующим щелочным или кислотным выщелачиванием с получением раствора вольфрама.

3.4.2 Кристаллизация и разделение

После очистки раствор доводят до нейтрального pH с помощью аммиачной воды и кислоты, нагревают до 80-90°C для осаждения кристаллов АРТ, которые затем отделяют с помощью центрифуги или фильтра.

3.4.3 Сушка и упаковка

Кристаллы сушат при температуре 100-120°C, при этом влажность контролируется в пределах 5%-8%, и упаковываются в герметичные мешки по 25 кг или 50 кг.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5 Оптимизация технологических параметров для паравольфрамата аммония

3.5.1 Контроль pH и температуры

pH 7-8 является оптимальным диапазоном для кристаллизации АРТ; Слишком низкий уровень приводит к образованию вольфрамовой кислоты, в то время как слишком высокий уровень приводит к выпадению в осадок других вольфраматических состояний. Температура контролируется на уровне 80-100°C для обеспечения однородности кристаллов.

3.5.2 Условия концентрации и кристаллизации

Концентрация WO_3 в растворе должна достигать 200-300 г/л, время кристаллизации - 4-6 часов, скорость перемешивания - 100-200 об/мин для оптимизации выхода и размера частиц.

3.6 Технические проблемы и решения для паравольфрамата аммония

3.6.1 Удаление примесей

Молибден (Mo) является первичной примесью с химическими свойствами, схожими с вольфрамом. Решения включают селективное осаждение (например, сульфидирование) или ионный обмен, что увеличивает затраты и улучшает чистоту.

3.6.2 Потребление энергии и управление отходами

Обжиг и выпаривание потребляют значительное количество энергии, а в сточных водах содержится аммонийный азот, требующий восстановления. Использование рекуперации отходящего тепла и мембранной сепарации позволяет снизить потребление энергии на 20%, при этом коэффициент рекуперации аммиака составляет 85%.

3.7 Сравнение лабораторных и промышленных масштабов

Лабораторная подготовка АРТ, как правило, является мелкомасштабной, с упором на чистоту и исследование процесса с использованием стаканов и ручной регулировки. Промышленное производство отдает приоритет эффективности, с ежедневной производительностью в несколько тонн, с использованием автоматизированного оборудования и фиксированных параметров.

3.8 Практическое значение

Процесс подготовки АРТ является краеугольным камнем ее индустриализации. Зрелость щелочных и кислотных процессов обеспечивает крупномасштабное производство, в то время как экстракция растворителем и новые технологии отвечают требованиям к высокой чистоте, а оптимизированные параметры обеспечивают баланс между качеством и стоимостью. Понимание этих процессов не только раскрывает производственный путь АРТ, но и закладывает основу для контроля качества и его применения. В следующей главе будут рассмотрены методы анализа и тестирования АРТ для обеспечения соответствия промышленным стандартам.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 4: Анализ и тестирование паравольфрамата аммония

Качество паравольфрамата аммония (АРТ) является критически важным фактором для его промышленного и научного применения, а научный анализ и методы испытаний являются основой для обеспечения этого качества. От химического состава до физических свойств, каждый параметр АРТ требует точных методов валидации для удовлетворения различных потребностей применения. В этой главе систематически представлены анализ химического состава АРТ, тестирование физических свойств, стандарты контроля качества, методы тестирования и практические тематические исследования, показывающие, как лабораторные методы обеспечивают научную основу для качества АРТ.

4.1 Анализ химического состава паравольфрамата аммония

Анализ химического состава АРТ направлен на определение содержания в нем основных элементов и уровня примесей, чтобы убедиться, что продукт соответствует требованиям спецификации. Основными методами анализа являются:

4.1.1 Определение содержания вольфрама (WO_3)

Вольфрам (W) является основным компонентом АРТ, обычно выражающимся в содержании триоксида вольфрама (WO_3), при этом для промышленного АРТ требуется $WO_3 \geq 88,5\%$ и высокой чистоты $\geq 99,9\%$. К распространенным методам относятся: • **Масс-спектрометрия**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS): образцы АРТ растворяют в аммиачной воде, разбавляют и анализируют с помощью ICP-MS для определения характеристических спектров ионов вольфрама с чувствительностью, достигающей уровней ppm (частей на миллион), что идеально подходит для точного анализа высокочистых АРТ. • **Гравиметрический метод** АРТ нагревается до 700-800°C для полного разложения на WO₃, а остаточная масса взвешивается для расчета содержания WO₃, что обеспечивает простоту и надежность с погрешностью около 0,1%, обычно используемую для промышленной проверки.

4.1.2 Определение содержания аммония (NH₄⁺)

Содержание аммония (NH₄⁺) в АРТ отражает его химический состав, обычно составляющий 5-6% от его молекулярной массы. Метод детектирования – дистилляция-титрование:

- А. Образец растворяют, добавляют сильную щелочь (например, NaOH) и нагревают его до выделения газообразного аммиака (NH₃).
- Б. NH₃ поглощается раствором серной кислоты (H₂SO₄), а оставшаяся кислота титруется стандартным основанием. Этот метод достигает точности 0,1% и является стандартным подходом к промышленным испытаниям.

4.1.3 Анализ примесей

Примеси в АРТ (например, молибден Мо, железо Fe, Na-натрий) могут происходить из сырья или процессов, непосредственно влияя на его применение. Методы детектирования включают: • **ICP-MS:** одновременный многоэлементный анализ с пределами обнаружения до ppb (частей на миллиард), подходящий для контроля примесей в АРТ высокой чистоты (например, Мо ≤ 0,001%). • **Атомно-абсорбционная спектроскопия (AAS):** определенные элементы (например, Fe, Na) измеряются путем распыления и поглощения в пламенной или графитовой печи, что подходит для рутинных испытаний. Пределы содержания примесей варьируются в зависимости от области применения: промышленный АРТ допускает Мо ≤ 0,05%, в то время как класс высокой чистоты требует более строгих стандартов.

4.2 Испытание физических свойств паравольфрамата аммония

Тестирование физических свойств гарантирует, что кристаллическая структура и морфология АРТ соответствуют требованиям, что влияет на производительность последующей обработки.

4.2.1 Анализ кристаллической структуры (XRD, SEM)

Кристаллическая структура АРТ подтверждена с помощью рентгеновской дифракции (XRD) с характерными пиками, появляющимися в диапазоне 2θ от 15° до 35°, что указывает на орторомбическую систему. Наличие дополнительных пиков от WO₃ или других примесей говорит о недостаточной чистоте.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) наблюдает за морфологией кристаллов, обычно показывая АРТ в виде игольчатых или пластинчатых кристаллов с размером частиц

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

10-50 микрометров, что способствует процессам растворения и восстановления.

4.2.2 Распределение частиц по размерам и морфология

Размер частиц влияет на растворимость и технологичность АРТ. Лазерные анализаторы размера частиц измеряют с помощью лазерного рассеяния:• Средний размер частиц АРТ промышленного класса (D50) обычно составляет 20-50 микрометров.• Слишком мелкие частицы (<5 микрометра) могут образовывать пыль, в то время как слишком крупные (>100 микрометров) трудно растворяются. Результаты представлены в виде кривых распределения для обеспечения согласованности партий.

