

トリウムタングステン電極の百科事典

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP の紹介

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

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

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

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



著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

ディレクトリ

第1章 はじめに

- 1.1 トリウムタングステン電極の定義と概要
- 1.2 溶接業界におけるトリウムタングステン電極の重要性
- 1.3 研究・応用の背景

第2章 トリウムタングステン電極の種類

- 2.1 トリウムタングステン電極は、酸化トリウム含有量によって分類されます
 - 2.1.1 WT10(イエローペイント)
 - 2.1.2 WT20(レッドペイント)
 - 2.1.3 WT30(パープルペイント)
 - 2.1.4 WT40(オレンジ塗装)
- 2.2 トリウムタングステン電極は、アプリケーションシナリオに応じて分類されます
 - 2.2.1 DC 溶接用トリウムタングステン電極
 - 2.2.2 AC 溶接用トリウムタングステン電極(スペシャルシーン)
- 2.3 トリウムタングステン電極と他のタングステン電極との比較
 - 2.3.1 純粋なタングステン電極
 - 2.3.2 セリウムタングステン電極
 - 2.3.3 ランタンタングステン電極
 - 2.3.4 ジルコニウムタングステン電極
 - 2.3.5 イットリウムタングステン電極

第3章 トリウムタングステン電極の特性

- 3.1 トリウムタングステン電極の物性
 - 3.1.1 トリウムタングステン電極の高融点と熱安定性
 - 3.1.2 トリウムタングステン電極の電子仕事
 - 3.1.3 トリウムタングステン電極の導電率と機械的性質
- 3.2 トリウムタングステン電極の化学的性質
 - 3.2.1 トリウムタングステン電極の耐酸化性
 - 3.2.2 トリウムタングステン電極の化学的安定性
- 3.3 トリウムタングステン電極の溶接性能
 - 3.3.1 トリウムタングステン電極のアーク開始性能
 - 3.3.2 トリウムタングステン電極のアーク安定性
 - 3.3.3 トリウムタングステン電極の電極焼損率
 - 3.3.4 高負荷電流におけるトリウムタングステン電極の性能
- 3.4 トリウムタングステン電極の放射性特性
 - 3.4.1 酸化トリウムの微量放射能
 - 3.4.2 健康と環境への影響
 - 3.4.3 トリウムタングステン電極と非放射性電極との比較
- 3.5 CTIA グループ株式会社のトリウムタングステン電極 MSDS

著作権および法的責任に関する声明

第4章 トリウムタングステン電極の製造と製造技術

- 4.1 トリウムタングステン電極の原料の調製
 - 4.1.1 タングステン粉末の選択と精製
 - 4.1.2 酸化トリウムドーピングプロセス
- 4.2 トリウムタングステン電極の粉末冶金プロセス
 - 4.2.1 ミキシングとプレス
 - 4.2.2 焼結プロセス
 - 4.2.3 熱処理と穀物制御
- 4.3 トリウムタングステン電極の圧延および研削プロセス
 - 4.3.1 電極棒の成形
 - 4.3.2 表面研磨と精密制御
- 4.4 トリウムタングステン電極の品質管理
 - 4.4.1 成分の均一性試験
 - 4.4.2 寸法および表面品質検査
- 4.5 トリウムタングステン電極の放射能汚染の防止と管理
 - 4.5.1 生産過程における放射性廃棄物管理
 - 4.5.2 保護対策と機器要件
 - 4.5.3 廃水および固形廃棄物の処理

第5章 トリウムタングステン電極の使用

- 5.1 溶接の分野におけるトリウムタングステン電極の応用
 - 5.1.1 タングステン不活性ガス(TIG)溶接
 - 5.1.2 プラズマ溶接
 - 5.1.3 DC アノード溶接(炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、チタン合金など)
- 5.2 他の産業におけるトリウムタングステン電極の応用
 - 5.2.1 真空電子機器のカソード材料
 - 5.2.2 アーク切断とアーク開始
- 5.3 トリウムタングステン電極のアプリケーションシナリオの制限
 - 5.3.1 放射性利用シナリオ
 - 5.3.2 代替電極の応用動向

第6章 トリウムタングステン電極の製造設備

- 6.1 トリウムタングステン電極の原料加工装置
 - 6.1.1 タングステン粉末粉砕およびスクリーニング装置
 - 6.1.2 酸化トリウムドーピング装置
- 6.2 トリウムタングステン電極用粉末冶金装置
 - 6.2.1 ミキサー
 - 6.2.2 プレス
 - 6.2.3 高温焼結炉
- 6.3 トリウムタングステン電極の成形および加工装置
 - 6.3.1 カレンダー
 - 6.3.2 研削および研磨装置
- 6.4 トリウムタングステン電極用放射線防護装置

著作権および法的責任に関する声明

- 6.4.1 特殊グラインダーおよびダスト除去システム
- 6.4.2 エンクロージャーと換気装置
- 6.4.3 放射性廃棄物処理装置
- 6.5 トリウムタングステン電極の試験装置
- 6.5.1 X- γ 放射線量率検出器
- 6.5.2 α 、 β 表面汚染検出器

第7章 トリウムタングステン電極の国内外の規格

- 7.1 トリウムタングステン電極の国際規格
 - 7.1.1 ISO 6848:2015(タングステン電極の分類と要件)
 - 7.1.2 AWS A5.12 / A5.12M(American Welding Institute タングステン電極仕様)
 - 7.1.3 EN 26848(タングステン電極の欧州規格)
- 7.2 トリウムタングステン電極の国内規格
 - 7.2.1 GB / T 4187-2017(タングステン電極の国家規格)
 - 7.2.2 GB 18871-2002(電離放射線に対する保護と放射線源の安全性に関する基本基準)
 - 7.2.3 関連放射性鉍物の開発及び利用のための企業の環境放射線モニタリング及び情報公開のための措置(試験実施のため)
- 7.3 トリウムタングステン電極の放射性安全基準
 - 7.3.1 トリウム-232 免除活動濃度(1 Bq / g)
 - 7.3.2 本番環境および使用における保護要件

第8章 トリウムタングステン電極の検出方法

- 8.1 トリウムタングステン電極の化学組成検出
 - 8.1.1 酸化トリウム含有量分析
 - 8.1.2 不純物含有量の検出
- 8.2 トリウムタングステン電極の物性試験
 - 8.2.1 密度と硬さの試験
 - 8.2.2 粒状構造解析
- 8.3 トリウムタングステン電極の放射能検出
 - 8.3.1 X- γ 放射線量率検出
 - 8.3.2 α 、 β 表面汚染検出
 - 8.3.3 環境放射線モニタリング
- 8.4 トリウムタングステン電極の溶接性能試験
 - 8.4.1 アークパフォーマンステスト
 - 8.4.2 アークの安定性と燃焼速度のテスト
- 8.5 トリウムタングステン電極の試験装置と校正
 - 8.5.1 試験機器の校正要件
 - 8.5.2 テスト環境と運用仕様

第9章 トリウムタングステン電極の長所と短所

- 9.1 トリウムタングステン電極の利点
 - 9.1.1 優れた溶接性能
 - 9.1.2 高温強度と耐摩耗性

著作権および法的責任に関する声明

9.2 トリウムタングステン電極の欠点

9.2.1 放射能汚染のリスク

9.2.2 環境と健康への影響

第 10 章 トリウムタングステン電極の保管、輸送および安全管理

10.1 ストレージ環境と条件の要件

10.2 包装基準と保護対策

10.3 輸送中の安全上の注意

10.4 放射性物質の安全管理慣行

10.5 緊急時の取り扱いと事故防止

第 11 章 トリウムタングステン電極の将来の開発動向と課題

11.1 トリウムタングステン電極用代替材料の研究開発進捗

11.2 環境保護と放射線安全圧力

11.3 新しい準備プロセスとグリーンマニュファクチャリング

11.4 トリウムタングステン電極性能の改善方向

11.5 市場の需要の変化と産業チェーンの発展

11.6 方針・規制の影響とコンプライアンスの整備

虫垂

A. 用語集

B. 参考文献

第1章 はじめに

1.1 トリウムタングステン電極の定義と概要

トリウムタングステン電極 は、高純度タングステンをマトリックスとして、少量の酸化トリウム(ThO_2 、通常は 0.9%から 4.2%)をドーブした合金電極であり、タングステン不活性ガスシールド溶接(TIG 溶接)などの高精度溶接プロセスで広く使用されています。その主成分であるタングステンは、融点が非常に高い(約 3422°C)と優れた電気伝導性を備えています。酸化トリウムの添加により電極の電子働きが大幅に減少(約 2.63 eV)するため、アーク開始性能とアーク安定性が向上します。トリウムタングステン電極は通常、異なる酸化トリウム含有量によって分類され、世界で最も一般的なモデルには、WT10(0.9-1.2% ThO_2 、黄色コーティング)、WT20(1.8-2.2% ThO_2 、赤色コーティングチップ)、WT30(2.8-3.2% ThO_2 、紫色)および WT40(3.8-4.2% ThO_2 、オレンジ - 黄色のアプリケーション)が含まれます。これらのモデルは、生産と使用で簡単に区別できるように色分けされています。

トリウムタングステン電極の外観は棒状で、通常は直径 0.5mm から 10mm の間、長さは一般に 150mm または 175mm であり、表面は精密に研磨され、溶接プロセス中の安定性を確保するために研磨されています。そのユニークな特性は、タングステンの高い融点と酸化トリウムの熱電子放出能力に由来し、電極のバーンアウトを減らしながら、高電流負荷の下で安定したアークを維持することができます。酸化トリウムのドーピングは、電極の高温耐性を高めるだけでなく、炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、チタン合金の溶接に特に適した DC アノード(DCEN)溶接にも優れています。

しかし、トリウムタングステン電極は、酸化トリウム含有量のために微量の放射能(主に α および β 粒子放射線)を特徴としており、製造、保管、使用には特別な注意が必要です。その低い放射能レベル(トリウム 232 の免除放射能濃度は 1Bq/g)にもかかわらず、長期被ばくは依然として健康および環境に影響を与える可能性がある。そのため、近年では、セリウムタングステンやランタンタングステンなどの非放射性電極が徐々に代替品となっていますが、トリウムタングステン電極は、その優れた溶接特性により、特定の分野で依然として重要な位置を占めています。

1.2 溶接業界におけるトリウムタングステン電極の重要性

トリウムタングステン電極は、溶接業界、特にタングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)やプラズマ溶接などの高精度プロセスにおいて、かけがえのない重要性を持っています。TIG 溶接は、不活性ガス(アルゴンやヘリウムなど)を使用してアークと溶接プールを保護する溶接方法であり、航空宇宙、原子力産業、自動車製造、造船業界で広く使用されています。トリウムタングステン電極は、その優れたアーク開始性能とアーク安定性により、TIG 溶接に適した電極材料となっています。

まず第一に、トリウムタングステン電極は DC アノード溶接で良好に機能します。その低い電子エスケープワークにより、電極は容易にアーク放電を開始することができ、アークは高電流でも安定したままであり、スパッタや溶接欠陥を低減します。これは、チタン合金やステンレス鋼などの高融点金属の溶接に特に重要です。例えば、チタン部品の溶接に極めて高い精度と表面品質が求められる航空宇宙産業では、トリウムタングステン電極が

著作権および法的責任に関する声明

溶接の均一性と強度を確保しています。さらに、高電流負荷下でのトリウムタングステン電極の焼損率が低いため、電極の寿命が延び、製造コストが削減されます。

第二に、トリウムタングステン電極の高い導電性と熱安定性により、炭素鋼、合金鋼、銅合金、ニッケル基合金など、幅広い材料の溶接に適しています。WT20やWT40など、酸化トリウム含有量の異なる電極は、溶接電流や材料の種類に応じて選択でき、さまざまなプロセスニーズを満たすことができます。たとえば、WT20は中程度の酸化トリウム含有量(1.8~2.2%)のため、中電流溶接で最も広く使用されていますが、WT40は大電流で頑丈な産業シナリオに適しています。

さらに、トリウムタングステン電極は、プラズマ溶接およびアーク切断においても重要な用途があります。プラズマ溶接では、電極が高温高压のプラズマ環境で安定性を維持する必要があり、トリウムタングステン電極の高温耐性は理想的な選択肢です。アーク切断では、トリウムタングステン電極は、切断効率と精度を確保するために高強度のアークを提供できます。これらの特性により、トリウムタングステン電極は現代の産業に不可欠であり、その放射能の問題は代替材料の研究につながっていますが、特定の高需要シナリオにおけるそれらの利点を完全に置き換えることはまだ困難です。

1.3 研究・応用の背景

トリウムタングステン電極の開発と応用は 20 世紀初頭に始まり、アーク溶接技術の台頭とともに徐々に発展しました。タングステンは、その高い融点と優れた導電性のために電極材料のための理想的な選択肢ですが、アーク開始の困難さと高電流での純粋なタングステン電極のアーク不安定性は、その適用を制限します。20 世紀の 30 年代に、研究者たちは、少量の酸化トリウムをドーピングすることにより、タングステン電極の性能が大幅に向上できることを発見しました。酸化トリウムの低電子働きがアーク開始に必要なエネルギーを減少させ、高温での電極の耐久性を向上させることを発見し、トリウムタングステン電極の広範な適用につながりました。

その後の数十年間、トリウムタングステン電極の調製プロセスは改善され続けました。粉末冶金技術の導入により、酸化トリウムの均一な分布が可能になり、電極の品質と一貫性が向上しました。20 世紀の 80 年代には、TIG 溶接技術の普及に伴い、トリウムタングステン電極が溶接業界の主流材料となり、国際規格(ISO 6848 や AWS A5.12 など)も策定され、その製造と使用を規制しました。

しかし、トリウムタングステン電極の放射能は徐々に注目を集めています。酸化トリウム中のトリウム 232 は天然に存在する放射性元素であり、その崩壊により α 粒子と少量の β および γ 放射線が放出されます。放射能レベルが低いにもかかわらず、電極研削中に発生する粉塵など、製造および使用中に労働者の健康や環境に潜在的なリスクをもたらす可能性があります。20 世紀の 90 年代以降、欧米諸国は非放射性電極の研究開発を推進し始め、セリウムタングステン電極(WC20)とランタンタングステン電極(WL20)が徐々に市場に参入しました。これらの代替電極は、性能的にはトリウムタングステン電極に近く、放射性

著作権および法的責任に関する声明

リスクがないため、一部の領域ではトリウムタングステン電極に徐々に置き換えられています。

それにもかかわらず、トリウムタングステン電極は、いくつかの要求の厳しい分野でまだ独自の利点があります。例えば、原子力産業や航空宇宙では、トリウムタングステン電極は、その優れたアーク安定性と高温耐性のために、依然として選択の材料です。近年、研究の焦点は、放射能汚染を減らすためのトリウムタングステン電極の製造プロセスの最適化に移り、性能をさらに向上させるための新しいドーピング材料を探求しています。さらに、環境規制がますます厳しくなるにつれ、トリウムタングステン電極の製造と使用はより制限されており、業界はより安全で環境に優しい代替品を開発するよう促されています。

世界的に、トリウムタングステン電極の応用と研究は続いています。タングステン資源の主要国として、中国はトリウムタングステン電極の生産と輸出において重要な位置を占めており、関連企業は国際基準を満たすために生産プロセスを改善し続けています。同時に、国際的な溶接業界におけるトリウムタングステン電極の需要は、特に発展途上国や特定の産業部門で依然として強いままです。将来的には、新しい材料やプロセスの進歩に伴い、トリウムタングステン電極の役割が変わる可能性があります。溶接技術の歴史におけるその重要な位置は否定できません。



CTIA GROUP LTD WT20 電極

著作権および法的責任に関する声明

第2章 トリウムタングステン電極の種類

タングステン不活性ガスシールド溶接(TIG 溶接)およびプラズマ溶接のコア消耗品として、トリウムタングステン電極には多くの種類があり、これらは異なる酸化トリウム含有量とアプリケーションシナリオに応じて慎重に分類できます。トリウムタングステン電極の分類は、その化学組成と物理的特性の違いを反映するだけでなく、さまざまな溶接プロセスや工業シナリオへの適用性も反映しています。この章では、酸化トリウム含有量によるトリウムタングステン電極の分類、アプリケーションシナリオによる分類、および他のタイプのタングステン電極との比較について詳しく説明します。

2.1 トリウムタングステン電極は、酸化トリウム含有量によって分類されます

トリウムタングステン電極の主な特性は、タングステンマトリックス中のドーパント酸化トリウム(ThO_2)に由来し、その含有量は電極の電子働き、アーク安定性、バーンアウト率、および適用可能な電流範囲に直接影響します。国際規格(ISO 6848:2015 や AWS A5.12/A5.12M など)では、酸化トリウムの含有量に基づいてトリウムタングステン電極を複数のモデルに分類し、製造と使用において区別を容易にするために、異なるカラーアプリケーションで識別しています。ここでは、WT10、WT20、WT30、WT40 の4つの一般的なモデルを紹介します。それぞれに性能とアプリケーションシナリオに大きな違いがあります。

2.1.1 WT10(イエローペイント)

WT10 トリウムタングステン電極は、酸化トリウム含有量が最も低いトリウムタングステン電極のタイプである 0.8~1.2%のトリウムタングステン電極を含み、黄色のコーティングヘッドで識別されます。酸化トリウム含有量が低いため、電子の仕事と溶接性能のバランスが取れているため、低電流から中電流の溶接作業に適しています。

パフォーマンス特性:

WT10 電極の電子仕事は約 2.63eV で、純粋なタングステン電極(約 4.5 eV)よりも低く、アーク開始に必要なエネルギーを大幅に削減し、低電流条件(通常は 50~150 A)で良好なアーク開始性能を発揮します。アークの安定性は、特にアークが集中し、スパッタが少ない DC 負極(DCEN)溶接で優れています。酸化トリウム含有量が低いため、WT10 は、特に大電流や長期間の連続溶接で、電極先端がわずかに溶けたり、トリウムが枯渇したりする場合に、比較的高いバーンアウト率を示します。

WT10 の放射能レベルは、すべてのトリウムタングステン電極の中で最も低く、トリウム-232 の放射能濃度は免除基準(1 Bq/g)に近いので、製造および使用における放射線防護要件は比較的緩和されています。これにより、医療機器製造などの放射性産業用途に適した電極になります。

著作権および法的責任に関する声明

アプリケーション・シナリオ

WT10 は主に薄板溶接や低電流精密溶接に使用され、炭素鋼、ステンレス鋼、銅合金などの材料に適しています。たとえば、自転車のフレーム製造では、WT10 電極は安定したアークを提供し、溶接の過熱を減らし、高品質のジョイントを確保することができます。また、WT10 は、電子部品の精密溶接など、マイクロ TIG 溶接プロセスにも使用できます。

長所と短所:

利点:低放射能、良好なアーク開始性能、低電流溶接に適しており、比較的 low コストです。

短所:大電流でのバーンアウト率が高く、高負荷や長期の連続溶接には適していません。

製造および使用上の注意

WT10 電極の製造では、局所的な性能ムラを避けるために、酸化トリウムの均一な分布を確保する必要があります。使用する場合は、アーク濃度を最適化するために、適切な研削角度(通常は 15°~30°)を使用することをお勧めします。さらに、粉碎工程では、トリウム粉塵の吸入リスクを減らすために、特別なグラインダーと除塵装置が必要です。

2.1.2 WT20(赤塗装)

WT20 は、現在最も広く使用されているタイプのトリウムタンクステン電極であり、酸化トリウム含有量は 1.7~2.2%で、赤いコートで識別されます。その適度な酸化トリウム含有量により、性能、コスト、適用性の間の最良のバランスを達成することができ、工業用溶接で広く使用されています。

パフォーマンス特性:

WT20 電極の電子働きは WT10 と似ていますが、酸化トリウム含有量が高いためアーク安定性がさらに向上し、中高電流範囲(100-300A)に適しています。DC アノード溶接では、WT20 は集中した安定したアークを維持することができ、溶接欠陥を低減します。WT20 は WT10 に比べて焼損率が低く、電極先端の高温での耐久性も高いため、長時間の連続溶接に適しています。

WT20 は WT10 よりも放射能がわずかに高いですが、それでも安全範囲内にあります。製造および使用における保護対策は、保護マスクの着用や換気装置の使用など、関連する基準(GB 18871-2002 など)に厳密に従う必要があります。

アプリケーション・シナリオ

WT20 は、TIG 溶接の「オールラウンダー」電極で、ステンレス鋼、炭素鋼、ニッケル合金、チタン合金の溶接に広く使用されています。航空宇宙分野では、WT20 は航空機エンジンブレードの製造など、チタン合金部品の溶接に一般的に使用されており、安定したアークと低いバーンアウト率により高品質の溶接が保証されます。石油化学業界では、WT20 はパイプ溶接、特に過酷な環境での耐食性材料の接合にも一般的に使用されていま

著作権および法的責任に関する声明

す。

長所と短所:

利点:強力なアーク安定性、低いバーンアウト率、適用電流の広い範囲、さまざまな材料に適しています。

短所:放射能がわずかに高いため、厳格な保護が必要です。コストは WT10 よりも高くなります。

製造および使用上の注意

WT20 の製造には、一貫した性能を確保するために、酸化トリウムのドーピング比を正確に制御する必要があります。使用するときは、20°~35°の研削角度を使用し、高電流で溶接するときは電極先端の状態を定期的にチェックして、トリウム損失が溶接品質に影響を与えないようにすることをお勧めします。研削粉塵は、環境汚染を防ぐために適切に収集および廃棄する必要があります。

2.1.3 WT30(パープルペイント)

WT30 電極には 2.8~3.2%の酸化トリウムが含まれており、紫色にコーティングされたヘッドで識別されるため、大電流およびヘビーデューティはんだ付けアプリケーションに適しています。その高い酸化トリウム含有量は、電極の高温耐性とアーク安定性を大幅に向上させます。

パフォーマンス特性:

WT30 の電子仕事は WT20 の電子仕事よりもわずかに低いいため、アーク放電の難しさがさらに軽減され、アークは大電流(200~400 A)で安定したままです。その燃焼率はトリウムタンングステン電極の中で最も低く、電極先端は高温高圧下で熔融または変形しにくいいため、長期間の連続溶接に適しています。WT30 の優れた導電性と熱安定性は、重工業のシナリオで優れています。

しかし、酸化トリウムの含有量が高いと、放射能のレベルが高くなり、製造と使用における防護要件が厳しくなります。オペレーターは保護具を着用し、作業環境が十分に換気されていることを確認する必要があります。

アプリケーション・シナリオ

WT30 は、主に造船における鋼板溶接、原子力発電所における压力容器の溶接、大型機械設備の組立など、厚板の溶接や重量構造部品の製造に使用されています。高電流でも安定したアークを維持する能力があるため、チタン合金やニッケル基合金などの高融点材料の溶接に適しています。さらに、WT30 は、極限条件下で性能を維持するために電極が必要なプラズマ溶接やアーク切断にも使用できます。

著作権および法的責任に関する声明

長所と短所:

利点:優れたアーク安定性、非常に低いバーンアウト率、大電流およびヘビーデューティ溶接に適しています。

短所:高い放射能、高い防護コスト。WT10 や WT20 よりもコストが高くなります。

製造および使用上の注意

WT30 の製造には、局所的な欠陥を回避するために酸化トリウムの均一な分布を確保する高精度の粉末冶金プロセスが必要です。使用時には、アークの集中と耐久性を最適化するために、研削角度を 25°~40°にすることを勧めます。粉碎および使用中は、放射線防護仕様を厳守し、トリウム粉塵を処理するための特別な収集装置を装備する必要があります。

2.1.4 WT40(オレンジ塗装)

WT40 電極は、オレンジイエローのコーティングヘッドで識別される 3.8~4.2%の酸化トリウムを含み、非常に高い酸化トリウム含有量を持つ最高の酸化トリウムタングステン電極のモデルであり、非常に高い電流と頑丈な溶接用に設計されています。

パフォーマンス特性:

WT40 は、電子電力が最も低く(約 2.6 eV)、アーク開始性能に優れており、超大電流(300-500 A)でも安定したアークを維持します。その焼損率は非常に低く、電極先端は長期間の高温運転中に明らかな損失がほとんどなく、極端な産業シナリオに適しています。WT40 は、非常に熱的に安定しており、機械的に強く、高強度のアーク衝撃に耐えることができます。

ただし、WT40 は放射能のレベルが最も高く、トリウム 232 の放射能濃度は免除基準に近いかわずかに上回っており、製造および使用における放射線防護要件は最も厳しいものです。オペレーターは保護具を完備し、職場には効率的な換気と集塵システムを装備する必要があります。

アプリケーション・シナリオ

WT40 は、主に原子炉圧力容器の溶接、航空宇宙における大型チタン合金構造の接合、重機の製造など、過酷な条件での超厚板溶接や産業用途に使用されています。プラズマ切断では、WT40 は高強度のアークも提供して、切断効率と精度を確保することができます。高負荷シナリオでの耐久性により、特殊な産業用アプリケーションの最初の選択肢となります。

長所と短所:

利点: 最適なアーク安定性、最も低いバーンアウト率、超高電流および極端な条件に適しています。

短所:最も高い放射能、非常に高い防護コスト。高い製造コストと使用コスト。

著作権および法的責任に関する声明

製造および使用上の注意

WT40 の製造には、酸化トリウムのドーピングと分布を制御するための高精度な装置が必要であり、品質を確保するためには高温真空環境で焼結プロセスを行う必要があります。

使用時には、高電流の要求に対応するために、推奨される研削角度は 30°~45°です。研削および溶接プロセス中の放射線安全基準の厳格な遵守と、周囲の放射線レベルの定期的な監視。

2.2 トリウムタングステン電極は、アプリケーションシナリオに応じて分類されます

トリウムタングステン電極のアプリケーションシナリオは、主に直流(DC)溶接と交流(AC)溶接での性能の違いに基づいています。トリウムタングステン電極の電子進化とアーク安定性の仕事は純粋なタングステン電極のそれよりも優れているため、主に DC アノード溶接に使用されますが、特定の AC 溶接シナリオにも応用があります。

2.2.1 DC 溶接用トリウムタングステン電極

DC アノード(DCEN)溶接は、トリウムタングステン電極の最も一般的なアプリケーションシナリオです。DCEN 溶接では、電極を電源の負極に接続し、ワークを正極に接続し、電極からワークに電子が流れるため、集中した安定したアークが得られます。このモードでは、トリウムタングステン電極の低電子脱出作業と優れた熱安定性により、優れた性能を発揮します。

パフォーマンス特性:

DCEN モードでは、トリウムタングステン電極が容易にアーク放電を開始でき、アークが集中し、熱が主にワークピースに集中し、電極の熱負荷が軽減されます。これにより、炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、およびチタン合金を溶接する際に、トリウムタングステン電極に大きな利点をもたらされます。さまざまなタイプのトリウムタングステン電極は、さまざまな電流範囲に適しています。

WT10:薄板や精密溶接用の低電流(50-150A)に適しています。

WT20:中電流から高電流(100-300 A)に適しており、工業用溶接に広く使用されています。

WT30 および WT40:厚板およびヘビーデューティ溶接用の高電流から超高電流(200-500 A)に適しています。

トリウムタングステン電極は、DCEN 溶接での焼損率が低く、特に高電流での電極寿命が長く、先端形状を維持できるため、頻繁な交換の必要性が少なくなります。さらに、その高いアーク安定性、優れた溶接品質、および低スパッタにより、高精度溶接に適しています。

