

純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 グループ株式会社

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。

ハンス博士と CTIA GROUP の彼のチームは、30 年以上の業界経験に基づいて、タングステン、モリブデン、希土類に関連する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆し、公開しています。ハン博士は、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

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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 純タングステン電極の定義と概要
- 1.2 溶接業界における純タングステン電極の重要性
- 1.3 純タングステン電極の研究と応用の背景

第2章 純タングステン電極の特性

- 2.1 純タングステン電極の物性
 - 2.1.1 純タングステン電極の融点と沸点
 - 2.1.2 純タングステン電極の密度
 - 2.1.3 純タングステン電極の熱伝導率と電気伝導率
 - 2.1.4 純タングステン電極の熱膨張係数
 - 2.1.5 純タングステン電極の蒸気圧
- 2.2 純タングステン電極の化学的性質
 - 2.2.1 純タングステン電極の化学的安定性
 - 2.2.2 純タングステン電極の耐酸化性
 - 2.2.3 純タングステン電極と他の元素との反応性
- 2.3 純タングステン電極の電気的特性
 - 2.3.1 純タングステン電極の電子働き
 - 2.3.2 純タングステン電極のアーク安定性
 - 2.3.3 純タングステン電極の電極消費率
- 2.4 純タングステン電極の機械的性質
 - 2.4.1 純タングステン電極の硬度と脆性
 - 2.4.2 純タングステン電極の延性
 - 2.4.3 純タングステン電極の高温強度と耐クリープ性
- 2.5 純タングステン電極と他のタングステン電極との比較
 - 2.5.1 純タングステン電極とセリウムタングステン電極
 - 2.5.2 純タングステン電極とランタンタングステン電極
 - 2.5.3 純タングステン電極とトリエーテッドタングステン電極
 - 2.5.4 純タングステン電極とイットリウムタングステン電極
 - 2.5.5 純タングステン電極とジルコニウムタングステン電極
- 2.6 CTIA GROUP LTD の純タングステン電極 MSDS

第3章 純タングステン電極の製造と製造技術

- 3.1 純タングステン電極用原料の調製
 - 3.1.1 タングステン鉱石の抽出と精製
 - 3.1.2 高純度タングステン粉末の調製
- 3.2 純粋なタングステン電極の粉末冶金プロセス
 - 3.2.1 タングステン粉末プレス成形
 - 3.2.2 焼結プロセス
 - 3.2.3 熱処理と焼鈍

著作権および法的責任に関する声明

- 3.3 純タングステン電極の圧力処理
 - 3.3.1 鍛造と圧延
 - 3.3.2 描画と描画
 - 3.3.3 電極バー成形
- 3.4 純タングステン電極の表面処理
 - 3.4.1 クリーニングとポリッシング
 - 3.4.2 緑の汚れのマーキング
- 3.5 純タングステン電極の品質管理
 - 3.5.1 原材料品質検査
 - 3.5.2 生産プロセス監視
 - 3.5.3 完成品検査
- 3.6 純粋なタングステン電極の技術的困難と革新
 - 3.6.1 高純度制御
 - 3.6.2 結晶粒構造の最適化
 - 3.6.3 生産効率の向上
 - 3.6.4 環境保護と持続可能な開発

第4章 純タングステン電極の使用

- 4.1 溶接アプリケーション
 - 4.1.1 タングステン不活性ガス溶接(TIG)
 - 4.1.2 AC 溶接(AC)のアプリケーション
 - 4.1.3 マグネシウム、アルミニウムおよびそれらの合金の溶接
- 4.2 その他の産業用途
 - 4.2.1 抵抗溶接電極
 - 4.2.2 プラズマ切断と溶射
 - 4.2.3 熱電子放出材料
 - 4.2.4 スパッタリングターゲット
 - 4.2.5 カウンターウェイトと発熱体
- 4.3 特殊フィールドアプリケーション
 - 4.3.1 航空宇宙産業
 - 4.3.2 軍事産業
 - 4.3.3 原子力産業
- 4.4 アプリケーションの制限
 - 4.4.1 DC 溶接(DC)の欠陥
 - 4.4.2 電極の摩耗と寿命の問題

第5章 純タングステン電極の製造設備

- 5.1 純タングステン電極の原材料処理装置
 - 5.1.1 タングステン鉱石破碎および粉碎装置
 - 5.1.2 化学精製装置
- 5.2 純粋なタングステン電極のための粉末冶金装置
 - 5.2.1 プレス

- 5.2.2 焼結炉
- 5.2.3 真空熱処理炉
- 5.3 純タングステン電極用圧力処理装置
- 5.3.1 鍛造機
- 5.3.2 ローリングミル
- 5.3.3 伸線機
- 5.4 純タングステン電極の表面処理装置
- 5.4.1 清掃機器
- 5.4.2 研磨機
- 5.4.3 アプリケーター機器
- 5.5 純タングステン電極の試験および品質管理装置
- 5.5.1 化学成分分析装置
- 5.5.2 微細構造解析装置
- 5.5.3 物理的性能試験装置
- 5.6 純タングステン電極の自動化とインテリジェント機器
- 5.6.1 自動生産ラインの適用
- 5.6.2 インテリジェント監視システム

第6章 純タングステン電極の国内外の規格

- 6.1 純タングステン電極の国際規格
- 6.1.1 AWS A5.12(American Welding Institute 規格)
- 6.1.2 ISO 6848(国際標準化機構)
- 6.1.3 EN 26848(欧州規格)
- 6.2 純タングステン電極の中国国家規格
- 6.2.1 GB/T 4190(タングステン電極標準)
- 6.2.2 関連する業界標準
- 6.3 純タングステン電極のその他の国家規格
- 6.3.1 JIS Z 3233(日本工業規格)
- 6.3.2 DIN EN ISO 6848(ドイツ規格)
- 6.4 純タングステン電極の標準的な比較と違い
- 6.4.1 化学組成要件
- 6.4.2 寸法と公差
- 6.4.3 パフォーマンステスト方法
- 6.5 純タングステン電極標準の開発動向
- 6.5.1 環境および安全要件
- 6.5.2 高性能電極標準

第7章 純タングステン電極の検出方法と技術

- 7.1 純タングステン電極の化学組成検出
- 7.1.1 分光分析(ICP-OES)
- 7.1.2 蛍光 X 線分析(XRF)
- 7.1.3 化学滴定

著作権および法的責任に関する声明

- 7.2 純タングステン電極の物性
 - 7.2.1 密度測定
 - 7.2.2 硬さ試験
 - 7.2.3 導電率試験
- 7.3 純タングステン電極の微細構造解析
 - 7.3.1 光学顕微鏡観察
 - 7.3.2 走査型電子顕微鏡(SEM)
 - 7.3.3 粒度解析
- 7.4 純タングステン電極の溶接性能試験
 - 7.4.1 アークパフォーマンステスト
 - 7.4.2 アーク安定性試験
 - 7.4.3 電極消費率試験
- 7.5 純タングステン電極の環境および安全性試験
 - 7.5.1 放射能検出(トリウム-タングステン電極の比較)
 - 7.5.2 粉塵および排気ガスの検出
- 7.6 純タングステン電極試験装置の校正と標準化
 - 7.6.1 機器の校正方法
 - 7.6.2 国際試験基準

第8章 純タングステン電極の長所と短所の分析

- 8.1 純タングステン電極の利点
 - 8.1.1 低コスト
 - 8.1.2 高温安定性
 - 8.1.3 AC 溶接に適しています
- 8.2 純タングステン電極のデメリット
 - 8.2.1 DC 溶接性能が悪い
 - 8.2.2 高い電極消費率
 - 8.2.3 アークの難しさと不安定なアーク
- 8.3 純タングステン電極の改善方向
 - 8.3.1 プロセスの最適化
 - 8.3.2 合金化研究
 - 8.3.3 新規電極材料の開発

第9章 純タングステン電極の市場と開発動向

- 9.1 世界のタングステン電極市場の概要
 - 9.1.1 主要生産国
 - 9.1.2 市場規模と需要
- 9.2 中国タングステン電極市場分析
 - 9.2.1 国内生産能力
 - 9.2.2 市場の需要と応用分野
- 9.3 純タングステン電極技術の開発動向
 - 9.3.1 効率的な生産技術

著作権および法的責任に関する声明

- 9.3.2 環境にやさしい生産プロセス
- 9.3.3 新しいタングステン電極の研究開発
- 9.4 純タングステン電極の課題
 - 9.4.1 原材料価格の変動
 - 9.4.2 環境規制圧力
 - 9.4.3 インターナショナル・コンペティション