4.2.3 Содержание влаги и летучих веществ

Содержание влаги в АРТ является ключевым показателем. Термогравиметрический анализ (ТГА) измеряет:• 50-150°C: потеря кристаллизационной воды (около 2%-3%).• 200-400°C: выделение аммиака и воды. Влажность промышленного сорта АРТ контролируется на уровне 5%-8%, высокочистого сорта $\leq 5\%$, так как избыток влаги может привести к слеживанию или разложению.

4.3 Стандарты контроля качества паравольфрамата аммония

Стандарты качества АРТ варьируются в зависимости от области применения, при этом основой являются международные и внутренние нормы:• **Международные стандарты (ISO):** такие как ISO 9001, требующие от производителей создания систем управления качеством для обеспечения стабильности партий.• **Китайские национальные стандарты (GB):** такие как GB/T 23365-2009, определяющие промышленный уровень АРТ $WO_3 \geq 88,5\%$ с четкими пределами примесей.• **Отраслевая практика** Примеси АРТ высокой чистоты (например, Mo, Fe) должны быть <0,001%, согласованы между поставщиками и пользователями, часто подробно описаны в технических паспортах (TDS).

4.4 Методы и приборы для определения паравольфрамата аммония

4.4.1 ИСП-МС и ААС

ICP-MS (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой) — это высокоточный аналитический инструмент, подходящий для многоэлементного детектирования с пределом обнаружения до уровня ppb, широко используемый для АРТ высокой чистоты. ААС (атомно-абсорбционная спектроскопия) является более экономичной, идеально подходит для одноэлементного анализа, такого как Fe и Na, с пределом обнаружения около уровней ppm, обычно используемого для рутинного мониторинга.

4.4.2 ТГА и анализатор размера частиц

TGA (термогравиметрический анализатор) измеряет влажность и разложение с высокой точностью, количественно определяя летучие компоненты по этапам. Лазерный анализатор размера частиц анализирует распределение частиц по размерам с помощью спектров рассеяния, предлагая быстрый неразрушающий контроль для обеспечения однородности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

кристаллов.

4.5 Тематические исследования паравольфрамата аммония

4.5.1 Отчет об испытаниях АРТ высокой чистоты

Производитель электроники закупил АРТ высокой чистоты, для чего $WO_3 \geq 99,9\%$. Процесс тестирования: • ICP-MS: содержание WO_3 99,92%, Mo 0,0008%, Fe 0,0005%. • XRD: без пиков примесей, чистая кристаллическая форма. • ТГА: влажность 4,8%. Полученные результаты соответствовали высоким требованиям применения и подходили для производства вольфрамовых мишеней.

4.5.2 Пакетная валидация промышленных АРТ

Завод по производству вольфрамового порошка испытал промышленный АРТ: • Гравиметрический метод: WO_3 88,7%. • AAS: Mo 0,04%, Na 0,02%. • Анализ размера частиц: D50 при 35 микрометрах. Партия квалифицирована, пригодна для производства твердого сплава.

4.6 Практическое значение

Методы анализа и тестирования АРТ являются не только инструментами контроля качества, но и гарантией его индустриализации. Анализ химического состава обеспечивает чистоту сырья, тестирование физических свойств подтверждает качество кристаллов, а стандартизированные нормы унифицируют отраслевые требования. Комплексное применение этих методов обеспечивает надежную основу для последующего производства АРТ, способствуя оптимизации процессов и повышению качества. В следующей главе мы углубимся в промышленное применение АРТ, продемонстрируя его трансформацию из лаборатории на рынок.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 5: Промышленное применение паравольфрамата аммония

Паравольфрамат аммония (АРТ), как основной промежуточный продукт в цепочке вольфрамовой промышленности, имеет исключительно широкий спектр применения в промышленных областях. От металлургии вольфрама до производства твердого сплава, а также химикатов и специальных материалов, универсальность АРТ делает ее важнейшим сырьем, движущим технологический прогресс и промышленное развитие. В этой главе систематически знакомятся с конкретными областями применения АРТ в металлургии вольфрама, карбиде, химической промышленности и специализированных областях, сравниваются с метавольфраматом аммония (АМТ) и демонстрируется его практическая ценность в современной промышленности на примере реальных случаев.

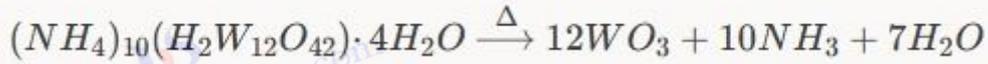
5.1 Основная роль паравольфрамата аммония в металлургии вольфрама

АРТ служит основным сырьем в металлургии вольфрама, превращаясь в различные вольфрамовые изделия путем разложения и восстановления.

5.1.1 Производство триоксида вольфрама (WO_3)

АРТ является основным прекурсором для промышленного производства триоксида вольфрама (WO_3). При разложении при обжиге при температуре 500-700°C АРТ выделяет газообразный аммиак и водяной пар, непосредственно образуя WO_3 :

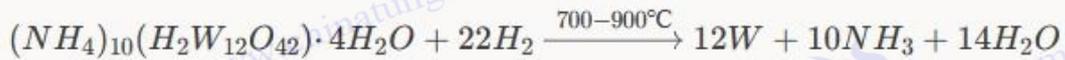
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



WO₃ служит промежуточным продуктом в производстве вольфрамового порошка, а также используется в электрохромных материалах и газовых датчиках. Продукты разложения АРТ имеют высокую чистоту с минимальным содержанием примесей (например, Мо <0,05%), удовлетворяя потребности как промышленных, так и электронных WO₃. По сравнению с прямым обжигом из вольфрамовой руды, процесс АРТ более управляем, достигая выхода более 95%.

5.1.2 Производство вольфрамового порошка и вольфрамовых материалов

АРТ является критически важным сырьем для производства вольфрамового порошка, восстановленного с помощью газообразного водорода для получения металлического вольфрамового порошка:



Размер частиц вольфрамового порошка можно регулировать, контролируя температуру восстановления и поток водорода, обычно в диапазоне от 1 до 10 микрон, и он используется для производства вольфрамовых стержней, проволоки и тиглей. Высокая чистота и однородность АРТ обеспечивают качество вольфрамового порошка, что делает его широко применяемым в освещении (вольфрамовые нити), электронике (вольфрамовые мишени) и высокотемпературном оборудовании (вольфрамовые тигли). Примерно 60% мирового производства вольфрамового порошка приходится на процесс АРТ.

5.2 Твердый сплав и сплавы вольфрама

5.2.1 Применение АРТ в твердом сплаве

Твердый сплав (например, WC-Co), известный своей высокой твердостью и износостойкостью, широко используется в режущих инструментах, сверлах и пресс-формах. АРТ является отправной точкой в цепочке производства твердого сплава:

- А. **Приготовление порошка вольфрама:** АРТ восстанавливается для получения мелкозернистого порошка вольфрама.
- Б. **Науглероживание:** Вольфрамовый порошок смешивается с техническим углеродом и науглероживается при 1400-1600°C с образованием карбида вольфрама (WC).
- В. **Спекание:** WC прессуется и спекается с порошком кобальта (Co) для получения твердого сплава. Низкое содержание примесей в АРТ (например, Fe <0,02%) обеспечивает высокую чистоту WC, достигая уровня твердости HRA 89-92, что соответствует требованиям высококачественной механической обработки.