アプリケーション・シナリオ

航空宇宙:航空機の胴体やエンジン部品などのチタンおよびニッケル合金部品の溶接。

原子力産業:圧力容器やパイプの溶接で、高強度で欠陥のない溶接が必要です。

石油化学産業:ステンレス鋼やニッケル基合金などの耐食性材料を使用したパイプや機器

著作権および法的責任に関する声明

の溶接。

自動車製造:高強度鋼やボディ部品やサスペンション部品などのアルミニウム合金の溶接。

注意 事項

DCEN 溶接では、材料の厚さや溶接電流に応じて、適切な電極の種類や研削角度を選択する必要があります。電極の先端は、アーク濃度を維持するために定期的にチェックし、再研磨する必要があります。粉砕には、放射能のリスクを減らすために、専用のグラインダーと集塵装置を使用する必要があります。

2.2.2 AC 溶接用トリウムタングステン電極(スペシャルシーン)

トリウムタングステン電極は主に DCEN 溶接に使用されますが、特にアルミニウムやマグネシウムなどの軽金属を溶接する場合、特定の交流(AC)溶接シナリオにも応用できます。交流溶接では、正極と負極の間で電流が周期的に切り替わり、電極に高い熱負荷がかかります。

パフォーマンス特性:

AC 溶接では、トリウムタングステン電極はランタンタングステン電極またはジルコニウムタングステン電極ほど性能を発揮しませんが、特定のシナリオでは引き続き使用できます。WT20 および WT30 は、酸化トリウム含有量が高いため、AC モードでのアーク安定性は良好ですが、正極サイクル(DCEP)中に電極先端が過熱しやすく、トリウム損失と電極焼損を引き起こします。その結果、トリウムタングステン電極は、先端形状を回復するために頻繁に研削するなど、AC 溶接でより高いメンテナンス頻度を必要とすることがよくあります。

アプリケーション・シナリオ

アルミニウム合金溶接:海洋および航空宇宙製造では、トリウムタングステン電極(通常は WT20)を、特に DC 電源が利用できない場合に、アルミニウムシートの AC-TIG 溶接に使用できます。

マグネシウム合金溶接:自動車および航空宇宙分野では、トリウムタングステン電極を使用して、高いアーク制御を必要とするマグネシウム合金の精密溶接に使用できます。

修理溶接:一部の現場修理シナリオでは、トリウムタングステン電極を軽金属の AC 溶接の一時的な代替品として使用できます。

注意 事項

AC 溶接では、熱負荷に耐えるために大きな電極径(2.4~4.0 mm)を使用することをお勧め

します、研削角度は 30°~45°にする必要があります、過熱を減らすために先端をわずかに丸くすることができます。放射性粉塵の保護には特別な注意を払う必要があります、効率的な換気システムを装備する必要があります。

2.3 トリウムタングステン電極と他のタングステン電極との比較

著作権および法的責任に関する声明

トリウムタングステン電極は、その優れた溶接性能により TIG 溶接において重要な位置を占めていますが、非放射性電極の開発に伴い、純粋なタングステン電極、セリウムタングステン電極、ランタンタングステン電極、ジルコニウムタングステン電極、イットリウムタングステン電極は徐々に代替オプションになっています。以下は、これらの電極とトリウムタングステン電極との詳細な比較です。

2.3.1 純粋なタングステン電極

概要

純粋なタングステン電極 (WP、グリーンコーティングヘッド)は、使用されるタングステン電極の最も初期のタイプである酸化物ドーピングなしで 99.5%以上の純粋なタングステンで作られています。

パフォーマンスの比較

電子進化の電子仕事:純粋なタングステン電極の電子仕事は高く(約 4.5 eV)、アーク放電を開始するのが難しく、より高い電圧が必要です。

アークの安定性:アークの安定性は悪く、特に大電流では、アークがドリフトする傾向があります。

バーンアウト率:バーンアウト率が高く、電極先端が溶けやすく、寿命が短い。

放射能:非放射性で、安全で、トリウムタングステン電極よりも環境に優しい。

適用シナリオ:カソードサイクル中に安定した酸化物層を形成できるため、主にアルミニウムおよびマグネシウム合金の AC 溶接に使用されます。

長所と短所:

利点:非放射性、低コスト、軽金属の AC 溶接に適しています。

短所:アーク始動が困難で、アークの安定性が低く、大電流または DCEN 溶接には適していません。

アプリケーション・シナリオ

純粋なタングステン電極は、主にアルミニウム板溶接などの低要件の AC 溶接に使用されますが、現代の業界では徐々に希土類ドーブ電極に置き換えられています。

2.3.2 セリウムタングステン電極

概要

セリウムタングステン電極 (WC20、灰色コーティングされた先端)は、1.8〜2.2%の酸化セリウム(CeO₂)を含み、トリウムタングステン電極の主要な非放射性代替品です。

パフォーマンスの比較

電子の仕事の結果:約 2.7 eV で、トリウムタングステン電極よりもわずかに高いですが、アークの開始は良好です。

アーク安定性:アーク安定性は WT20 に近く、DCEN および AC 溶接に適しています。

燃焼率:燃焼損失率は純粋なタングステン電極よりも低いですが、WT20 よりわずかに高

著作権および法的責任に関する声明

くなっています。

放射能:非放射性、高い安全性、環境保護要件に沿って。

適用可能なシナリオ:ステンレス鋼、炭素鋼、アルミニウム合金の溶接に広く使用されており、特に放射性に敏感な産業で使用されています。

長所と短所:

利点:非放射性、良好なアーク開始性能、さまざまな溶接シナリオに適しています。

短所:大電流でのバーンアウト率はわずかに高く、耐久性は WT20 ほど良くありません。

アプリケーション・シナリオ

セリウムタングステン電極は、医療機器、食品加工機器、および電子産業の溶接に広く使用されており、放射能リスクがないため、徐々にトリウムタングステン電極に取って代わっています。

2.3.3 ランタンタングステン電極

概要

ランタンタングステン電極 (WL10、WL15、WL20、黒、金、青の被覆ヘッド)は、0.8~2.0%の酸化ランタン(La_2O_3)を含み、別の非放射性代替電極です。

パフォーマンスの比較

進化の電子仕事:約 2.6-2.8 eV、優れたアーク開始性能、トリウムタングステン電極に近い。

アーク安定性:特に大電流および AC 溶接において、優れたアーク安定性。

バーンアウト率:バーンアウト率が低く、電極寿命が長く、WT20 に近いかそれ以上です。

放射能:非放射性、高い安全性と環境保護。

適用可能なシナリオ: DCEN および AC 溶接に適しており、高精度およびヘビーデューティなシナリオで広く使用されています。

長所と短所:

利点:非放射性、強力なアーク安定性、長寿命、さまざまな電流や材料に適しています。

短所:コストがわずかに高く、製造プロセスが厳格です。

アプリケーション・シナリオ

ランタンタングステン電極は、航空宇宙、原子力産業、自動車製造、特に高精度と長寿命が要求されるシナリオで広く使用されています。

2.3.4 ジルコニウムタングステン電極

概要

ジルコニウムタングステン電極 (WZ3、WZ8、茶色と白のコーティングヘッド)は、0.3~0.8%のジルコニア(ZrO_2)を含み、AC 溶接用に設計されています。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8–1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7–2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8–3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8–4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

パフォーマンスの比較

進化の電子作品:高(約 4.0 eV)、平均アーク開始。

アーク安定性:AC 溶接、特にアルミニウムおよびマグネシウム合金溶接で優れた性能を発揮します。

バーンアウト率:バーンアウト率は低く、AC 溶接の正極サイクルに適しています。

放射能:非放射性で、安全で環境にやさしい。

適用可能なシナリオ:軽金属の AC 溶接用に特別に設計されており、大電流 DCEN 溶接には適していません。

長所と短所:

利点:非放射性で、アルミニウムおよびマグネシウム合金の AC 溶接に適しています。

短所:アーク開始性能が悪く、DCEN 溶接には適していません。

アプリケーション・シナリオ

ジルコニウムタングステン電極は、主にアルミニウム合金およびマグネシウム合金の AC-TIG 溶接に使用され、海洋および航空宇宙製造などに使用されます。

2.3.5 イットリウムタングステン電極

概要

イットリウムタングステン電極 (WY20、青色コーティングチップ)は、1.8~2.2%の酸化イットリウム(Y_2O_3)を含み、新しい非放射性電極です。

パフォーマンスの比較

電子仕事の出力:約 2.7 eV、良好なアーク開始性能。

アーク安定性:アーク安定性は、セリウムタングステン電極よりも優れており、ランタンタングステン電極のそれに近いです。

燃え尽き症候群率:燃焼損失率が低く、寿命が長い。

放射能:非放射性で、安全で環境にやさしい。

適用可能なシナリオ:DCEN および AC 溶接、特に高精度のシナリオに適しています。

長所と短所:

利点:非放射性、良好なアーク安定性、長寿命。

短所:コストが高く、市場の人気が低い。

アプリケーション・シナリオ

イットリウムタングステン電極は、航空宇宙産業や電子産業などの高精度溶接に適していますが、産業での応用はまだ完全に普及していません。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD WT20 電極

第3章 トリウムタングステン電極の特性

タングステン不活性ガスシールド溶接(TIG 溶接)およびプラズマ溶接のコア材料として、トリウムタングステン電極は、そのユニークな物理的、化学的、溶接特性および放射性特性により、産業用途で重要な位置を占めています。この章では、物理的特性(高融点、電子進化的働き、電気伝導率、機械的特性など)、化学的特性(耐酸化性、化学的安定性)、溶接特性(アーク開始性能、アーク安定性、バーンアウト率、高負荷挙動)、放射能(酸化トリウムの微量放射能、健康と環境への影響、非放射性電極との比較)について詳しく説明します。包括的な分析を通じて、溶接プロセスにおけるトリウムタングステン電極の利点と限界を明らかにすることを目的としています。

3.1 トリウムタングステン電極の物性

トリウムタングステン電極の物理的特性は、高温、高電流溶接環境での優れた性能の基礎です。これらの特性には、高い融点と熱安定性、低電子逃げ作業、アーク溶接の極端な条件に耐えることができる優れた導電性と機械的特性が含まれます。

3.1.1 トリウムタングステン電極の高い融点と熱安定性

トリウムタングステン電極は、既知の金属の中で最も融点が高い材料の 1 つであるタングステン(W)に基づいており、融点は約 3422°C(6192°F)です。この特性により、トリウムタングステン電極は、アーク溶接の高温環境(アーク温度 6000〜7000°C まで)で構造的完全性を維持し、熔融または大幅な変形を避けることができます。酸化トリウム(ThO_2)(通常は 0.8〜4.2%の範囲)のドーピングにより、電極の熱安定性がさらに向上します。酸化トリウムは融点が高く(約 3300°C)、熱容量が大きいため、アークから発生する熱を効果的に分

著作権および法的責任に関する声明

散させ、電極先端での局所的な過熱を減らすことができます。

実際の溶接では、トリウムタングステン電極の高い融点と熱安定性により、特に大電流 DC アノード(DCEN)溶接における長期連続溶接に適しています。例えば、チタン合金やステンレスなどの融点の高い材料を溶接する場合、電極先端は安定した形状を保ち、焼損やトリウム損失を低減します。純粋なタングステン電極(WP)と比較して、トリウムタングステン電極は高温でより優れた性能を発揮し、先端は熔融ボールや亀裂を形成しにくいいため、耐用年数を延ばすことができます。

また、熱安定性のためには酸化トリウムの均一な分布が不可欠です。製造工程では、粉末冶金技術を使用して、タングステンマトリックス中の酸化トリウム粒子の均一な分散を確保し、局所的な高温による性能低下を回避します。熱安定性は電極の結晶粒構造にも密接に関連しており、高温焼結や焼鈍などの適切な熱処理プロセスにより、結晶粒サイズを最適化し、電極の熱衝撃に対する耐性を向上させることができます。

3.1.2 トリウムタングステン電極(2.63 eV)の電子働き

仕事関数は、電子が材料の表面から逃げるのに必要な最小エネルギーであり、電極のアーク開始性能に直接影響します。トリウムタングステン電極の電子仕事は約 2.63eV であり、これは 4.5eV の純粋なタングステン電極の電子仕事よりも大幅に低くなっています。これは主に酸化トリウムのドーピングによるもので、その低い電子作用劣化はアークによって引き起こされる電圧要件を減少させ、トリウムタングステン電極は低電流で容易にアーク放電を開始することができます。

低電子の働きの物理的メカニズムは、酸化トリウムの熱電子放出能力です。酸化トリウムは、高温(アーク環境)で多数の自由電子を放出することができ、安定した電子の流れを作り出し、アークを開始および維持します。この特徴は、電子が電極からワークピースに流れるため、DC 負極(DCEN)溶接では特に重要であり、エスケープの仕事が小さいため、アーク開始時のエネルギー消費が削減され、溶接効率が向上します。

異なるタイプのトリウムタングステン電極(WT10、WT20、WT30、WT40 など)は、酸化トリウム含有量が異なるため、電子脱出作業がわずかに異なります。WT40(3.8-4.2%ThO₂)は、電子仕事は最も低く(2.6 eV 近く)、アーク開始性能が最も高いため、大電流溶接に適しています。WT10(0.8-1.2%ThO₂)は、電子逃がし仕事はわずかに高いですが、それでも純粋なタングステン電極よりもはるかに優れています。この違いにより、トリウムタングステン電極は、低電流の精密溶接から大電流のヘビーデューティ溶接まで、幅広いシナリオに適合させることができます。

実際のアプリケーションでは、電子の働きが少ないため、電極先端の熱負荷も軽減され、バーンアウト率が低下します。たとえば、航空宇宙産業におけるチタン合金の溶接では、WT20 電極は低電圧でアークを迅速に開始できるため、溶接の均一性と精度が保証されます。ただし、電子の仕事の利点は、適切な電極研削角度(通常は 15°~45°)によって十分に活用する必要があり、鋭い先端は電子の流れをさらに集中させ、アーク開始効率を向上さ

著作権および法的責任に関する声明

せることができます。

3.1.3 トリウムタングステン電極の導電率と機械的特性

トリウムタングステン電極の導電率は、タングステン基板の高い電気伝導率(銅の約 30%)によるものであり、溶接電流を効率的に伝達し、抵抗熱損失を低減することができます。酸化トリウムのドーピングは導電率にほとんど影響を与えませんが、大電流では、酸化トリウム粒子が電子移動効率を向上させるため、トリウムタングステン電極の導電率は純粋なタングステン電極の導電率よりも優れています。導電率の安定性は、特に高周波アーク開始またはパルス溶接において、アークの連続性と一貫性を確保します。

機械的特性の面では、トリウムタングステン電極は高硬度(ピッカース硬度約 400-450HV)と優れた引張強度(約 1000MPa)を有する。これらの特性は、BCC(Body-Centered Cube)結晶構造と高密度(19.25 g/cm³)のタングステンによるものです。酸化トリウムをドーピングすると、粒子を微細化し、マトリックスを強化することにより、電極の耐破壊性と耐摩耗性がさらに向上します。これにより、トリウムタングステン電極は高強度のアーク衝撃下で構造的完全性を維持でき、ヘビーデューティ溶接アプリケーションに適しています。

製造工程では、機械的特性の最適化は、粉末冶金プロセスとその後の熱処理に依存しています。プレスおよび焼結プロセスは、粒径を制御し、内部欠陥を減らします。一方、カレンダー加工と研削加工は、表面品質を向上させ、応力集中点を減らします。実際には、電極の機械的特性はその耐久性に直接影響します。例えば、原子力産業における圧力容器の溶接では、WT30 または WT40 電極は大電流と長い動作期間にさらされ、その高い硬度と耐破壊性が電極の信頼性を確保します。

3.2 トリウムタングステン電極の化学的性質

トリウムタングステン電極の化学的性質は、主に耐酸化性と化学的安定性に反映されており、高温で複雑な環境での電極の性能を決定します。

3.2.1 トリウムタングステン電極の耐酸化性

トリウムタングステン電極は、高温アーク環境(6000-7000°C)で不活性ガス(アルゴンやヘリウムなど)によって保護されており、その耐酸化性は主にタングステンマトリックスの化学的不活性に依存します。タングステンは、室温および高温で酸素に対して非常に反応性が高く、非常に高い温度(>1000°C)でのみ揮発性酸化物(WO₃など)を形成します。酸化トリウム自体が酸素とそれ以上反応しにくい安定した酸化物であるため、酸化トリウムをドーピングすることで電極の耐酸化性がさらに向上します。

TIG 溶接では、不活性ガス保護により酸素が効果的に分離され、電極表面の酸化が防止されます。ただし、電極の研削または保管中に、湿気や酸素にさらされると、表面に微量の酸化物層が形成され、アーク開始性能に影響を与える可能性があります。したがって、製造および保管中は電極の表面がきれいであることを確認する必要があり、多くの場合、真空包装または乾燥した環境で保管されます。

耐酸化性のもう一つの重要な要素は、電極先端の熱安定性です。酸化トリウム粒子は、タ

著作権および法的責任に関する声明

ングステンマトリックスの酸化的揮発を避けるために、高温で安定して存在することができます。純粋なタングステン電極と比較して、トリウムタングステン電極は、大電流溶接における酸化および燃焼損失に対してより耐性があり、それらの耐用年数を延ばします。例えば、ステンレス鋼管の溶接では、WT20 電極は長期間の運転にわたって表面の完全性を維持し、溶接部の酸化汚染を低減することができます。

3.2.2 トリウムタングステン電極の化学的安定性

トリウムタングステン電極の化学的安定性は、酸、アルカリ、熔融金属などの一般的な化学物質に対する耐性に反映されています。タングステンマトリックスは、室温でほとんどの酸塩基溶液(塩酸、硫酸、水酸化ナトリウムなど)に対して非常に高い耐食性を持ち、強い酸化性環境(濃硝酸や高温酸化性雰囲気など)ではわずかな腐食しか発生しません。安定したセラミック材料として、酸化トリウムは電極の化学的安定性をさらに高め、溶接プロセス中に熔融プール内の金属やガスと化学反応を起こしにくくします。

実際の用途では、トリウムタングステン電極の化学的安定性により、溶接部の純度が保証されます。たとえば、チタン合金溶接では、不純物が電極表面に放出されて溶接プールを汚染することはなく、溶接の機械的特性と耐食性が維持されます。さらに、トリウムタングステン電極は、不活性シールドガス(アルゴン、ヘリウムなど)に対して非反応性であり、さまざまな溶接環境での使用に適しています。

ただし、化学的安定性の限界は、電極の研削または高温運転中に放出される可能性のある酸化トリウム粉塵にあります。酸化トリウムは、高温で揮発したり、粉じんとして放出されたりすることがあり、化学的には安定していますが、その放射能には厳しい注意が必要です。製造および使用には、粉塵の拡散を減らすための特別な装置(密閉型グラインダーや換気システムなど)が必要です。

3.3 トリウムタングステン電極の溶接性能

トリウムタングステン電極の溶接性能は、アーク開始性能、アーク安定性、焼損率、および高負荷電流下での性能に具現化されている TIG 溶接およびプラズマ溶接におけるその広範なアプリケーションのコアアドバンテージです。

3.3.1 トリウムタングステン電極のアーク開始性能

アーク開始性能は、電極がアークを開始するのが難しいかどうかを測定するための重要な指標であり、トリウムタングステン電極は、電子エスケープワークが低い(2.63eV)ため、優れたアーク開始性能を備えています。DC 負極(DCEN)溶接では、電子が電極からワークピースに流れ、エスケープの働きが少ないため、アーク開始に必要な電圧(通常は 10~15 V)が低下し、アークを低電流で迅速に開始できます。これは、薄いシートのステンレス鋼や電子部品などの精密溶接では、アーク開始時の熱入力を減らし、材料の過熱を防ぐため、特に重要です。

トリウムタングステン電極の種類が異なれば、アーク開始性能もわずかに異なります。WT40 は、酸化トリウム含有量が最も高く(3.8-4.2%)、アーク開始性能が最高であり、大電

著作権および法的責任に関する声明

流シナリオに適しています。WT10は、低電流精密溶接に適しています。アーク開始性能は、電極の研削角度と表面品質にも影響されます。鋭い研削角度(15°-30°)は、電子の流れを集中させ、アーク始動効率を向上させることができます。表面研磨は、表面の欠陥を減らし、アーク電圧を低減します。

実用化では、トリウムタングステン電極のアーク開始性能は、純粋なタングステン電極のそれよりも大幅に優れています。例えば、航空宇宙分野でのチタン合金の溶接では、WT20電極は低電圧でアークを迅速に開始することができ、溶接開始の品質を確保します。パルス TIG 溶接では、トリウムタングステン電極の急速なアーク開始能力により、溶接効率と精度がさらに向上します。

3.3.2 トリウムタングステン電極のアーク安定性

アーク安定性は、トリウムタングステン電極の主要な利点であり、溶接の品質と溶接効率に直接影響します。トリウムタングステン電極のアーク安定性は、酸化トリウムの熱電子放出能力とタングステンマトリックスの高い導電性によるものです。DCEN 溶接では、アークが集中して連続的であり、変動が小さく、スパッタが少ないため、高精度溶接に適しています。酸化トリウム粒子は、高温で電子の安定した流れを放出し、アークの均一性を維持し、大電流時や長時間運転中でもアークを漂流させたり中断したりしません。

電極の種類が異なれば、アーク安定性も異なります。WT20 および WT30 は、中程度の酸化トリウム含有量(1.7-3.2%)と中電流から高電流(100-400 A)での最高のアーク安定性により、工業用溶接で広く使用されています。WT40 は、超大電流(300-500A)でもアーク安定性を維持し、原子力発電所の圧力容器の溶接などのヘビーデューティアプリケーションに適しています。

アークの安定性は、シールドガスと電極の状態によっても影響を受けます。アルゴン保護は安定したアーク環境を提供し、ヘリウムまたはアルゴン-ヘリウム混合物は高入熱溶接に適しています。電極先端の適切な研削(例:20°〜35°のコーン角度)により、アーク濃度をさらに最適化できます。たとえば、石油化学産業のパイプ溶接では、WT20 電極は安定したアークを提供して、均一な溶接シームと耐食性を確保します。

3.3.3 トリウムタングステン電極の電極焼損率

電極の焼損率は、電極の耐久性を測定するための重要な指標であり、溶接プロセス中の高温、アークショック、または酸化トリウム損失による電極の品質損失を指します。トリウムタングステン電極の燃焼率は、主に酸化トリウムの熱安定性とタングステンマトリックスの高い融点により、純粋なタングステン電極の燃焼速度よりも大幅に低くなっています。酸化トリウムは、高温で安定した電子放出層を形成し、タングステンマトリックスの揮発と融解を減少させます。

さまざまなタイプのトリウムタングステン電極の焼損率は、酸化トリウム含有量の増加とともに減少します。WT10(0.8-1.2%ThO₂)は、低電流でのバーンアウト率が低いですが、大電流ではトリウム損失が発生することがあります。WT40(3.8-4.2%ThO₂)は、焼損率が最も

著作権および法的責任に関する声明

低く、超大電流および長期連続溶接に適しています。例えば、造船における厚板の溶接では、WT40 電極は先端形状をほとんど変化させることなく、大電流で数時間動作することができます。

焼損率は、溶接パラメータと動作条件によっても影響を受けます。適切な電流制御、シールドガス流量(8-15 L/min)、および電極研削角度により、バーンアウト率を大幅に減らすことができます。実際には、電極チップの定期的な検査と再研磨により、トリウム粉塵の放出を減らしながら耐用年数を延ばすことができます。

3.3.4 高負荷電流におけるトリウムタングステン電極の性能

高負荷電流(200-500A)でのトリウムタングステン電極の性能は、重工業における重要な利点です。酸化トリウム含有量が高いため、WT30 および WT40 電極は、高電流と高温のアーカ衝撃に耐えることができ、アーカ安定性と低いバーンアウト率を維持します。この特性により、原子力産業の圧力容器、航空宇宙の大型チタン合金構造、石油化学産業の耐食パイプなど、厚板や高融点の材料の溶接に適しています。

トリウムタングステン電極の熱安定性と機械的強度により、高負荷電流での電極先端の耐久性が保証されます。例えば、原子力発電所の圧力容器溶接では、WT40 電極は 400A での連続運転が可能で、集中した安定したアーカと高い溶接品質を実現しています。さらに、高電流でのトリウムタングステン電極の低電子働きは、アーカ開始とアーカ維持のエネルギー消費を削減し、溶接効率を向上させます。

ただし、高負荷電流では、電極の熱負荷管理に注意を払う必要があります。過度の電流はトリウム損失を引き起こし、加速して微量の放射性粉塵を放出する可能性があります。したがって、電極温度を下げるには、電極の直径が大きい(3.2-6.4 mm)と適切な研削角度(30°-45°)を使用し、効率的な冷却システム(水冷式溶接ガンなど)を使用することをお勧めします。

3.4 トリウムタングステン電極の放射性特性

トリウムタングステン電極は、酸化トリウム(ThO_2)の存在によりわずかに放射性であり、この特性は、その性能上の利点の源泉であり、その用途における主要な制限でもあります。このセクションでは、酸化トリウムの放射性特性、その健康と環境への影響、および非放射性電極との比較を探ります。

3.4.1 酸化トリウムの微量放射能

酸化トリウム中のトリウム 232(Th-232)は、半減期が約 140 億年の天然に存在する放射性元素で、主に α 粒子(4.01-4.08MeV)を放出し、少量の β 粒子と γ 線を伴います。トリウムタングステン電極の放射能レベルは、酸化トリウム含有量に直接関係しており、WT10(0.8-1.2% ThO_2)は最も低い放射能濃度(1Bq / g 近く、免除基準を満たす)を持ち、WT40(3.8-4.2% ThO_2)は最も高い放射能濃度を持ち、免除基準に近いかわずかに上回っています。

通常の使用条件(TIG 溶接など)では、電極の放射能は、 α 粒子の浸透が少ないため、オペレーターへの直接的な放射線の影響が少なくなります(これは数センチメートルの空気ま

著作権および法的責任に関する声明

たは皮膚によってブロックされる可能性があります)。しかし、電極研削中に高温で粉塵や揮発性酸化トリウムが体内に侵入すると、吸入や接触によって体内に侵入し、内部放射線のリスクがあります。γ放射線の線量率は低い(通常<0.1μSv/h)が、長期被ばくが懸念されます。

製造工程では、トリウムタングステン電極の放射能管理が厳しく規制されています。国際規格(ICRP Publication 103 など)および中国規格(GB 18871-2002 など)では、トリウム 232 の免除される活性濃度と保護要件が規定されています。生産工場には、環境放射線レベルを定期的に監視するために、X-γ放射線量率検出器とαおよびβ地表汚染検出器を装備する必要があります。

3.4.2 健康と環境への影響

トリウムタングステン電極の健康への影響は、主に研削および溶接中に放出される放射性粉塵によるものです。吸入によって肺に入るα粒子は、肺がんや組織の損傷など、長期的な健康リスクをもたらす可能性があります。研究によると、トリウム粉塵に慢性的に被曝している労働者は、より高い放射線量(年間約0.1~1ミリシーベルト、公的年間値1ミリシーベルトをはるかに下回る)に直面する可能性があることが示されています。したがって、オペレーターは保護マスクを着用し、特別なグラインダーと効率的な換気装置を使用する必要があります。

環境負荷の面では、トリウムタングステン電極の製造・使用に伴う廃棄物(研削粉塵、廃水、廃電極など)を適切に処理する必要があります。トリウム 232 の放射性廃棄物は、土壌及び水域の汚染を避けるため、「関連放射性鉱山の開発及び利用のための企業環境放射線モニタリング及び情報公開のための措置(試行)」に従って保管及び処分しなければならない。企業は、クローズドコレクションシステムや放射性廃棄物保管庫など、専用の廃棄物処理施設を持つ必要があります。

実際には、ヨーロッパとアメリカの国々は、トリウムタングステン電極の使用を徐々に制限し、健康と環境リスクを減らすために非放射性電極を推進してきました。タングステン電極の主要生産国として、中国は近年、放射線防護対策も強化しており、一部の企業は自動研削装置や閉鎖された生産工場を採用しており、粉塵の排出を大幅に削減しています。