第10章 結論

- 10.1 純タングステン電極の総合評価
- 10.2 純タングステン電極の将来の開発見通し
- 10.3 純タングステン電極の研究と応用提案

虫垂

- A. 用語集
- B. 参考文献

第1章 はじめに

1.1 純タングステン電極の定義と概要

純粋なタングステン電極 (WP 電極)は、高純度タングステン(タングステン含有量 $\geq 99.5\%$)を主原料とした溶接電極材料で、通常は希土類酸化物または他の合金元素をドーブし、高度な粉末冶金プロセスによって製造され、その表面は国際標準の識別仕様を満たすために緑色のマークでコーティングされています。希少金属として、タングステンは非常に高い融点(3422°C)、高密度($19.3\text{g}/\text{cm}^3$)、優れた電気伝導率(約 $30\%\text{IACS}$)、熱伝導率($173\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)および優れた化学的安定性を有し、純粋な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)で使用される最も初期の電極タイプの1つになります。その高い電子仕事(約 4.52eV)は、高温で良好な熱電子放出能力を与えますが、アーク開始の難しさとDC 溶接(DC)のアーク安定性が不十分なため、その用途は限られており、主に AC 溶接(AC)、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金の溶接に使用されます。

純粋なタングステン電極の調製プロセスは複雑で正確であり、タングステン鉱石の精製から完成した電極までの複数のステップが含まれます。まず、タングステン鉱石(鉄マンガン重石や灰重石など)から高純度のタングステン粉末を化学的に抽出し、次に電極バーをプレス成形、焼結、鍛造、伸線、表面研磨によって製造します。完成した電極は、通常、直径 $0.5\sim 6.4\text{mm}$ 、長さ $75\sim 600\text{mm}$ のさまざまなサイズで入手可能で、さまざまな溶接装置やプロセスのニーズを満たすために、 1.0 、 1.6 、 2.4 、 3.2 、および 4.0mm などの一般的なサイズがあります。さらに、純粋なタングステン電極の表面品質と寸法公差は溶接性能にとって重要であるため、高温アーク環境での電極の安定性と耐久性を確保するために、製造プロセス中に不純物含有量と粒構造を厳密に制御する必要があります。

1.2 溶接業界における純タングステン電極の重要性

純粋なタングステン電極は、そのユニークな物理的および化学的特性のために、特にタングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)で、溶接業界でかけがえのない位置を占めており、AC 溶接に適した材料となっています。まず第一に、純タングステン電極の高融点と優れた高温安定性により、高電流(通常は $100\sim 300\text{A}$)および高温アーク(約 $6000\sim 7000^{\circ}\text{C}$)の環境で構造的完全性を維持することができ、電極の消費を大幅に削減し、耐用年数を延ばし、溶接効率と品質を向上させます。第二に、AC 溶接では、純粋なタングステン電極は、均一なアークエネルギーを分散し、効果的にアルミニウムやマグネシウムなどの軽金属とその合金の表面の酸化膜を除去し、高精度溶接のニーズを満たすために滑らかで高密度の溶接を形成するのに役立つ安定した半球電極を形成することができます。

希土類酸化物(セリウムタングステン電極、ランタンタングステン電極、トリウムタングステン電極など)をドーブしたタングステン電極と比較して、純粋なタングステン電極は、大きなコスト上の利点と環境に優しい特性を持っています。放射性元素(トリウムなど)を

含まないため、純粋なタングステン電極は使用中および廃棄中の放射線リスクがなく、現代のグリーン製造および環境保護規制の要件を満たしています。この機能により、航空宇宙や医療機器の製造など、安全性要件の高い業界で非常に望ましいものとなっています。また、純粋なタングステン電極の製造プロセスは成熟しており、原材料の供給源は広く、価格は比較的安定しているため、大規模な工業生産で経済的です。

純粋なタングステン電極の応用分野は、多くのハイエンド製造業をカバーしています。自動車業界では、純粋なタングステン電極がアルミニウムのボディと部品の溶接に使用されています。航空宇宙分野では、チタン合金やアルミニウム合金の精密溶接に使用されています。電気・電子業界では、薄肉金属や小型部品の溶接に使用されています。世界の製造業の変革とアップグレード、および高品質の溶接プロセスに対する需要の高まりのおかげで、純粋なタングステン電極の市場需要は拡大し続けています。DC 溶接におけるその制限の一部は、一部のアプリケーションでドーブ電極の交換につながっていますが、純粋なタングステン電極は、AC 溶接、抵抗溶接、および一部のプラズマ切断および溶射プロセスに不可欠であり続けています。

1.3 純タングステン電極の研究と応用の背景

戦略的な希少金属として、タングステンは、その優れた物理的および化学的特性により、19 世紀の終わりから工業および軍事分野で広く使用されてきました。純粋なタングステン電極の研究開発と応用は、密接にタングステンアルゴンアーク溶接技術の誕生と開発に関連している 20 世紀初頭に始まりました。1910 年代、タングステン電極は溶接実験で最初に使用され、その高い融点と熱電子放出能力により、すぐに TIG 溶接のコア材料になりました。しかし、初期の純タングステン電極では電子逃げ作業が高いため、DC 溶接ではアーク発生とアーク不安定性の問題があり、その適用範囲が制限されています。これらの欠点を克服するために、研究者は 20 世紀半ばから希土類酸化物(酸化セリウム、酸化ランタン、酸化トリウムなど)をドーブしたタングステン電極を研究し、電子の仕事量を減らし、アーク開始性能とアーク安定性を向上させてきました。ドーブ電極は DC 溶接で良好に機能しますが、純粋なタングステン電極は、その非放射能、低コスト、および AC 溶接への適合性により、重要な市場ポジションを保持しています。

20 世紀後半、航空宇宙、自動車製造、原子力産業、電子および電気産業の急速な発展に伴い、高性能溶接材料の需要が大幅に増加し、純粋なタングステン電極製造プロセスの継続的な改善が促進されました。現代の生産技術には、高純度タングステン粉末の調製、静水圧プレス成形、真空焼結、精密鍛造、自動伸線などが含まれ、電極の純度、粒均一性、機械的特性が大幅に向上します。さらに、国際規格(AWS A5.12、ISO 6848 など)および中国の国家規格(GB/T 4190 など)は、純粋なタングステン電極の化学組成、寸法公差、表面品質、および性能試験方法を指定し、世界市場での標準化された生産と適用を促進します。

世界最大のタングステン資源埋蔵量(約 190 万トン、世界全体の 50%以上を占める)と生産量(2024 年には世界の約 80%)を持つ国として、中国はタングステン採掘、製錬、電極製造までの完全な産業チェーンを持っています。技術革新と大規模生産を通じて、国内企業は

純タングステン電極の国際競争力を大幅に向上させました。同時に、Chinatungsten Online Technology Co., Ltd.などの業界情報プラットフォームは、ウェブサイトと WeChat の公式アカウントを通じて市場動向、技術進歩、価格情報を公開し、グローバルな顧客にカスタマイズされたソリューションを提供し、タングステン製品業界の信頼できる情報源になります。

現在、純粋なタングステン電極の研究の方向性には、耐摩耗性とアーク安定性を向上させるための結晶粒構造の最適化、エネルギー消費と排出量を削減するための効率的で環境に優しい生産プロセスの開発、および多様な溶接ニーズを満たすための新しい電極材料の探索が含まれます。また、グリーン製造と持続可能な開発への世界的な重点は、非放射性電極の開発と応用を促進しており、純粋なタングステン電極は、その環境に優しい特性により、この傾向に有利です。将来的には、新エネルギー、航空宇宙、ハイエンド機器製造のさらなる発展に伴い、純粋なタングステン電極の応用見通しはより広がります。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

第2章 純タングステン電極の特性

2.1 純タングステン電極の物性

純粋なタングステン電極(WP 電極)は、その優れた物理的特性により、溶接業界で重要な位置を占めています。その高融点、高密度、優れた熱伝導率、低熱膨張係数、低蒸気圧により、タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)、特に AC 溶接(AC)に不可欠な材料となっています。以下は、純粋なタングステン電極の物理的特性についての詳細な説明です。

2.1.1 純タングステン電極の融点と沸点

タングステンは、純粋なタングステン電極の融点が 3422°C(約 3695K)、沸点が 5660°C(約 5933K)で、すべての金属の中で最も融点が高い元素です。この機能により、純粋なタングステン電極は高温アーク環境(約 6000~7000°C)で構造的完全性を維持でき、電極の溶融や過度の燃え尽き症候群のリスクを低減します。TIG 溶接では、融点が高いため、電極は高電流(100~300 A)で安定した端部形状を維持でき、特に AC 溶接時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と、電極は半球状の端部を形成することができ、アークの均一な分布に貢献します。しかし、融点が高いということは、純粋なタングステン電極が処理中により高いエネルギー入力が必要とすることも意味し、製造コストが増加します。