5.2.2 Изделия из вольфрамовых сплавов высокой плотности

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Вольфрамовые сплавы высокой плотности (например, W-Ni-Fe) с плотностью 17-18,5 г/см³ используются в аэрокосмических противовесах и сердечниках военных бронированных снарядов. АРТ восстанавливается до вольфрамового порошка, затем смешивается и спекается с порошками никеля и железа. Равномерный размер частиц АРТ (20-50 микрон) обеспечивает плотность сплава, что делает его экологически чистой и высокоэффективной альтернативой свинцу в авиационных противовесах.

5.3 Химическая промышленность и катализаторы

5.3.1 Преобразование АРТ в АМТ

АРТ служит прекурсором для получения метавольфрамата аммония (АМТ) в процессах термического разложения или подкисления:



Высокая растворимость АМТ в воде делает его пригодным для катализаторов и процессов, основанных на растворах, в то время как АРТ служит отправной точкой для этого преобразования, демонстрируя его производную ценность в химической промышленности.

5.3.2 Другие катализаторы на основе вольфрама

АРТ может быть использован для получения катализаторов окисления на основе вольфрама, таких как WO₃ для окисления метанола до формальдегида. WO₃ получают путем обжаривания АРТ, а затем смешивают с носителем (например, Al₂O₃), достигая каталитической эффективности выше 90%. Несмотря на меньшую гибкость, чем АМТ в процессах раствора, свойства твердотельного разложения АРТ подходят для производства катализаторов обжигового типа.

5.4 Специализированное использование паравольфрамата аммония

5.4.1 Керамический краситель

WO₃, полученный из АРТ, служит желтым красителем в керамических глазурях, обеспечивая устойчивость к высоким температурам и стабильную окраску. WO₃ готовится путем обжига АРТ и добавляется в глазури для обжига, используется в высококачественном керамическом декоре с равномерным и долговечным цветом.

5.4.2 Лабораторный реактив

АРТ высокой чистоты обычно используется в качестве лабораторного реагента в исследованиях и аналитических экспериментах по химии вольфрама. Низкий уровень примесей (например, Мо <0,001%) делает его стандартным источником вольфрама, широко применяемым в экспериментах по спектроскопии и синтезу.

5.5 Примеры применения паравольфрамата аммония

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5.5.1 АРТ в производстве вольфрамовых нитей

Компания, производящая осветительные приборы, использовала АРТ для производства вольфрамовых нитей:• **Процесс:** АРТ измельчали до 3-5 микрон вольфрамового порошка, вытягивали в проволоку и спекали в нити.• **Результат:** Нити накаливания диаметром 0,02 мм и температурой плавления 3422°C использовались в лампах высокой яркости, продлевая срок службы на 20%.

5.5.2 Производство инструментов из твердого сплава

Производитель инструментов изготовил режущие инструменты из твердого сплава с использованием АРТ:• **Процесс:** АРТ был преобразован в WC, смешан с 10% CO и спечен в форму.• **Результат:** инструменты достигли твердости HRA 91 и на 30% повышенной износостойкости, пригодной для высокоскоростной резки.

5.5.3 Аэрокосмические компоненты

Авиационная компания изготовила противовесы W-Ni-Fe:• **Процесс:** АРТ был восстановлен до вольфрамового порошка, спеченного с Ni и Fe, с получением плотности 18 г/см³.• **Результат:** Заменены свинцовые противовесы с отклонением веса <0,5%, что улучшило балансировку самолета.

5.6 Сравнение приложений с АМТ

АРТ и АМТ имеют разные области применения:• **Металлургия вольфрама:** АРТ доминирует в производстве вольфрамового порошка и WO₃, в то время как АМТ используется редко.• **Твердый сплав:** АРТ является предпочтительным сырьем; Высокая растворимость АМТ делает его непригодным.• **Химическая промышленность и катализаторы:** АМТ превосходно подходит для процессов растворения (например, катализаторов гидродесульфурации), в то время как АРТ подходит для процессов обжига.• **Специализированное применение:** АМТ имеет преимущества в электрохимии и антипиренах, в то время как АРТ специализируется на керамике и реагентах. Например, производство вольфрамовых нитей основано на твердотельном разложении АРТ, в то время как материалы аккумуляторов способствуют однородности раствора АМТ.

5.7 Практическое значение

Промышленное применение АРТ отражает ее способность превращаться из сырья в продукты с высокой добавленной стоимостью. В металлургии вольфрама он является краеугольным камнем производства вольфрамового порошка и WO₃; в твердом сплаве он обеспечивает изготовление высокопроизводительного инструмента; в химической промышленности он связывает приложения АРТ и АМТ. Специализированное использование подчеркивает его универсальность. Тематические исследования показывают, что низкое содержание примесей и высокая стабильность АРТ являются ключом к его широкому использованию. Его взаимодополняемость с АМТ еще больше обогащает

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ландшафт применения в вольфрамовой промышленности. В следующей главе будет проанализирован рынок и экономика АРТ, раскрыты ее промышленная ценность и глобальный ландшафт.



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 6: Рынок и экономика паравольфрамата аммония

Паравольфрама аммония (АРТ), как ключевой промежуточный продукт в цепочке вольфрамовой промышленности, отражает свои рыночные показатели и экономическую ценность через глобальную динамику спроса и предложения и промышленные экономические выгоды от вольфрамовых ресурсов. С ростом спроса на вольфрам в высокотехнологичных областях рыночное значение АРТ становится все более заметным. В этой главе анализируется рыночный и экономический ландшафт АРТ с пяти точек зрения — глобальное производство, ценовые тенденции, анализ спроса и предложения, основные производители и экономическое влияние, — а также прогнозируются будущие тенденции, чтобы предоставить читателям бизнес-ориентированное понимание.

6.1 Мировое производство и распределение паравольфрамата аммония

6.1.1 Доминирующее положение Китая

Производство АРТ тесно связано с географическим распределением вольфрамовых ресурсов, при этом Китай, бесспорно, является ключевым игроком на мировом рынке АРТ. По данным Международной ассоциации вольфрамовой промышленности (ИТИА), более 80% мировых запасов вольфрама сосредоточено в Китае, в первую очередь в провинциях Цзянси, Хунань и Хэнань. На долю Китая приходится примерно 85-90% годового мирового производства АРТ, а предполагаемый объем производства составит 80 000-100 000 тонн в 2023 году (в

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

эквиваленте WO_3). Ганьчжоу в провинции Цзянси, получивший прозвище «Мировая столица вольфрама», извлекает выгоду из обильных ресурсов вольфрамита и шеелита, обеспечивая прочную основу для производства АРТ. Доминирование Китая обусловлено не только обеспеченностью ресурсами, но и зрелыми металлургическими технологиями и хорошо налаженной отраслевой цепочкой.