3.4.3 トリウムタングステン電極と非放射性電極との比較

非放射性電極(セリウム - タングステン、ランタン - タングステン、ジルコニウム - タングステンおよびイットリウム - タングステン電極など)は、トリウムタングステン電極の主な代替品であり、それらの主な利点は、放射線のリスクがないことです。詳細な比較は次のとおりです。

セリウムタングステン電極(WC20):1.8-2.2%の酸化セリウムを含み、電子の仕事は約2.7eVで、アーク開始性能とアーク安定性はWT20に近く、燃焼速度はわずかに高く、非放射性であり、医療および食品業界で広く使用されています。

著作権および法的責任に関する声明

ランタンタングステン電極(WL20):1.8-2.0%の酸化ランタンを含み、電子の仕事は約 2.6-2.8 eV で、アークの安定性と寿命はセリウムタングステン電極よりも優れており、高精度で頑丈な溶接に適しています、非放射性。

ジルコニウムタングステン電極(WZ8):0.8%のジルコニアを含み、AC 溶接アルミニウムおよびマグネシウム合金用に特別に設計されており、良好なアーク安定性を備えていますが、アーク開始性能と DCEN 溶接性能は、非放射性のトリウムタングステン電極ほど良くありません。

イットリウムタングステン電極(WY20):1.8-2.2%の酸化イットリウムを含み、性能はランタンタングステン電極のそれに近く、高精度溶接に適していますが、コストが高く、市場の人気は低く、非放射性です。

トリウムタングステン電極の利点は、特に大電流およびヘビーデューティシナリオにおいて、優れたアーク開始性能、アーク安定性、および低いバーンアウト率です。しかし、その放射能の問題は、環境と健康の要件が高い業界で徐々に置き換えられています。例えば、ヨーロッパでは、ランタンタングステン電極が主流としてトリウムタングステン電極に取って代わりましたが、中国では、トリウムタングステン電極は、そのコスト優位性と優れた性能により、重工業で依然として広く使用されています。

3.5 CTIA グループ株式会社のトリウムタングステン電極 MSDS

トリウム-タングステン電極の製品安全データシート(MSDS)

1. 化学同定

化学名:トリウム - タングステン電極

一般名:トリウム - タングステンロッド、トリウム - タングステン溶接電極

CAS 番号:

タングステン(W):7440-33-7

二酸化トリウム(ThO_2):1314-20-1

2. 成分の組成・情報

タングステン(W):95.8-99.2%

二酸化トリウム(ThO_2):0.8-4.2%

不純物(Fe、Ni、O、C 等):<0.05%

3. 危険性の概要

ハザードカテゴリー:低比放射能放射性物質(LSA-I)、低放射性リスク。ほこりは刺激を引き起こす可能性があります。

火災および爆発の危険性:不燃性で、爆発の危険性はありません。

健康被害:

吸入:粉碎または加工中に発生する粉塵は、気道を刺激する可能性があります。長期の低線量曝露は、肺の健康リスクを高める可能性があります。

皮膚に付着した場合:軽度の刺激を引き起こす可能性があります。

アイコンタクト:ほこりは目の不快感や炎症を引き起こす可能性があります。

著作権および法的責任に関する声明

摂取:誤って摂取すると、胃腸の不快感を引き起こす可能性があり、すぐに医師の診察が必要になります。

環境負荷:トリウム含有廃棄物の不適切な処理は、土壌や水を汚染し、放射性廃棄物として管理する必要があります。

規制基準:GB 18871-2002、ICRP Publication 103、IAEA SSR-6。

4. 応急処置

スキンコンタクト:

汚染された衣類はすぐに脱ぎ、石鹼と大量の水で少なくとも 15 分間皮膚をすすいでください。

刺激や不快感が続く場合は、医師の診察を受けてください。

アイコンタクト:

まぶたを持ち上げ、流水または生理食塩水で少なくとも 15 分間洗い流します。

不快感が続く場合は、医師の診察を受けてください。

吸入:

影響を受けた人をすぐに新鮮な空気に移し、透明な気道を確保します。

呼吸が困難な場合は酸素を投与します。呼吸が止まったら人工呼吸をします。

直ちに医師の診察を受け、トリウム粉塵への曝露の可能性について医療関係者に知らせてください。

摂取:

嘔吐を誘発するために、温かい水をたくさん飲んでください(患者が意識がある場合)。

直ちに医師の診察を受け、この MSDS を医療従事者に提供してください。

注:応急処置要員は、二次暴露を避けるために保護具(防塵マスク、手袋など)を着用する必要があります。

5. 消火対策

危険特性:不燃性で、爆発の危険性はありません。

消火方法:適用されません。近くで火災が発生した場合は、乾燥粉末、泡、または炭酸ガス消火器を使用してください。

消火活動の注意事項:

消防士は防護服と陽圧マスクを着用する必要があります。

環境汚染の原因となる火災によるトリウム含有粉じんの拡散を防ぎます。

6. 偶発的な放出措置

ゲームアクション:

流出エリアを隔離し、理由を制限する:許可されていない人員へのアクセスを制限し、「放射性物質」警告サインを表示します。

救急隊員は、防護服、防塵マスク、手袋を着用し、こぼれた電極やほこりを密閉容器に集

著作権および法的責任に関する声明

めるためにウェットクリーニング方法を使用する必要があります。

X-γ 放射線量率検出器(AT1123 など)と α β 表面汚染検出器(XH-3206 など)を使用して、流出領域を評価します。線量率が 0.1μSv/h を超える場合、または表面汚染が 0.4Bq/cm² を超える場合は、原子力安全管理委員会に報告してください。

廃棄物処理:

流出物は低比放射能放射性廃棄物(LSA-I)として処理し、専用の密閉容器に保管し、放射能濃度>1Bq/g の廃棄物(セメントマトリックスと混合するなど)を固化して専門の処分施設に移します。

汚染された地域を水できれいにします。排水活動量は、排出前に<0.1 Bq/L でなければなりません。

報告:流出を 24 時間以内に地元の環境当局および原子力安全当局に報告し、詳細と処分措置を提供します。

7. 取り扱いと保管

取り扱い上の注意:

保護対策:職員は防護服、防塵マスク、手袋を着用する必要があります。作業エリアには、局所排気フード(風速 0.5~1 m/s)と HEPA フィルター(捕捉効率>99.9%)を装備する必要があります。

研削要件:トリウム粉塵の飛散を防ぐために、負圧集塵システムを備えた専用の研削盤を使用してください。

環境モニタリング:GB 18871-2002 に準拠して、作業エリア内の X-γ 線量率(<0.05μSv/h)および α β 表面汚染(<0.4Bq/cm²)を定期的に測定します。

トレーニング:オペレーターは、トリウム 232 の健康リスクを理解するために、放射線安全トレーニングを受ける必要があります。

保管上の注意:

乾燥した(湿度<60%)、換気の良い 10~30°C の専用倉庫に保管してください。

放射性警告ラベルが貼られた密閉されたステンレス鋼またはプラスチックの容器を使用してください。

異なる電極モデルを別々に保管します。廃棄された電極は、専用の放射性廃棄物容器に保管してください。

保管場所の放射線量を定期的にチェックし、少なくとも 5 年間は記録を保管してください。

8. 曝露制御/個人保護

職業曝露限界:

公共:年間実効線量<1mSv(ICRP 103)。

職業:年間実効線量<20 mSv、5 年間平均<4 mSv(GB 18871-2002)。

環境限界:作業エリアの線量率<0.05μSv/h、表面汚染<0.4Bq/cm²。

著作権および法的責任に関する声明

エンジニアリングコントロール:

生産および使用エリアには、密閉されたフード、HEPA フィルター、および陰圧換気システムが必要です。

研削装置は、>99.9%の捕捉効率で集塵システムに接続する必要があります。

個人用保護具:

呼吸保護具:トリウム粉塵の吸入を防ぐために、KN95 または FFP2 防塵マスクを着用してください。

目の保護:安全ゴーグルを使用して、ほこりが目に入るのを防ぎます。

皮膚の保護:皮膚に触れないように、長袖の保護服と手袋を着用してください。

モニタリング:オペレーターは、毎年の健康診断と線量記録を備えた個人用線量計を着用する必要があります。

衛生対策:

取り扱い後は石鹸で手を洗ってください。作業エリアでの飲食や喫煙を禁止します。

作業服は普段着とは別に保管し、定期的に洗濯してください。

9. 物理的および化学的性質

外観と特性:色分けされた端部(WT10 イエロー、WT20 レッド、WT30 パープル、WT40 オレンジイエロー)を備えたシルバーグレーの金属棒。

融点:3422°C(タングステンマトリックス)。

密度:18.5-19.0 g/cm³(理論密度の 95-98%)。

硬度:350-450 HV。

溶解性:水に不溶、強酸(硝酸-フッ化水素酸混合物など)に可溶。

放射能:トリウム 232 を含み、 α 粒子(4.01-4.08 MeV)と軽微な β 、 γ 光線を放出し、放射能濃度は 1-4 Bq/g です。

10. 安定性と反応性

安定性:室温で安定しています。高温(>2000°C)で微量の二酸化トリウム粒子を放出する可能性があります。

反応性:強酸(硝酸、フッ化水素酸など)と反応してトリウム化合物を形成します。強い酸化剤と軽度の反応を引き起こす可能性があります。

互換性のない材料:酸性物質や可燃物との接触を避けてください。

11. 毒物学的情報

急性毒性:重大な急性毒性はありません。LD50 データは使用できません。

慢性毒性:トリウム粉塵の長期吸入は、肺の健康リスクを増加させる可能性があります(年間実効線量<1 mSv は安全です)。

発がん性:トリウム-232 は、IARC によってグループ 1 の発がん性物質として分類されています。低線量への長期被ばくは肺がんのリスクを高める可能性があり、厳格な保護が必要です。

生殖毒性:生殖毒性の明確な証拠はありません。

対象臓器:呼吸器系、皮膚、目。

著作権および法的責任に関する声明

12. エコロジー情報

環境への影響:トリウム含有廃棄物の不適切な処理は、土壌や水を汚染し、生態系に影響を与える可能性があります。

生物蓄積性:トリウム化合物は水を介して食物連鎖に入る可能性があります、厳格な排出制御が必要です(廃水活性<0.1 Bq/L)。

廃棄要件:「関連放射性鉍物利用事業者の環境放射線モニタリング及び情報開示に関する措置(試行)」に準じて取り扱ってください。

13. 廃棄に関する考慮事項

廃棄物の分類:廃棄されたトリウム-タングステン電極と粉塵は、低比放射能放射性廃棄物(LSA-I)です。

廃棄方法:

「放射性廃棄物」と書かれた専用の密封容器に回収してください。

放射能濃度>1 Bq/g の廃棄物は、セメントマトリックスと混合するなどして固化し、専門の処分施設(中国核工業集团公司など)に送る必要があります。

放射能濃度が<1Bq/g の廃棄物は、原子力安全当局の承認を得て、普通廃棄物として処理することができます。

排出制御:廃水は、沈降とイオン交換によって処理する必要があり、排出前に活性<0.1 Bq/L です。

レコード:ドキュメントのバッチ、数量、活動の集中度、および廃棄日、少なくとも5年間アーカイブ。

14. 交通情報

輸送分類:IAEA SSR-6 および GB 11806-2004 に準拠した低比放射能放射性物質(LSA-I)。

パッケージング要件:

放射性警告ラベルが貼られたタイプ A のパッケージ(ステンレス鋼または高強度プラスチックの箱、厚さ>2 mm)を使用してください。

パッケージ表面線量率<0.1μSv/h、表面汚染<0.4Bq/cm²。

輸送上の注意事項:

専用のトラックまたは耐衝撃器具と放射線検出器(RadEye PRD など)を備えた貨物倉を使用してください。

輸送要員は、放射線安全訓練を受け、個人用線量計を着用する必要があります。

輸送ルートは、原子力安全当局への事前の申告により、人口密集地域を避けるべきである。

国際輸送:IATA または IMDG の規制に準拠した英語の放射性物質輸送証明書を提供します。

15. 規制情報

国際規制:

ICRP Publication 103 (2007): [公共年間実効線量 <1 mSv、職業被ばく<20 mSv]

IAEA SSR-6(2018):放射性物質輸送包装の要件と制限。

著作権および法的責任に関する声明

EU 2013/59/Euratom:生産および使用環境線量率<0.1μSv/h、表面汚染<0.4Bq/cm²。

国内規制:

GB 18871-2002:電離放射線に対する防護の基本基準、環境線量率<0.05μSv/h、廃棄物活動<1Bq/g。

GB/T 4187-2017:不活性ガスシールドアーク溶接およびプラズマ溶接用のタングステン電極、組成と性能を指定。

関連放射性鉍物利用事業者の環境放射線モニタリング及び情報公開対策(試行):毎年の放射線モニタリング報告と公開を義務付けています。

コンプライアンス:

米国原子力安全局(NHA)に登録し、放射性物質の取り扱い許可を取得してください。

ISO14001(環境マネジメント)、ISO45001(労働安全衛生)の認証取得

16. サプライヤー情報

サプライヤー:CTIA GROUP LTD

電話番号:0592-5129696/5129595



CTIA GROUP LTD WT20 電極

著作権および法的責任に関する声明

第4章 トリウムタングステン電極の製造と製造技術

トリウムタングステン電極の調製は、高純度原料の選択、精密粉末冶金技術、成形加工、厳格な品質管理と放射線防護対策を含む複雑なプロセスです。製造プロセスは、アーク安定性、バーンアウト率、耐用年数など、電極の性能を直接決定します。この章では、トリウムタングステン電極の調製と製造技術について、原材料の準備、粉末冶金プロセス、圧延および研削プロセス、品質管理、および放射能汚染の防止と管理について詳しく説明します。

4.1 トリウムタングステン電極の原料調製

トリウムタングステン電極の性能は、原材料の品質と純度に大きく依存します。タングステン粉末および酸化トリウム(ThO_2)は、トリウムタングステン電極の調製のための主要な原料であり、それらの選択、精製およびドーピングプロセスは、電極の化学組成、微細構造および最終特性にとって重要である。

4.1.1 タングステン粉末の選択と精製

タングステン粉末は、トリウムタングステン電極の主成分であり、電極質量の 95.8%~99.2%を占めています。タングステンは、高融点(3422°C)と高密度($19.25\text{g}/\text{cm}^3$)の高融点金属であり、その粉末形態は、その後の粉末冶金プロセスの成形性と電極の性能に直接影響します。

タングステン粉末の選択

タングステン粉末の選択は、粒子サイズ、純度および形態を考慮する必要があります。業界で一般的に使用されるタングステン粉末は $1\sim 10\mu\text{m}$ の範囲であり、微小すぎる粉末 ($<1\mu\text{m}$)は焼結中に過度の収縮を引き起こす可能性があり、粗すぎる粉末 ($>10\mu\text{m}$)は電極の密度と均一性を低下させる可能性があります。通常、プレスおよび焼結中の粉末の良好な流動性を確保するためには、均一な粒度分布が必要です。

純度は、タングステン粉末の選択のための重要な指標です。タングステン粉末の純度は、電極の導電率と溶接性能に対する不純物(鉄、ニッケル、酸素、炭素など)の影響を減らすために 99.95%以上に達する必要があります。不純物のレベルが高くと、アークが不安定になったり、電極の焼損が増加したりする可能性があります。例えば、酸素濃度が 0.02%を超えると、高温で揮発性酸化物(WO_3)が形成され、電極の寿命が短くなる可能性があります。

タングステン粉末の形態も考慮する必要があります。ほぼ球形または多面体形態のタングステン粉末は、通常、その高い嵩密度と流動性のために選択され、プレス成形の均一性を助長します。化学蒸着(CVD)または水素還元は、粉末の品質が国際基準(e.g. ISO 6848:2015)を満たすことを保証するために、高純度のタングステン粉末を調製するために製造で一般的に使用されます。

著作権および法的責任に関する声明

タングステン粉末の精製

タングステン粉末の精製プロセスは、原料から不純物を除去し、純度と性能を向上させるように設計されています。一般的な精製方法には、以下のようなものがあります。

水素還元法:タングステン酸(H_2WO_4)または酸化タングステン(WO_3)は、高温($800-1000^{\circ}C$)水素雰囲気下でタングステン金属粉末に還元されます。この方法は、高純度のタングステン粉末を得るために効果的に酸素といくつかの揮発性不純物を除去することができます。酸洗いプロセス:希薄な塩酸または硝酸溶液を使用してタングステン粉末を洗浄し、表面に吸着した鉄やニッケルなどの金属不純物を除去します。酸洗い後、酸の残留物を避けるために脱イオン水で繰り返しすすいでください。

高温真空処理:タングステン粉末は、真空環境(10^0Pa)で高温($1200-1500^{\circ}C$)で処理され、残留酸素と炭素をさらに除去して 99.99%の純度を確保します。

精製されたタングステン粉末は、粒度分布が要件を満たしていることを確認するために、(通常は振動スクリーンまたは気流分級機によって)粒子サイズふるいにかけられます。スクリーニング後、タングステン粉末は、酸化や吸湿を防ぐために、乾燥、真空、または不活性ガス環境に保管する必要があります。

4.1.2 酸化トリウムドーピングプロセス

酸化トリウム(ThO_2)は、トリウムタングステン電極の主要なドーパントであり、その含有量(0.8~4.2%)は、電極の電子仕事とアーク安定性に直接影響します。酸化トリウムドーピングプロセスは、放射能リスクを制御しながら、タングステンマトリックス中の均一な分布を確保する必要があります。

酸化トリウムの選択

酸化トリウム粉末は、高純度(>99.9%)で適切な粒子サイズ($0.5\sim 2\mu m$)である必要があります。細かすぎる酸化トリウム粒子は、焼結プロセス中に凝集し、分布が不均一になる可能性があります。粒子が粗すぎると、電極の機械的強度が低下する可能性があります。酸化トリウムは通常、トリウム塩(硝酸トリウムなど)の熱分解または沈殿によって調製され、不純物(ウラン、鉄など)の含有量は、電極の性能に影響を与えないように厳密に制御する必要があります。

酸化トリウム(トリウム 232、半減期 140 億年)の微量放射能のため、その調達および保管は、放射性物質の管理に関する規制(GB 18871-2002 など)に準拠する必要があります。供給者は、放射能濃度が免除基準($1Bq/g$)を下回っていることを確認するために、放射能試験報告書を提出する必要があります。

ドーピングプロセス

酸化トリウムドーピングプロセスは通常、混合段階で行われ、主な方法は次のとおりです。

ドライミキシング:タングステン粉末と酸化トリウム粉末を高速ミキサー(V型ミキサーや

著作権および法的責任に関する声明

三次元ミキサーなどで混合し、混合時間は通常4〜8時間です。混合プロセス中に少量の有機バインダー(ポリビニルアルコール、PVA など)を添加して、粉末の流動性を改善し、酸化トリウム粒子の凝集を回避する必要があります。

湿式混合: タングステン粉末と酸化トリウム粉末を脱イオン水またはエタノールに分散させ、ボールミル(通常はジルコニアボールを使用)で湿式混合します。湿式混合により均質性は向上しますが、溶剤の除去にはその後の乾燥(100〜150°C、真空または不活性雰囲気)が必要です。

化学的共沈法: 硝酸トリウムをタングステン酸溶液に添加し、共沈によりタングステントリウム錯体を形成し、次いでドーピング粉末を高温還元により調製する。この方法は原子レベルで均一なドーピングを実現できますが、高価であり、ハイエンドの電極製造でよく使用されます。

ドーピングプロセスでは酸化トリウムの含有量を厳密に管理し、WT10(0.8-1.2%)、WT20(1.7-2.2%)、WT30(2.8-3.2%)、WT40(3.8-4.2%)の割合を正確に計量する必要があります(精度±0.01%)。混合粉末は、蛍光 X 線分光法(XRF)または誘導結合プラズマ分光法(ICP)によって検出され、均一性を確保します。

放射線防護

酸化トリウムドーピングの過程では、厳格な放射線防護措置が必要です。オペレーターは防護服とマスクを着用する必要があります。混合装置には粉塵の拡散を防ぐために気密カバーと換気システムを装備する必要があります。混合粉末は、放射性警告ラベル付きの密閉容器に保管する必要があります。

4.2 トリウムタングステン電極の粉末冶金プロセス

粉末冶金は、タングステン粉末と酸化トリウム粉末を混合、プレス、焼結、熱処理を通じて高性能電極棒に変換するトリウムタングステン電極調製の中核プロセスです。このプロセスでは、電極の密度、粒度構造、および性能を一定に保つために、各段階でパラメータを正確に制御する必要があります。

4.2.1 ミキシングとプレス

混交

コンパウンドは粉末冶金の最初のステップであり、タングステン粉末と酸化トリウムの均一な分布を確保するように設計されています。混合装置は通常、高速ミキサーまたはボールミルであり、混合時間と速度は粉末の粒子サイズと比率に応じて調整する必要があります。例えば、WT20 電極(1.7-2.2%ThO₂)は、酸化トリウム粒子の凝集を避けるために、200-300rpm で 6-8 時間混合する必要があります。

混合プロセス中に少量のバインダー(PVA またはポリエチレングリコール、PEG、0.5〜1%の質量比)を添加して、粉末の流れを改善します。混合が完了した後、粉末の粒度分布をレーザー粒度分析装置でチェックし、D50(粒子サイズの中央値)が 2〜5μm の範囲にある

[著作権および法的責任に関する声明](#)

ことを確認します。

抑える

プレスプロセスは、通常、冷間静水圧プレス(CIP)または圧縮によって、混合粉末をブランクに形成します。冷間静水圧プレスが主流の方法であり、粉末を高压(100~200 MPa)でロッドまたはプレートピレットにプレスします。プレス加工では、一次ブランクの密度が均一(理論密度の約 60~70%)になるように、圧力と保持時間(1~3 分)を制御する必要があります。

プレス装置には、高压に耐え、寸法精度を確保するために、通常は超硬またはステンレス鋼で作られた精密金型が装備されています。ブランクの直径と長さは、最終的な電極仕様(1.6 mm、2.4 mm、3.2 mm など)に基づいています。プレス後、ブランクは亀裂や欠陥を取り除くために予備検査(目視検査や密度テストなど)を受けます。

4.2.2 焼結プロセス

焼結は粉末冶金の重要なステップであり、一次ブランクが緻密化され、高温処理によって安定した微細構造が形成されます。トリウムタングステン電極の焼結は、通常、酸化を防ぐために水素または真空雰囲気下で行われます。

焼結装置と条件

焼結炉は通常、動作温度範囲が 2000~2800°C の高温抵抗炉または誘導炉です。焼結プロセスは、次の 3 つの段階に分かれています。

低温予備焼結(800-1200°C): バインダーと揮発性不純物を除去し、一次ブランクの収縮は約 5~10% です。

高温焼結(2200-2800°C): タングステン粒子が拡散して結合し、酸化トリウム粒子がタングステンマトリックス中に均一に分布し、ブランクの密度は理論密度の 95~98% に達します。

断熱と冷却(1800-1000°C): 保持時間(2~4 時間)と冷却速度(10~20°C / min)を制御することにより、結晶粒構造が最適化され、内部応力が軽減されます。

焼結雰囲気は厳密に制御する必要があります。酸素や窒素の汚染を避けるために、水素の純度を 99.999% > する必要があります。真空焼結(10⁻⁴Pa)は、不純物含有量をさらに低減し、ハイエンド電極製造に適しています。

微細構造制御

焼結プロセスでは、タングステンマトリックス中の酸化トリウム粒子の分布と粒径が重要

著作権および法的責任に関する声明

です。適切な焼結温度と時間により、酸化トリウム粒子(粒子サイズ 0.5~2 μm)が均一に分布し、凝集や偏析を回避できます。タングステンマトリックスの粒径は通常 10~50 μm に制御され、大きすぎる粒子は機械的強度を低下させる可能性があり、小さすぎる粒子は電気伝導率に影響を与える可能性があります。

焼結ブランクは、冶金顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)によって分析され、亀裂、細孔、または酸化トリウムの偏析がないことを確認します。密度試験(アルキメデス)では、ブランクの密度が 18.5~19.0 g/cm³であることが確認されています。

4.2.3 熱処理と穀物制御

熱処理は、電極の結晶粒構造、機械的特性、および溶接特性を最適化するための焼結後の重要なステップです。熱処理は通常、アニーリングとグレインコントロールの2つの段階で構成されています。

アニール

アニーリングは、水素または真空雰囲気中で 1200~1600°C の温度および 1~2 時間の保持時間で行われる。アニーリングは、焼結プロセス中に発生する内部応力を緩和し、電極の延性と耐破壊性を向上させます。アニール後、電極の硬度はわずかに低下しますが(約 350-400HV)、靱性は大幅に向上するため、その後のカレンダー加工に適しています。

穀物制御

グレインコントロールは、精密な熱処理プロセスを通じてタングステンマトリックスの粒径を調整します。粒子が小さい(10-20 μm)と電極の機械的強度が向上し、大電流溶接に適しています。より大きな粒子(30-50 μm)は、導電率とアーク安定性に有益です。粒度制御は以下に依存します。

焼結温度:高温(>2600°C)は穀物の成長を促進し、低温(<2200°C)は穀物の成長を阻害します。ドーピング効果:酸化トリウム粒子は、粒界を釘付けにし、粒の過剰成長を抑制し、均一な微細構造を確保することができます。

冷却速度:急速冷却(20-30°C/min)は細粒を固定し、低速冷却(5-10°C/min)は粒径が大きくなります。

熱処理後、ブランクの粒状構造は X 線回折(XRD)および金属組織分析によって検証され、WT10、WT20、WT30、または WT40 の性能要件を満たしていることを確認します。

4.3 トリウムタングステン電極の圧延および研削プロセス

カレンダー加工および研削加工では、焼結ブランクを仕様の電極ロッドに加工し、寸法精度、表面品質、および一貫した性能を確保します。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8 - 1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7 - 2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8 - 3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8 - 4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

4.3.1 電極棒の成形

カレンダー加工は、電極ロッド成形の主なプロセスであり、焼結ブランクをマルチパスホットまたはコールドカレンダー加工によって所望の直径(0.5~10mm)に加工します。ホットカレンダーは通常、1400~1800°Cで行われ、マルチロールカレンダーを使用してブランクの直径を徐々に小さくします。変形量は、亀裂や内部応力の集中を避けるために、カレンダー加工ごとに10~20%に制御されます。

カレンダー加工のプロセス

設備:精密金型と加熱システムを装備したマルチロールカレンダーまたはロータリー鍛造機。

プロセスパラメータ:温度 1400-1800°C、カレンダー速度 0.5-2 m/min、変形 10-20%/パス。

雰囲気制御:酸化を防ぐための水素または真空雰囲気。

カレンダー加工後、電極ロッドを(ストレートナーを使用して)まっすぐにし、予備寸法検査を行います。直径の公差は通常、 ± 0.05 mmで制御され、長さの公差は ± 1 mmです。最終用途に適した直径(WT20、WT40など)に応じて、低電流溶接の場合は1.6mm、大電流溶接の場合は4.8mmなど、さまざまなタイプの電極を選択する必要があります。

切断と前処理

カレンダー加工された長いバーは、ダイヤモンドまたはレーザーカッターを使用して標準の長さ(150 mmや175 mmなど)にカットされ、フラットカットが保証されます。切断後、電極ロッドは予備研削を行い、表面の酸化膜とバリを除去し、その後の研削工程に備えます。

4.3.2 表面研磨と精密制御

表面研磨は、トリウムタングステン電極の調製の最終ステップであり、表面品質と寸法精度を向上させ、溶接におけるアークドリフトとバーンアウトを低減するように設計されています。