2.1.2 純タングステン電極の密度

純タングステン電極の密度は 25°C で 19.3g/cm³で、金(19.32g/cm³)に近く、鋼(7.8g/cm³)の 2.5 倍です。高密度により、電極は優れた機械的安定性と耐振動性を発揮し、溶接プロセス中にアークによって発生する衝撃力に耐えることができ、端部の変形や破損のリスクを低減します。さらに、高密度であるため、純粋なタングステン電極はカウンターウェイトや航空宇宙用途の潜在的な用途になります。ただし、高密度になると電極の重量も増加するため、軽量設計を必要とする一部の溶接装置では困難な場合があります。

2.1.3 純タングステン電極の熱伝導率と電気伝導率

純粋なタングステン電極は、良好な熱伝導率と電気伝導率を有し、その熱伝導率は約 173W/m·K(室温)、およびその電気伝導率は約 30%IACS(国際アニール銅規格)です。優れた熱伝導率により、電極はアークによって発生する熱を迅速に放散することができ、電極が過熱するリスクを減らし、耐用年数を延ばすことができます。良好な導電性により、電極は溶接プロセス中に効率的に電流を伝達し、安定したアークを維持できます。ただし、純粋なタングステンは銅に比べて電気伝導率が低く(熱伝導率約 400W/m·K、伝導率 100%IACS)、電極が過熱し、大電流 DC 溶接(DC)のアーク安定性に影響を与える可能性があります。したがって、純粋なタングステン電極は、AC 溶接シナリオにより適しています。

2.1.4 純タングステン電極の熱膨張係数

純粋なタングステン電極は、約 4.5×10^{-6} /K(20-1000°C)の熱膨張係数が低くなっています。

熱膨張係数が低いため、高温溶接時の電極の寸法変化が少なく、形状や寸法の安定性が維持され、熱応力による亀裂や変形が減少します。これは、航空宇宙部品などの精密溶接では特に重要です。しかし、熱膨張係数が低いため、熱膨張係数が基板(鋼やアルミニウムなど)と大きく異なる場合、純粋なタングステン電極が界面応力を発生させることも可能になります。これは、プロセスの最適化(予熱など)によって軽減する必要があります。

2.1.5 純タングステン電極の蒸気圧

高温での純タングステン電極の蒸気圧は非常に低く、3000°C でわずか 0Pa です[2]。蒸気圧が低いということは、高温アーク環境で電極が非常に低いことを意味し、電極材料の気化損失を減らし、電極の寿命を延ばします。これは、工業生産における自動溶接など、長期連続溶接では特に重要です。ただし、非常に高い温度(沸点付近など)では、蒸気圧が大幅に上昇するため、電極でわずかな損失が発生し、アークの安定性に影響を与える可能性があります。

2.2 純タングステン電極の化学的性質

純粋なタングステン電極の化学的性質は、主に化学的安定性、耐酸化性、および他の元素との反応性に反映されています。これらの特性は、さまざまな溶接環境における電極の適合性と耐久性を決定します。

2.2.1 純タングステン電極の化学的安定性

タングstenは、室温および中低温で非常に化学的に安定しており、ほとんどの酸、塩基、または塩溶液と反応せず、濃硝酸やフッ化水素酸などの強酸化性酸にのみゆっくりと溶解します。TIG 溶接では、純粋なタングステン電極は通常、化学的に安定しており、溶接環境での腐食に耐えることができるアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスの保護下で動作します。しかし、非不活性ガス雰囲気(酸素や水蒸気を含む雰囲気など)では、タングステンの化学的安定性が低下するため、電極表面の酸化を避けるためのプロセス制御が必要になります。

2.2.2 純タングステン電極の耐酸化性

純粋なタングステン電極は、高温での耐酸化性が悪く、約 400°C 以上で酸素と反応し始め、三酸化タングステン(WO_3)を形成します。)、酸化速度は高温(たとえば、800°C 以上)で大幅に加速されます[21]。TIG 溶接では、不活性ガス保護により電極の酸化を効果的に防ぐことができますが、保護ガスの流れが不十分または中断されると、電極表面に黄色または青色の酸化物層が急速に形成され、アークが不安定になったり、電極が故障したりします。そのため、溶接作業時には安定したガス保護を確保し、電極の表面状態を定期的にチェックする必要があります。さらに、純粋なタングステン電極は、希土類酸化物をドーピングした電極(セリウムタングステンやランタンタングステン電極など)ほど耐酸化性がないため、一部の過酷な環境での用途が制限されます。

2.2.3 純タングステン電極と他の元素との反応性

純粋なタングステン電極は、高温で他の元素(炭素、窒素、水素など)との反応性が低くなりますが、特定の条件下で反応する可能性があります。例えば、CO や CH_4 などの炭素含

有雰囲気では、タングステンが炭化タングステン(WC)を形成し、表面硬度は増加しますが、脆性は増加し、溶接性に影響を与える可能性があります。窒素含有雰囲気では、タングステンは窒化タングステン(WN)を形成することができますが、反応速度が遅く、電極性能への影響は限られています。さらに、タングステンは溶融プール内の金属(アルミニウム、マグネシウムなど)と化学反応がほとんどないため、溶接部の純度が保証されます。これらの特性により、純粋なタングステン電極は高純度材料の溶接に適していますが、活性雰囲気との直接接触を避けます。

2.3 純タングステン電極の電気的特性

純粋なタングステン電極の電気的特性は、アーク開始性能、アーク安定性、電極消費率など、TIG 溶接における性能に直接影響します。以下は、電子仕事の導出、アーク安定性、電極消費率の3つの側面から分析されます。

2.3.1 純タングステン電極の電子仕事

電子仕事は、材料から熱い電子を放出することの難しさの尺度であり、純粋なタングステン電極の電子仕事は比較的高く、約 4.52 eV です。電子の仕事が高いということは、溶接の初期段階でアークを開始するために電極がより高い電圧を必要とすることを意味し、特に DC 溶接では、アーク開始性能が低く、非アーク放電またはアークジャンプが発生しやすいです。交流(AC)では、正と負の交流半サイクルの交流効果により、アーク放電の難しさを部分的に軽減できますが、それでもより高いアーク電圧が必要です。対照的に、希土類酸化物をドーブした電極(セリウムタングステン電極など、約 2.7~3.0 eV の電子作用を持つ電極)は、DC 溶接における純粋なタングステン電極の限られた適用の主な理由である、より優れたアーク開始性能を有する。

2.3.2 純タングステン電極のアーク安定性

アーク安定性とは、溶接プロセス中にアークが連続的かつ均一に保たれる能力を指します。純粋なタングステン電極は、その高い融点と熱伝導率が均一なアークエネルギー分布を確保するために安定した電極形状(半球形)を維持できるため、AC 溶接で良好なアーク安定性を有する。ただし、DC 溶接では、特に低電流(<50A)または高周波で、電子の仕事が高く、熱電子放出効率が低いため、アークがドリフトまたは中断する傾向があります。また、電極表面の汚れ(酸化物や油など)はアーク安定性をさらに低下させる可能性があるため、電極部品を清潔に保つために定期的に研ぐ必要があります。

2.3.3 純タングステン電極の電極消費率

電極消費率とは、溶接プロセス中の溶融、蒸発、または機械的損失により電極が減少する速度を指します。タングステン電極は、電子逃げ機能が高いため、特に大電流(>200A)または長期連続溶接で電極消費率が高く、電極温度が高くなり、材料の揮発と焼損が加速します。AC 溶接では、半球状の端部が形成されると消費が部分的に遅くなりますが、DC ポジティブコネクション(DCSP)では、電極の消費率はドーブされた電極(セリウムタングステンやランタンタングステン電極など)よりも大幅に高くなります。消費率を下げるには、溶接パラメータ(電流、ガス流量など)を最適化し、電極を定期的に研磨して先端角度を維

持する必要があります。

2.4 純タングステン電極の機械的性質

純粋なタングステン電極の機械的特性には、硬度、脆性、延性、高温強度が含まれ、製造、加工、使用における性能を決定します。

2.4.1 純タングステン電極の硬度と脆性

純粋なタングステン電極は非常に高い硬度を持ち、室温でのビッカース硬度(HV)は約 350 ~450 で、炭化タングステン(HV 約 500)に近いです。その高い硬度により、優れた耐磨耗性が得られ、アーク衝撃や機械的摩耗に耐えることができます。しかし、タングステン(体心立方体)の結晶構造により、特に室温では非常に脆くなり、脆性破壊を起こしやすくなります。製造工程では、高温鍛造や焼鈍により脆性が低減されますが、完成した電極は、落下や衝撃による破損を避けるために注意して取り扱う必要があります。溶接では、電極の硬度が高いため、端部の形態を維持するのに役立ちますが、脆性により端部に微小亀裂が発生し、アークの安定性に影響を与える可能性があります。