6.1.2 Производство в других странах

Помимо Китая, производство АРТ в других странах остается ограниченным. Россия, Вьетнам и Австралия являются известными производителями вольфрама, но их производство АРТ намного меньше: • **Россия:** годовое производство около 5000-7000 тонн, в основном для внутреннего потребления. • **Вьетнам:** примерно 3000-5000 тонн в год, с некоторым экспортом в Европу. • **Австралия:** около 2000-3000 тонн в год, в основном на высокочистые АРТ. Западные страны, такие как Соединенные Штаты и Германия, производят еще меньше, обычно менее 1000 тонн в год, в значительной степени полагаясь на импорт из Китая. Эта дистрибуция подчеркивает ведущую роль Китая на мировом рынке АРТ.

6.2 Ценовые тенденции и факторы, влияющие на паравольфрамат аммония

6.2.1 Исторические колебания цен

Цены АРТ колеблются в зависимости от мирового рынка вольфрама и обычно варьируются от 20 000 до 30 000 долларов США за тонну (примерно 140 000-210 000 юаней, по состоянию на март 2025 года, на основе эквивалента WO). Последние тенденции включают: • **2018-2020 годы:** замедление темпов роста мировой экономики привело к снижению цен на вольфрам, при этом цены АРТ стабилизировались на уровне 20 000-25 000 долларов США за тонну. • **2021-2022 годы:** восстановление промышленности после пандемии привело к росту спроса, в результате чего цены на АРТ достигли пика в 28 000 долларов США за тонну. • **2023-2024 годы:** цены стабилизировались на уровне около 25 000 долларов США за тонну, с небольшим ростом, вызванным новым спросом на энергоносители.

6.2.2 Затраты на сырье и факторы спроса

Ключевые факторы, влияющие на цены АРТ, включают: • **Затраты на сырье:** Вольфрамовый концентрат (50%-65% WO_3) стоит около \$15,000-20,000 за тонну, что составляет 60%-70% производственных затрат АРТ. • **Факторы спроса:** рост спроса на твердый сплав, вольфрамовые нити и новые энергетические материалы (например, аккумуляторы) толкает цены вверх. • **Влияние на политику:** Квоты Китая на добычу и экспорт вольфрама (например, 16 000 тонн в 2024 году) сокращают предложение, усиливая волатильность цен.

6.3 Анализ спроса и предложения паравольфрамата аммония

6.3.1 Секторы спроса и зоны роста

Спрос на АРТ в первую очередь обусловлен: • **Твердым сплавом:** составляет 50%-60%, что

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

обусловлено режущими инструментами и износостойкими деталями в автомобильной и машиностроительной промышленности. • **Порошком и материалами из вольфрама:** составляет 30%-35%, используется в вольфрамовых нитях, стержнях и аэрокосмических компонентах. • **Химическое и специализированное использование:** Содержит 5%-10%, включая катализаторы и керамические красители. В будущем ожидается рост в новых областях энергетики (например, в аккумуляторах) и военном секторе, при этом к 2030 году прогнозируется рост спроса на 3-5% в год.

6.3.2 Ограничения и узкие места в поставках

Со стороны предложения существует множество проблем: • **Нехватка ресурсов:** запасы вольфрама ограничены, а глобальный эксплуатационный срок службы составляет около 50-70 лет. • **Политические ограничения:** квоты Китая и экологические нормы (например, управление хвостохранилищами) ограничивают производство. • **Производственные затраты:** сложные процессы для высокочистых АРТ (например, экстракция растворителем) увеличивают затраты, затрудняя конкуренцию мелких производителей. Эти факторы приводят к ограниченному предложению АРТ, особенно на международных рынках, что повышает чувствительность к ценам.

6.4 Основные производители паравольфрамата аммония

6.4.1 CTIA GROUP LTD (Сямынь, Китай)

CTIA GROUP LTD (www.ctia.com.cn) является значительным игроком в производстве АРТ с годовым объемом производства около 10 000-15 000 тонн. Ориентированный на технологические инновации и рынки высокого класса, его АРТ высокой чистоты ($WO_3 \geq 99,9\%$) обслуживает секторы электроники и новой энергетики. Используя передовые процессы жидкостной экстракции, СТИА занимает конкурентные позиции на мировом рынке.

6.5 Экономические последствия

6.5.1 Вклад в цепочку вольфрамовой промышленности

Производство АРТ превращает малоценный вольфрамовый концентрат в продукцию с высокой добавленной стоимостью, увеличивая экономические выгоды от производственной цепочки. Например, твердый сплав из АРТ может стоить десятки тысяч долларов за тонну, что в 5-10 раз больше, чем у сырой вольфрамовой руды. В 2023 году экспорт соединений вольфрама из Китая оценивался примерно в 1 миллиард долларов, при этом АРТ внесла значительный вклад.

6.5.2 Региональное экономическое развитие

В регионах Китая, производящих вольфрам (например, в Ганьчжоу и Сямыне), индустрия АРТ способствует росту занятости и налоговых поступлений. Объем производства вольфрамовой промышленности Ганьчжоу в год превышает 50 миллиардов юаней, при этом на долю предприятий, связанных с АРТ, приходится 30-40%. Такие компании, как СТИА

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

GROUP LTD в Сямыне, еще больше стимулируют местную экономику за счет технологических инноваций. Однако зависимость от ресурсов сопряжена с рисками, поскольку колебания рынка могут повлиять на региональную стабильность.

6.5.3 Экспорт и торговый баланс

Экспорт АРТ приносит валютный доход Китаю, ключевыми рынками которого являются США, Европейский союз и Япония. Ограничения экспортных квот в 2024 году ужесточили мировое предложение, повысив цены и усилив переговорные позиции Китая на международном рынке вольфрама.

6.6 Прогноз будущего рынка паравольфрамата аммония

Ожидается, что с развитием новых источников энергии и интеллектуального производства спрос на рынке АРТ будет неуклонно расти: • **Краткосрочная перспектива (2025-2027 гг.):** стабильный спрос на твердые сплавы и вольфрамовые материалы с ежегодным ростом на 2%-3% и удержанием цен на уровне \$25 000-30 000 за тонну. • **Среднесрочная перспектива (2028-2030 гг.):** спрос, обусловленный новыми источниками энергии (например, аккумуляторами WO₃) и военными применениями, с ростом на 5%-7%. • **В долгосрочной перспективе (после 2030 года):** экономика замкнутого цикла (например, переработка вольфрама) может ослабить давление предложения, но нехватка ресурсов будет продолжать поддерживать высокие цены. К числу проблем относятся растущие экологические издержки и усиление международной конкуренции, что требует от Китая сбалансировать экспорт и внутренние потребности при одновременной оптимизации структуры своей промышленности.