研削と琢磨

粗研削:ダイヤモンド砥石(グリットサイズ 80-120 メッシュ)を使用して表面欠陥を除去し、表面粗さはRa1.6-3.2 μ mに達します。

微粉碎:細粒砥石(200-400 メッシュ)を使用して、Ra0.8-1.6 μ mの粗さで表面をさらに滑らかにします。

研磨:研磨ペーストと高速回転クロスホイールを使用して、表面粗さをRa0.2~0.4 μ mに減らし、鏡面効果を確保します。

研磨工程では、温度を下げ、タングステンマトリックスと酸化トリウムへの熱損傷を防ぐための水冷システムを備えた特別な研削装置が使用されます。研削粉塵は、放射能汚染を

著作権および法的責任に関する声明

防ぐために、エンクロージャーと高効率ろ過システムを通じて収集されます。

精密制御

直径精度:直径は、公差 $\pm 0.02\text{mm}$ のレーザーキャリパーで検出されます。

真直度:光学プロジェクターまたはレーザースキャナーによって検出され、真直度の偏差 $< 0.1\text{ mm/m}$ であることを確認します。

表面品質:表面は顕微鏡で検査されますが、亀裂、引っかき傷、酸化物の残留物はありません。

研磨後、電極は最終洗浄(超音波または化学薬品)を受けて表面の油やほこりを取り除き、続いて酸化を防ぐために真空包装を行います。

4.4 トリウムタングステン電極の品質管理

品質管理は、トリウムタングステン電極調製のすべてのステップを通じて実行され、組成の均一性、寸法精度、および表面品質をカバーして、電極が国際規格(e.g. ISO 6848:2015)と顧客の要件を満たしていることを確認します。

4.4.1 成分の均一性試験

組成物の均質性は、電極の溶接性能と一貫性に直接影響します。アッセイには以下が含まれます。

蛍光 X 線分光法(XRF):タングステンと酸化トリウムを $\pm 0.01\%$ の精度で非破壊で検出します。例えば、WT20 電極は、酸化トリウム含有量が 1.7~2.2%の範囲にあることを確認する必要があります。

誘導結合プラズマ分光法(ICP-OES):不純物元素(Fe、Ni、O、C など)の高精度分析により、総不純物含有量は $< 0.05\%$ です。

走査型電子顕微鏡(SEM-EDS):酸化トリウム粒子の分布と粒子サイズを分析して、凝集や偏析がないことを確認します。

テストの頻度は通常、バッチごとに 10~20%のサンプリングであり、認定されていないバッチは再混合または焼結する必要があります。

4.4.2 寸法および表面品質検査

寸法および表面品質検査により、電極の幾何学的精度と溶接性能が保証されます。アッセイには以下が含まれます。

寸法検査:直径と長さはレーザーキャリパーとマイクロメーターを使用して測定され、公差は規格(GB/T 4187-2017 など)を満たしています。

真直度検出:レーザースキャナーまたは光学プロジェクターで測定し、 $< 0.1\text{ mm/m}$ の偏差を確保します。

表面品質検査:光顕微鏡または表面粗さ計で、粗さ $Ra < 0.4\mu\text{m}$ で、亀裂、引っかき傷、酸化

著作権および法的責任に関する声明

物がない表面を検査します。

不適合な電極は、再加工(再研磨または研磨)または廃棄する必要があるため、検査記録は品質問題を追跡するためにアーカイブされます。

4.5 トリウムタングステン電極の放射能汚染の防止と管理

酸化トリウム(トリウム-232)の微量の放射能は、トリウムタングステン電極の製造における主要な課題であり、健康と環境リスクを減らすために厳格な廃棄物管理、保護措置、および廃棄物処理が必要です。

4.5.1 生産過程における放射性廃棄物管理

製造過程で発生する放射性廃棄物には、粉じん、廃棄物、廃水などがあります。管理措置には、次のものが含まれます。

集塵:混合、研削、研磨装置には、封じ込めフードと、捕捉率>99.9%の高効率ろ過システム(HEPA フィルターなど)が必要です。

廃棄物の分類:焼結と切断による廃棄物は別々に収集され、放射性警告のマークが付いた密閉容器に保管されます。

廃棄物モニタリング:X-γ 放射線量率検出器(AT1123)と α・β 表面汚染検出器(XH-3206)を用いて、廃棄物の活動が免除基準(1Bq/g)を下回っていることを確認し、定期的にモニタリングしています。

廃棄物は、「関連放射性地雷の開発及び利用のための企業の環境放射線モニタリング及び情報公開のための措置(試験実施用)」に従って登録及び報告しなければならない。

4.5.2 保護対策と機器の要件

防護対策は、オペレーターと環境を放射線の危険から保護するように設計されています。

个人防护:オペレーターは、防護服、防塵マスク、手袋を着用し、定期的な放射線量モニタリング(実効線量<年間 1mSv)を受ける必要があります。

機器の要件:ミキサー、焼結炉、粉碎装置には、密閉型フードと換気システムを装備し、排気ガスの排出物は活性炭フィルターで処理する必要があります。

作業環境:X-γ 線量率(<0.1μSv/h)を監視し、表面汚染をリアルタイムで α および β するために、放射線モニターを生産工場に設置する必要があります。

4.5.3 廃水および固形廃棄物の処理

廃水処理:混合と洗浄によって生成される廃水は、トリウム化合物を除去するために沈降、ろ過、イオン交換によって処理する必要があります。排出前の廃水活動は 0.1 Bq/L 未満である必要があります。

固形廃棄物処理:粉塵や廃棄物は固化(セメントマトリックスと混合するなど)し、専用の放射性廃棄物貯蔵庫に保管する必要があります。これは、定期的に専門機関に引き渡されて処分されます。

著作権および法的責任に関する声明

文書化と監督:廃棄物処理は、活動、重量、および処分方法を記録する環境保護当局による定期的な検査の対象となります。



CTIA GROUP LTD WT20 電極

第5章 トリウムタングステン電極の使用

その優れた物理的、化学的および溶接特性により、トリウムタングステン電極は、特にタングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、プラズマ溶接、その他の特別な産業シナリオにおいて、工業分野で幅広い用途があります。トリウムタングステン電極の低電子逃げ作業、高いアーク安定性、および低いバーンアウト率により、高精度および高負荷溶接に最適な材料となっています。しかし、酸化トリウム(ThO_2)によってもたらされる微量の放射能のため、適用シナリオは限られており、非放射性電極の開発と代替が促進されています。この章では、溶接の分野におけるトリウムタングステン電極の応用、その他の産業用途、およびそれらの応用シナリオの制限について詳しく説明します。

5.1 溶接分野におけるトリウムタングステン電極の応用

溶接分野におけるトリウムタングステン電極の応用は、主にタングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、プラズマ溶接および直流負極(DCEN)溶接プロセスに集中しています。その優れたアーク開始性能とアーク安定性により、高融点や高融点金属の溶接に理想的な選択肢となり、航空宇宙、原子力産業、石油化学、自動車製造、造船業界で広く使用されています。

5.1.1 タングステン不活性ガス溶接

タングステン不活性ガス溶接(TIG)は、タングステン電極を使用して不活性ガス(アルゴンやヘリウムなど)の保護下でアークを生成する溶接方法であり、その高精度と高品質の溶接により、さまざまな産業シナリオで広く使用されています。トリウムタングステン電極は、特に直流陽極(DCEN)および特定の交流(AC)溶接プロセスにおいて、TIG 溶接を支配

著作権および法的責任に関する声明

します。

パフォーマンス上の利点

トリウムタングステン電極の電子働きの小さい(約 2.63eV)ため、低電圧でのアーク放電が容易になり、アーク開始時の熱入力が増加するため、精密溶接に適しています。その高いアーク安定性により、広い電流範囲(50-500A)にわたって集中的かつ連続的なアークを維持でき、スパッタや溶接欠陥を低減します。さらに、トリウムタングステン電極の燃焼率が低いこと、耐用年数が延び、製造コストが削減されます。さまざまなタイプのトリウムタングステン電極(WT10、WT20、WT30、WT40 など)は、電流および材料の要件に応じて選択できます。

WT10(0.8-1.2%ThO₂):薄板ステンレス鋼や銅合金などの低電流(50-150A)精密溶接に適しています。

WT20(1.7-2.2%ThO₂):中電流から高電流(100-300 A)に適しており、TIG 溶接で最も一般的に使用されるモデルです。

WT30/WT40 (2.8-4.2% ThO₂): 厚板チタンやニッケル合金などの大電流 (200-500 A) ヘビードューティ溶接に適しています。

アプリケーション・シナリオ

航空宇宙:TIG 溶接では、航空機の胴体、エンジブレード、タービン部品の製造用に、トリウムタングステン電極(通常は WT20 または WT30)を使用して、チタン合金(Ti-6Al-4V など)およびニッケル基合金(インコネル 718 など)を溶接します。これらの部品は、溶接部の高強度、欠陥なし、優れた耐食性を必要とし、トリウムタングステン電極の安定したアークと低いバーンアウト率により、溶接部の品質を確保します。たとえば、ボーイング 787 航空機の製造では、WT20 電極がチタン合金胴体構造の TIG 溶接に使用され、溶接の機械的特性と疲労寿命を確保しています。

原子力産業:トリウムタングステン電極は、原子力発電所の圧力容器やパイプラインの TIG 溶接に広く使用されています。WT30 または WT40 電極は、高電流で安定したアークを提供し、厚肉ステンレス鋼(316L など)またはニッケル合金を溶接し、溶接部に多孔性や亀裂がないことを確認します。例えば、中国の原子力産業の AP1000 原子炉圧力容器の製造では、主要部品の溶接にトリウムタングステン電極が使用されています。

石油化学産業:トリウムタングステン電極は、ステンレス鋼(304、316)やニッケル基合金(ハステロイ)などの耐食性パイプや容器の溶接に使用されます。WT20 電極の中電流および高電流でのアーク安定性により、溶接シームの均一性と耐食性を確保し、過酷な化学環境のニーズを満たすことができます。

自動車製造:トリウムタングステン電極は、自動車のサスペンションおよび排気システムの製造など、高強度鋼およびアルミニウム合金の TIG 溶接に使用されます。WT10 電極は、薄肉部品を低電流で溶接するのに適しており、熱歪みや材料の損傷を低減します。

著作権および法的責任に関する声明

運用上の注意事項

TIG 溶接でトリウムタングステン電極を使用する場合、材料と電流に応じて適切な電極径 (1.6〜6.4 mm) と研削角度(15°〜45°)を選択する必要があります。鋭い研削角度(20°-30°)は、アークを集中させ、精度を向上させることができます。大角度(30°-45°)は大電流溶接に適しており、耐久性が向上します。シールドガスの流量(8-15 L/min)は、アークドリフトや電極の酸化を避けるために厳密に制御する必要があります。電極の研削には、放射能のリスクを減らすために、専用のグラインダーと集塵装置を使用する必要があります。

5.1.2 プラズマ溶接

プラズマアーク溶接(PAW)は、閉じ込めアークを使用して高温のプラズマ流を生成する溶接方法であり、エネルギー密度と溶接精度が高く、融点の高い材料の精密溶接に適しています。トリウムタングステン電極は、高温高圧プラズマ環境で安定したアークを維持する能力があるため、プラズマ溶接に優れています。

パフォーマンス上の利点

プラズマ溶接のアーク温度は 15000〜20000°C に達する可能性があり、電極の非常に高い熱安定性と耐燃焼性が必要です。トリウムタングステン電極の高い融点(3422°C)と酸化トリウムの熱電子放出能力により、このような極端な条件に耐えることができます。WT20 および WT30 電極は、酸化トリウム含有量が中程度(1.7-3.2%)で、燃え尽き率が低いため、プラズマ溶接の最初の選択肢です。電極の電子作用が低いため、高周波アーク開始またはパルスモードでの高速アーク放電が保証され、アークの安定性により溶接の均一性と深さが保証されます。

アプリケーション・シナリオ

航空宇宙:プラズマ溶接では、トリウムタングステン電極を使用して、ロケットエンジンのノズルや航空宇宙タービンブレードなどのチタンおよびニッケル合金部品を溶接します。WT20 電極は、高エネルギー密度で安定したプラズマアークを提供することができ、溶接の深さと強度を確保します。例えば、トリウムタングステン電極は、SpaceX の Falcon ロケット燃料タンク溶接における精密プラズマ溶接に使用されています。

医療機器:プラズマ溶接は、手術器具やインプラントなどのステンレス鋼またはチタン合金の医療機器の製造に使用されます。WT10 電極は、低電流プラズマ溶接の薄肉材料に適しており、熱影響部(HAZ)を低減し、表面品質を確保します。

エレクトロニクス産業:トリウムタングステン電極は、半導体パッケージやミニチュア回路基板などの電子部品を接続するためのミニチュアプラズマ溶接に使用されています。WT10 または WT20 電極は、高精度のための微細なアーク制御を提供します。

運用上の注意事項

プラズマ溶接では、トリウムタングステン電極は、高エネルギー密度のプラズマアークに

著作権および法的責任に関する声明

対応するために、より小さな直径(1.0~2.4mm)を使用する必要があります。アークを集中させるために電極先端を鋭角(15°~25°)で研磨する必要があります、シールドガス(アルゴンまたはアルゴン-ヘリウム混合物)の流量を正確に制御する必要があります(2~5 L/min)。プラズマ溶接は高温環境であるため、熱負荷を減らし、耐用年数を延ばすために、電極に水冷式溶接ガンを装備する必要があります。

5.1.3 DC アノード溶接(炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、チタン合金など)

直流陽極(DCEN)溶接は、トリウムタングステン電極の最も一般的な適用モードであり、電子が電極からワークピースに流れ、熱が主にワークピースに集中し、電極の熱負荷を軽減します。このモードは、炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金、チタン合金など、幅広い金属材料の溶接に適しています。

パフォーマンス上の利点

DCEN モードでは、トリウムタングステン電極の低電子仕事とアーク安定性により、アークを迅速に開始し、集中した連続的なアークフローを維持することができます。電極の種類が異なり、電流や材料も異なります。

炭素鋼:WT10 または WT20 電極は、低電流から中電流(50-200 A)で橋梁や建築フレームなどの炭素鋼構造部品の溶接に適しています。

ステンレス鋼:WT20 電極は、100~300A の電流で安定したアークを提供し、304、316 などのステンレス鋼の溶接に適しており、石油化学パイプラインや食品加工機器で広く使用されています。

ニッケル合金:WT30 または WT40 電極は、航空宇宙および化学機器の耐腐食性部品のインコネルまたはハステロイを大電流(200~400 A)で溶接するのに適しています。

チタン合金:WT20 または WT30 電極は、高精度で無酸素環境が要求される航空宇宙および医療分野での使用に適した、中電流から高電流でのチタン合金(Ti-6Al-4V など)の溶接に適しています。

トリウムタングステン電極の燃焼率が低いため、特に厚いプレートや高融点の材料の溶接において、長期溶接の信頼性が保証されます。例えば、WT40 の電極は、電極先端の形状をほとんど変えることなく、400A で数時間の連続運転が可能です。

アプリケーション・シナリオ

航空宇宙:トリウムタングステン電極は、航空機の胴体、エンジン部品、ロケット燃料タンクなどのチタンおよびニッケル合金の DCEN-TIG 溶接に使用されます。WT20 電極は、150~250A で安定したアークを提供し、溶接部の高強度と耐食性を確保します。

著作権および法的責任に関する声明

原子力産業:WT30 または WT40 電極は、原子炉の冷却パイプなどのステンレス鋼およびニッケル合金圧力容器の溶接に使用されます。アーク安定性が高く、溶接部に欠陥がなく、厳しい安全基準を満たしています。

石油化学産業:トリウムタングステン電極は、石油精製所の石油パイプラインなど、炭素鋼およびステンレス鋼パイプの溶接に使用されます。WT20 電極は、中電流から大電流での溶接部の耐食性と機械的特性を保証します。

海洋産業:WT30 電極は、船体や甲板構造などの高強度鋼板の溶接に使用され、アークの安定性により厚板溶接の深さと品質が保証されます。

運用上の注意事項

DCEN 溶接では、電流(1.6-6.4mm)に応じて電極径を選択し、アークを集中させるために研削角度(20°-35°)を最適化する必要があります。シールドガス(アルゴンまたはヘリウム)の流量は、電極の酸化やメルトプールの汚染を防ぐために、8~12 L/min に維持する必要があります。電極先端の状態を定期的に確認し、必要に応じて再研磨して性能を回復します。

5.2 他の産業におけるトリウムタングステン電極の応用

溶接に加えて、トリウムタングステン電極は、他の産業シナリオ、特に真空電子機器やアーク切断でも重要な用途があり、高融点と熱電子放出能力が重要な材料となっています。

5.2.1 真空電子機器のカソード材料

トリウムタングステン電極は、電子逃走作業が少なく、熱安定性が高いことから、マイクロ波管、X 線管、陰極線管などの真空電子デバイスの陰極材料として使用されています。

カソードは、電子機器で電子を放出するコアコンポーネントであり、高温・高真空の環境下で安定して働くことができる材料であることが求められます。

パフォーマンス上の利点

トリウムタングステン電極の酸化トリウムドーピングは、電子脱出仕事(2.63 eV)を大幅に減少させ、純粋なタングステンカソード(2500°C 以上)よりも優れた低温(約 1500-2000°C)で多数の電子を放出します。その高い融点と燃え尽きに対する耐性は、高出力動作でのカソードの耐久性を保証します。WT20 および WT30 電極は、中程度の酸化トリウム含有量のため、このようなアプリケーションでよく使用されます。

アプリケーション・シナリオ

マイクロ波管:トリウムタングステン電極は、レーダーやマグネトロンや進行波管などの通信機器のマイクロ波管のカソードとして使用されます。その安定した電子放出能力は、デバイスの高周波性能と長寿命を保証します。たとえば、軍用レーダーシステムでは、WT20 電極カソードは高出力で数千時間の連続動作が可能です。

X 線管:トリウムタングステン電極は、医療用および工業用 X 線管の陰極に使用され、X 線を励起するための安定した電子ビームを生成します。WT20 電極の低電子働きと高い熱安定性は、CT スキャナーなどの高強度 X 線装置に適しています。

著作権および法的責任に関する声明

ブラウン管(CRT):ブラウン管技術は徐々に廃止されていますが、トリウムタングステン電極は依然として一部の特殊なディスプレイデバイスのカソード材料として使用されており、安定した電子放出を提供しています。

運用上の注意事項

真空エレクトロニクスでは、酸化や汚染を防ぐために、トリウムタングステン電極は高真空(10⁰Pa)環境で動作する必要があります。電極表面は精密研磨(Ra<0.2μm)されており、均一な電子放出を確保しています。放射性粉塵は、製造および設置中に厳密に管理する必要があります。オペレーターは保護具を着用する必要があります。

5.2.2 アークカットとアーク開始

トリウムタングステン電極は、アーク切断およびアーク開始アプリケーションにおける高いアーク安定性と高温耐性により、高エネルギー密度の産業シナリオに適しています。

パフォーマンス上の利点

アーク切断では、電極が高温高圧のプラズマ環境で安定したアークを維持する必要があります。トリウムタングステン電極の低電子仕事と高融点により、高強度アークを迅速に開始し、極端な条件に耐えることができます。WT30 および WT40 電極は、焼損率が低く、電流耐性が高いため、アーク切断とアーク放電に一般的に使用されます。

アプリケーション・シナリオ

プラズマ切断:トリウムタングステン電極は、炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金などの材料を切断するためにプラズマ切断機で使用されます。WT30 電極は、200~400Aの電流で安定したプラズマアークを提供し、切断速度と精度を確保します。たとえば、造船では、WT30 電極を使用して、平らなカットと小さな熱影響部を備えた厚い鋼板を切断します。

電気アーク炉:トリウムタングステン電極は、特に冶金研究所で、高融点の合金を溶解するための小型電気アーク炉でのアーク開始に使用されます。WT40 電極は、アーク放電を迅速に開始し、大電流で安定した動作を維持することができます。

点火装置:トリウムタングステン電極は、ガスタービンやボイラーなどの産業用点火システムで使用され、その高速アーク放電能力により、信頼性の高い点火性能が保証されます。

運用上の注意事項

アーク切断では、熱負荷を減らして寿命を延ばすために、電極に効率的な冷却システム(水冷ノズルなど)を装備する必要があります。電極径(3.2-6.4mm)と研削角度(30°-45°)は、切削電流に応じて最適化する必要があります。切断工程で発生するトリウム粉塵は、高効率のろ過装置で回収し、放射能汚染を防止します。

5.3 トリウムタングステン電極のアプリケーションシナリオの制限

トリウムタングステン電極は、溶接やその他の産業用途において大きな利点がありますが、微量の放射能と代替電極の開発は、その応用シナリオに一定の制限をもたらします。

著作権および法的責任に関する声明

5.3.1 放射性利用シナリオ

トリウムタングステン電極中の酸化トリウム(ThO_2)には、 α 粒子と少量の β および γ 光線を放出する天然の放射性元素であるトリウム-232が含まれています。その放射能濃度は低いですが(WT10は1Bq/g近く、WT40は免除基準をわずかに上回っています)、それでも製造、保管、使用中には厳格な放射線防護措置が必要であり、一部のシナリオでは適用が制限されます。

放射線リスク

生産:混合、焼結、粉碎中に発生するトリウム粉塵は、吸入や接触によって人体に侵入する可能性があり、内部放射線のリスクを高めめます。長期ばく露は、リスクは低いものの、肺や組織に損傷を与えることがある(年間実効線量約0.1~1mSv)。

アプリケーション:溶接や切断での電極研削では放射性粉塵が発生するため、特殊なグラインダーと効率的な換気システムを使用する必要があります。作業員は防護マスクを着用し、職場では放射線量(X- γ 線量率 $<0.1\mu\text{Sv/h}$)を定期的に監視することが義務付けられています。

環境への影響:製造および使用中の廃棄物(粉じん、廃水、廃電極など)は、土壌および水域の汚染を避けるために、関連する放射性地雷の開発および利用のための企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示措置(試行)に従って処分する必要があります。

制限されたシーン

医療および食品産業:トリウムタングステン電極は、放射能のリスクがあるため、医療機器および食品加工機器の溶接に制限があります。たとえば、ヨーロッパと北米では、食品グレードのステンレス鋼溶接でのトリウムタングステン電極の使用を禁止し、セリウムタングステンまたはランタンタングステン電極に切り替えています。

環境要件が高い地域:欧州連合および米国の一部の州(カリフォルニア州など)では、放射性物質の使用に厳しい規制があり、トリウムタングステン電極には特別な許可が必要であり、使用コストが増加します。

高精度エレクトロニクス産業:半導体およびマイクロエレクトロニクス製造では、トリウムタングステン電極の放射能がクリーンルーム環境を汚染し、その用途を制限する可能性があります。

応答

放射能のリスクを減らすために、企業は特別な機器(密閉式グラインダーやHEPAろ過システムなど)を装備し、オペレーターは放射線防護の訓練を受ける必要があります。廃棄物処理は、活動の濃度と排出量が満たされていることを確認するために、国際基準および国内基準(ICRP Publication 103およびGB 18871-2002など)に準拠する必要があります。

5.3.2 代替電極の応用動向

環境保護規制の強化と非放射性電極の研究開発により、トリウムタングステン電極は、一部のアプリケーションシナリオでは、セリウムタングステン、ランタンタングステン、ジルコニウムタングステン、イットリウムタングステン電極に徐々に置き換えられています。これらの代替電極は、性能の点でトリウムタングステン電極に近く、放射能のリスク

著作権および法的責任に関する声明

がなく、現代の産業の環境要件を満たしています。

代替電極の性能

セリウムタングステン電極(WC20):1.8-2.2%の酸化セリウムを含み、電子の仕事は約 2.7 eV であり、アーク開始性能とアーク安定性は WT20 に近く、DCEN および AC 溶接に適しており、非放射性で、医療および電子産業で広く使用されています。

ランタンタングステン電極(WL20):1.8-2.0%の酸化ランタンを含み、アーク安定性と寿命は、高精度で頑丈な溶接に適したセリウムタングステン電極よりも優れており、航空宇宙産業および原子力産業でトリウムタングステン電極に取って代わりました。

ジルコニウムタングステン電極(WZ8):0.8%のジルコニアを含み、アルミニウムおよびマグネシウム合金の AC 溶接用に特別に設計されており、アーク安定性が高く、軽金属溶接に適しています。

イットリウムタングステン電極(WY20):1.8~2.2%の酸化イットリウムを含有し、性能は高精度溶接に適したランタンタングステン電極に近いですが、コストが高く、市場の人気は低いです。

オルタナティブなトレンド

ヨーロッパとアメリカの市場:欧州連合と米国はトリウムタングステン電極を段階的に廃止し、ランタンタングステン電極(WL20)が主流になり、TIG 溶接電極市場の 60%以上を占めています。セリウムタングステン電極(WC20)は、コストに敏感なシナリオでも広く使用されています。

中国市場:タングステン資源の大国として、トリウムタングステン電極はコスト上の利点から重工業でまだ使用されていますが、ランタンタングステンおよびセリウムタングステン電極のシェアは、特に輸出製品やハイエンド製造の分野で年々増加しています。

技術主導型:新しいドーパ材料(複合希土類酸化物など)と製造プロセスの進歩により、非放射性電極の性能がさらに向上しました。例えば、大電流でのランタンタングステン電極の焼損率は WT40 に近く、コストは徐々に減少しています。

今後の見通し

トリウムタングステン電極は、大電流およびヘビーデューティ溶接において依然として性能上の利点がありますが、その放射能の懸念により、業界は非放射性電極への移行を加速するように促されました。将来的には、環境規制のさらなる強化と代替電極技術の成熟に伴い、トリウムタングステン電極は徐々に特定の高需要シナリオ(原子力産業や航空宇宙など)に限定される可能性があり、非放射性電極はより多くの分野を支配するでしょう。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD WT20 電極

第 6 章 トリウムタングステン電極の製造設備

トリウムタングステン電極の調製には、原材料の取り扱いから最終製品の処理まで、複数の複雑なプロセスステップが含まれ、それぞれが電極の性能と品質を確保するために高精度、高信頼性の特別な装置が必要です。同時に、酸化トリウム(ThO_2)の微量放射能のため、生産設備には、オペレーターと環境を保護するための厳格な保護および検出システムも装備する必要があります。この章では、トリウムタングステン電極の製造に使用される原材料処理装置、粉末冶金装置、成形および加工装置、放射線防護装置、および試験装置について詳しく説明します。

6.1 トリウムタングステン電極の原料加工装置

原材料加工は、タングステン粉末の粉碎とふるい分け、酸化トリウムのドーピングプロセスを含むトリウムタングステン電極の製造の最初のステップです。放射性粉塵の拡散を制御しながら、高純度、均一な粒子サイズ、原材料の正確なプロポーショニングを確保するための特別な装置が必要です。

6.1.1 タングステン粉末粉碎およびスクリーニング装置

タングステン粉末は、トリウムタングステン電極の主原料であり、その粒子サイズ、純度および形態は、電極の密度および溶接性能に直接影響します。粉碎およびスクリーニング装置は、均一な粒径の高純度タングステン粉末を調製するために使用されます。

研削装置

機器タイプ:遊星ボールミルまたはジェットミル

機能:粗タングステン粉末(粒子サイズ 10-50 μm)を微粉末(1-10 μm)に粉碎して、粉末の流動性とかさ密度を向上させます。

著作権および法的責任に関する声明

主なパラメータ:

回転数:200-600 rpm

研削媒体:ジルコニアまたは超硬ボール(直径 2~10mm)