2.4.2 純タングステン電極の延性

純粋なタングステン電極の延性は劣っており、室温での塑性変形能力はほとんどなく、破断点伸びは 0%に近いです。高温(>1200°C)では、タングステン延性はわずかに改善され、鍛造または伸線によって形成できます。ただし、高温での延性はまだ限られており、亀裂を避けるために、処理中に温度と変形速度を厳密に制御する必要があります。溶接用途では、延性が低いため、電極が複雑な形状の溶接ニーズに適応するのが難しくなりますが、その高い硬度と安定性がこの欠点を補っています。

2.4.3 純タングステン電極の高温強度と耐クリープ性

純粋なタングステン電極は、優れた高温強度と高温での耐クリープ性を備えています。

2000°C 以上でも、その引張強度は 100~200 MPa に達する可能性があり、その耐クリープ性はほとんどの金属のそれをはるかに超えています。この特性により、電極は高温アーク環境で機械的安定性を維持し、熱応力による変形や破壊を減らすことができます。耐クリープ性は、端子形態の安定性を確保し、長期連続溶接中の耐用年数を延ばします。しかし、高温での結晶粒成長は強度を低下させる可能性があり、焼結温度の制御など、生産プロセスの最適化による結晶粒の微細化が必要です。

2.5 純タングステン電極と他のタングステン電極との比較

純粋なタングステン電極と他のドーパントタングステン電極(セリウムタングステン、ランタンタングステン、トリウムタングステン、イットリウムタングステン、ジルコニウムタングステン電極など)の性能には大きな違いがあります。以下は、溶接性能、アプリケーションシナリオ、長所と短所の側面からの比較です。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

2.5.1 純タングステン電極とセリウムタングステン電極

セリウムタングステン電極 (WC 電極)は、タングステンマトリックス中に 2%~4%の酸化セリウム(CeO_2)をドーブされています)、カラースケールは灰色です。セリウムタングステン電極の電子仕事は低く(約 2.7-3.0 eV)、アーク開始性能は、特に低電流 DC 溶接(<100 A)において、純粋なタングステン電極よりも優れています。さらに、セリウムタングステン電極は、ステンレス鋼、炭素鋼、その他の材料の DC 溶接に適した、高いアーク安定性と低い電極消費率を持っています。対照的に、純粋なタングステン電極はアーク放電しにくく、DC 溶接では不安定ですが、コストが低く、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。セリウムタングステン電極は非放射性であり、環境保護の要件を満たしていますが、大電流 AC 溶接では、端部が不規則な形状を形成しやすく、アークの安定性は純粋なタングステン電極ほど良くありません。

2.5.2 純タングステン電極とランタンタングステン電極

ランタンタングステン電極 (WL 電極)は、1%~2%の酸化ランタン(La_2O_3)をドーブし、青または金色に着色されています。ランタンタングステン電極の電子仕事は約 2.8-3.2 eV であり、アーク開始性能とアーク安定性は、DC および AC 溶接に適した純粋なタングステン電極のものよりも優れています。電極の消耗率が低く、高温でも末端が安定しているため、高精度の溶接(航空宇宙部品など)に適しています。純粋なタングステン電極は、AC 溶接では端部に安定した半球形を形成し、アルミニウム合金溶接に適していますが、DC 溶接ではその性能が劣ります。さらに、ランタンタングステン電極の製造コストは、純粋なタングステン電極の製造コストよりも高く、低コストのアプリケーションでのプロモーションを制限します。

2.5.3 純タングステン電極とトリウムタングステン電極

トリウムタングステン電極 (WT 電極)は、1%~2%の酸化トリウム(ThO_2)をドーブし、赤または黄色に着色されています。トリウムタングステン電極は、電子仕事は最も低く(約 2.6 eV)、優れたアーク開始性能とアーク安定性を備えており、炭素鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金の DC 溶接に広く使用されています。電極の消費率が低いため、高い許容電流密度(>200A)を実現しています。しかし、酸化トリウムは放射性(放射線量約 $3.60 \times 10 \cdot \text{キュリー/kg}$)であり、人体や環境に害を及ぼす可能性がある[17]。純粋なタングステン電極は、非放射性、低コスト、および AC 溶接に適していますが、DC 溶接での性能は、トリウムタングステン電極のそれよりもはるかに劣っています。現在、トリウム - タングステン電極は、厳しい環境保護要件を有する地域では、徐々にセリウム - タングステンまたはランタンタングステン電極に置き換えられています。

2.5.4 純タングステン電極とイットリウムタングステン電極

イットリウムタングステン電極(WY 電極)は、2%酸化イットリウム(Y_2O_3)を濃紺のカラーコードでドーブし、主に軍事および航空宇宙分野での DC 溶接に使用されます。イットリ

ウム-タングステン電極の電子仕事は約 2.9eV で、優れたアーク開始性能とアーク安定性、低電極消費、および大電流溶接(チタン合金など)に適しています。純粋なタングステン電極は、アークの開始が困難でアークが不安定であるため、これらの分野ではめったに使用されません。イットリウムタングステン電極は、高い製造コストと狭い範囲の市場アプリケーションを持っていますが、純粋なタングステン電極は、その経済性と AC 溶接への適合性のためにまだ広く使用されています。

2.5.5 純タングステン電極とジルコニウムタングステン電極

0.3%-0.8%ジルコニア(ZrO_2)をドーピングしたジルコニウムタングステン電極(WZ 電極)は、カラーコードは茶色または白で、AC 溶接用に設計されています。ジルコニウムタングステン電極の電子仕事は約 4.0eV で、純タングステン電極よりもわずかに低く、アーク開始性能はわずかに優れており、アーク安定性は高く、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。その電極消費率は純粋なタングステン電極のそれよりも低く、端部形状はより安定しています。純粋なタングステン電極は、AC 溶接ではジルコニウムタングステン電極に近いですが、低コストで、コストに敏感なアプリケーションに適しています。ジルコニウムタングステン電極の製造プロセスは複雑で、価格が高いため、市場シェアが制限されています。

2.6 CTIA GROUP LTD の純タングステン電極 MSDS

製品安全データシート(MSDS)は、純粋なタングステン電極の安全な使用、保管、および廃棄について説明した重要な文書です。以下は、純粋なタングステン電極 MSDS の主な内容の要約です。

パート I:製品名

製品名:純タングステン電極(WP)
CAS 番号:7440-33-7

パート II:構成/構成情報

メインコンテンツ $W \geq 99.95\%$
総不純物含有量 $\leq 0.05\%$

パート III:ハザードの概要

健康被害:この製品は目や皮膚に刺激を与えません。
爆発の危険性:この製品は不燃性で刺激性がありません。

パート IV:応急処置

肌と肌の接触:汚染された衣服を脱ぎ、大量の流水ですすいでください。

著作権および法的責任に関する声明

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すすいでください。医療。
吸入:現場から新鮮な空気に移します。呼吸が困難な場合は、酸素を供給してください。
医療。
摂取量: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。医療。

パート V:防火対策

有害な燃焼生成物:自然分解生成物は不明です。
消火方法:消防士は、風上方向の消火のためにガスマスクと全身消防服を着用する必要があります。
消火剤:乾燥皮革粉末、砂。

パート VI:流出の緊急対応

応急処置:漏れた汚染領域を隔離し、アクセスを制限します。火源を遮断します。救急隊員は、防塵マスク(フルフェイスマスク)と防護服を着用することをお勧めします。ほこりを避け、慎重に掃き上げ、袋に入れて安全な場所に移してください。漏れが多い場合は、プラスチックの布またはキャンバスで覆ってください。収集してリサイクルするか、廃棄物処理場に輸送して処分します。

パート VII:取り扱い、取り扱い、保管

操作上の注意:オペレーターは特別な訓練を受け、操作手順に厳密に従う必要があります。オペレーターは、自吸式フィルター防塵マスク、化学安全メガネ、毒物防止用オーバーオール、ゴム手袋を着用することをお勧めします。火気や熱源から遠ざけ、職場での喫煙は固く禁じられています。防爆換気システムと機器を使用してください。粉塵の発生を避けてください。酸化剤やハロゲンとの接触を避けてください。取り扱いの際は、包装や容器の破損を防ぐため、軽快な積み下ろしをする必要があります。対応する種類と量の消防設備と漏洩救急治療設備を装備しています。空の容器は有害物質を残す可能性があります。

保管上の注意:涼しく換気の良い倉庫に保管してください。火気や熱源から遠ざけてください。酸化剤やハロゲンとは別に保管し、混合しないでください。対応する種類と量の消防設備を装備しています。保管場所には、こぼれを封じ込めるのに適した材料を装備する必要があります。