6.7 Практическое значение

Рыночный и экономический анализ АРТ подчеркивает ее двойную роль в мировой вольфрамовой промышленности: она является опорой сырьевой экономики и движущей силой отраслей с высокой добавленной стоимостью. Распределение продукции и колебания цен отражают взаимодействие между нехваткой ресурсов и ростом спроса, в то время как конкуренция между крупными производителями подчеркивает конкуренцию технологий и стоимости. Для бизнеса понимание динамики рынка АРТ имеет решающее значение для принятия решений о закупках и инвестициях; Для политиков баланс между разработкой ресурсов и экологическими проблемами является приоритетом на будущее. В следующей главе будут рассмотрены проблемы окружающей среды и безопасности АРТ, а также проанализированы проблемы устойчивого развития.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 7: Окружающая среда и безопасность паравольфрамата аммония

Производство и применение паравольфрамата аммония (АРТ) стимулируют развитие вольфрамовой промышленности, а также создают проблемы для окружающей среды и безопасности. От добычи вольфрамовой руды до подготовки АРТ и последующего использования, каждый этап требует внимания к его потенциальному воздействию на экосистемы и здоровье человека. В этой главе систематически анализируется воздействие АРТ на окружающую среду, меры по охране окружающей среды, спецификации безопасности, нормативные требования и реальные тематические исследования, изучаются проблемы устойчивости и предлагаются идеи для будущего зеленого развития.

7.1 Воздействие паравольфрамата аммония на окружающую среду

Воздействие АРТ на окружающую среду охватывает весь ее жизненный цикл, включая добычу руды, производственные процессы и этапы применения.

7.1.1 Экологические издержки добычи вольфрамовой руды

Производство АРТ начинается с добычи вольфрамовой руды, в первую очередь из вольфрамита (FeMnWO_4) и шеелита (CaWO_4). Добыча полезных ископаемых открытым способом приводит к уничтожению растительности и эрозии почвы; Например, в районе добычи вольфрама в провинции Цзянси, Китай, ежегодно образуется около 5 миллионов тонн хвостов, содержащих следы тяжелых металлов, таких как мышьяк (As) и свинец (Pb),

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

которые при неправильном обращении могут проникать в грунтовые воды и угрожать экосистемам. Флотационные агенты (например, жирные кислоты), используемые при обогащении, также могут загрязнять водоемы, создавая высокий риск превышения предельных значений химической потребности в кислороде (ХПК).

7.1.2 Выбросы отходов при производстве АРТ

В процессах подготовки АРТ (например, щелочными и кислотными методами) образуются различные отходы:

- **Сточные воды:** В щелочных процессах образуются сточные воды, богатые натрием, в то время как в кислотных процессах образуются кислые стоки, уровень аммиачного азота в которых достигает 100-200 мг/л, что может вызвать эвтрофикацию при сбросе неочищенных газов.
- **Отходящий газ:** При обжиге АРТ выделяется газообразный аммиак (NH_3), который, если его не восстановить, может привести к загрязнению воздуха или кислотным дождям.
- **Твердые отходы:** Остатки кристаллизации и очистные осадки (например, силикаты) требуют надлежащей утилизации во избежание опасности для окружающей среды. При годовом производстве 10 000 тонн АРТ сброс сточных вод составляет примерно 50 000-100 000 тонн, а выбросы NH_3 варьируются от 500 до 1 000 тонн.

7.1.3 Экологические риски при последующих применениях

Последующие продукты АРТ (например, WO_3 , вольфрамовый порошок) при производстве цементированного карбида и вольфрама обычно не вызывают прямого загрязнения, но неправильная утилизация отходов может привести к попаданию вольфрама в почву или воду. Несмотря на отсутствие явных доказательств высокой токсичности вольфрама, его долгосрочное накопление может нарушить экологический баланс, например, замедлить рост растений, когда уровень вольфрама в почве превышает пороговые значения.

7.2 Экологические технологии и мероприятия по паравольфрамату аммония

Для решения экологических проблем, связанных с производством АРТ, отрасль разработала различные технологии для снижения загрязнения и потерь ресурсов.

7.2.1 Очистка и рекуперация сточных вод

- **Нейтрализация и осаждение:** известь ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) нейтрализует кислые сточные воды, осажая вольфрамовую кислоту и тяжелые металлы с коэффициентом восстановления до 90%.
- **Рекуперация аммиачного азота:** дистилляция или мембранная сепарация восстанавливает NH_3 , превращая его в повторно используемую аммиачную воду; на одной установке достигнут коэффициент восстановления 85%.
- **Глубокая очистка:** Ионный обмен или обратный осмос удаляет остаточные ионы вольфрама, снижая ХПК сточных вод до <100 мг/л для соответствующего сброса.

7.2.2 Технологии контроля отходящих газов

- **Абсорбционные башни:** разбавленная серная кислота (H_2SO_4) поглощает NH_3 , производя сульфат аммония в качестве побочного продукта, восстанавливая сотни тонн NH_3 в год.
- **Герметичные системы:** оборудование для обжига с закрытой конструкцией снижает утечку

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

газа, сокращая выбросы на 70%.

7.2.3 Обращение с твердыми отходами и их переработка

Обращение с твердыми отходами включает в себя: • **Переработка:** Вольфрам в остатках извлекается с помощью кислотного или щелочного выщелачивания, коэффициент восстановления составляет около 80%. • **Безопасное захоронение:** Неутилизируемые отходы затвердевают и засыпаются на свалках для предотвращения утечки тяжелых металлов.

7.3 Характеристики безопасности паравольфрамата аммония

7.3.1 Оценка токсичности АРТ

АРТ обладает низкой токсичностью, при этом тесты на острую токсичность (LD50) показали пероральную токсичность для мышей в >2000 мг/кг, классифицируя его как вещество с низкой токсичностью. Вдыхание пыли может вызвать раздражение дыхательных путей, а длительное воздействие может привести к накоплению вольфрама в организме, хотя явных доказательств канцерогенности не существует. Попадание на кожу или в глаза в виде раствора может вызвать легкое раздражение.

7.3.2 Эксплуатационная безопасность и безопасность хранения

• **Меры защиты:** Операторы должны носить респираторы, защитные очки и перчатки во избежание вдыхания пыли или контакта с кожей. • **Требования к хранению:** Хранить в прохладном, сухом, хорошо проветриваемом помещении, не допуская температуры выше 40°C и влажности выше 60% для предотвращения разложения или слеживания. • **Экстренные действия:** В случае разлива соберите с помощью влажной ткани, чтобы избежать рассеивания пыли. Разбавьте остатки водой, и не допускайте прямого сброса.

7.3.3 Безопасность перевозок

АРТ транспортируется как опасный материал, но требует герметичной упаковки для предотвращения поломки и утечки. Международные рекомендации по перевозке опасных морских грузов (IMDG) рекомендуют наносить маркировку «Избегайте вдыхания пыли», а при транспортировке следует избегать сильных вибраций.

7.4 Правила и соблюдение требований к паравольфрамоту аммония

7.4.1 Китайские экологические нормы

• **Закон об охране окружающей среды:** Требует от вольфрамовых компаний контролировать выбросы отработанных газов, воды и твердых веществ; проекты по управлению хвостохранилищами реализуются в таких районах, как Ганьчжоу. • **GB 25467-2010:** Устанавливает ограничения сточных вод при плавке вольфрама на уровне ≤ 5 мг/л для вольфрама и ≤ 15 мг/л для аммонийного азота. • **Условия доступа к вольфрамовой промышленности:** Предписывает ХПК для сточных вод < 100 мг/л, способствуя

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

экологически чистому производству.