研削時間:4-12 時間

雰囲気:不活性ガス(アルゴンなど)または酸化を防ぐための真空

特徴: 遊星ボールミルは、高効率と均一な粉砕能力を持ち、温度を制御し、タングステン粉末が過熱して酸化するのを防ぐための冷却システムが装備されています。ジェットミルは、高速エアフロー衝突によりコンタミネーションフリーの粉砕を実現し、高純度の要求に適しています。

代表的な機種:Fritsch Pulverisette 5(遊星ボールミル)、ホソカワアルパイン AFG(ジェットミル)

メンテナンス要件:粉砕ジャーとメディアを定期的に清掃し、気密性をチェックし、不純物による汚染を防ぎます。

スクリーニング機器

機器タイプ:振動スクリーンまたは超音波スクリーニングマシン

機能:粉砕タングステン粉末は、粒子サイズに応じて等級分けされ、要件を満たす粒子サイズ範囲(D50 は約 2~5 μ m)がスクリーニングされます。

主なパラメータ:

メッシュ細孔サイズ:1-10 μ m

振動周波数:20-50 Hz

ふるい分け時間:10-30 分

特徴: 超音波スクリーニングマシンは、高周波振動によって微粉末がスクリーンを詰まらせるのを防ぎ、スクリーニング効率を向上させます。機器には、ほこりの漏れを防ぐために気密カバーを装備する必要があります。

代表的なモデル:ラッセルフィネックコンパクトふるい、レッチェ AS200

メンテナンス要件:スクリーンを定期的に交換し、スクリーニングチャンバーを清掃して、粉末の汚染が残っていないことを確認してください。

保護措置

粉砕およびスクリーニングプロセスには、タングステン粉塵を捕捉し、吸入のリスクを防ぐための局所排気システムと高効率フィルター(HEPA)が装備されています。オペレーターは防塵マスクと保護手袋を着用し、作業エリアは定期的に清掃する必要があります。

6.1.2 酸化トリウムドーピング装置

酸化トリウム(ThO_2)は、トリウムタングステン電極の重要なドーパンであり、その均一な分布は電極の電子作用とアーク安定性にとって重要です。ドーピング装置は、タングステン粉末と酸化トリウムの正確な比率と混合、および放射性粉塵の制御を確保する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

デバイスの種類

ドライミキサー:V型ミキサーまたは三次元ミキサー
ウェットミキサー:遊星ボールミルまたは攪拌ボールミル
化学共沈装置:反応器および遠心分離機(ハイエンド生産用)

ドライプロセスミキサー

機能:タングステン粉末と酸化トリウム粉末(粒子サイズ 0.5-2 μ m)を $\pm 0.01\%$ の正確な比率で均一に混合します。

主なパラメータ:

回転数:50-200 rpm

混合時間:4-8 時間

バインダー:ポリビニルアルコール(PVA、0.5-1%)

特徴:V型ミキサーはダブルコンチャンバーにより効率的な混合を実現し、3次元ミキサーは多軸移動により均一性を向上させます。装置は汚染を防ぐためにステンレス鋼またはセラミックで裏打ちされています。

代表的なモデル:ホソカワナウタミキサー、WABタービュラ T2F

保護対策:機器には、酸化トリウム粉塵の拡散を防ぐために、閉じたカバーと負圧排気システムを装備する必要があります。オペレーターは防護服とマスクを着用する必要があります。

ウェットミキサー

機能:タングステン粉末と酸化トリウムを脱イオン水またはエタノール媒体に混合して均一性を改善し、続いて乾燥させてドーブ粉末を調製します。

主なパラメータ:

回転数:100-300 rpm

粉碎媒体:ジルコニアボール

混合時間:6-12 時間

乾燥温度:100-150°C(真空または不活性雰囲気)

特徴:ウェットミキシングにより粉塵の飛散が少なく、高精度のドーピングに適しています。乾燥装置には、溶剤の排出を防ぐために結露回収システムを装備する必要があります。

代表的なモデル:Netzsch PMH / PML、Fritsch Pulverisette 7

保護対策:ボールミルは閉じた状態で運転する必要があり、廃液はトリウム化合物の漏れを防ぐために沈殿とろ過によって処理する必要があります。

化学共沈装置

機能:タングステン酸と硝酸トリウム溶液の共沈による原子レベルの均質ドーブ粉末の調製、ハイエンド電極に適しています。

主なパラメータ:

反応温度:60-80°C

pH:7-9

遠心速度:5000-10000 rpm

著作権および法的責任に関する声明

特徴:反応器には攪拌および温度制御システムが装備されており、遠心分離機は固液分離を実現します。このプロセスは複雑ですが、非常に均質です。

代表的なモデル:IKA RW 20(リアクター)、ベックマン・コールター アバンティ J-26

保護対策:廃水はイオン交換によって処理する必要があり、反応器の排気ガスは活性炭フィルターを通じて排出する必要があります。

6.2 トリウムタングステン電極用粉末冶金装置

粉末冶金は、ドーパされた粉末を非常に高密度の電極体に変換するための混合、プレス、焼結ステップを含むトリウムタングステン電極調製の中核プロセスです。機器は、高い精度と一貫性を備えている必要があります。

6.2.1 ミキサー

機能:タングステン粉末、酸化トリウム、バインダーを均一に混合して、プレス用の高品質の原料を提供します。

装置タイプ:V型ミキサー、三次元ミキサー、ダブルコーンミキサー

主なパラメータ:

ボリューム:5-100 L

回転数:50-150 rpm

混合時間:4-8 時間

特徴:ミキサーには周波数交換速度調整とタイミング機能を装備する必要があり、汚染を防ぐために耐摩耗性のセラミックまたはステンレス鋼で裏打ちされています。一部のハイエンドモデルは、オンライン粒子サイズモニタリングをサポートしています。

代表的なモデル:ホソカワミクロン Vrieco-Nauta、双龍 V-500

メンテナンス要件:シールを定期的に検査し、内部キャビティを清掃し、相互汚染を防ぎます。

防護対策:気密フードと HEPA フィルターを装備し、放射性粉塵の拡散を防ぐために、作業エリアを隔離する必要があります。

6.2.2 プレス

機能:混合粉末は、焼結の基礎を提供するために一次ピレット(ロッドまたはプレート)にプレスされます。

装置タイプ:冷間静水圧プレス(CIP)、油圧成形機

主なパラメータ:

圧力:100-200 MPa

開催時間:1~3 分

金型材質:炭化タングステンまたはステンレス鋼

特徴:冷間静水圧プレスは、液体媒体を通じて均一な圧力を加え、一次ブランクの密度は60~70%に達します。油圧成形機は小ロット生産に適しており、低コストです。

著作権および法的責任に関する声明

代表的なモデル:EPSI CIP 400、Dorst TPA 50

メンテナンス要件:油圧システムと金型の摩耗を定期的にチェックして、圧力が安定していることを確認します。

保護対策:プレス機にはダストカバーを装備し、オペレーターは保護手袋を着用する必要があります。

6.2.3 高温焼結炉

機能:高密度電極体を形成するための高温処理による一次ブランクの緻密化。

装置タイプ:抵抗焼結炉、誘導焼結炉、真空焼結炉

主なパラメータ:

温度:2000-2800°C

雰囲気:水素(純度>99.999%)または真空(10^{-4} Pa)。

暖かく保つ:2~4時間

冷却速度:10-20°C / min

特徴:抵抗焼結炉は大量生産に適しており、誘導焼結炉の加熱速度は速く、真空焼結炉はハイエンド電極に適しています。炉の材料はモリブデンまたはグラファイトで、高温に耐性があります。

代表的なモデル:Nabertherm HTK、ALD Vacuum Technologies VIM

メンテナンス要件:炉の気密性と発熱体を定期的にチェックし、残留物を清掃します。

保護対策:焼結炉には、水素漏れやトリウム化合物の揮発を防ぐための排ガス処理装置を装備する必要があります。

6.3 トリウムタングステン電極の成形および加工装置

成形・加工装置は、焼結体を仕様適合の電極棒に加工し、寸法精度と表面品質を確保する装置です。

6.3.1 カレンダー

機能:マルチパス熱間または冷間圧延による必要な直径(0.5-10mm)への焼結体の加工。

装置タイプ:マルチロールカレンダー、回転鍛造機

主なパラメータ:

温度:1400-1800°C(ホットカレンダー)

カレンダー速度:0.5-2 m / min

変形:10-20%/パス

特徴:マルチロールカレンダーには、精密金型と加熱システムが装備されており、直径公差は ± 0.05 mmです。回転鍛造機は小径電極に適しており、高効率です。

代表的なモデル:SMS Group 4-Hi Mill, Daniel & C. Swaging Machine

メンテナンス要件:ローラー表面と暖房システムの摩耗を定期的にチェックし、トランスミッション部品を潤滑します。

保護対策:カレンダーには、オペレーターが火傷しないように、高温保護カバーを装備す

著作権および法的責任に関する声明

る必要があります。

6.3.2 研削および研磨装置

機能:粗さ Ra0.2~0.4 μ m の粗さで粗研削、微粉碎、研磨することにより、電極表面品質を改善します。

装置タイプ:センターレスグラインダー、特殊研磨機

主なパラメータ:

砥石サイズ:80-400 メッシュ

回転数:2000-5000 rpm

冷却方法:水冷

特徴: センターレス研削盤は、連続研削と高効率を実現します。研磨機は、ダイヤモンド研磨ペーストと布ホイールを使用して鏡面効果を実現します。

代表的なモデル:グレバーGT-610、ストルアステグラミン

メンテナンス要件:砥石と研磨布を定期的に変換し、冷却システムを確認してください。

保護対策:密閉型カバーと効率的な除塵システムを装備し、トリウム粉塵の拡散を防ぎます。

6.4 トリウムタングステン電極用放射線防護装置

酸化トリウム(トリウム-232)の微量放射能は、健康と環境のリスクを軽減するために、生産設備に特別な防護システムを装備する必要があります。

6.4.1 特殊グラインダーおよびダスト除去システム

機能:電極を研削する際に放射性粉塵を収集し、吸入や拡散を防ぎます。

装置タイプ:クローズドグラインダー、高効率集塵機

主なパラメータ:

砥石の材質:ダイヤモンド

集塵効率:>99.9%(HEPA フィルター)

空気の流れ:500-1000m³/h

特徴:グラインダーには透明な保護カバーと負圧吸引ポートが装備されており、集塵機は多段ろ過(粗ろ過+HEPA)を使用しています。

典型的なモデル:Weldcraft 専用グラインダー、ドナルドソントリット DFO

メンテナンス要件:フィルターを定期的に変換し、真空パイプを清掃してください。

保護対策:オペレーターは防塵マスクを着用し、粉塵を密封して保管する必要があります。

6.4.2 エンクロージャーと換気装置

機能:放射性粉塵を隔離し、作業環境を清潔に保ちます。

機器タイプ:局所排気フード、中央換気システム

主なパラメータ:

風速:0.5-1 m/s

ろ過効率:>99.9%

著作権および法的責任に関する声明

ノイズ:<70dB

特徴: 封じ込めは、混合、粉碎、焼結装置、活性炭および HEPA フィルターを備えた換気システムをカバーしています。

典型的なモデル:Nederman Fume Extractor、Camfil APC Farr Gold シリーズ

メンテナンス要件:エアダクトの気密性とフィルターの飽和度を定期的にチェックしてください。

保護対策:換気システムは、排気ガスの活動を定期的にチェックして、基準を満たしていることを確認する必要があります。

6.4.3 放射性廃棄物処理装置

機能:生産における放射性廃棄物(粉塵、廃水、固形廃棄物)の処理。

設備の種類:排水処理システム、固化装置、密閉貯蔵容器

主なパラメータ:

排水量:<0.1 ベクレル/L(処理後)

硬化材料:セメントまたは樹脂

保存容器:ステンレス製、厚さ>2mm

特徴: 廃水処理システムは、沈殿、ろ過、イオン交換によりトリウム化合物を除去します。硬化装置は、粉塵をセメントマトリックスに混合します。保管容器には放射性警報のマークが付けられています。

代表的なモデル:Veolia Water Technologies RO、Orano Waste Containers

メンテナンス要件:廃水の排出と固化強度を定期的にチェックし、保管記録を更新します。

防護対策:廃棄物処理は分別された場所で実施し、オペレーターは放射線防護の訓練を受けるべきです。

6.5 トリウムタングステン電極の試験装置

試験装置は、電極の品質と放射能レベルを監視し、製品が ISO 6848:2015 などの規格や安全要件を満たしていることを確認するために使用されます。

6.5.1 X-γ 放射線量率検出器

機能:生産環境および電極表面の X 線および γ 線線量率を測定します。

デバイスタイプ:ポータブル放射線量計

主なパラメータ:

測定範囲:0.01-100μSv/h

精度:±5%

検出器:GM カウンターチューブまたは NaI クリスタル

特徴:線量率のリアルタイム表示、サポートデータ記録、ワークショップ検査に適しています。

代表的なモデル:RadEye PRD(Thermo Scientific)、AT1123(Atomtex)

メンテナンス要件:検出器の感度を確認するための定期的な校正(年 1 回)。

使用シナリオ:混合、粉碎、保管エリアでの放射線レベルの検出により、0.1μSv/h<を確保

著作権および法的責任に関する声明

します。

6.5.2 α 、 β 表面汚染検出器

機能:電極表面およびデバイス表面の α 、 β 粒子汚染を測定します。

デバイスタイプ:ポータブル表面汚染計

主なパラメータ:

測定範囲:0.1-1000 Bq/cm²

検出効率:>30%(a)、>40%(b)

検出器:ZnS シンチレータまたはガス比例計数管

特徴:高感度で、微量のトリウム 232 汚染の検出に適しており、高速スキャンをサポートします。

代表的なモデル:Ludlum モデル 43-93、XH-3206(中国核機器)

メンテナンス要件:定期的に校正し、検出器ウィンドウの完全性を確認してください。

使用シーン:研削後の電極表面、機器壁、廃棄物容器の汚染検出。



CTIA GROUP LTD WT10 電極

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8 - 1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7 - 2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8 - 3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8 - 4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

第7章 トリウムタングステン電極の国内外の規格

タングステン不活性ガスシールド溶接(TIG 溶接)およびプラズマ溶接の主要材料として、トリウムタングステン電極の製造と使用は、厳格な国際および国内基準の対象となります。これらの規格は、電極の分類、性能要件、品質管理、および放射線安全管理をカバーしており、産業用途での一貫性と安全性を確保しています。トリウムタングステン電極には微量の放射性酸化トリウム(ThO_2)が含まれているため、関連する規格には放射線防護と環境管理に関する特定の要件も含まれています。この章では、トリウムタングステン電極の国際規格と国内規格、および放射線安全規格について詳しく説明します。

7.1 トリウムタングステン電極の国際規格

この国際規格は、世界の溶接業界で広く使用されているトリウムタングステン電極の製造、分類、および使用に関する統一された技術仕様を提供しています。主な国際規格には、ISO 6848:2015、AWS A5.12/A5.12M、EN 26848 などがあり、トリウムタングステン電極の化学組成、物性、寸法仕様、同定方法を詳細に規定しています。

7.1.1 ISO 6848:2015(タングステン電極の分類と要件)

ISO 6848:2015「アーク溶接および切断 - 非消耗性タングステン電極 - 分類」は、国際標準化機構(ISO)によって開発された、TIG 溶接およびプラズマ溶接におけるトリウムタングステン電極を含む非消耗性タングステン電極のタングステン電極の分類規格です。

標準コンテンツ

分類:この規格では、酸化トリウム(ThO_2)の含有量に応じて、トリウムタングステン電極を4つのタイプに分類しています。

WT10:0.8-1.2% ThO_2 、黄色適用

WT20:1.7-2.2% ThO_2 、赤色のアプリケーション

WT30:2.8-3.2% ThO_2 、パープルコーティング

WT40:3.8-4.2% ThO_2 、オレンジイエローアプリケーション

化学組成:タングステンマトリックスの純度 $\geq 99.5\%$ 、不純物(Fe、Ni、C など)の総含有量 $< 0.05\%$ です。酸化トリウム含有量を正確に制御する必要があり、偏差は $0.1\% \pm$ です。

寸法:電極直径範囲 0.5-10mm、公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 。長さは通常、50mm、75mm、150mm、または175mmで、公差は $1\text{mm} \pm$ 。

表面品質:電極の表面は滑らかで、亀裂、酸化物、油がなく、粗さは $\text{Ra} \leq 0.4\mu\text{m}$ である必要があります。

性能要件:電極は、特定のアーク安定性、アーク開始性能、およびバーンアウト率の要件

を満たす必要があります。たとえば、WT20 は、 $< 0.1 \text{ mm/h}$ のバーンアウト率で 100~300

A の安定したアークを維持する必要があります。

ラベリング:電極の上部を色分けし(WT20 は赤など)、モデル、バッチ、およびメーカーの情報をパッケージに表示する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

適用範囲

ISO 6848:2015 は、世界の溶接業界に適用され、国際貿易および品質認証の基礎となっています。この規格では、非放射性電極(セリウムタングステン、ランタンタングステンなど)も分類されており、トリウムタングステン電極を置き換える傾向を反映しています。

特徴と意義

均一性:品質管理と国際貿易に便利な、グローバルなトリウムタングステン電極の製造業者とユーザーに統一された分類と性能基準を提供します。

安全性:この規格では、酸化トリウムの放射能リスクに言及し、換気システムや集塵装置など、製造および使用中の保護対策を推奨しています。

更新:2015年版は、非放射性電極の開発動向を反映して、環境保護と放射線防護の追加要件で1992年版を更新しています。

実装要件

製造業者は、製造プロセスと製品品質が基準を満たしていることを確認するために、ISO 認証機関の監査に合格する必要があります。検出方法には、組成物の蛍光 X 線分光法(XRF) 分析、サイズ検出のためのレーザー直径測定、微細構造の金属組織顕微鏡法などがあります。

7.1.2 AWS A5.12 / A5.12M(American Welding Institute タングステン電極仕様)

AWS A5.12/A5.12M:2009 「アーク溶接および切断用のタングステンおよび酸化物分散タングステン電極の仕様」は、米国溶接協会(AWS)によって開発され、北米およびその他の地域の溶接業界で広く使用されているタングステン電極仕様です。

標準コンテンツ

分類:ISO 6848 と同様に、トリウムタングステン電極は WT10、WT20、WT30、WT40 に分けられ、カラーラベリングは一貫しています。

化学組成:指定された酸化トリウム含有量(0.8 ~ 4.2%)と不純物限界(例:O<0.02%、

Fe<0.01%)。タングステン粉末の純度は 99.95% \geq である必要があります。

物理的特性:電極は、比導電率(>30%IACS)と硬度(350-450 HV)を満たす必要があります。

燃焼率は、200A で 0.08mm/h<必要があります。

寸法と公差:直径 0.5-6.4 mm、公差 \pm 0.03 mm;長さ 75-300mm、 \pm 公差 1.5mm。

試験方法:化学分析(ICP-OES)、アーク安定性試験(アルゴン保護下で実施)、表面品質検査(顕微鏡観察)など。

放射性警告:この規格では、酸化トリウムの放射性リスクをパッケージと指示にマークすることを明確に要求しており、特別な粉碎装置と保護対策が推奨されています。

適用範囲

AWS A5.12 は、特に航空宇宙、自動車、石油化学産業における TIG 溶接、プラズマ溶接、アーク切断に適しています。この規格は、米国とカナダの溶接機器メーカーとユーザーによって広く守られています。

著作権および法的責任に関する声明

特徴と意義

詳細:この規格は、アーク開始電圧(<15 V)やバーンアウト率など、産業用途に適した詳細なテスト方法とパフォーマンス指標を提供します。

安全性:放射線防護に重点を置き、トリウム粉塵への曝露を減らすために、密閉型グライNDERと高効率フィルターの使用をお勧めします。

互換性:ISO 6848 との互換性が高く、国際市場での調整が容易です。

実装要件

製造業者は AWS の認証を受ける必要があり、試験機器は ASTM 規格(ASTM E1476 など)に準拠する必要があります。ユーザーは、電極の性能が仕様を満たしていることを確認するために、溶接装置を定期的に校正する必要があります。

7.1.3 EN 26848(タングステン電極のヨーロッパ規格)

EN 26848:1991「溶接 - 不活性ガスシールドアーク溶接およびプラズマ溶接用のタングステン電極」は、EU 諸国の溶接業界向けに欧州標準化委員会(CEN)によって開発されたタングステン電極規格です。

標準コンテンツ

分類:ISO 6848 と一致して、トリウムタングステン電極は WT10、WT20、WT30、WT40 に分けられ、カラーマークは同じです。

化学組成:酸化トリウム含有量の要件は ISO 6848 と一致しており、不純物の制限はより厳しくなっています(例:C<0.005%、S<0.002%)。

寸法:直径 0.5-10 mm、公差± 0.04 mm;長さ 50-300 mm、公差± 1mm。

性能要件:電極は、アーク安定性試験(100-400 A)と燃焼速度試験(<0.1 mm/h)に合格する必要があります。表面粗さは Ra≤0.3μm です。

放射線管理:粉塵管理や廃棄物処理など、製造および使用において EU 放射線防護指令(2013/59/Euratom)への準拠が必要です。

適用範囲

EN 26848 は、EU 諸国、特に航空宇宙、原子力産業、造船における TIG 溶接およびプラズマ溶接に適用されます。欧州連合では放射性物質の規制が厳しいため、この規格はランタンタングステンやセリウムタングステンなどの非放射性電極の適用を促進しています。

特徴と意義

環境保護:EU の環境規制に沿った、放射線防護と廃棄物管理に重点を置いています。

地域別:主にヨーロッパ市場にサービスを提供し、ISO 6848 および AWS A5.12 と互換性がありますが、環境保護と安全性に重点を置いています。

制限事項:1991 年版は古く、非放射性電極の傾向を完全には反映していません。

実装要件

EU 企業は CE 認証に合格する必要があり、生産ワークショップには放射線監視装置と廃棄物処理施設を装備する必要があります。ユーザーは、地域の放射線防護規制を遵守し、作業環境の放射線レベルを定期的にチェックする必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

7.2 トリウムタングステン電極の国内規格

世界最大のタングステン資源およびトリウムタングステン電極の生産国として、中国は電極の性能、品質、および放射性安全管理をカバーする一連の国家基準を策定しました。これらの規格には、GB/T 4187-2017、GB 18871-2002、および関連放射性地雷の開発と利用における企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示のための措置(試験実施用)が含まれます。

7.2.1 GB/T 4187-2017(タングステン電極の国家規格)

GB/T 4187-2017「タングステン不活性ガスアーク溶接およびプラズマ溶接用タングステン電極」は、タングステン電極の分類、性能、および試験方法を規定する中国の国家規格であり、TIG 溶接およびプラズマ溶接に適しています。

標準コンテンツ

分類:トリウムタングステン電極は、WT10、WT20、WT30、WT40 に分けられ、国際規格と一致しており、同じ色のマーキングが施されています。

化学組成:酸化トリウム含有量要件:WT10(0.8-1.2%)、WT20(1.7-2.2%)、WT30(2.8-3.2%)、WT40(3.8-4.2%)。タングステンの純度 $\geq 99.95\%$ 、不純物限界($Fe < 0.01\%$ 、 $O < 0.015\%$ など)。
寸法:直径 0.5-10 mm、公差 ± 0.05 mm;長さ 50-300 mm、公差 ± 1 mm。

性能要件:電極は、アーク開始電圧(< 15 V)、アーク安定性(100~400 A でドリフトなし)、

およびバーンアウト率(< 0.1 mm/h)の要件を満たす必要があります。

検査方法:化学分析(ICP-OES)、寸法測定(レーザーキャリパー)、表面品質検査(顕微鏡)、アーク性能試験など。

識別と包装:電極部分には色を付け、パッケージにはモデル、仕様、バッチ、および放射性警告をマークする必要があります。

適用範囲

GB/T 4187-2017 は、航空宇宙、石油化学、原子力産業、造船で広く使用されている中国の溶接業界の基本規格です。この規格は、国際市場の要件を満たすために輸出電極をサポートしています。

特徴と意義

ローカリゼーション:中国のタングステン資源の利点と組み合わせることで、生産プロセスの要件が最適化され、コストが削減されます。

互換性:ISO 6848 および AWS A5.12 と高い一貫性があり、国際取引が容易になります。

安全性:放射線防護に重点を置き、生産企業に集塵および廃棄物処理施設を装備する必要があります。

実装要件

製造業者は国家品質認証(CNAS など)に合格する必要があります。試験装置は規格で指定された精度要件を満たす必要があります。ユーザーは、電極の性能を確保するために、溶接装置を定期的に校正する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

7.2.2 GB 18871-2002(電離放射線に対する保護と放射線源の安全性に関する基本基準)

GB 18871-2002「電離放射線に対する保護と放射線源の安全性に関する基本基準」は、中国における電離放射線防護の国家規格であり、トリウムタングステン電極を含む放射性物質の製造と使用に適用されます。

標準コンテンツ

放射線防護の原則:最適な防護、線量制限、および正当化。年間実効線量は、1 mSv(公共被ばく)<20 mSv(職業被ばく)<必要です。

放射線モニタリング:生産ワークショップには、X- γ 放射線量率検出器(測定範囲 0.01 ~ 100 μ Sv/h)と α および β 表面汚染検出器(測定範囲 0.1 ~ 1000 Bq/cm²)を装備する必要があります。

廃棄物管理:放射性廃棄物(粉じん、廃水、廃電極)は、<1Bq/g の放射能濃度の専用施設に収集、固化、保管する必要があります。

保護対策:オペレーターは防護服と防塵マスクを着用する必要があり、作業エリアには換気と除塵システムを装備する必要があります。

適用範囲

この規格は、特に混合、粉碎、廃棄物処理におけるトリウムタングステン電極の製造、保管、使用に適用されます。企業は、放射線モニタリングデータを定期的に環境保護当局に報告することが義務付けられています。

特徴と意義

包括的:放射線防護のすべての側面をカバーし、オペレーターと環境の安全を確保します。

必須:国の義務的基準として、企業はそれを遵守しなければ罰則を受けることになります。

ガイダンス:放射性廃棄物の処理と防護具の構成について明確なガイダンスを提供します。

実装要件

企業は、放射線安全管理システムを確立し、監視と記録を担当する専門家を配置する必要があります。環境保護部門は、基準要件が満たされていることを確認するために定期的な検査を実施しています。

7.2.3 関連放射性鉍物の開発及び利用のための企業の環境放射線モニタリング及び情報公開のための措置(試験実施のため)

「関連放射性鉍物の開発と利用のための企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示のための措置(試験実施用)(以下「措置」という)は、中華人民共和国環境保護部がトリウムタングステン電極の製造を含む関連放射性物質の管理のために策定した規則です。

標準コンテンツ

監視要件:企業は、生産環境における X- γ 線量率(<0.1 μ Sv/h)と α および β 表面汚染(<0.4Bq/cm²)を監視する必要があります。廃水活動量は<0.1 ベクレル/L とすべきです。

情報開示:企業は、毎年、放射線モニタリング報告書を環境保護部門に提出し、廃棄物処

著作権および法的責任に関する声明

理および排出データを開示することが義務付けられています。

廃棄物処理:放射性廃棄物は、環境汚染を防ぐために、セメントなどの硬化または深部に埋める必要があります。

保護施設:生産ホールには、気密フード、HEPA フィルター、専用の廃棄物貯蔵庫を装備する必要があります。

適用範囲

この措置は、トリウムタングステン電極製造業者を含む、中国におけるトリウム 232 を含むすべての産業活動に適用されます。特に粉塵および廃水処理プロセスでは、厳しい要件があります。