パート VIII:露出制御/個人保護

中国 MAC(mg / m3):6

ソ連 MAC(mg / m3):6

TLVTN:ACGIH 1mg/m3

TLVWN:ACGIH 3mg/m3

モニタリング方法:チオシアン化カリウム-塩化チタン分光法

エンジニアリング制御:生産プロセスはほこりがなく、完全に換気されています。

著作権および法的責任に関する声明

呼吸保護:空気中の粉塵濃度が基準を超える場合は、自吸式フィルター防塵マスクを着用する必要があります。緊急避難の場合、空気呼吸装置を着用する必要があります。

目の保護具:化学安全メガネを着用してください。

ボディプロテクション:毒物防止浸透オーバーオールを着用してください。

手の保護具:ゴム手袋を着用してください。

パート IX:物理化学的性質

主成分:ピュア

外観と特性:固体、明るいホワイトメタル

融点(°C):N / A

沸点(°C):N / A

相対密度(水=1):13~18.5(20°C)

蒸気密度(空気=1):データなし

飽和蒸気圧(kPa):データなし

燃焼熱(kJ / mol):データなし

臨界温度(°C):データがありません

臨界圧力(MPa):データなし

水分配係数の対数:データなし

引火点(°C):データがありません

発火温度(°C):データなし

爆発限界%(V / V):データなし

爆発下限%(V / V):データなし

溶解性:硝酸、フッ化水素酸に可溶

主な用途:シールド部品、タングステン合金ダーツシャフト、タングステン合金ボールなどの製造に使用されます

パート X:安定性と反応性

禁止物質:強酸とアルカリ。

パート 11:

急性毒性:データはありません

LC50:データなし

パート XII:生態学的データ

このセクションのデータはありません

パート XIII:処分

廃棄物の処理方法:処分する前に、関連する国および地域の法律および規制を参照してください。可能であればリサイクルしてください。

著作権および法的責任に関する声明

パート XIV: 配送情報

危険物番号: 情報なし

包装カテゴリ: Z01

輸送上の注意: 輸送時には梱包が完了し、積み込みはしっかりと行う必要があります。輸送中は、コンテナが漏れたり、倒れたり、落下したり、損傷したりしないようにする必要があります。酸化剤、ハロゲン、食用薬品などとの混合は固く禁じられています。輸送中は、日光、雨、高温にさらされないように保護する必要があります。車両は輸送後に徹底的に清掃する必要があります。

パート XV: 規制情報

規制情報: 危険化学物質の安全管理に関する規則(1987年2月17日に国務院で公布)、危険化学物質の安全管理に関する規則の実施に関する詳細な規則(Hua Lao Fa [1992] No. 677)、職場における化学物質の安全な使用に関する規則([1996] Lao Bu Fa No. 423)およびその他の法律および規制、危険な化学物質の安全な使用、製造、保管、輸送、積み降ろしに関する対応する規定を設けている。ワークショップの空気中のタングステンの衛生基準(GB 16229-1996)は、ワークショップの空気中のこの物質の最大許容濃度と検出方法を規定しています。

パート XVI: 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 の純タングステン電極

著作権および法的責任に関する声明

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

第3章 純タングステン電極の製造と製造技術

純タングステン電極(WP 電極)の調製は、鉬物冶金、粉末冶金、加圧処理、および原材料の抽出から完成した電極の成形までの表面処理をカバーする、学際的な学際性を含む高精度のプロセスです。電極の高純度、均一性、優れた溶接性能を確保するためには、すべてのステップでプロセスパラメータの厳密な制御が必要です。この章では、原料の準備、粉末冶金、圧力処理、表面処理、品質管理だけでなく、技術的な困難と革新的な方向性をカバーする、純粋なタングステン電極の準備と製造技術について詳しく説明します。

3.1 純タングステン電極用原料の調製

純粋なタングステン電極の調製は、原材料の選択と取り扱いから始まります。レアメタルとして、タングステンは主にタングステン鉬石の形で自然界に存在し、その調製プロセスでは、鉬石から高純度のタングステン化合物を抽出し、さらに高純度のタングステン粉末に加工する必要があります。この段階でのプロセスは、電極の純度と性能を直接決定します。

3.1.1 タングステン鉬石の抽出と精製

タングステン鉬石の抽出と精製は、主に自然界からタングステン鉬石を取り、それを高純度のタングステン化合物に変換することを含む純粋なタングステン電極の製造の最初のステップです。世界のタングステン鉬石資源は、主に中国、ロシア、カナダ、オーストラリアに分布しており、そのうち中国は世界の埋蔵量の半分以上を占めています。一般的なタングステン鉬石には、鉄マンガン重石(主に FeWO_4 と MnWO_4)と灰重石(主に CaWO_4)が含まれます。その高いタングステン含有量と容易な選鉬特性のために、鉄マンガン重石は純粋なタングステン電極の調製のための主要な原料です。

タングステン鉬石は通常、露天掘りまたは地下採掘法で抽出され、採掘された鉬石は粉砕され、その後の選鉬のために小さな粒子サイズの微粉が生成されます。選鉬プロセスには、重力選鉬、浮選、磁気分離が含まれ、それを通じてタングステン鉬物を他の不純物(ケイ酸塩、硫化物など)から分離して高品位のタングステン濃縮物を得ることができます。タングステン濃縮物のタングステン含有量は、通常、精製要件を満たすために特定の基準を満たす必要があります。

精製プロセスは主に湿式製錬によって行われます。まず、タングステン濃縮物を水酸化ナトリウムまたは炭酸ナトリウム溶液と反応させて、タングステン酸ナトリウム(Na_2WO_4)溶液を生成します。このプロセスは、反応の効率を向上させるために、高温高圧で実行する必要があります。続いて、ケイ素、鉄などの不溶性不純物がろ過によって溶液から除去されます。次に、タングステン酸ナトリウムは、塩酸などの酸を添加することにより、タングステン酸(H_2WO_4)沈殿物に変換されます。洗浄および乾燥後、タングステン酸沈殿物は、高純度タングステン粉末の調製のための中間製品である三酸化タングステン(WO_3)を生成するためにさらに焼成される。精製プロセス全体は、不純物の残留を最小限に抑え、三酸化タングステンの純度を確保し、その後のプロセスの基礎を築くために、溶液の pH 値、温度、反応時間を厳密に制御する必要があります。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

3.1.2 高純度タングステン粉末の調製

高純度 タングステン粉末 は、純粋なタングステン電極の調製のためのコア原料であり、その純度、粒子サイズおよび形態は直接電極の性能に影響を与える。タングステン粉末の調製は、通常、水素還元法によって製造される出発材料として三酸化タングステンから作られます。具体的なプロセスは、次の手順で構成されています。

まず、三酸化タングステンを還元炉に入れ、高純度の水素を高温で導入して、三酸化タングステンをタングステン金属粉末に徐々に還元します。還元プロセスは 2 つの段階に分けられます:最初の段階は、より低い温度で二酸化タングステン(WO_2)に三酸化タングステンを還元し、さらに 2 番目の段階では、高温で金属タングステンを金属に還元します。このプロセスでは、タングステン粉末の粒子が過剰または凝集するのを避けるために、温度勾配、水素流量、および還元時間を正確に制御する必要があります。還元されたタングステン粉末は、残留酸化物や不純物を除去するためにふるいにかけられ、洗浄されます。

純粋なタングステン電極の高純度の要件を満たすためには、タングステン粉末の純度は通常 99.95%以上に達する必要があります。不純物(鉄、ニッケル、シリコン、酸素など)の含有量は微量で厳密に制御する必要があります。さらに、タングステン粉末の粒度分布と形態も重要です。粒子サイズが大きすぎると、焼結体の密度が不足する可能性があります。粒子サイズが小さすぎると圧縮が困難になる可能性があります。したがって、タングステン粉末の平均粒径は通常 1~5 ミクロンの範囲で制御され、粒子形態は流動性と圧縮性能を向上させるためにほぼ球形であることが好ましい。

近年、一部の企業は、プラズマ還元や化学蒸着などの高度な技術を採用して、超微細なタングステン粉末を調製し、粉末の純度と均一性をさらに向上させています。これらの技術は高価ですが、高性能電極の製造において大きな利点を提供します。

3.2 純タングステン電極の粉末冶金プロセス

粉末冶金は、プレス、焼結、熱処理を通じてタングステン粉末を高密度で高強度のタングステンボディに変換する純粋なタングステン電極調製の中核プロセスです。このプロセスは、電極の密度と機械的特性を確保するために、高温、高圧、および真空中で実行されます。

3.2.1 タングステン粉末プレス成形

タングステン粉末プレス成形は、高純度のタングステン粉末を特定の形状と強度を持つ緑色のボディに加工するプロセスです。この段階の目標は、均一な密度と十分な強度を備えたグリーンボディを形成し、その後の焼結の基礎を提供することです。プレスプロセスには、主に冷間静水圧プレスと成形の 2 つの方法があります。