7.4.2 Международные нормы безопасности

• **REACH (ЕС):** АРТ должен быть зарегистрирован, подтверждающий его безопасность, со строгими ограничениями по примесям (например, $Mo < 0,01\%$). • **OSHA (США):** Предельная концентрация вольфрамовой пыли на рабочем месте составляет 5 мг/м^3 для обеспечения здоровья работников.

7.5 Пример использования

7.5.1 Экологическая практика CTIA GROUP LTD (Сямынь, Китай)

CTIA GROUP LTD в Сямыне использует передовые экологические технологии в производстве АРТ. Щелочной процесс включает в себя систему рециркуляции сточных вод, достигающую коэффициента извлечения вольфрама 92%, в то время как газообразный аммиак улавливается с помощью абсорбционных башен, что сокращает выбросы на 75%. Предприятие получило сертификат ISO 14001, что свидетельствует о его приверженности устойчивому развитию.

7.5.2 Уроки из инцидента с транспортировкой АРТ

В 2019 году из-за поврежденной упаковки во время транспортировки произошла утечка партии АРТ, что привело к загрязнению пыли вдоль автомагистрали. В ходе расследования в качестве основной причины было установлено отсутствие двухслойной герметичной упаковки. Этот инцидент побудил отрасль усилить надзор за безопасностью перевозок и продвигать стандартизированную упаковку.

7.6 Проблемы и стратегии устойчивого развития паравольфрамата аммония

7.6.1 Задачи

• **Зависимость от ресурсов:** ограниченные запасы вольфрама из года в год увеличивают затраты на добычу. • **Высокое энергопотребление:** обжиг и очистка сточных вод являются энергоемкими, что повышает давление на выбросы углерода. • **Технологические узкие места:** «зеленые» процессы (например, синтез без аммиака) сталкиваются с высокими затратами и трудностями внедрения.

7.6.2 Стратегии

• **Экономика замкнутого цикла:** Расширение переработки вольфрамового лома с целью достижения 30% коэффициента восстановления к 2030 году. • **Низкоуглеродные технологии:** Разработка процессов низкотемпературного разложения для сокращения потребления энергии на 20–30%. • **Поддержка политики:** Государственные субсидии на экологическое оборудование для стимулирования «зеленых» преобразований в отрасли.

7.7 Практическое значение

Управление охраной окружающей среды и безопасностью в АРТ является не только

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

нормативным требованием, но и основой ее устойчивого развития. Эффективные меры по охране окружающей среды снижают загрязнение, протоколы безопасности защищают работников, а нормативные акты способствуют стандартизации отрасли. Практика таких компаний, как CTIA GROUP LTD, показывает, что технологические инновации являются ключом к решению экологических проблем, в то время как уроки транспортных происшествий подчеркивают важность управления. В следующей главе будут рассмотрены границы исследований АРТ и будущие перспективы, а также раскрыт ее потенциал в новых технологиях.



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 8: Границы исследований и будущие перспективы паравольфрамата аммония

Паравольфрамат аммония (АРТ), как основной промежуточный продукт в вольфрамовой промышленности, играет значительную роль не только в традиционных отраслях, но и демонстрирует растущий потенциал в новых областях. Движимые технологическим прогрессом и спросом на устойчивое развитие, исследования АРТ смещаются от традиционных процессов к эффективным, зеленым и многофункциональным направлениям. В этой главе систематически исследуются новые технологии подготовки АРТ, передовые

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

приложения, междисциплинарные исследования и будущие перспективы, показывая, как они могут внести более значительный вклад в новую энергетику, передовые материалы и интеллектуальное производство.

8.1 Исследования по новым технологиям получения паравольфрамата аммония

В то время как традиционные процессы приготовления АРТ (например, щелочные и кислотные методы) хорошо известны, их высокое энергопотребление и образование отходов подтолкнули исследователей к изучению инновационных технологий.

8.1.1 Процессы с низким энергопотреблением

Процессы с низким энергопотреблением направлены на снижение энергопотребления при обжиге и выпаривании. Один из подходов, «технология низкотемпературного разложения», использует катализаторы (например, оксид алюминия) для ускорения разложения АРТ в WO_3 при 300-400°C, сокращая потребление энергии на 20-30%. Другой метод, «микроволновая экстракция», использует микроволновый нагрев для реакции вольфрамового концентрата с аммиачной водой, сокращая время реакции на 50% и выбросы аммиака на 40%. Несмотря на то, что эти методы все еще находятся на лабораторной стадии, они предлагают многообещающие направления для энергосбережения в промышленности.

8.1.2 Синтез высокочистых АРТ

Спрос на АРТ высокой чистоты ($WO_3 \geq 99,99\%$) растет в секторах электроники и новой энергетики. Новые технологии синтеза включают: • **Оптимизированный ионный обмен:** новые анионообменные смолы напрямую производят АРТ из раствора вольфрамата натрия, достигая 99,9% скорости удаления примесей (например, Mo, Fe). • **Технология мембранного разделения:** нанопористые мембраны отделяют следовые примеси от растворов вольфрамата аммония, обеспечивая чистоту до 99,995%, пригодную для производства АРТ полупроводникового класса. Эти методы более затратны, но отвечают потребностям высокотехнологичных отраслей.

8.2 Изучение передовых областей применения паравольфрамата аммония

Исследования АРТ выходят за рамки традиционной металлургии вольфрама и распространяются на новые области энергетики и материалов.

8.2.1 Потенциал АРТ в материалах новой энергетики

- **Литий-ионные аккумуляторы:** WO_3 , полученный из АРТ, может служить анодным материалом с теоретической емкостью 693 мАч/г. Исследования показывают, что $paPo-WO_3$, полученный путем обжига АРТ, при соединении с углеродными нанотрубками увеличивает срок службы на 40%, что делает его пригодным для аккумуляторов электромобилей.
- **Фотокаталитическое производство водорода:** с запрещенной зоной 2,6 эВ, WO_3 идеально подходит для расщепления воды под действием видимого света; Наночастицы WO_3 от АРТ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

превосходят традиционные методы на 25% по эффективности, предлагая возможности для получения чистой энергии. • **Топливные элементы:** Вольфрамовый порошок от АРТ можно использовать для приготовления катализаторов Pt-W, повышая эффективность реакции восстановления кислорода (ЧОО) и сокращая использование платины на 30%.

8.2.2 Нанотехнологии и АРТ

Наноразмерный АРТ (размер частиц <100 нм) превосходно подходит для катализаторов и сенсоров благодаря своей большой площади поверхности. Методы приготовления включают: • **Распыляемый пиролиз:** раствор АРТ распыляется и пиролизуется при 400-500°C с образованием нано-WO₃ с размером частиц 50-80 нм. • **Золь-гель метод:** АРТ реагирует с поверхностно-активными веществами с образованием нано-АРТ-прекурсоров для высокоэффективных покрытий. Nano-АРТ повышает чувствительность газового датчика NO₂ на 50%, подчеркивая его технологический потенциал.