特徴と意義

環境保護の方向性:企業がグリーン生産技術を採用し、放射能汚染を減らすことを促進します。

透明性:情報開示を義務付け、世間の監視を強化する。

地域:中国のタングステン資源と電極生産の特性と組み合わせて、保護対策が洗練されています。

実装要件

企業は、専門的な試験装置(AT1123、XH-3206 など)を備えた環境放射線監視システムを確立し、環境保護部門の年次検査を受け入れる必要があります。コンプライアンスに準拠していない企業は、生産を修正または停止する必要があります。

7.3 トリウムタングステン電極の放射線安全基準

トリウムタングステン電極の放射線安全基準は、主に酸化トリウム中のトリウム-232(Th-232)を対象としており、放射線濃度の免除、製造および使用における保護要件、および廃棄物管理をカバーしています。

7.3.1 トリウム-232 免除活動濃度(1 Bq/g)

トリウム 232 は、約 140 億年の半減期を持つトリウムタングステン電極の主要な放射性核種であり、 α 粒子(4.01-4.08 MeV)と少量の β および γ 光線を放出します。国際基準および国内基準では、トリウム 232 の免除活動濃度が指定されています。

標準コンテンツ

国際標準(ICRP Publication 103):

トリウム 232 の免除活性濃度は 1Bq/g であり、それ以下では特別な監督は必要ありません。

WT10(0.8-1.2%ThO₂)の活性濃度が 1Bq/g に近いものは、一般的に免除されます。WT40(3.8-4.2%ThO₂)は、適用除外基準よりわずかに高い場合があり、厳重に管理する必要があります。

中国規格(GB 18871-2002):

免除活動濃度は ICRP と一致し、1Bq/g であった。

著作権および法的責任に関する声明

廃棄物活動濃度が $<1\text{Bq/g}$ であれば、普通廃棄物として扱うことができますが、そうでなければ放射性廃棄物として管理する必要があります。

検出方法:活性濃度は、高純度ゲルマニウム γ 分光計または液体シンチレーションカウンターを使用して $\pm 5\%$ の精度で測定されました。

意味

放射能濃度設定の免除は、低放射性電極(WT10 など)の規制コストを削減しますが、酸化トリウム含有量の高い電極(WT40 など)には、より厳格な保護と廃棄物処理措置が必要です。

実装要件

製造業者は、電極と廃棄物の活動濃度を定期的にチェックし、データを記録してアーカイブする必要があります。テストの頻度はバッチあたり 5~10%のサンプリングであり、不適格なバッチは再処理する必要があります。

7.3.2 生産および使用における保護要件

トリウムタングステン電極の製造および使用には、混合、焼結、研削および溶接が含まれ、放射性粉塵または排気ガスを生成する可能性があります、厳格な保護対策を講じる必要があります。

保護措置

プロダクションリンク:

機器の保護:ミキサー、焼結炉、粉碎装置には、密閉型フードと HEPA フィルターを装備する必要があります、捕捉効率は $>99.9\%$ です。

個人防護:オペレーターは、防護服、防塵マスク、手袋を着用し、定期的な放射線量モニタリング(実効線量 $<$ 年間 1mSv)を受ける必要があります。

環境モニタリング:ワークショップでは、X- γ 放射線量率検出器と α および β 表面汚染検出器を設置して、放射線レベルをリアルタイムで監視する必要があります。

リンクス:

研削保護:トリウム粉塵の吸入を防ぐために、負圧粉塵吸引システムを備えた特別なグラインダーを使用してください。

換気システム:溶接ステーションには、風速 $0.5\sim 1\text{m/s}$ の局所排気フードを装備する必要があります、排気ガスは活性炭と HEPA フィルターで処理されます。

仕様:溶接工は放射線安全の訓練を受けており、電極表面の汚染について定期的に検査されています。

スタンダードベース

国際:ICRP 出版物 103 および EU 指令 2013/59/Euratom は、 $<0.1\mu\text{Sv/h}$ の周囲放射線量率と 0.4Bq/cm^2 の表面汚染の生成と使用を要求しています。

著作権および法的責任に関する声明

国内:GB 18871-2002 に「手段」と同じ条件があり、排水活動は 0.1 Bq/L<、排気ガスの放出は環境保護の基準を満たさなければならない。

実装要件

企業は、放射線安全管理システムを開発し、監視と記録を担当する専門家を配置する必要があります。保護具は定期的に校正する必要があります。廃棄物処理は対策の要件を満たす必要があります。



CTIA GROUP LTD WT30 電極

著作権および法的責任に関する声明

第8章 トリウムタングステン電極の検出方法

トリウムタングステン電極の性能は、タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)やプラズマ溶接などの産業用途での性能に直接影響するため、その化学組成、物理的特性、放射能レベル、溶接性能の検出は非常に重要です。検出方法では、電極が国際規格および国内規格(ISO 6848:2015、GB/T 4187-2017 など)に準拠していることを確認し、酸化トリウム(ThO₂)によってもたらされる微量放射能リスクに注意を払う必要があります。この章では、トリウムタングステン電極の化学組成試験、物性試験、放射能試験、溶接性能試験、および試験装置と校正要件について詳しく説明します。

8.1 トリウムタングステン電極の化学組成検出

化学組成試験は、トリウムタングステン電極中の酸化トリウム含有量と不純物元素の適合性を検証し、それらの性能が規格の要件を満たしていることを確認するために使用されます(たとえば、WT20の酸化トリウム含有量は1.7~2.2%です)。

8.1.1 酸化トリウム含有量分析

酸化トリウム(ThO₂)は、トリウムタングステン電極の主要なドーパントであり、その含有量は電子進化和アーク安定性の働きに直接影響します。酸化トリウム含有量の正確な検出は、品質管理の核心です。

検出方法

蛍光 X 線分光法(XRF):

原理:X 線は、サンプル原子を励起し、その放出の特性蛍光スペクトルを分析し、酸化トリウム含有量を決定するために使用されます。

デバイス:ハンドヘルドまたはベンチトップ XRF 分析装置。

ステップス:

サンプリング:電極バッチから 5~10 個の電極をランダムに選択し、薄いセクション(厚さ 1~2mm)に切断しました。

表面処理:サンプルをエタノールで洗浄して、油と酸化物を取り除きます。

検出:サンプルを XRF 装置に入れ、分析時間(30~60 秒)を設定し、トリウム(Th)信号を記録します。

定量分析:酸化トリウム含有量は、検量線により $\pm 0.01\%$ の精度で計算されました。

利点:非破壊、高速、バッチ検査に適しています。

制限事項:軽元素(O など)の分析精度は低く、他の方法と組み合わせて検証する必要があります。

誘導結合プラズマ発光分光法(ICP-OES):

著作権および法的責任に関する声明

原理:サンプルはプラズマによって溶解および励起され、発光スペクトルを分析してトリウム含有量を決定します。

デバイス:ICP-OES 機器。

ステップス:

サンプル調製:電極サンプルを硝酸-フッ化水素酸混合物溶液(1:1)に溶解し、完全に溶解するまで加熱します。

希釈:脱イオン水で適切な濃度(1~10 ppm)に希釈します。

検出:溶液を ICP-OES に導入し、トリウムの特性スペクトル線(401.91 nm など)を決定します。

定量:標準溶液によるキャリブレーションを使用して、酸化トリウム含有量を±0.005%の精度で計算しました。

利点: 高精度で、マイクロ分析に適しています。

制限:サンプルの破壊性、複雑な操作、および高コスト。

中性子放射化解析(NAA):

原理:試料に中性子を照射し、トリウム 232 を活性化して放射性同位元素を生成し、 γ 線を測定して含有量を決定します。

機器:原子炉および γ 分光計。

ステップス:

サンプル調製:電極サンプル(質量 0.1~1 g)をカットします。

照射:中性子束が $10^{13}\text{n/cm}^2\cdot\text{s}$ の原子炉で 1~2 時間。

測定:トリウム 232 の特性 γ 光線(例:311.9 keV)を冷却後に γ 分光計で分析しました。

定量:標準サンプルで±0.01%の精度で校正されています。

利点: 極めて高い精度で、微量分析に適しています。

制限事項:この機器は高価で、原子力施設のサポートが必要であり、科学研究またはハイエンドのテストにのみ使用されます。

標準要件:

ISO 6848:2015 および GB / T 4187-2017 によると、酸化トリウム含有量は、指定された範囲内(たとえば、WT20 の場合は 1.7~2.2%)に±0.1%の偏差で制御する必要があります。

検出頻度:バッチあたり 5~10%のサンプリング、3つ以上の電極。

注意 事項

サンプルは、偏析が結果に影響を与えないように、バッチを均一に代表している必要があ

著作権および法的責任に関する声明

ります。

試験装置は、NIST SRM 610 などの標準サンプルを使用して精度を確保するために、定期的に校正する必要があります。

試験環境は防塵である必要があります、オペレーターは放射性粉塵が吸入されるのを防ぐための保護具を着用する必要があります。

8.1.2 不純物含有量の検出

不純物(Fe、Ni、O、C など)は、トリウムタングステン電極の導電率、機械的特性、溶接安定性に影響を及ぼし、その含有量を厳密に制御する必要があります。

検出方法

誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS):

原理:サンプルをプラズマで溶解およびイオン化し、イオン質量分析を分析して不純物元素の含有量を決定します。

デバイス:ICP-MS 装置。

ステップス:

サンプル調製:ICP-OES と同じで、硝酸-フッ化水素酸混合溶液に溶解します。

希釈:0.1~1ppm に希釈し、内部標準(インジウムなど)を添加します。

検出:Fe、Ni、O、C およびその他の元素(Fe⁵⁶、Ni⁶⁰など)の特性イオンの測定。

定量:検出限界が<0.001%の多元素標準溶液で較正されています。

利点: 高感度、複数の要素の同時分析。

制限:サンプルは破壊的で高価です。

グロー放電質量分析(GD-MS):

原理:イオン質量分析は、グロー放電によってサンプル表面を微粒化することにより分析されます。

デバイス:GD-MS 装置。

ステップス:

試料調製:電極を切断し、Ra<0.4µm に研磨します。

検出:サンプルをグロー放電チャンバーに入れ、放電電圧(800~1000 V)を設定します。

分析:不純物元素の信号強度を決定し、定量的に分析します。

利点: 半非破壊で、表面分析に適しています。

制限事項:高価な機器と分析の深さが限られている。

酸素および窒素分析装置:

原理:放出される酸素と窒素の含有量は、サンプルを高温で溶かすことによって測定されます。

著作権および法的責任に関する声明

機器:酸素および窒素分析装置。

ステップス:

サンプル調製:電極を小片(0.1~0.5 g)に切断します。

検出:ヘリウム雰囲気中で 2500°C に加熱し、放出されたガスを分析します。

定量:標準ガスで校正、精度±0.002%。

利点: 酸素と窒素の分析に特化しており、操作が簡単です。

制限事項:気体元素に限定されます。

標準要件:

根据 GB/T 4187-2017,杂质限值:Fe<0.01%、Ni<0.005%、O<0.015%、C<0.005%。

テスト頻度:バッチあたり 5%のサンプリング、主要な不純物の検出に焦点を当てています。

注意 事項

サンプルは、表面の汚染を避けるために洗浄する必要があります。

試験装置は定期的に校正し、高純度のタングステン標準サンプルを使用する必要があります。

品質のトレーサビリティを促進するために、テストレコードをアーカイブする必要があります。

8.2 トリウムタングステン電極の物性試験

物性試験は、トリウムタングステン電極の密度、硬度、および粒状構造を評価し、その機械的特性と溶接特性が要件を満たしていることを確認するために使用されます。

8.2.1 密度と硬さの試験

密度試験

目的:電極の密度を検証し、焼結品質(理論密度 19.25 g/cm³)を確保すること。

方法:アルキメデスの方法

装置:精密電子天秤(精度±0.001g)および密度テスター。

ステップス:

計量:電極の乾燥重量(m₁)を測定します。

浸漬:電極を脱イオン水に浸し、湿重量(m₂)と懸濁重量(m₃)を測定します。

計算:密度 $\rho = m_1 / (m_1 - m_3) \times \rho_0$ (ρ_0 が水密度, 1 g/cm³)。

標準要件:密度 18.5-19.0 g /cm³(理論密度 95-98%)。

長所: シンプルで正確。

制限事項:規則的な形状のサンプルにのみ適しています。

硬さ試験

目的:電極の機械的強度を評価し、溶接中の破損を防ぐため。

著作権および法的責任に関する声明

方法:ピッカース硬さ試験

デバイス:ピッカース硬さ試験機。

ステップス:

試料調製:電極を切断し、 $Ra < 0.2\mu\text{m}$ に研磨します。

テスト:5~10 kgf の負荷をかけ、15 秒間保持し、くぼみの対角線の長さを測定します。

計算:硬度(HV)は、くぼみ領域に基づいて計算されます。

標準要件:硬度 350-450 HV。

利点:高精度、硬質材料に適しています。

制限事項: サンプルを破棄し、テストポイントを均等に分散させる必要があります。

注意 事項

脱イオン水は、気泡が結果に影響を与えるのを避けるために、密度試験に使用されます。硬さ試験では、複数の試験点を選択し、平均値はサンプルの硬さを表します。

テスト頻度:バッチあたり 3~5 サンプル、少なくとも 3 つの場所がテストされます。

8.2.2 粒状構造解析

結晶粒構造は、電極の機械的特性とアーク安定性に影響を与えるため、顕微鏡と X 線技術で分析する必要があります。

検出方法

冶金顕微鏡:

原理:光学顕微鏡で電極断面の粒子形態と酸化トリウム分布を観察します。

デバイス:冶金顕微鏡。

ステップス:

サンプル調製:電極の切断、酸(硝酸-フッ化水素酸など)による研磨および腐食。

観察:粒度と酸化トリウム粒子分布を分析するための 100~1000 倍の倍率。

測定:ImageJ などの画像解析ソフトウェアを使用して粒子サイズ(10-50 μm)を計算します。

長所:直感的で、迅速な分析に適しています。

制限事項:サンプルを破棄する必要があります、分析の深さが限られています。

走査型電子顕微鏡(SEM-EDS):

原理:試料を電子ビームで走査し、酸化トリウム粒子の分布をエネルギー分光法で分析します。

デバイス:SEM-EDS 機器。

ステップス:

著作権および法的責任に関する声明

サンプル調製:カーボンまたは金の導電層の切断、研磨、およびめっき。
走査:加速電圧(15-20 kV)を設定し、粒子と酸化トリウム粒子(0.5-2 μm)を観察します。
分析:EDS によるトリウム分布の定量分析。

利点: 高解像度、微細構造解析。
制限事項:機器は高価で、操作は複雑です。

X 線回折(XRD):

原理:サンプルの結晶構造と粒度分布を分析します。
デバイス: XRD 機器 (Bruker D8 Advance など)。

ステップス:

サンプル調製:電極を切断し、平らな面に研磨します。
検出:Cu K α 線が設定され、走査角度は $2\theta(20^\circ-80^\circ)$ です。
分析:ピーク位置と強度によるタングステンおよび酸化トリウム相の決定、粒径の計算(シェラー式)。

利点:非破壊の結晶構造を分析できます。
制限事項:微粒子の分析精度が低い。

標準要件:

粒径:10-50 μm 、酸化トリウム粒子は凝集せずに均一に分布しています。
検出頻度:バッチごとに3つのサンプル、断面積、縦断面が分析されます。

注意 事項

サンプル調製では、人為的な欠陥の発生を避ける必要があります。
SEM および XRD 分析は、データの一貫性を確保するために、冶金顕微鏡の結果と組み合わせる必要があります。
オペレーターは、放射性粉塵への被ばくを防ぐための保護具を着用する必要があります。

8.3 トリウムタングステン電極の放射能検出

酸化トリウムにはトリウム 232(半減期 140 億年、 α 、 β 、 γ 光線)が含まれているため、電極や製造環境の放射能レベルを厳密に試験し、国際規格や国内規格(ICRP Publication 103、GB 18871-2002 など)への準拠を確認する必要があります。

8.3.1 X- γ 放射線量率検出(AT1123 機器)

目的

X 線および γ 線の線量率は、放射線レベルが安全限界(<0.1 $\mu\text{Sv/h}$)を下回っていることを確認するために、電極表面および製造環境で測定されます。

検出方法

デバイス:AT1123 X- γ 放射線量率検出器

著作権および法的責任に関する声明

主なパラメータ:

測定範囲:0.01-100 μ Sv/h

精度: \pm 5%

検出器:NaI シンチレーション結晶

ステップス:

キャリブレーション:Cs-137 標準ソースを使用して機器をキャリブレーションします。

検出:プローブを電極表面(1 cm 離れている)または作業領域(混合領域、粉碎領域など)に置き、線量率を記録します。

データ処理:複数の測定値の平均を取り、時間と場所を記録します。

標準要件:電極表面線量率 $<0.1\mu$ Sv/h、環境線量率 $<0.05\mu$ Sv/h(GB 18871-2002)。

利点:ポータブル、リアルタイム、オンサイト監視に適しています。

制限事項: α 粒子の影響を受けないため、他の方法を組み合わせる必要があります。

注意 事項

テスト頻度:バッチあたり 5~10 個、1 日 1 回の環境モニタリング。

電磁干渉は、機器の感度を確保するために回避されます。

オペレーターは、累積線量を記録するために個人用線量計を装着します。

8.3.2 α 、 β 表面汚染検出(XH-3206 装置)

目的

電極表面や装置上の α β 粒子の汚染を検出し、安全限界(<0.4 Bq/cm²)を下回っていることを確認します。

検出方法

機器:XH-3206 α 、 β 表面汚染検出器

主なパラメータ:

測定範囲:0.1-1000 Bq/cm²

検出効率:A $>$ 30%、B $>$ 40%

検出器:ZnS シンチレータ

ステップス:

キャリブレーション:Am-241(α)および Sr-90(β)標準ソースを使用したキャリブレーション。

検出:プローブを電極表面またはデバイスの表面の近く(<2 mm 離)に置き、ゆっくりとスキャンして、カウントレートを記録します。

計算:検出効率に基づいて表面汚染レベル(Bq/cm²)を変換します。

標準要件:表面汚染 <0.4 Bq/cm²(GB 18871-2002)。

利点: 高感度で、微量汚染検出に適しています。

制限事項: γ 線に鈍感で、X- γ 検出と組み合わせます。

著作権および法的責任に関する声明

注意 事項

検出頻度:バッチあたり3~5個で、機器の表面は毎週検査されます。

サンプルの表面は、油やほこりを避けるために清掃する必要があります。
相互汚染を防ぐために、テストエリアを分離する必要があります。

8.3.3 環境放射線モニタリング

目的

生産現場の放射線レベルを監視して、オペレーターと環境の安全を確保します。

検出方法

定置型モニタリング:

機器:環境放射線モニタリングステーション。

操作:固定プローブは、混合、焼結、粉砕、および保管エリアに設置され、X-γ線量率をリアルタイムで記録します。

標準要件: 周囲線量率 < 0.05 μSv/h。

ポータブルモニタリング:

デバイス:AT1123 または同等品。

操作:ワークショップのすべてのエリアを検査し、毎日線量率と汚染レベルを記録します。

廃棄物モニタリング:

デバイス:γ分光計。

操作:廃棄物(粉塵、廃水、廃電極)の活動濃度を検出し、<1 Bq/g を通常の廃棄物として処理できます。

注意 事項

監視データはアーカイブし、定期的に環境保護部門に報告する必要があります。

ワークショップには、粉塵濃度を下げるために、換気システムと除塵システムを装備する必要があります。

監視頻度:固定監視リアルタイム記録、1日1回のポータブル監視、バッチごとに1回の廃棄物監視。

8.4 トリウムタングステン電極の溶接性能試験

溶接性能試験では、トリウムタングステン電極のアーク開始性能、アーク安定性、およびバーンアウト率を評価して、TIG溶接およびプラズマ溶接における性能を確保します。

8.4.1 アークパフォーマンステスト

目的

電極が低電圧でアーク放電する能力を評価して、迅速なアーク開始を確保します。

検出方法

機器:TIG溶接機、電圧レコーダー。

著作権および法的責任に関する声明

ステップス:

準備:WT20 電極(直径 2.4mm、研削角度 20°)を選択し、アルゴン保護(10L/min)を使用します。

テスト:DCEN モードでは、電流を 50~150 A に設定し、アーク電圧と時間を記録します。

分析:開始電圧<15V、開始時間<0.5 秒が適格です。

標準要件:ISO 6848:2015 では、<15 V のアーク電圧と遅延のない安定したアークが必要です。

利点: 実際の溶接条件のシミュレーションと信頼性の高い結果。

制限事項:シールドガスと電極の状態の一貫性を制御する必要があります。

注意 事項

テスト頻度:バッチごとに 3 サンプル、テストを 5 回繰り返します。

電極の先端は、表面の欠陥が結果に影響を与えないように研磨する必要があります。

干渉を避けるために、環境条件(温度、湿度など)を記録します。

8.4.2 アークの安定性と燃焼速度のテスト

目的

溶接における電極のアーク安定性と耐久性を評価します。

検出方法

アーク安定性:

機器:TIG 溶接機、オシロスコープ、高速カメラ。

ステップス:

設定:WT20 電極(直径 3.2mm、研削角度 30°)、電流 100-300A、アルゴン保護。

溶接:アーク電圧変動($\pm 2V$)を記録するために、ステンレス鋼板に連続溶接を行います。

観察:高速度カメラを使用して円弧の形状を記録し、ドリフトや中断がないことを確認します。

標準要件:アーク変動 $\pm 2V$ で、大きな飛散や中断はありません。

燃え尽き症候群率:

機器:精密電子天秤、顕微鏡。

ステップス:

計量:電極の初期重量を測定します(精度 $\pm 0.001g$)。

溶接:200A で 1 時間連続溶接。

測定:電極長の損失(顕微鏡)と質量損失(バランス)の測定。

計算:燃焼損失率=長さ損失/時間(mm/h)、 < 0.1 mm/h が適格です。

標準要件:燃焼率 < 0.1 mm/h(ISO 6848:2015)。

注意 事項

著作権および法的責任に関する声明

試験条件は、実際の溶接(電流、ガス流量など)と一致している必要があります。

テスト頻度:バッチごとに3サンプル、テストを3回繰り返します。

チップが一貫した状態にあることを確認するために、電極は定期的に再研磨する必要があります。

8.5 トリウムタングステン電極の試験装置と校正

試験装置の精度と動作仕様は、試験結果の信頼性に直接影響するため、厳密に校正および管理する必要があります。

8.5.1 試験機器の校正要件

キャリブレーション方法

XRF/ICP-OES/ICP-MS:

校正用標準試料:NIST 標準試料(SRM 610 など)または高純度タングステン標準試料を使用してください。

頻度:6か月ごと、または機器のメンテナンス後に校正します。

要件:精度 $\pm 0.01\%$ (酸化トリウム)、 $\pm 0.001\%$ (不純物)。

密度/硬度計:

校正標準:標準密度ブロック(19.25 g/cm^3)と硬度ブロック(400 HV)が使用されます。

頻度:毎年校正されます。

要件:密度精度 $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ 、硬度精度 $\pm 5 \text{ HV}$ 。

放射線検出器(AT1123、XH-3206):

校正基準:Cs-137(c)、Am-241(a)、Sr-90(β)標準源を使用してください。

頻度:年に一度、または機器の修理後に校正を行います。

要件:線量率の精度は $\pm 5\%$ で、汚染検出効率 $>30\%$ (α)と $>40\%$ (β)です。

溶接性能試験装置:

校正基準:溶接機の電流($\pm 2 \text{ A}$)と電圧($\pm 0.1 \text{ V}$)を校正します。

頻度:3か月ごとにキャリブレーションを行います。

要件: テスト条件が標準と一致していることを確認します。

注意 事項

校正は、専門機関(CNAS 認定試験所など)が行う必要があります。

キャリブレーションレコードはアーカイブし、キャリブレーション日、標準サンプル、および結果を含める必要があります。

8.5.2 テスト環境と運用仕様

環境を検出する

化学組成試験:粉塵汚染を避けるために、温度 $20\sim 25^\circ\text{C}$ 、湿度 60% のクリーンルーム(ISO

7クラス)で実施<必要があります。

物理的性能試験:実験室は耐衝撃性である必要があります、温度は $18\sim 22^\circ\text{C}$ 、湿度は $<50\%$ です。

著作権および法的責任に関する声明

放射能検出:隔離エリア、換気および除塵システムを装備、周囲線量率<0.05 μ Sv/h。
溶接性能試験:実際の溶接環境、アルゴン純度>99.999%、流量 8-15 L/min をシミュレート
します。

行動規範

オペレーター:機器の操作と放射線防護に精通するための訓練を受けています。

保護要件:防護服、防塵マスク、手袋を着用し、定期的に個人の投与量を確認してくださ
い。

データロギング:試験結果は、ロット、日付、サンプル数、試験条件など、少なくとも5年
間文書化する必要があります。

廃棄物処理:試験で発生する廃棄物(試料残渣等)は、「関連放射性鉍物の開発及び利用のた
めの企業環境放射線モニタリング及び情報開示対策(試行)」に従って処理します。



CTIA GROUP LTD WT20 電極

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8 - 1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7 - 2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8 - 3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8 - 4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

第9章トリウムタングステン電極の長所と短所

その独特の物理的および化学的特性により、トリウムタングステン電極は、タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、プラズマ溶接、およびその他の産業用途において重要な位置を占めています。しかし、酸化トリウム(ThO_2)によって引き起こされる微量の放射能も、環境や健康への懸念を引き起こします。この章では、トリウムタングステン電極の優れた溶接特性、高温強度、耐摩耗性などの利点と、放射能汚染のリスクと環境および健康への影響に焦点を当てて、その欠点について詳しく説明します。

9.1 トリウムタングステン電極の利点

トリウムタングステン電極は、特に航空宇宙、原子力産業、石油化学産業において、低電子脱出作業、高いアーク安定性、優れた高温耐性により、溶接やその他の高温用途で大きな利点があります。

9.1.1 優れた溶接性能

トリウムタングステン電極は、タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、プラズマ溶接、DC 負極(DCEN)溶接で優れた溶接性能を発揮し、高精度でヘビーデューティな溶接に最適な材料です。

低電子ワークエスケープ

酸化トリウム(ThO_2)のドーピングは、トリウムタングステン電極からの電子の働きを大幅に減少させ(約 2.63eV、純粋なタングステンの 4.55eV よりも低く)、より低い電圧(<15V)でアーク放電を迅速に開始することができます。この特性は、TIG およびプラズマ溶接、特に低電流(50-150 A)で特に重要であり、アーク開始時の熱入力を減らし、ステンレス鋼やチタン合金などの薄いシート材料の溶接に適しています。例えば、WT20 電極(1.7-2.2% ThO_2)は、航空宇宙産業でチタン合金(Ti-6Al-4V)の胴体部品をアーク開始時間<0.5 秒で溶接するために使用され、溶接品質と精度を確保します。

高いアーク安定性

トリウムタングステン電極は、広い電流範囲(50-500A)にわたって集中した安定したアークを維持し、アークドリフトとスパッタを低減し、高融点の金属(ニッケル合金、チタン合金など)の溶接に適しています。アークの安定性は、酸化トリウム粒子が高温で高温の電子を放出する能力によるもので、アークは動的溶接条件下で連続性を維持することができます。例えば、原子力産業では、WT30 電極(2.8-3.2% ThO_2)を使用して、アーク電圧が $\pm 2\text{V}$ のステンレス鋼圧力容器を溶接し、多孔性や亀裂のない溶接を行い、厳しい品質要件を満たしています。

低い燃焼損失率

トリウムタングステン電極の非常に低いバーンアウト率(200A の電流で<0.1mm/h)は、耐用年数を延ばし、交換の頻度と製造コストを削減します。酸化トリウムの熱安定性とタングステンマトリックスの高い融点(3422°C)により、大電流(200-400A)で長時間動作することができます。例えば、石油化学業界では、WT40 電極(3.8-4.2% ThO_2)を厚肉パイプ溶接に使用し、電極先端の形状をほとんど変化させることなく数時間連続運