冷間静水圧プレスは、タングステン粉末を柔軟な金型(ゴム金型など)に装填し、高圧液体媒体に入れて均一な圧力(通常は 100~300MPa)を加えて粉末粒子をしっかりと結合させることにより、現在最も一般的に使用されているプレス方法です。冷間静水圧プレスの利

点は、均一な圧力分布と生体の一貫した密度であり、大型または複雑な形状の製造に適しています。成形は小ロット生産に適しており、タングステン粉末は鋼金型を介して一方向の圧力によって形成されますが、密度勾配を生成するのは容易であり、その後のプロセスの最適化が必要です。

プレス工程では、グリーンボディの形成強度を高めるために少量のバインダー(ポリビニルアルコールやパラフィンなど)を添加しますが、残留不純物を避けるために、その後の焼結前にバインダーを完全に除去する必要があります。グリーンボディの均一性を確保するためには、亀裂や層間剥離を避けるために、タングステン粉末の充填密度とプレス速度を制御する必要があります。

3.2.2 焼結プロセス

焼結は、粉末粒子が結合して緻密な材料を形成するために、プレスされたボディをタングステンの融点より低い温度に加熱するプロセスです。タングステンの高融点は、それを高温、通常は 2000-2800°C で焼結させます。酸化を避けるために、焼結は真空または水素遮蔽雰囲気で行われ、一般的な機器には真空焼結炉または水素焼結炉が含まれます。

焼結プロセスは、初期、中期、後期の 3 つの段階に分けられます。初期段階では、低温(約 1000~1500°C)でグリーンボディのバインダーが蒸発し、粒子の表面にネック接続が形成され始めます。中期(1500-2200°C)では、粒子間結合が促進され、緑色の体が収縮し、密度が徐々に増加します。後期(2200-2800°C)では、穀物が成長し、グリーンボディは最大密度(通常は理論密度の 95%~98%)に達します。焼結時間と温度は正確に制御する必要があり、温度が高すぎたり、保持時間が長すぎたりすると、過剰な粒子の成長につながり、グリーンボディの機械的特性が低下する可能性があります。

焼結効率を向上させるために、ニッケルやコバルトなどの微量元素を添加して焼結温度を下げるアクティブ焼結技術を使用している企業もありますが、添加剤が電極の純度に影響を与えないようにする必要があります。さらに、IF 誘導焼結や放電プラズマ焼結(SPS)などの新興技術は、高性能タングステン電極の製造に徐々に適用されており、焼結時間を大幅に短縮し、グリーンボディの密度を向上させることができます。

3.2.3 熱処理と焼鈍

焼結タングステン本体には通常、内部応力と微細な欠陥があり、微細構造を改善するために熱処理と焼鈍によって緩和する必要があります。熱処理は通常、真空または水素雰囲気で行われ、温度は 1200~1800°C に制御され、保持時間はグリーンボディのサイズと性能要件に応じて調整されます。熱処理により、粒を微細化し、グリーンボディの靱性と加工性を高めます。

アニーリングは、グリーンボディの硬度と脆性をさらに低減し、延性を向上させるように

設計された熱処理の延長ステップです。アニーリング温度は通常、熱処理温度(約 800〜1200°C)よりも低く、新たなストレスを避けるためにゆっくりと冷却されます。焼きなましされたボディは、鍛造や伸線などのその後の圧力加工により適しています。

3.3 純タングステン電極の加圧処理

圧力加工とは、焼結体を精密な寸法と形状の電極バーに加工するプロセスで、鍛造、圧延、絞り、絞り工程などがあります。タングステンの高い硬度と脆性は、加工を困難にし、延性を向上させるために高温で実施する必要があります。

3.3.1 鍛造と圧延

鍛造とは、焼結ブランクを高温(約 1500〜1800°C)でハンマーまたはプレスしてロッドまたはプレートブランクを作成することにより変形させるプロセスです。鍛造は粒子を微細化し、ボディの密度と強度を高めますが、ひび割れを避けるために変形速度を制御する必要があります。鍛造は通常、酸化を防ぐために水素防護雰囲気で行われます。

圧延は、鍛造後のさらなる加工ステップであり、鍛造されたブランクはマルチパス圧延機を通じてより細いバーまたはワイヤーに圧延されます。圧延温度は、材料の表面品質と寸法精度を向上させるために、徐々に低下します(1500°C から 1000°C)。圧延工程では、加工硬化や内部応力を排除し、ブランクの被削性を確保するために、定期的な焼鈍が必要です。

3.3.2 描画と描画

伸線は、転がされたバーをダイスに通して、より小さな直径のタングステンワイヤまたは電極ブランクを作成するプロセスです。伸線は、タングステンの高硬度に耐えるために、超硬またはダイヤモンドダイを使用して高温(約 800〜1200°C)で行われます。グラファイトや二硫化モリブデンなどの潤滑剤は、摩擦と金型の摩耗を減らすために、絞りプロセス中に塗布されます。各ドロ잉パスの変形は通常 10%〜20%で制御され、延性を回復するには数回のアニーリングセッションが必要です。

絞りは、より小さな直径(0.5〜6.4 mm)の電極ブランクを製造するための伸線の拡張です。

絞りダイの精度は、電極の表面品質と寸法公差に直接影響するため、定期的に金型のチェックと交換を行う必要があります。伸線と伸線の連続生産は効率を大幅に向上させることができますが、断線避けるために温度と伸線速度を厳密に制御する必要があります。

3.3.3 電極バー成形

電極バー成形は、引き抜かれたタングステンワイヤーを切断し、まっすぐにし、長さを伸ばして、仕様を満たす電極ロッドを作ることです。切断は通常、機械的またはレーザー切

断によって行われ、切断が平らでバリがないことを確認します。矯正はローラー矯正機によって行われ、バーの曲がりや内部応力を排除します。カットの長さはお客様のニーズに合わせて調整され、一般的な長さは 75～600mm です。形成されたロッドは、亀裂、引っかき傷、酸化マークがないことを確認するために表面検査されます。

3.4 純タングステン電極の表面処理

表面処理は、純粋なタングステン電極調製の最終段階であり、表面品質、溶接性、および電極の認識を向上させることを目的としています。

3.4.1 クリーニングと研磨

洗浄とは、成形バーの表面から油、酸化物、不純物を除去するプロセスであり、通常は化学洗浄と超音波洗浄を組み合わせて使用します。化学洗浄は、アルカリ性溶液(水酸化ナトリウムなど)や酸性溶液(希硝酸など)を用いて酸化層を除去し、純水ですすいで乾燥させる洗浄です。超音波洗浄は、高周波振動を使用して小さな粒子を取り除き、きれいな表面を確保します。

研磨は、電極の表面仕上げを改善するための重要なステップであり、通常は機械的研磨または電気化学的研磨が行われます。機械研磨は、砥石や研磨布を使用して表面の微細な傷を取り除き、電気化学研磨は電気分解によって表面を滑らかにします。研磨された電極の表面粗さは Ra1.6～3.2 μ m に達し、アーク安定性と溶接品質の向上に役立ちます。

3.4.2 緑色の塗抹標本のマーキング

グリーンコーティングマークは、純タングステン電極の国際標準識別方法であり、AWS A5.12 および ISO 6848 規格に準拠しています。マーキングプロセスは通常、電極の一端に緑色の無毒の塗料(水性環境保護塗料など)でコーティングされ、厚さが均一で、耐摩耗性があり、溶接性能に影響を与えません。コーティングヘッドのマーキングは、密着性と耐久性を確保するために、きれいな表面で行われます。一部の企業では、自動スプレー装置を使用して、マーキングの効率と一貫性を向上させています。

3.5 純タングステン電極の品質管理

品質管理は、原材料から完成品まで、純粋なタングステン電極製造のすべてのステップを通じて実行され、電極の性能と信頼性を確保するために複数のレベルでテストする必要があります。

3.5.1 原材料品質検査

原材料の品質検査は、主にタングステン濃縮物、三酸化タングステン、タングステン粉末を対象としています。タングステン濃縮物は、タングステン含有量と不純物(硫黄、リン、シリコンなど)についてテストする必要があります。三酸化タングステンは、蛍光 X 線分析(XRF)または誘導結合プラズマ分光法(ICP-OES)によって純度と不純物がテストされます。タングステン粉末は、それが生産要件を満たしていることを確認するために、粒度分

布、形態および酸素含有量についてテストする必要があります。

3.5.2 生産プロセスの監視

生産プロセスの監視には、プレス、焼結、鍛造、伸線、表面処理のリアルタイム検出が含まれます。プレスされたグリーンボディの密度とサイズは超音波検出器で確認する必要があります。焼結グリーンボディの密度と粒度は金属顕微鏡で分析する必要があります。鍛造や絞りの際には、亀裂や欠陥を避けるために、温度、変形、表面品質を監視する必要があります。表面処理後、表面粗さとコーティング品質をチェックします。