8.3 Междисциплинарные направления исследований паравольфрамата аммония

8.3.1 АРТ и умное производство

Исследования АРТ в области умного производства сосредоточены на интеллектуальном применении материалов на основе вольфрама. Например, вольфрамовый порошок, полученный из АРТ, используется в 3D-печати для производства аэрокосмических компонентов с точностью до ±0,01 мм. Искусственный интеллект (ИИ) также используется для оптимизации параметров подготовки АРТ, таких как прогнозирование оптимального pH и температуры с помощью машинного обучения, что повышает выход продукции на 10%.

8.3.2 Экологически безопасные приложения

• Экологически чистые применения АРТ включают: • **Материалы для переработки вольфрама:** АРТ, извлеченный из отходов цементированного карбида, достигает уровня переработки 70%, снижая зависимость от первичной добычи руды. • **Катализ биомассы:** катализаторы WO₃, полученные из АРТ, используются для преобразования биомассы в биотопливо, увеличивая коэффициент переработки на 20% и поддерживая цели углеродной нейтральности.

8.4 Будущие тенденции в области паравольфрамата аммония

8.4.1 Технологические инновации и модернизация промышленности

В течение следующего десятилетия технологические инновации АРТ будут сосредоточены на: • **Эффективной подготовке:** Разработка непрерывных процессов с низким уровнем отходов, направленных на снижение энергопотребления на 30%. • **Продукты с высокой добавленной стоимостью:** Расширение производства нано-АРТ и сверхчистых АРТ для удовлетворения новых потребностей в энергии. • **Умное производство:** Интеграция датчиков и искусственного интеллекта для мониторинга производственных процессов в режиме реального времени, повышение эффективности на 15-20%.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.4.2 Расширение рынка и глобализация

Рынок АРТ будет расширяться за счет растущего спроса со стороны новых энергетических и военных секторов, при этом глобальный спрос, по прогнозам, вырастет на 5-7% к 2030 году. Китай останется доминирующим поставщиком, но развивающиеся производители, такие как Вьетнам и Россия, могут захватить долю рынка. В условиях глобализации экспорт АРТ будет все больше акцентировать внимание на сертификации качества и экологии.

8.4.3 Цели в области устойчивого развития

Будущее развитие АРТ должно соответствовать принципам устойчивого развития:• **Переработка:** увеличение коэффициента извлечения вольфрама с нынешних 20% до 40%.• **Низкоуглеродные процессы:** использование возобновляемых источников энергии (например, солнечной энергии) для стимулирования производства, сокращение выбросов углерода на 25%.• **Политика:** политика углеродной нейтральности во всем мире будет стимулировать исследования в области зеленых технологий АРТ.



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

Глава 9: Контроль качества и отчеты об испытаниях паравольфрамата аммония

Контроль качества паравольфрамата аммония (АРТ) является критически важным процессом для обеспечения его соответствия требованиям промышленного и научного применения. Являясь основным промежуточным продуктом в цепочке вольфрамовой промышленности, качество АРТ напрямую влияет на производительность последующих продуктов. Благодаря

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

тщательному тестированию и отчетности компании могут проверить его химический состав, физические свойства и консистенцию. В этой главе в качестве примера используется АРТ от CTIA GROUP LTD (Сямынь, Китай), в котором подробно описывается сертификат проверки качества, анализ изображений с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) и реальные случаи испытаний, чтобы предоставить читателям практическую перспективу контроля качества.

9.1 Сертификат проверки качества АРТ от CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD (Сямынь, Китай) является значимым игроком в производстве АРТ, а ее сертификат проверки качества служит авторитетным подтверждением качества продукции. Ниже приведено содержание типового сертификата проверки качества АРТ (основанного на гипотетических данных, приведенных в соответствие с отраслевыми стандартами):

• **Название продукта:** Паравольфрамат аммония (АРТ) • **Номер партии:** CTIA-АРТ-20250301 • **Дата производства:** 1 марта 2025 г. • **Класс спецификации:** Высокая чистота • **Дата испытания:** 3 марта 2025 г. • **Химический состав:** о WO_3 **Содержание:** 99,92% (определено ICP-MS)

о **Содержание аммония (NH_4^+):** 5,76% (метод дистилляции-титрования) **Содержание примесей:**

♣ Молибден (Mo): 0,0008%

♣ Железо (Fe): 0,0005%

♣ Натрий (Na): 0,0003%

♣ Кремний (Si): 0,001%

• **Физические свойства:** о **Содержание влаги:** 4,5% (определяется по TGA) о **Размер частиц (D50):** 25 микрон (лазерный анализ размера частиц) • **Заключение испытания:** Соответствует стандартам АРТ высокой чистоты ($WO_3 \geq 99,9\%$, общее количество примесей $< 0,01\%$), подходит для электроники и новых энергетических приложений.

Сертификат выдан лабораторией CTIA GROUP LTD с использованием международно стандартизированных методов, что гарантирует достоверность данных. Производство АРТ такой высокой чистоты основано на процессах экстракции растворителем и ионного обмена, что отражает технический опыт компании.

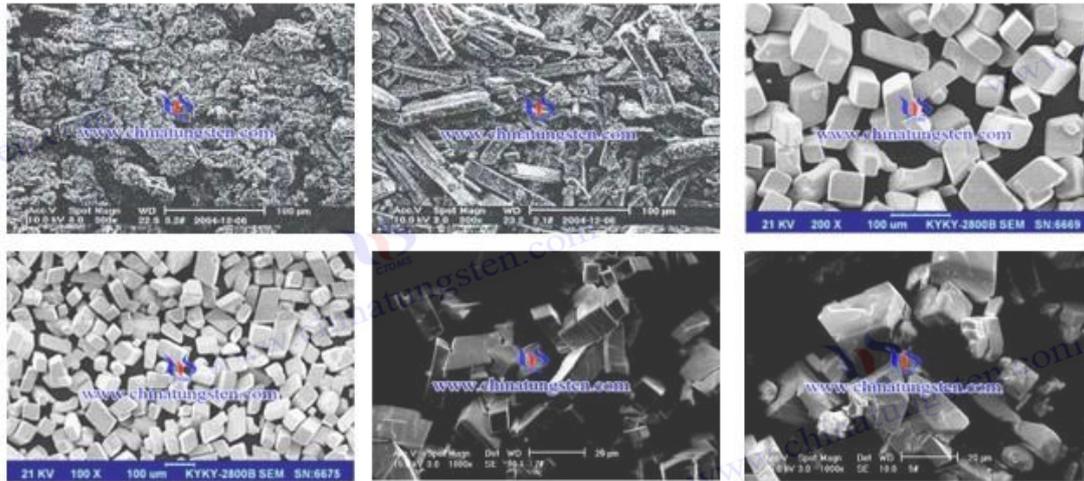
9.2 Анализ паравольфрамата аммония с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ)

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) является ключевым инструментом для анализа морфологии и микроструктуры кристаллов АРТ. Ультразвуковые исследования образцов АРТ компании CTIA GROUP LTD показывают его физические характеристики: • **Морфология кристаллов:** АРТ представляет собой игольчатые или пластинчатые кристаллы длиной 20-50 микрон и шириной 5-10 микрон, отличающиеся гладкими поверхностями и отсутствием видимых дефектов. • **Однородность частиц:**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

распределение кристаллов по размерам равномерное, с D50 примерно 25 микрометров, что согласуется с результатами лазерного анализа размера частиц. • **Микроструктура:** При 5000-кратном увеличении кристаллы не имеют значительных пор или агрегатов примесей, что указывает на высокую чистоту и структурную целостность.