著作権および法的責任に関する声明

転することができます。

アプリケーション・シナリオ

航空宇宙:WT20 および WT30 電極は、チタンおよびニッケル基合金の TIG 溶接において安定したアーク溶接と高精度溶接を提供し、航空機エンジンおよびロケット部品の高強度要件を満たします。

原子力産業:WT30 および WT40 電極は、ステンレス鋼とニッケル合金で大電流で溶接されており、欠陥のない溶接と耐食性を確保し、原子炉圧力容器に適しています。

自動車製造:WT10 電極は、熱歪みを低減するために薄肉鋼板またはアルミニウム合金で低電流で溶接されており、自動車のサスペンションおよび排気システムに適しています。

9.1.2 高温強度と耐摩耗性

高温および高負荷環境でのトリウムタングステン電極の優れた性能は、溶接だけでなく、真空電子機器やアーク切断にも優れています。

高温強度

酸化トリウムの高い融点(3422°C)と熱安定性により、プラズマ溶接の 15,000~20,000°C のアーク温度などの極端な温度でも構造的完全性を維持できます。酸化トリウム粒子は、タングステンマトリックスの結晶粒成長を抑制し、結晶粒サイズを 10~50µm の範囲に保つために粒界を固定し、それにより電極の熱疲労耐性と機械的強度を向上させました。例えば、プラズマ切断では、WT30 電極が 300A の電流で厚い鋼板を切断し、目立った変形や亀裂を発生させることなく高い熱負荷に耐えることができます。

耐摩耗性

トリウム酸化物の強化効果のおかげで、トリウムタングステン電極(350-450 HV)の硬度は、純粋なタングステン電極(約 300 HV)の硬度よりも高くなっています。この高い硬度と耐摩耗性により、長時間の高電流溶接やアーク切断時の電極先端の摩耗やアブレーションに耐性があります。例えば、電気アーク炉点火では、WT40 電極は高強度のアーク放電を繰り返し開始することができ、耐摩耗性により点火ユニットの長期的な信頼性を確保します。

アプリケーション・シナリオ

真空電子デバイス:カソード材料(マイクロ波管、X線管など)としてのトリウムタングステン電極は、1500~2000°C で安定して電子を放出し、高温耐性と耐摩耗性により、デバイスの寿命は数千時間以上になります。

プラズマ切断:WT30 電極は、高エネルギー密度のプラズマアークでステンレス鋼を切断するため、電極の消費量が削減され、耐摩耗性による切断効率が向上します。

電気アーク炉:WT40 電極は、小型電気アーク炉のアーク開始に使用され、その高温強度と

著作権および法的責任に関する声明

耐摩耗性が高周波点火をサポートします。

9.2 トリウムタングステン電極の欠点

トリウムタングステン電極の大きな性能上の利点にもかかわらず、酸化トリウムの存在によって引き起こされる微量放射能は、特定のアプリケーションでの使用を制限し、環境および健康上の懸念を引き起こします。

9.2.1 放射能汚染のリスク

酸化トリウム中のトリウム-232(Th-232)は、半減期が約 140 億年の天然に存在する放射性核種で、 α 粒子(4.01-4.08MeV)と少量の β および γ 光線を放出します。WT10 は約 1Bq/g、WT40 は適用除外基準をわずかに上回る程度と低い放射能濃度にもかかわらず、製造・使用時に放射能汚染のリスクがあります。

生産プロセスにおけるリスク

粉塵汚染:トリウム含有粉塵は、混合、粉碎、焼結、粉碎中に発生し、吸入や接触によって人体に侵入し、内部放射線のリスクを高めめます。長期ばく露は、リスクは低いものの、肺や組織に損傷を与えることがある(年間実効線量約 0.1~1mSv)。

廃棄物管理:生産工程で発生する廃棄物(粉じん、廃水、廃電極など)は放射性廃棄物として処理する必要があり、放射能濃度が >1 Bq/g の廃棄物は固化(セメントマトリックスと混合するなど)して特別な施設に保管する必要があり、生産コストが増加します。

機器要件:ミキサー、グラインダー、焼結炉には、粉塵の拡散を防ぐために、エンクロージャーと高効率フィルター(HEPA、捕捉効率 $>99.9\%$)を装備する必要があります。廃水は沈殿とイオン交換によって処理する必要があり、排出する前に活性は 0.1Bq/L 以下です。

使用中のリスク

研削粉塵:溶接前に電極先端を研磨して円弧形状を最適化し、発生したトリウム粉塵が吸入によって体内に入る可能性があります。専用のグラインダーと真空吸引システムが必要で、そうしないと放射線被ばくの原因となります。

環境への排出:溶接や切断からの排気ガスには微量のトリウム化合物が含まれている可能性があり、作業環境の汚染を防ぐために活性炭や HEPA フィルターで処理する必要があります。

廃電極の処分:廃トリウムタングステン電極は、放射性廃棄物に応じて個別に収集する必要があり、使用コストと監督の難しさが増します。

標準の制限事項

国際規格:ICRP 出版物 103 および EU 指令 2013/59/Euratom では、製造および使用のために $<0.1\mu\text{Sv/h}$ の環境線量率と $0.4<\text{Bq/cm}^2$ の表面汚染が要求されています。

国内規格:GB 18871-2002 および放射性鉍物の開発と利用に従事する企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示のための措置(試行)は、企業が放射線レベルを定期的に監視することを要求し、廃棄物活動濃度は <1 Bq/g である必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

制限されたシーン

放射能のリスクがあるため、医療、食品加工、電子産業でのトリウムタングステン電極の使用は制限されています。たとえば、欧州連合(EU)と北米では、潜在的な汚染リスクを回避するために、食品グレードのステンレス鋼溶接にトリウムタングステン電極を使用することを禁止しています。

9.2.2 環境と健康への影響

トリウムタングステン電極の放射性特性は、環境と健康に潜在的な影響を与えるため、業界は非放射性の代替品を探すようになりました。

環境への影響

廃棄物処理:製造・使用時に発生する放射性廃棄物(ばいじん、廃水、廃電極など)は、土壌や水域の汚染を防ぐために厳重に管理する必要があります。例えば、廃水中のトリウム化合物は、未処理で排出されると地下水汚染につながる可能性があります。

排出ガス制御:溶接や切断からの排気ガスは、高効率のろ過システムによって処理され、トリウム化合物が大気中に放出されるのを防ぎます。企業は、措置の要件を満たすために、定期的に環境保護部門に排出報告書を提出する必要があります。

長期蓄積:トリウム 232 の半減期が超長いということは、廃棄物を長期間保管する必要があります。これを意味し、専用の廃棄物バンクの建設と保守は環境管理コストを増加させます。

健康への影響

職業暴露:トリウムタングステン電極を製造および使用するオペレーターは、粉塵を吸い込んだり、汚染された表面に触れたりすることで、 α 粒子放射線にさらされる可能性があります。低線量被ばくを長期間行くと、肺がんや組織損傷のリスクが高まる可能性がありますが、その可能性は低い(実効<年間 1mSv)で安全である)。

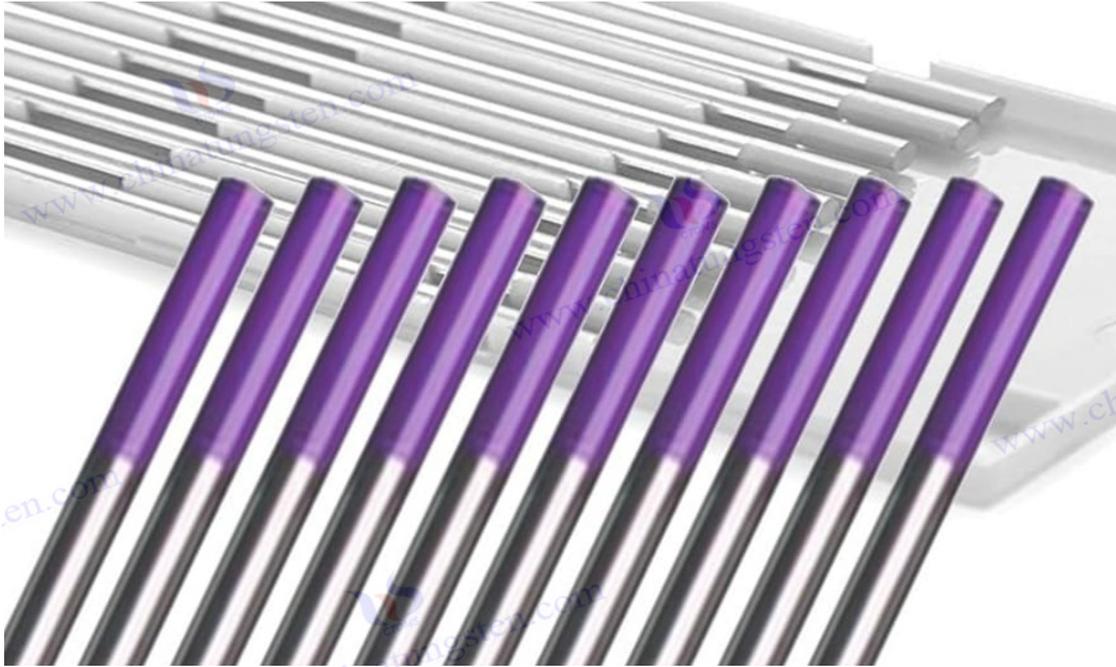
公共リスク:廃棄物が適切に処理されない場合、トリウム化合物は環境媒体(水、土壌など)を通じて食物連鎖に入り、周辺住民の健康に影響を与える可能性があります。ICRP は、公衆の年間実効線量を 1mSv<とし、厳格な排出規制を行うことを推奨しています。

保護コスト:企業は保護具(防護服、防塵マスクなど)と監視装置(AT1123、XH-3206 など)を装備する必要があり、オペレーターは放射線安全トレーニングを受ける必要があるため、運用コストが増加します。

オルタナティブなトレンド

放射能の問題により、セリウムタングステン(WC20)、ランタンタングステン(WL20)、ジルコニウムタングステン(WZ8)などの非放射性電極がトリウムタングステン電極に徐々に取って代わりつつあります。これらの電極の電子仕事(約 2.7-2.8eV)とアーク安定性は、放射性リスクのないトリウムタングステン電極のものに近いです。例えば、ランタンタングステン電極は、すでに EU 市場の TIG 溶接電極の 60%以上を占めており、航空宇宙および医療産業で広く使用されています。中国のトリウムタングステン電極は、コスト面での優位性により依然として支配的ですが、ランタンタングステンとセリウムタングステン電極のシェアは年々増加しています。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD WT30 電極

第 10 章 トリウムタングステン電極の保管、輸送および安全管理

トリウムタングステン電極には微量の放射性酸化トリウム(ThO_2)が含まれているため、その保管、輸送、および使用は、放射能汚染を防ぎ、人の健康を保護し、環境の安全性を確保するために、厳格な安全管理慣行に従う必要があります。この章では、保管環境と条件、梱包基準と保護対策、輸送中の安全上の注意、放射性物質の安全管理慣行、および緊急時の処置と事故防止対策について詳しく説明します。

10.1 ストレージ環境と条件の要件

トリウムタングステン電極の保管は、それらの物理的特性が損なわれないようにすると同時に、酸化トリウムの放射性物質の漏れまたは拡散を防ぐべきである。保管環境と条件は、国際規格および国内規格(e.g. ISO 6848:2015、GB 18871-2002)に準拠する必要があります。

ストレージ環境

温度と湿度:

温度:10-30°C、電極表面の酸化や材料特性の劣化につながる高温(>50°C)を避けるため。

湿度:<60%RH で、湿気がタングステンマトリックス腐食を引き起こしたり、酸化トリウム粉塵が水分を吸収したりするのを防ぎます。

環境要件:保管場所は、水源や化学薬品から離れた、乾燥した換気の良い専用倉庫である必要があります。

防塵&絶縁:

保管エリアには、放射性粉塵の拡散を防ぐために、空気中の粉塵濃度が< 0.1 mg /m³の効率的な換気システムを装備する必要があります。

電極は、相互汚染を避けるために、食品、医薬品、またはその他の敏感なアイテムから隔

著作権および法的責任に関する声明

離して保管する必要があります。

放射線防護:

保管エリア内の X-γ 放射線量率は、GB 18871-2002 の要件を満たす $0.05\mu\text{Sv/h}$ である必要があります。

倉庫には、周囲の放射線レベルを定期的に監視するために、放射線モニター(AT1123 など)を装備する必要があります。

保管条件

コンテナの要件:

電極は、厚さ 2 mm の密閉されたステンレス鋼またはプラスチックの容器に保管し、放射性警告ラベル(「注意:放射性物質」など)のマークを付ける必要があります。

容器は不活性ガス(アルゴンなど)で満たすか、酸化を防ぐために真空中に保管する必要があります。

分類ストレージ:

異なるタイプのトリウムタングステン電極(WT10、WT20、WT30、WT40 など)は、酸化トリウム含有量とバッチ番号を示して別々に保管する必要があります。

廃電極は、混合を防ぐために専用の放射性廃棄物容器に別々に保管する必要があります。

保存期間:

トリウムタングステン電極の保管期間は、パッケージの完全性と保管条件にもよりますが、通常は 2~5 年です。

電極の表面品質(酸化や亀裂なし)を定期的にチェックし、不適格な電極は放射性廃棄物として処理する必要があります。

注意 事項

保管倉庫は、権限のない人員に制限され、アクセス制御および監視システムが装備されています。

保存記録には、電極の種類、数量、バッチ、保存日、放射線モニタリングデータが含まれ、少なくとも 5 年間保存する必要があります。

倉庫は、ほこりを避けるために、ウェットクリーニング方法を使用して定期的に清掃する必要があります。

10.2 包装基準と保護対策

包装は、トリウムタングステン電極の保管と輸送のための防御の第一線であり、国際規格および国内規格(ISO 6848:2015、GB/T 4187-2017 など)に従って、電極の完全性を確保し、放射性物質の漏れを防ぐ必要があります。

包装規格

梱包材:

内部包装:防湿、耐酸化性のプラスチックチューブまたは真空密封されたバッグを使用し、

著作権および法的責任に関する声明

各電極は互いに摩擦しないように個別に梱包されています。

外装:ステンレス鋼または高強度プラスチックの箱、厚さ>2 mm、耐衝撃性、シーリング。
緩衝材:輸送中の振動や衝撃を減らすために、フォームまたはバブルパッドを充填します。

マーキング要件:

電極の種類(WT20 など)、酸化トリウム含有量、バッチ番号、製造日、および製造元情報をパッケージに記載する必要があります。

放射性警告標識:「放射性物質」(三つ葉)の記号と、「トリウムが含まれています。取り扱いには注意してください」などのテキストの説明を示します。

国際原子力機関(IAEA)の SSR-6 包装要件に適合する「タイプ A」包装カテゴリー(低レベル放射性物質用)。

パッキング:

パックあたりの電極の数:10~100、長さ(50~300 mm)、直径(0.5~10 mm)は同じである必要があります。

パッケージ重量:<50kg で取り扱いと輸送が簡単です。

保護措置

耐湿性と耐酸化性:

パッケージには乾燥剤(シリカゲルなど)を充填するか、湿気が入らないように掃除機をかけてください。

外装は、長期保管の安全性を確保するために、防錆塗料または防錆材料でコーティングする必要があります。

耐衝撃性と耐落下性:

ボックスは落下試験(破損することなく高さ 1.2m)に合格し、IAEA SSR-6 の要件を満たす必要があります。

輸送中は、滑りや転倒を避けるためにボックスを固定する必要があります。

放射線防護:

ボックスは、 α 粒子(>厚さ 0.1 mm のプラスチックで十分です)と一部の γ 光線(厚さ 2 mm のステンレス鋼)から保護する必要があります>。

包装面の放射線量率は $0.1\mu\text{Sv/h}$ <、表面汚染< 0.4Bq/cm^2 (GB 18871-2002)であるべきです。

注意 事項

パッケージは、損傷や漏れがないことを確認するために定期的に検査する必要があります。

X- γ 放射線量率検出器(AT1123 など)や $\alpha \cdot \beta$ 表面汚染検出器(XH-3206 など)を使用して、

包装表面の放射線レベルを検出します。

不適合な包装は、再密封するか、放射性廃棄物として処分する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8 - 1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7 - 2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8 - 3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8 - 4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

10.3 輸送中の安全上の注意

トリウムタングステン電極の輸送は、安全性を確保し、放射能汚染を防止するために、放射性物質の輸送に関する国際的および国内的な規制(IAEA SSR-6、GB 11806-2004 など)の対象となります。

配送要件

配送方法:

陸上輸送:防振器具と放射線監視装置を装備した特別なトラックを使用してください。

海上輸送:国際海事機関(IMDG)の仕様に準拠したタイプ A パッケージで、専用の貨物倉に保管されます。

航空貨物:国際航空運送協会(IATA)の危険物規則に準拠しており、パッケージは圧力および落下試験の対象となります。

梱包&積み込み:

電極は、セクション 10.2 に従って梱包し、移動や損傷を防ぐために輸送手段に固定する必要があります。

輸送車両または貨物倉には、「低比放射能物質(LSA-I)」を示す放射性警告標識を掲示する必要があります。

放射線モニタリング:

輸送前:包装表面の表面線量率($<0.1\mu\text{Sv/h}$)と汚染レベル($<0.4\text{Bq/cm}^2$)を検出します。

輸送中:RadEye PRD などの携帯型放射線検出器を使用して、貨物の放射線レベルを定期的にチェックしてください。

出荷後:レシーバーはパッケージの完全性と放射線レベルをチェックし、データを記録します。

安全上のご注意

人員保護:

輸送要員は、放射線安全に関する訓練を受け、年間 $<1\text{mSv}$ の実効線量の個人用線量計を着用する必要があります。

取り扱いの際は保護手袋を着用し、電極やパッケージに直接触れないようにしてください。

緊急時への備え:

輸送車両には、防護服、密封バッグ、携帯型放射線検出器などの緊急キットを装備する必要があります。

輸送事故の緊急時対応計画を策定し、漏洩・破損時の対応プロセスを明確にする。

ルートプランニング:

悪天候を避けるために、人口密集地や水源から離れた交通ルートを選択してください。

貨物は現地の規制の対象となり、事前に関係当局(環境当局や原子力安全当局など)に報告されます。

著作権および法的責任に関する声明

注意 事項

電極の数、梱包の種類、放射線レベル、輸送ルートなど、出荷記録は少なくとも5年間保管する必要があります。

国際輸送には、IAEA SSR-6の要件を満たす英語版の放射性物質輸送証明書が必要です。輸送中は、他の危険物(可燃物など)との混合を避けてください。

10.4 放射性物質の安全管理慣行

トリウムタングステン電極は、そのトリウム-232(Th-232、放射能濃度約1Bq/g)により、低比放射能放射性物質とされ、国内外の放射線安全管理基準(ICRP Publication 103, GB 18871-2002など)の対象となっています。

管理規範

登録とライセンス:

製造業者および使用者は、原子力安全規制当局(中国国家核安全局など)に登録し、放射性物質の運転許可を取得する必要があります。

保管と輸送には活動濃度の報告が必要であり、WT10(0.8-1.2%ThO₂)は一般的に免除基準(1Bq/g)を満たし、WT40(3.8-4.2% ThO₂)は追加の監督が必要です。

放射線防護:

生産および保管エリアには、粉塵の拡散を防ぐために、エンクロージャーとHEPAフィルター(99.9%の捕捉効率)を装備する必要があります。

運転員は、防護服、防塵マスク、手袋を着用し、定期的な健康診断と線量モニタリング(実効線量<年間1mSv)を受ける必要があります。

廃棄物管理:

廃棄物の分類:粉じん、廃水、廃電極は別々に収集し、活動濃度が>1Bq/gの廃棄物は放射性廃棄物として処理する必要があります。

硬化処理:粉塵や廃電極をセメントや樹脂マトリックスと混合する必要があり、硬化体の強度>10MPaです。

保管と処分:放射性廃棄物は専用の保管庫に保管され、定期的に専門機関(中国核工業集团公司など)に引き渡されて処分されます。

情報開示:

放射性地雷の開発と利用に従事する企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示のための措置(試験実施用)によると、企業は毎年、放射線モニタリングレポートを環境保護部門に提出し、廃棄物の処理と排出のデータを開示する必要があります。

スタンダードベース

国際:ICRP 出版物 103(2007)は、公衆に年間1mSvの<の実効線量と<20mSvの職業被ばくを義務付けています。IAEA SSR-6は、輸送包装と放射線制限を規定しています。

国内:GB 18871-2002は、<0.05μSv/hの環境線量率と0.4Bq/cm²<の表面汚染を要求しています。GB 11806-2004は、放射性物質の輸送の安全性を規制しています。

著作権および法的責任に関する声明

注意 事項

企業は、放射線安全管理システムを確立し、放射線防護の責任者を常勤で任命する必要があります。

放射線リスク、防護対策、緊急時対応に関するスタッフの定期的なトレーニング。

放射線モニタリング機器は、精度と信頼性を確保するために、毎年校正する必要があります。

10.5 緊急時の取り扱いと事故防止

トリウムタングステン電極の放射能リスクは低い(主に α 粒子、浸透性が低い)が、包装の損傷、粉塵漏れ、輸送事故などの状況に対処するための応急処置と事故防止策を開発する必要があります。

事故防止

機器のメンテナンス:

ミキサー、グラインダー、保管容器の気密性を定期的にチェックして、ほこりの漏れを防ぎます。

換気および集塵システムは通常の動作に保つ必要があります、フィルターの交換間隔は 6 か月<。

運用仕様:

従業員は、操作手順を厳守し、保護具を着用し、非絶縁領域で電極を研削することを禁じられています。

保管および輸送中は、パッケージの完全性を定期的にチェックし、損傷したコンテナを時間内に交換する必要があります。

環境モニタリング:

固定式放射線モニタリングステーション(Mirion RDS-31 など)を設置して、作業場や倉庫の線量率をリアルタイムで監視します。

XH-3206 などの $\alpha\beta$ 表面汚染検出器を使用して、機器とパッケージの表面を毎週検査します。

緊急時の対応

ダスト漏れ:

関連する機器をすぐにシャットダウンし、緊急換気システムをアクティブにして、漏れ領域を分離します。

粉塵はウェットスweep法で回収され、密閉容器に入れられ、放射能警告が印が付けられます。

汚染の範囲は、X- γ 検出器と α および β 検出器を使用して評価され、 $0.1\mu\text{Sv/h}$ >線量率または 0.4Bq/cm^2 >表面汚染を報告する必要があります。

破損したパッケージ:

配送または取り扱いを停止し、破損したパッケージを検疫エリアに移動します。

密封された袋を使用して電極を再密封し、新しいパッケージの放射線レベルを検出しま

著作権および法的責任に関する声明

す。

飛散した電極を清掃し、放射性廃棄物処分場に送ってください。

交通事故:

事故現場を隔離し、人員の立ち入りを制限し、保護具を着用してください。

携帯型放射線検出器を使用して放射線レベルを評価し、その光景を記録するために写真を撮影します。

原子力安全・環境保護部門に連絡し、事故内容を報告し、必要に応じて汚染物を処分してください。

人員の露出:

直ちに曝露した職員を避難させ、個人線量計を検査し、受けた線量を評価します。

応急処置(皮膚や目を洗うなど)を行い、必要に応じて医師の診察を受けてください。

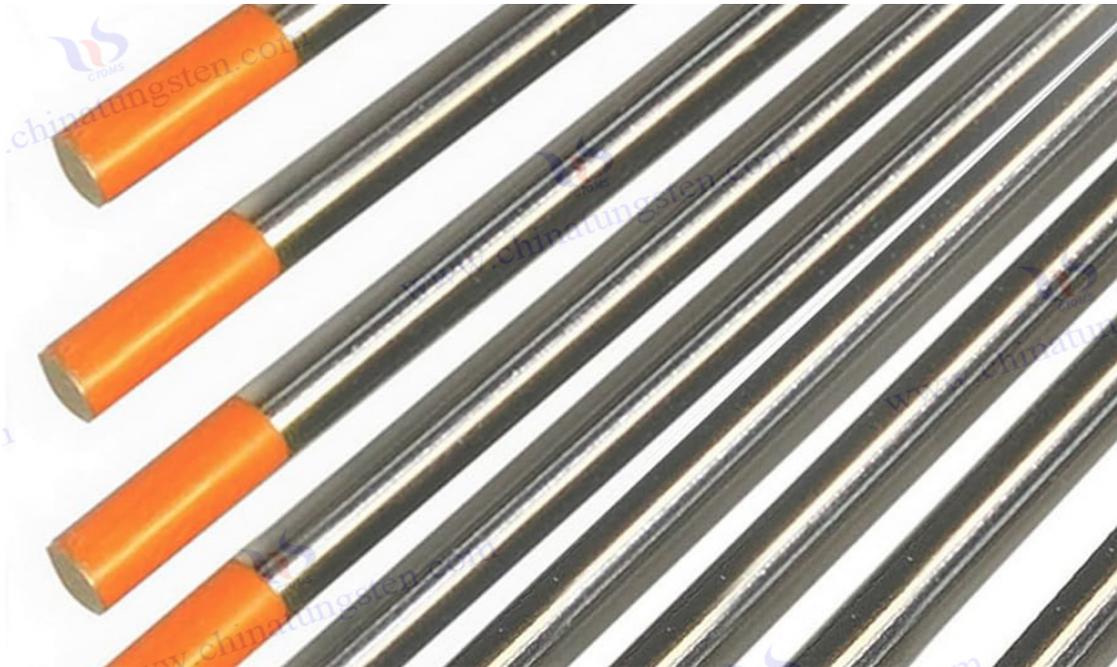
曝露イベントを記録し、原因を分析し、保護対策を改善します。

注意 事項

企業は、少なくとも年に一度は詳細な緊急時計画を策定し、訓練を組織する必要があります。

非常用キットには、防護服、密封バッグ、携帯用探知機、応急処置用品が含まれている必要があります。

事故報告書は、事故の原因、放射線量、処分措置を記載した事故報告書を 24 時間以内に原子力安全部門に提出する必要があります。



CTIA GROUP LTD WT40 電極

著作権および法的責任に関する声明

第 11 章 トリウムタングステン電極の将来の開発動向と課題

タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、プラズマ溶接、真空電子デバイスの主要材料として、トリウムタングステン電極は、優れたアーク安定性、低電子逃げ作業、および高い耐摩耗性により、航空宇宙、原子力産業、石油化学分野で重要な位置を占めています。しかし、酸化トリウム(ThO_2)によって引き起こされる微量の放射能は、環境と健康上の課題を提示し、業界は非放射性代替材料の開発を加速し、調製プロセスを改善し、グリーン製造を促進するように促しています。この章では、代替材料の研究開発の進捗状況、環境保護と放射線安全圧力、新しい準備プロセスとグリーン製造、性能改善の方向性、市場の需要の変化と産業チェーンの開発、および政策と規制の影響とコンプライアンスの発展など、トリウムタングステン電極の将来の開発動向と課題について説明します。

11.1 トリウムタングステン電極の代替材料の研究開発の進展

世界中で放射性物質の規制がますます厳しくなる中、非放射性タングステン電極の研究開発は業界でホットな話題となっています。代替材料は、低電子ワークやアーク安定性など、トリウムタングステン電極の溶接特性を維持または近づくように設計されており、放射能のリスクを排除します。現在、一部の分野では、セリウムタングステン(WC20)、SM タングステン(WL20)、ジルコニウムタングステン(WZ8)、イットリウムタングステン(WY20)などの非放射性電極がトリウムタングステン電極に取って代わっています。