3.5.3 完成品検査

完成品の検査には、化学組成、物理的特性、寸法公差、溶接性の包括的な検査が含まれます。化学組成は ICP-OES または XRF によって分析され、タングステン含有量が 99.5% $\geq$ ことを確認します。物理的特性には、密度、硬度、および導電率試験が含まれます。寸法公差は規格(e.g. ISO 6848)に準拠し、直径の偏差は $\pm 0.05\text{mm}$ に制御する必要があります。溶接性能:TIG 溶接試験をシミュレートすることにより、アーク開始性能、アーク安定性、および電極消費率を評価します。

3.6 純粋なタングステン電極の技術的困難と革新

純粋なタングステン電極の調製には、多くの技術的な困難があり、近年の技術革新により大きな進歩が見られました。以下については、高純度制御、粒状最適化、生産効率の向上、環境保護と持続可能な開発の4つの側面から説明します。

3.6.1 高純度制御

高純度は純粋なタングステン電極の中核的な要件であり、不純物(酸素、鉄、炭素など)の含有量は ppm レベルで制御する必要があります。技術的な困難には、原材料の精製と製造プロセスでの不純物の導入が含まれます。イノベーションには、三酸化タングステンの純度を向上させるためのイオン交換および溶媒抽出技術の使用、還元および焼結中の酸素汚染を低減するための高純度水素および真空環境の使用、リアルタイムモニタリングのためのレーザー誘起ブレークダウン分光法などのインライン不純物検出技術の開発が含まれます。

3.6.2 粒状構造の最適化

結晶粒構造は、電極の機械的特性と溶接性能に直接影響し、結晶粒が大きすぎると脆性が増し、結晶粒が小さすぎると高温での強度が低下します。技術的な課題は、焼結および加工中の粒子成長を制御することにあります。イノベーションには、原料としてのナノタングステン粉末の使用、急速焼結技術(SPS など)による穀物精製、および穀物の成長を制御するための微量阻害剤(アルミナなど)の添加が含まれます。

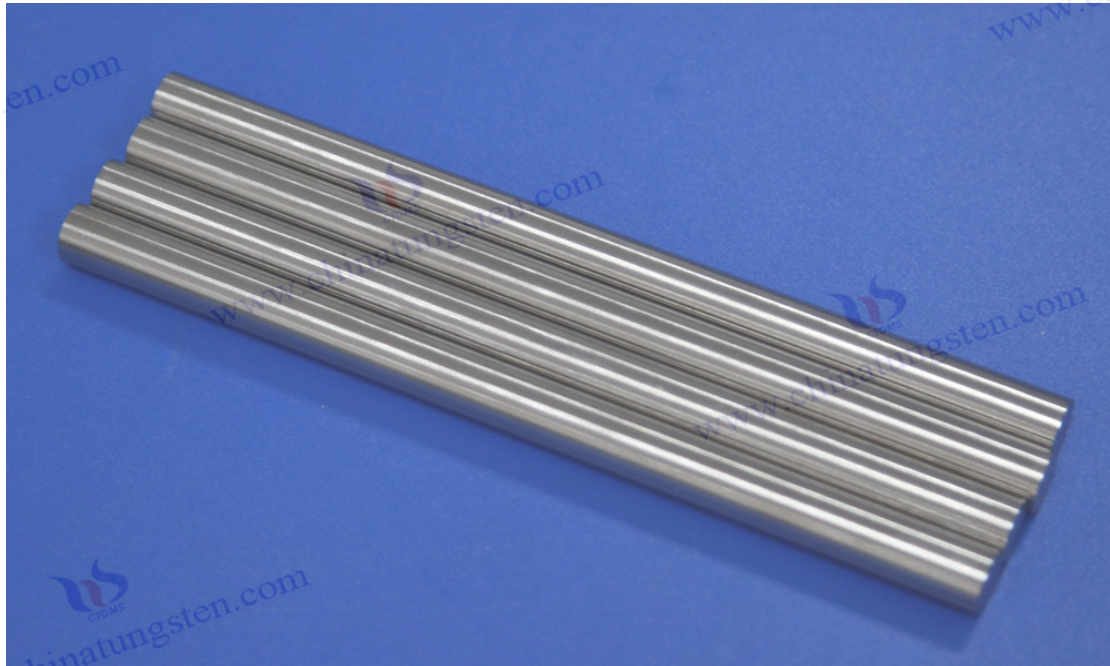
3.6.3 生産効率の向上

純粋なタングステン電極の生産サイクルは長く、エネルギー消費は多く、大規模な生産を制限します。技術的な問題には、長い焼結時間、難しい処理、高い設備メンテナンスコストなどがあります。イノベーションには、生産効率を向上させるための連続焼結炉の開発、

人件費を削減するための自動伸線および表面処理装置の使用、生産プロセスを最適化するための産業用モノのインターネット(IIoT)などのスマート製造技術の適用が含まれます。

3.6.4 環境保護と持続可能な開発

タングステン電極の製造は、高いエネルギー消費と廃水の排出を伴い、環境圧力にさらされています。技術的な課題には、エネルギー消費量の削減やタングステン含有廃棄物の処理などがあります。再生可能エネルギーによる生産設備の駆動、排水リサイクル技術の開発、タングステン廃棄物リサイクルシステムの構築など、資源循環を実現するためのイノベーションが進められています。一部の企業は、無毒の溶剤や低排出機器の使用など、グリーン製造モデルを模索し始めています。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

第4章 純タングステン電極の使用

純粋なタングステン電極(WP 電極)は、その高い融点、優れた電気伝導率と熱伝導率、化学的安定性により、さまざまな産業分野で重要な役割を果たしてきました。特に溶接業界では、純粋なタングステン電極は、AC 溶接(AC)シナリオで広く使用されているタングステナルゴンアーク溶接(TIG 溶接)のコア材料です。さらに、他の産業用途、特殊領域、特定の非溶接用途でも独自の利点を提供します。しかし、純粋なタングステン電極の適用には、一定の制限もあります。この章では、溶接アプリケーション、その他の産業アプリケーション、特殊フィールドアプリケーション、およびそれらの制限をカバーし、純粋なタングステン電極の使用の包括的な概要を提供します。

4.1 溶接アプリケーション

溶接は、特にタングステナルゴンアーク溶接(TIG 溶接)では、純粋なタングステン電極は、その高い融点と安定したアーク特性のために不可欠な材料となっている、純粋なタン

著作権および法的責任に関する声明

タングステン電極の最も重要な応用分野です。以下は、TIG 溶接、AC 溶接、マグネシウム、アルミニウム、およびそれらの合金の溶接の 3 つの側面からその応用を詳しく説明しています。

4.1.1 タングステン不活性ガス溶接(TIG)

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アルゴンやヘリウムなどの不活性ガスの保護下でアークを生成する溶接プロセスであり、高精度、高品質の溶接、および幅広い材料適用性で知られています。TIG 溶接のための初期の電極タイプとして、純粋なタングステン電極は、その高い融点(3422°C)と優れた高温安定性により、アーク高温環境(約 6000-7000°C)で構造的完全性を維持することができます電極の溶融または燃焼のリスクを低減します。この特性は、高品質の溶接が必要な産業シナリオで価値があります。

TIG 溶接では、純粋なタングステン電極は非溶融電極として機能し、主にアークの開始と維持を担当し、溶加材(必要な場合)は溶接ワイヤによって提供されます。電極端の形状は、アーク形状と溶接品質に大きな影響を与えます。動作中、純粋なタングステン電極は、アークの濃度と安定性を最適化するために、テーパ状または半球状に研磨する必要がありますことがよくあります。不活性ガスの保護効果により、電極と溶融プールの酸化を防ぎ、溶接部の純度と機械的特性を確保します。

純粋なタングステン電極は、TIG 溶接で広く使用されており、特に溶接の外観と性能が高いシナリオでは、薄いプレートから厚いプレートまでさまざまな金属材料をカバーしています。例えば、ステンレス鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金の溶接では、純粋なタングステン電極が安定したアークときれいな溶接シームを提供し、精密製造のニーズを満たすことができます。さらに、TIG 溶接の柔軟性により、手動溶接と自動溶接の両方に適しており、純粋なタングステン電極は両方のモードで信頼性の高い性能を発揮します。

純粋なタングステン電極は TIG 溶接で広く使用されていますが、その高い電子発生作業(約 4.52 eV)は、特に DC 溶接(DC)でアーク開始性能を低下させます。したがって、その主な用途は AC 溶接シナリオに集中していますが、DC 溶接は主に希土類酸化物(セリウムタングステンやランタンタングステン電極など)をドープした電極を使用します。それでも、純粋なタングステン電極は、低コストで非放射能であり、特定の材料に適しているため、TIG 溶接には欠かせない選択肢です。