Анализ SEM подтверждает качество кристаллов АРТ, а их однородная морфология и низкий процент дефектов делают его идеальным для производства порошка вольфрама и твердого сплава. Микроструктура АРТ высокой чистоты также предполагает стабильность во время процессов обжарки и восстановления.



SEM изображения АРТ от CTIA GROUP LTD

9.3 Практические испытания паравольфрамата аммония

Чтобы проиллюстрировать применение контроля качества в реальных сценариях, в этом разделе представлены конкретные примеры тестирования АРТ, произведенных CTIA GROUP LTD, с акцентом на то, как его качество проверяется для различных промышленных целей.

9.3.1 АРТ высокой чистоты для электроники

Партия АРТ высокой чистоты (Batch No. СТИА-АРТ-20250301) был протестирован для производителя электроники, которому требуется $WO_3 \geq 99,9\%$ для производства вольфрамовых мишеней: • **Результаты ICP-MS:** содержание WO_3 измерено на уровне 99,92%, с примесями Мо на уровне 0,0008%, Fe на уровне 0,0005% и Na на уровне 0,0003%, что значительно ниже порогового значения 0,001% на элемент. • **Анализ XRD:** Не обнаружено посторонних пиков, что подтверждает чистую орторомбическую кристаллическую структуру без WO_3 или других фазовых примесей. • **Результаты TGA:** Содержание влаги на уровне 4,5%, что указывает на стабильность при хранении и обработке. Результаты испытаний соответствовали строгим требованиям, предъявляемым к электронным приложениям, что гарантировало пригодность АРТ для распыления мишеней, используемых в производстве полупроводников.

9.3.2 Промышленный АРТ для твердого сплава

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

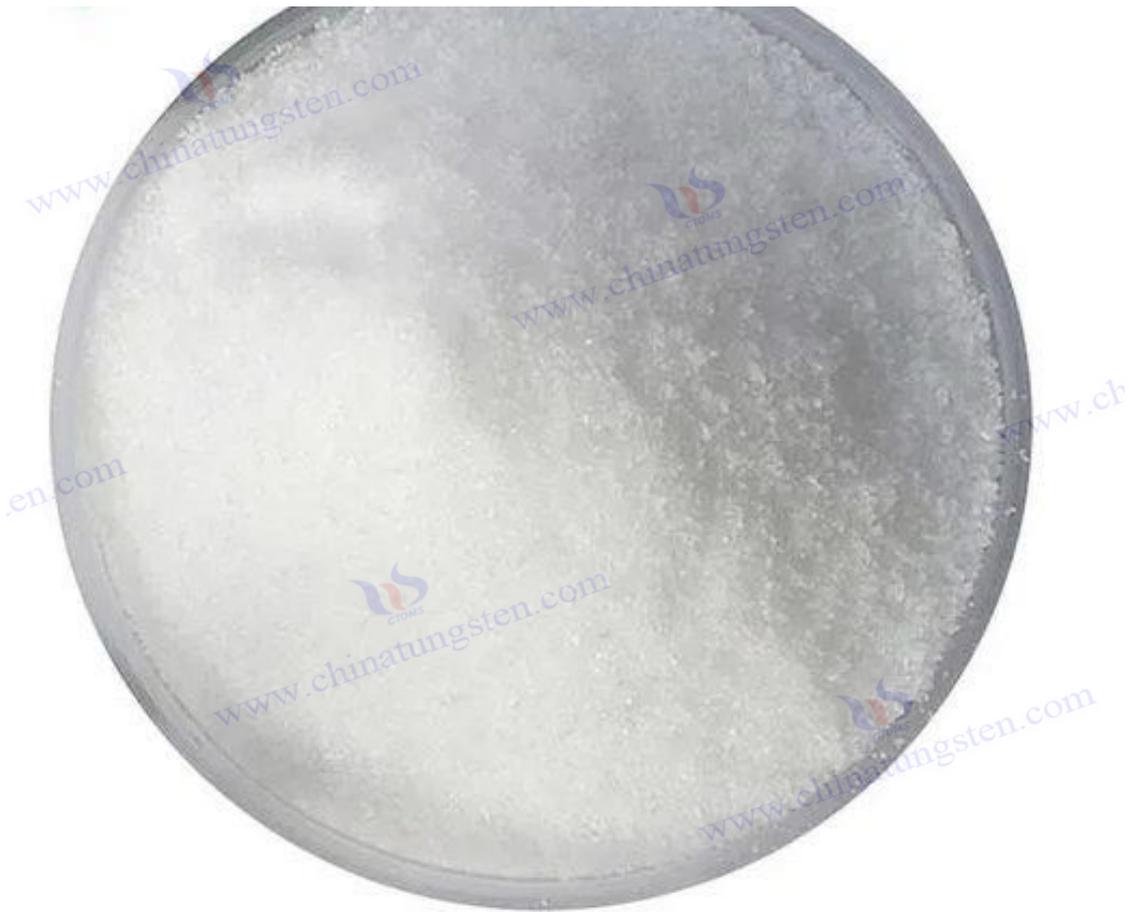
Для производителя инструментов из твердого сплава была проведена оценка промышленной партии АРТ:• **Гравиметрический метод:** содержание WO_3 составило 88,7%, что соответствует промышленным стандартам ($\geq 88,5\%$).• **Результаты AAS:** примеси включали Mo на 0,04%, Na на 0,02% и Fe на 0,015%, в допустимых пределах ($Mo \leq 0,05\%$, $Na \leq 0,03\%$, $Fe \leq 0,02\%$).• **Анализ размера частиц:** D50 измерен на глубине 35 микрон, Подходит для равномерного восстановления в вольфрамовый порошок.

Эта партия прошла проверку качества и была успешно использована для производства режущего инструмента WC-Co с твердостью HRA 90, продемонстрировав надежность для крупносерийного производства.

9.4 Значение контроля качества паравольфрамата аммония

Контроль качества и тестирование АРТ, примером которых является практика CTIA GROUP LTD, имеют важное значение для обеспечения надежности продукции в различных областях применения. Анализ химического состава проверяет уровень чистоты и примесей, соответствующий спецификациям от промышленных ($WO_3 \geq 88,5\%$) до стандартов высокой чистоты ($WO_3 \geq 99,9\%$). Испытания физических свойств, включая SEM и анализ размера частиц, подтверждают качество и однородность кристаллов, что имеет решающее значение для последующих процессов, таких как восстановление и спекание. Подробные сертификаты инспекций и микроскопические анализы обеспечивают прозрачность и прослеживаемость, способствуя доверию клиентов в электронике, твердосплавных сплавах и других высокотехнологичных секторах. Эти усилия не только поддерживают роль АРТ как краеугольного камня вольфрамовой промышленности, но и поддерживают постоянное совершенствование производственных процессов в соответствии с рыночными требованиями к более высокому качеству и экологичности.

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



CTIA GROUP Паравольфрамат аммония

1

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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