11.1.1 セリウムタングステン電極(WC20)

組成と特性:1.8~2.2%の酸化セリウム(CeO_2)を含み、電子の仕事は約 2.7eV で、これはトリウムタングステン電極の 2.63eV に近いです。セリウム-タングステン電極は、DC アノード(DCEN)および交流(AC)溶接で良好なアーク開始性能とアーク安定性を示し、バーンアウト率は 0.12 mm/h(200 A 電流時)<、トリウムタングステン電極の 0.1 mm/h よりもわずかに高かった。

利点:非放射性で、医療、食品、電子産業に適しています。コストは低く、製造プロセスは簡単で、ISO 6848:2015 規格に準拠しています。

アプリケーション:ステンレス鋼およびアルミニウム合金の TIG 溶接に広く使用されています。例えば、医療機器の製造では、WC20 電極を使用してチタン合金インプラントを溶接し、放射能汚染のリスクを回避しています。

研究開発の進展:近年の研究は、アークの安定性と耐久性を向上させるために、酸化セリウム粒子の分布とサイズ(0.5~2 μm)を最適化することに焦点を当てています。例えば、2023 年に *Welding Journal* 誌は、化学共沈によってより均質なセリウムタングステン電極を調製し、アーク安定性を 10%向上させる新しい湿式ドーピングプロセスを報告しました。

課題:大電流(>300A)では、セリウムタングステン電極の焼損率はわずかに高くなり、ヘビ

著作権および法的責任に関する声明

一デューティ溶接への適用が制限されます。研究者は、燃え尽き症候群の発生率をさらに減らすために、複合ドーピング($\text{CeO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$ など)を研究しています。

11.1.2 SM タングステン電極(WL20)

組成と性能:1.8-2.0%の酸化 SM(La_2O_3)を含み、約 2.8 eV の電子仕事、アーク安定性はセリウムタングステン電極よりも優れており、バーンアウト率は $<0.1 \text{ mm/h}$ (200A 電流)で、トリウムタングステン電極に近いです。WL20 電極は、大電流およびパルス溶接に優れているため、精密およびヘビーデューティアプリケーションに適しています。

利点:非放射性、優れた高温強度と耐摩耗性、セリウムタングステン電極よりも 20~30% 長寿命。EU 市場では、WL20 はすでに TIG 溶接電極の 60%以上を占めています。

用途:航空宇宙および原子力産業でチタン合金およびニッケル基合金の溶接に使用されます。例えば、ボーイングは 787 型機の構造で、WT20 型電極に代わり、WL20 型電極を大量に採用しています。

研究開発の進捗:2024 年、Materials Science and Engineering は、ナノスケールの酸化 SM ドーピング(粒子サイズ $0.5\mu\text{m}$)によりアーク濃度と耐久性を大幅に改善する新しい SM タングステン電極<報告しました。SM とジルコニウムまたはイットリウムとの複合ドーピングも、AC 溶接性能を最適化するために検討されました。

課題:SM タングステン電極は製造コストが高く(WT20 より約 20%)、コストに敏感な市場での採用が限られています。研究者は、価格を下げるために低コストの焼結プロセスを開発しています。

11.1.3 ジルコニウムタングステン電極(WZ8)

組成と特性:0.7-0.9%のジルコニア(ZrO_2)を含み、アルミニウムおよびマグネシウム合金の AC 溶接用に特別に設計されています。電子的な仕事は約 2.9eV で、アークの安定性は中程度で、バーンアウト率は 150A で 0.15mm/h <です。

利点:非放射性、軽金属溶接に適しており、電極表面に安定した酸化物層が形成され、汚染を減らします。

用途:自動車の車体や船体構造など、自動車および海洋産業のアルミニウム合金溶接に使用されます。

研究開発の進捗状況:ジルコニウムタングステン電極の研究開発は、アーク安定性の向上に焦点を当てており、2022 年に Journal of Materials Processing Technology は、微量酸化イットリウムとジルコニウム-タングステン電極の複合化を報告し、アーク安定性を 15%改善しました。

課題:ジルコニウムタングステン電極は、大電流 DCEN 溶接には適さず、用途範囲が狭く

著作権および法的責任に関する声明

なっています。今後は、複数のシナリオに適したジルコニウム系複合電極の開発が求められています。

11.1.4 イットリウムタングステン電極(WY20)

組成と特性:1.8〜2.2%の酸化イットリウム(Y_2O_3)を含み、電子の仕事は約 2.75 eV で、性能は SM タングステン電極に近く、高精度溶接に適しています。

利点: 非放射性、高いアーク安定性、マイクロ溶接(電子部品など)に適しています。

アプリケーション:回路基板接続など、半導体および電子産業における精密はんだ付け。

研究開発の進展:研究はイットリウムタングステン電極の耐熱疲労性の向上に焦点を当てており、2023 年には中国溶接協会がプラズマ溶射によって調製されたイットリウムタングステン電極が耐久性を 25%向上させたと報告しました。

課題:イットリウム-タングステン電極は、コストが高く(WT20 より約 30%高い)、市場浸透率が低い。コストを削減するためには、生産プロセスをさらに最適化する必要があります。

11.1.5 複合希土類電極

R&D の方向性:複合ドーピング電極($CeO_2+La_2O_3$ 、 $La_2O_3+Y_2O_3$ など)は、さまざまな希土類酸化物の利点を組み合わせて、低電子働き(<2.7 eV)、高いアーク安定性、および低いバーンアウト率を実現します。2024 年、Journal of Industrial Ecology 誌は、WT40 に近い性能と非放射性を持つ $CeO_2-La_2O_3$ 複合電極を報告しました。

利点:トリウムタングステン電極のすべてのアプリケーションシナリオをカバーできる優れた包括的な性能。

課題:複合ドーピングプロセスは複雑で、均一性を制御するのは難しく、コストは高くなります。今後は、自動攪拌・焼結技術の開発が必要となります。

11.1.6 将来の見通し

短期(1〜5 年):セリウムタングステンおよび SM タングステン電極は、特に厳しい環境要件を持つヨーロッパおよびアメリカの市場で、市場シェアを拡大し続けます。SM タングステン電極は、その優れた性能により、主流の代替品になる可能性があります。

長期(5〜10 年):複合希土類電極は、特に高精度で頑丈な溶接において、トリウムタングステン電極に完全に取って代わることが期待されています。また、新たなドーピング材料(酸化ジスプロシウム、酸化エルビウムなど)も検討されており、これにより性能がさらに向上

著作権および法的責任に関する声明

する可能性があります。

テクノロジー主導型: ナノテクノロジーと化学蒸着(CVD)を使用して、より均質なドーブ電極を製造し、性能の一貫性を向上させます。ドーピング比と焼結パラメータを最適化する人工知能(AI)も、研究開発プロセスを加速します。

11.2 環境保護と放射線安全圧力

トリウムタングステン電極中のトリウム 232(Th-232)は、 α 粒子と少量の β ・ γ 光線を放出し、その放射能濃度は低いものの(WT10は約1Bq/g、WT40の免除基準をわずかに上回っています)、その放射能は世界的な環境・安全圧力を引き起こし、業界は非放射性電極への移行を促しています。

11.2.1 国際的な環境規制

EU: 指令 2013/59/Euratom では、製造および使用のために $<0.1\mu\text{Sv/h}$ の環境線量率と $<0.4\text{Bq/cm}^2$ の表面汚染が義務付けられています。EUはトリウムタングステン電極を段階的に廃止し、SMタングステン電極とセリウムタングステン電極が主流となっています。

米国: 環境保護庁(EPA)と労働安全衛生局(OSHA)は、トリウム粉塵への曝露を減らすために、企業にHEPAフィルターと特殊な粉碎装置を装備することを義務付けています。カリフォルニア州などの州では、放射性物質の使用に特別な許可が必要です。

国際原子力機関(IAEA): SSR-6仕様では、輸送パッケージは α 粒子や γ 線から $<0.1\mu\text{Sv/h}$ の表面線量率で遮蔽されることが義務付けられています。IAEAでは、低比活性物質(LSA-I)の免除も推進しており、WT10電極は概ね適用基準を満たしています。

11.2.2 国内の環境規制

中国: GB 18871-2002は、生産環境線量率 $<0.05\mu\text{Sv/h}$ 、廃棄物活動濃度 $<1\text{Bq/g}$ を要求しています。放射性鉍物の開発・利用に取り組む企業の環境放射線モニタリングと情報開示対策(試験実施)では、毎年、企業に放射線モニタリング報告書の提出を義務付けており、排水活動は 0.1 ベクレル/L<。

課題: 世界最大のタングステン資源およびトリウムタングステン電極の生産国である中国は、廃棄物処理と排出制御に多大な圧力に直面しています。廃棄物(粉塵、廃水など)は固化して専用の施設に保管する必要があり、製造コストが増加します。

11.2.3 環境への影響

粉塵汚染: 混合、粉碎、焼結プロセス中に発生するトリウム粉塵は、吸入または堆積によって環境を汚染する可能性があるため、封じ込めフードと高効率フィルター(99.9%の捕捉効率)が必要です。

著作権および法的責任に関する声明

廃水と廃棄物:生産廃水中のトリウム化合物は、沈殿とイオン交換によって処理する必要があり、固形廃棄物はセメントマトリックスと混合する必要があり、長期保管には費用がかかります。

長期蓄積:トリウム 232 の半減期が超長い(140 億年)ため、廃棄物は永久に隔離する必要があります。土壌と水の安全性に影響を与える可能性があります。

11.2.4 健康への影響

職業暴露: 作業者は、粉塵の吸入や汚染された表面との接触により、年間 1 mSv 未満の実効線量で α 粒子にさらされる可能性があります (ICRP 103)。長期の低線量被ばくは、可能性は低いものの、肺がんのリスクを増加させる可能性があります。

公共リスク:廃棄物が適切に処理されていない場合、トリウム化合物は環境媒体を通じて食物連鎖に入り込み、周辺住民の健康に影響を与える可能性があります。公衆の年間実効線量は<1mSv である必要があります。

保護コスト:企業は、保護具(防護服、防塵マスクなど)、監視機器(AT1123、XH-3206 など)、およびトレーニングに投資する必要があり、運用コストが増加します。

11.2.5 将来の傾向

非放射性置換:環境圧力が SM タングステンおよびセリウムタングステン電極の人気を牽引しており、世界のトリウムタングステン電極の市場シェアは、2030 年までに現在の 40% から 20%に減少すると予想されています。

グリーン認証:企業は、生産プロセスが環境基準を満たしていることを証明するために、ISO 14001 環境管理システム認証に合格する必要があります。

技術サポート:自動監視システム(リアルタイム放射線検出ネットワークなど)と廃棄物処理技術(プラズマ焼却など)は、放射能のリスクを低減します。

11.3 新しい準備プロセスとグリーンマニュファクチャリング

環境保護の圧力に対処し、生産コストを削減するために、トリウムタングステン電極の調製プロセスは、高効率、グリーン、インテリジェンスの方向に発展しています。

11.3.1 高度なミキシングおよびドーピング技術

ウェットブレンディング:タングステン粉末と酸化トリウムを脱イオン水またはエタノールに混合することにより、粉塵の飛散が減少し、均一性が向上します。2023 年、Journal of Materials Processing Technology は、酸化トリウム粒子分布の均一性を 15%改善した超音波支援湿式混合プロセスを報告しました。

化学共沈:原子レベルの均質なドーピング粉末は、タングステン酸と硝酸トリウム溶液の共沈によって調製され、ハイエンドの電極製造に適しています。このプロセスには、反応器と遠心分離機を装備する必要があり、廃水処理のコストは高くなります。

著作権および法的責任に関する声明

ナノドーピング: ナノサイズの酸化トリウム粒子(<0.5 μm)を使用して、ドーピングを減らし、放射能のリスクを低減しながら電極の性能を向上させます。2024年、中国溶接学会は蒸着(CVD)ドーピング技術を報告し、酸化トリウム含有量を $\pm 0.01\%$ で正確に制御することができます。

11.3.2 効率的な焼結技術

プラズマ焼結(SPS): 粉末は高周波電気スパークによって加熱され、焼結温度は 1800~2000°C に低下し、時間は 5~10 分に短縮され、電極密度は 98% の理論密度に達します。SPS はエネルギー消費を 30% 削減し、グリーン製造の要件を満たしています。

マイクロ波焼結: マイクロ波急速加熱を使用すると、焼結時間が 10~15 分に短縮され、粒径がより均一になります(10~30 μm)。2023年、Materials Science and Engineering は、マイクロ波で焼結したトリウムタングステン電極の燃焼損失率が 10% 減少したと報告しました。

真空焼結: 酸化を防ぐために 10 $^{\circ}\text{Pa}$ の真空環境で焼結し、高純度電極の製造に適しています。新しい真空炉(ALD VIM など)には、プロセスの安定性を高めるためのオンライン監視システムが装備されています。

11.3.3 グリーン製造技術

ダストコントロール: 新しいクローズドミキサーと研削盤には、HEPA フィルターと負圧ダスト吸引システムが装備されており、ダストキャプチャ効率>99.9%で、GB 18871-2002 の要件を満たしています。

廃棄物リサイクル: タングステンとトリウムを化学溶解と電解分離により回収する廃棄物電極リサイクル技術を開発し、回収率は 90%。2024年、Journal of Industrial Ecology は、廃水活動を 0.05Bq/L 未満に削減したクローズドループリサイクルプロセスを報告しました。

エネルギーの最適化: 高効率の焼結炉と再生可能エネルギー源(太陽光発電など)を使用して、炭素排出量を削減します。2023年、中国核工業集团公司は、トリウムタングステン電極の生産ラインからの炭素排出量が 20% 削減されたと報告しました。

11.3.4 インテリジェントな生産

自動化装置: ロボットによる混合および粉砕システムを使用して、手動接触を減らし、放射線被曝のリスクを軽減します。例えば、ABB のロボット研削システムは、電極先端角度誤差<1 $^{\circ}$ を達成しています。

オンラインモニタリング: XRF および XRD オンラインアナライザーを装備し、酸化トリ

著作権および法的責任に関する声明

ウム含有量と粒構造をリアルタイムで監視して、品質の一貫性を向上させることができます。

AIの最適化:2024年のWelding Journalによると、人工知能を使用してドーピング比と焼結パラメータを最適化したAI支援プロセスにより、生産効率が15%向上しました。

11.3.5 チャレンジ

コスト:新しいプロセス(SPS、CVDなど)は、設備への投資が多く、短期間で普及させることは困難です。

技術の成熟度:ナンドーピングや廃棄物リサイクル技術はまだ実験室の段階にあり、さらなる産業的実現性を検証する必要があります。

規制遵守:グリーン製造は厳格な環境基準を満たす必要があるため、認証のコストが増加します。

11.4 トリウムタングステン電極性能の改善方向

非放射性電極の急速な開発にもかかわらず、高電流およびヘビードューティ溶接におけるトリウムタングステン電極の性能上の利点は、特定のシナリオでそれらがかげがえのないものになっています。今後のパフォーマンス改善には、次のようなものがあります。

11.4.1 アークの安定性とアーク開始性能

目的:電子逃走の仕事量(<2.6 eV)をさらに減らすには、アーク放電速度(<0.3 秒)とアーク安定性(電圧変動 ± 1 V)を上げます。

テクノロジーパス:

酸化トリウムの粒子サイズ(0.2-0.5 μ m)を最適化し、熱電子放出効率を向上させました。複合ドーピング(ThO₂+CeO₂など)とさまざまな希土類酸化物の組み合わせの利点を探ります。

2024年、Materials Science and Engineering は、アーク電圧が10%減少したThO₂-La₂O₃複合電極を報告しました。

11.4.2 バーンロス率と寿命

目標:200A でバーンアウト率を<0.08mm/h に低減し、電極の寿命を50%延長します。

テクノロジーパス:

電極密度(理論密度>98%)を増加させ、プラズマ焼結によりより高密度の微細構造を実現します。

ジルコニアまたは酸化イットリウムの層の適用などの表面コーティング技術は、アブレーション耐性を強化します。2023年、Journal of Materials Processing Technology は、ジルコニアコーティング電極の寿命が30%増加したと報告しました。

著作権および法的責任に関する声明

課題:コーティングプロセスでは、基材に対するコーティングの強度を確保し、剥離を防ぐ必要があります。

11.4.3 高温強度と耐摩耗性

目標は、高電流(>500A)と温度(>20,000°C)に対する硬度(>450 HV)と耐熱疲労性を向上させることです。

テクノロジーパス:

結晶粒微細化は、焼結温度と時間を制御することにより、結晶粒径を 20 μ m<維持します。粒界強度を高めるために、微量強化元素(Zr、Y など)を添加します。2024 年、中国溶接協会は、硬度が 15% 増加した 0.1% の酸化イットリウムを含むトリウム タングステン電極を報告しました。

課題:補強要素はアーク性能に影響を与える可能性があり、比率を最適化する必要があります。

11.4.4 将来の見通し

多機能電極:DCEN、AC、パルス溶接に適した汎用トリウムタングステン電極を開発し、アプリケーションシナリオを広げます。

インテリジェントデザイン:AI は、電極の微細構造と性能の関係をシミュレートし、特定の業界のニーズに合わせてカスタマイズされた電極を設計します。

低トリウム電極:低酸化トリウム含有量(<0.5%)電極を開発し、性能と安全性を考慮して複合ドーピングと組み合わせています。

11.5 市場の需要の変化と産業チェーンの発展

トリウムタングステン電極の市場需要は、性能上の利点、代替材料の開発、環境保護規制の影響を受けており、産業チェーンも多様化と緑化の方向に進化しています。

11.5.1 市場の需要の変化

グローバル市場:

世界のトリウムタングステン電極の市場規模は 2024 年に約 5 億ドルになり、TIG 溶接電極市場の 40%を占めると予測されています。2030 年には、代替素材の普及により市場シェアは 20%に低下すると予想されています。

航空宇宙産業と原子力産業は、トリウムタングステン電極の需要が最も多い地域であり、そのかけがえのない高電流性能により、総需要の 60%を占めています。

EU および北米市場では、環境規制により、トリウムタングステン電極の需要が減少し、SM タングステンおよびセリウムタングステン電極が支配的です。

中国市場:

著作権および法的責任に関する声明

中国は世界最大のトリウムタングステン電極の生産国であり、世界の生産量の 70%を占めています。国内需要は主に石油化学、海洋、原子力産業からで、総需要の 80%を占めています。

ハイエンド製造(航空宇宙など)の発展に伴い、高性能トリウムタングステン電極(WT30 や WT40 など)の需要は着実に増加しています。

新興市場:

東南アジア、インド、南アメリカはコストに敏感であり、トリウムタングステン電極の需要は年間 5〜7%の成長率で成長すると予想されています。

11.5.2 産業用チェーンの開発

上流:タングステン鉱石およびトリウム資源の採掘は環境規制によって制限されており、シアン化物を含まない選鉱や尾鉱回収などのグリーンマイニング技術が必要です。

中流:電極メーカーは、グリーン製造装置(プラズマ焼結炉など)と廃棄物処理システムに投資する必要があり、これによりコストが 10〜20%増加します。

下流:溶接機器メーカーは、SM タングステン電極をサポートするパルス TIG 溶接機など、非放射性電極と互換性のある溶接機を開発する必要があります。

リサイクルチェーン:化学溶解や電解分離などの使用済み電極リサイクル技術が台頭しており、2030 年までに世界のリサイクル率を現在の 10%から 30%に引き上げると予想されています。

11.5.3 課題

コスト競争:非放射性電極のコストの低下(例えば、SM タングステン電極の価格は 5 年以内に 15%減少すると予想されています)は、トリウムタングステン電極市場を圧迫します。

技術的な障壁:ハイエンド電極(複合希土類電極など)は、製造プロセスのボトルネックを突破し、規模のコストを削減する必要があります。

地域差:先進国はトリウムタングステン電極の段階的廃止を加速させていますが、発展途上国はコスト面での優位性から引き続き使用しているため、世界市場での需要と供給のバランスをとる必要があります。

11.6 方針・規制の影響とコンプライアンスの整備

政策と規制は、トリウムタングステン電極の製造と使用に大きな影響を与え、コンプライアンスに準拠したグリーンな方向への業界の発展を促進しています。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Thorium Tungsten Electrode Introduction

1. Overview of Thorium Tungsten Electrode

Thorium tungsten electrodes are a type of welding electrode material made by uniformly doping high-purity tungsten with thorium oxide (ThO₂). They are widely used in demanding processes such as Tungsten Inert Gas (TIG) welding and plasma welding. Due to their unique electron emission properties, high-temperature stability, and excellent arc starting capabilities, thorium tungsten electrodes have long maintained a leading position in the field of industrial welding.

2. Properties of Thorium Tungsten Electrode

Property	Description
Strong Electron Emission	Thorium oxide lowers the work function (to about 2.63 eV), enabling sensitive arc initiation and easier arc starting.
High Arc Stability	Produces a concentrated, uniform, and stable arc, allowing better control of weld quality while reducing spatter and burn-through.
Excellent High-Temperature Performance	Suitable for high-current and high-temperature environments without electrode deformation.
Long Service Life & Low Burn-Off Rate	Reduces electrode consumption during welding, lowering replacement frequency and improving welding efficiency.
Good Electrical Conductivity	High electrical conductivity ensures excellent performance under heavy current loads.
Strong Contamination Resistance	Excellent resistance to oxidation and contamination on the surface, enabling prolonged stable operation.

3. Grades of Thorium Tungsten Electrode

Grade	Thorium Oxide Content (wt%)	Tip Color	Main Characteristics
WT10	0.8 - 1.2%	Yellow	Quick arc starting; suitable for medium to low current welding
WT20	1.7 - 2.2%	Red	Optimal overall performance; widely used for DC welding
WT30	2.8 - 3.2%	Purple	Suitable for higher current applications; enhanced durability
WT40	3.8 - 4.2%	Orange-Yellow	Preferred for high-current environments; offers longer service life

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com
Phone: +86 592 5129595; 592 5129696
Website: www.tungsten.com.cn

著作権および法的責任に関する声明

11.6.1 国際規則

EU:指令 2013/59 / Euratom は、企業が 2025 年までにトリウムタングステン電極の段階的廃止を完了することを要求しており、SM タングステンおよびセリウムタングステン電極は必須の代替品になります。

米国:EPA と OSHA は、製造業者に放射線モニタリングおよび廃棄物処理施設の装備を要求し、カリフォルニア州は 2024 年から新しいトリウムタングステン電極生産ラインの建設を禁止します。

IAEA:SSR-6 仕様では、輸送用梱包がタイプ A 規格に準拠することが求められており、輸送コストが増加しています。

11.6.2 国内規則

中国:GB 18871-2002 および放射性鉍物の開発と利用に従事する企業の環境放射線モニタリングおよび情報開示のための措置(試験実施用)は、企業に定期的な放射線報告書の提出を要求し、廃棄物処理は <1 ベクレル/g の活動濃度に準拠する必要があります。2023 年、国家原子力安全局はトリウムタングステン電極会社の検査を強化します。

新たな政策動向:2025 年から 2030 年にかけて、中国は非放射性電極の開発と応用を促進するために、放射性物質の管理に関するより厳格な政策を導入すると予想されています。

11.6.3 コンプライアンスの策定

認証要件:企業は、生産プロセスが環境および安全基準に準拠していることを証明するために、ISO 14001(環境管理)および ISO 45001(労働安全衛生)の認証を受ける必要があります。

技術的コンプライアンス:免除活性濃度(1 Bq/g)に準拠した低またはゼロのトリウムフリー電極の開発。2024 年、CNNC は、0.5%の ThO_2 を含む低トリウム電極と $<0.8\text{Bq/g}$ の活性濃度を報告しました。

国際協力:中国企業は、電極の輸出が世界的な規制に準拠していることを確認するために、国際標準化団体(ISO、IAEA など)と協力する必要があります。

11.6.4 チャレンジ

コンプライアンスのコスト:放射線モニタリング、廃棄物処理、および認証のコストは、生産コストの 10~15%を占めており、中小企業に圧力をかけています。

規制の違い:国が異なれば規制要件も異なり、輸出企業は生産をカスタマイズする必要があるため、複雑さが増します。

技術転換:トリウムタングステン電極から非放射性電極への移行には、多くの研究開発投資が必要であり、短期的には市場競争力に影響を与えます。

著作権および法的責任に関する声明



CTIA GROUP LTD WT20 電極

虫垂

A. 用語集

トリウム タングステン電極: 溶接およびアーク放電用途向けのタングステンと酸化トリウム(ThO_2)からなる合金電極。

酸化トリウム(ThO_2): トリウムタングステン電極内のドーパントで、微量の放射能を持ち、電子逃避の働きを促進します。

Electron Work of Evolution(進化の電子仕事): 電子が材料の表面から逃げるために必要な最小エネルギー量で、電極のアーク開始性能に影響を与えます。

タングステン アルゴンアーク溶接(TIG 溶接): 不活性ガス保護下のタングステン電極を使用したアーク溶接プロセス。

アブレーション: 酸化物アブレーションやタングステン自体のアブレーションなど、高アーク温度でのタングステン電極の質量損失。

放射能 汚染: トリウムタングステン電極の製造および使用における酸化トリウムによって引き起こされる放射性ハザード。

粉末 冶金: 金属粉末を混合、プレス、および焼結することにより、トリウムタングステン電極を調製するプロセス。

アーク 開始性能: 溶接プロセス中に電極がアークを開始するのがいかに簡単か。

アーク安定性: 溶接プロセス中にアークが連続的かつ安定し続ける能力。

X- γ 放射線量率: 環境中の X 線と γ 線の放射線強度を測定します。

α . β の表面 汚染: 放射性核種によるトリウムタングステン電極の表面上の α および β 粒子。

非放射性電極: セリウムタングステン、ランタンタングステン電極、放射性物質を含まない代替電極など。

ドーピング: 酸化トリウムまたは他の希土類酸化物がタングステンマトリックスに添加され、性能が向上します。

著作権および法的責任に関する声明

カレンダー加工の研削と研磨: トリウムタングステン電極を形成し、機械加工を通じて表面品質を改善するプロセス。

放射性 廃棄物: 製造過程で発生する酸化トリウム含有廃棄物、廃水、固形廃棄物。

B. 参考文献

- [1] ISO 6848:2015、アーク溶接および切断 - 非消耗性タングステン電極 - 分類。
- [2] AWS A5.12/A5.12M:2009、アーク溶接および切断用のタングステンおよび酸化物分散タングステン電極の仕様。
- [3] GB/T 4187-2017、タングステン不活性ガスアーク溶接およびプラズマ溶接用のタングステン電極。
- [4] Miller Electric Mfg. Co.、タングステン電極の選択に関するガイドライン、2020 年。
- [5] 溶接ハンドブック、第 2 巻:溶接プロセス、アメリカ溶接協会、2010 年。
- [6] 国際放射線防護委員会(ICRP)、出版物 103、2007 年。
- [7] Zhang, W., et al., "Advances in Tungsten Electrode Materials for TIG Welding," Materials Science and Engineering, 2018.
- [8] 欧州溶接協会、トリウムタングステン電極に関する技術報告書、2015 年。
- [9] Li, H., et al., "Environmental and Health Impacts of Thorium-Based Electrodes," Journal of Industrial Ecology, 2020.
- [10] Wang, Y., "Development of Non-Radioactive Tungsten Electrodes," Welding Journal, 2022.
- [11] GB 18871-2002、電離放射線に対する保護と放射線源の安全性に関する基本基準。
- [12] Chen, L., "Powder Metallurgy Techniques for Tungsten-Based Electrodes," Journal of Materials Processing Technology, 2019.
- [13] Liu, X., Radioactive Protection Techniques in Thorium tungsten electrode Production, China Welding Journal, 2021.
- [14] 粉末冶金機器ハンドブック、ASM International、2017 年。