4.1.2 AC 溶接(AC)のアプリケーション。

AC 溶接(AC)は、純タングステン電極の主要なアプリケーションシナリオの 1 つであり、正と負の交流半サイクルの交互作用下で安定したアークを形成でき、特に酸化膜を持つ軽金属の溶接に適しています。AC 溶接は、電極とワークピースをカソードとアノードとして交流電流で接続し、アークの動的平衡を実現します。AC 溶接における純粋なタングステン電極のユニークな利点は、安定した半球状電極を形成できることであり、この端部形状はアークエネルギーを均等に分散し、溶接品質を向上させるのに役立ちます。

AC 溶接では、純粋なタングステン電極の半球端は、正の半サイクル(電極はカソード)の間に強い電子放出を生成し、高温アークを形成します。負の半サイクル(ワークピースがカソード)では、アークがワークピースの表面の酸化膜に「陰極洗浄」効果をもたらし、酸化物層を効果的に除去し、溶接部の清浄度を確保します。この特性により、純粋なタングステン電極は、アルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金を溶接する際に優れたものになります。また、AC 溶接の電流波形(方形波や正弦波など)は、溶接装置によってアーク特性と溶け込みを最適化するために調整でき、純粋なタングステン電極はさまざまな波形設定に適応でき、強力なプロセス適応性を示しています。

AC 溶接における純粋なタングステン電極のアプリケーションシナリオには、建設、造船、自動車産業、航空宇宙が含まれます。例えば、建設業界では、アルミカーテンウォールや構造部品は AC TIG を使用して溶接されることが多く、純粋なタングステン電極は、外観と強度の要件を満たす高品質の溶接を提供できます。造船では、アルミニウム船体の溶接には安定したアークときれいな溶接が必要であり、純粋なタングステン電極が理想的です。さらに、その非放射性特性は、食品加工機器の製造など、安全性が重要な環境で有利になります。

純粋なタングステン電極は AC 溶接で良好に機能しますが、そのアーク安定性は、高周波または低電流でドープされた電極よりもわずかに劣る場合があります。パフォーマンスを向上させるには、オペレーターは電極部分を定期的に研ぎ、電極部品を清潔で適切な角度に保つ必要があります。さらに、溶接パラメータ(電流、ガス流量など)の最適化は、アークの安定性と溶接品質を確保するために不可欠です。

4.1.3 マグネシウム、アルミニウム、およびそれらの合金の溶接

マグネシウム、アルミニウム、およびそれらの合金は、軽量、高強度、および優れた耐食性により、航空宇宙、自動車製造、および電子産業で広く使用されています。しかし、これらの材料は表面に緻密な酸化膜(例えば、 Al_2O_3 、融点約 2050°C)が形成されやすく、溶接プロセスに課題をもたらします。AC TIG 溶接における純粋なタングステン電極の「陰極洗浄」効果により、マグネシウム、アルミニウム、およびそれらの合金の溶接に最適な材料となっています。

アルミニウム合金溶接では、純粋なタングステン電極は、正の半サイクル中に基板を溶かして均一な熔融プールを形成するのに十分な熱を提供しながら、交流の負の半サイクルを通じて酸化膜を除去します。アルミニウム合金(6061 や 7075 など)の溶接には、安定したアークと適度な浸透が必要であり、純粋なタングステン電極の半球形の端部はこれらの要件を満たすことができます。また、アルミニウムの熱伝導率が高い(約 $237\text{W/m}\cdot\text{K}$)ため、溶接時の入熱制御が必要であり、純粋なタングステン電極の優れた熱伝導率により、アーク熱を放散し、過熱リスクを低減することができます。

マグネシウム合金(AZ31、AZ91 など)は、密度が低い(約 1.74g/cm^3)ため、軽量設計で広く使用されていますが、融点が低く(約 650°C)、化学活性が高いため、溶接が難しくなります。純粋なタングステン電極は、マグネシウム合金溶接で安定したアークを提供し、適切

な不活性ガス保護(アルゴンやアルゴン - ヘリウム混合物など)とともに、メルトプールの酸化を効果的に防止し、溶接の品質を確保することができます。航空宇宙分野では、マグネシウム合金部品(シートフレーム、胴体パネルなど)の溶接には、高精度と品質の要件を満たすことができるため、純粋なタングステン電極がよく使用されます。

マグネシウム、アルミニウムおよびそれらの合金の溶接効果を最適化するために、次の点に注意する必要があります:まず、電極の直径はワークピースの厚さと電流に応じて選択する必要があります、一般的に使用される直径は 1.6〜3.2 mm です。第二に、メルトプールの

保護を確保するために、シールドガスの流量は中程度(約 8〜15 L/min)である必要があります。最後に、電極部分は、アークの安定性を維持するために、定期的に半球形に研磨する必要があります。これらの材料の溶接における純粋なタングステン電極の広範な適用は、AC 溶接の分野におけるそのユニークな利点を十分に反映しています。

4.2 その他の産業用途

溶接に加えて、タングステン電極は、抵抗溶接、プラズマ切断および溶射、熱電子放出、スパッタリングターゲット、カウンターウェイトおよび発熱体などの他の産業分野でも広く使用されています。これらのアプリケーションは、タングステンの高い融点、高密度、および優れた電気的特性を利用しています。

4.2.1 抵抗溶接電極

抵抗溶接とは、抵抗熱を発生させた電流で金属を溶かす溶接法で、自動車製造、電子工業、家電製品製造などで広く利用されています。純粋なタングステン電極は、特にスポット溶接やシーム溶接において、高硬度、高導電性、耐摩耗性により、抵抗溶接電極によく使用されます。スポット溶接では、純粋なタングステン電極が電極ヘッドとして機能し、ワークピースと直接接触し、大電流(数千アンペア)を伝達して局所的な高温を生成し、金属を溶かしてはんだ接合を形成します。その高い融点により、電極が高温で軟化したりワークピースに付着したりせず、耐用年数が伸びます。

エレクトロニクス業界では、抵抗溶接は薄い金属シート(銅箔、ニッケルシートなど)またはミニチュアコンポーネントの溶接に使用され、純粋なタングステン電極の高い導電性と安定性により、正確な熱制御が可能になり、過熱や敏感なコンポーネントの損傷を回避できます。また、純粋なタングステン電極の耐摩耗性は、自動車部品の連続スポット溶接などの高周波溶接作業に適しています。銅合金電極は一部の抵抗溶接シナリオでより一般的ですが、純粋なタングステン電極は、高精度および高温アプリケーションで独自の利点を提供します。

4.2.2 プラズマ切断と溶射

プラズマ切断は、高温のプラズマアーク(最大 20,000°C)を用いて金属を溶かし、溶融物を吹き飛ばすプロセスで、鋼材、アルミニウム合金、ステンレス鋼の切断に広く使用されています。プラズマ切断ガンのコアコンポーネントとして、純粋なタングステン電極は、プ

プラズマアークの開始と維持を担当しています。その高い融点と低い蒸気圧により、非常に高温でも安定しており、電極の消費量を削減できます。さらに、純粋なタングステン電極の導電性は、高速アーク応答を保証し、高速切断アプリケーションに適しています。

プラズマ溶射では、純粋なタングステン電極を使用して高温のプラズマガス流を生成し、セラミックまたは金属粉末を溶かして基板の表面に溶射し、耐摩耗性、耐食性、または断熱性のコーティングを形成します。純粋なタングステン電極の高温耐性と化学的安定性により、スプレープロセスの過酷な条件に耐えることができ、コーティングの均一性と品質を確保します。プラズマ切断と溶射の広範な使用は、製造業、特に重工業と表面工学における純粋なタングステン電極の需要を推進しています。

4.2.3 熱電子放出材料

タングステン電極は、電子顕微鏡、ブラウン管(CRT)、X線管など、熱電子放出が必要なデバイスで一般的に使用されています。これらのデバイスでは、純粋なタングステン電極がカソードとして機能し、高温(約 2000~2500°C)で電子を放出して電子ビームまたは光線を形成します。その高い融点と低い蒸気圧により、高温真空環境での電極の長期安定動作が保証され、化学的安定性により残留ガスとの反応を防ぎます。

希土類酸化物をドーピングしたタングステン電極(例えば、ランタンタングステン電極)は、一部の熱電子放出アプリケーションでより優れた性能を発揮しますが、純粋なタングステン電極は、その非放射能と低コストのために高い安全性要件を持つデバイスで依然として広く使用されています。さらに、純粋なタングステン電極の機械的強度により、高電圧や熱衝撃に耐えることができ、高出力電子機器のアプリケーションに適しています。

4.2.4 スパッタリングターゲット

スパッタリングは、基板の表面に薄膜を堆積させるために使用される物理蒸着(PVD)技術であり、半導体、太陽電池、および光学コーティング業界で広く使用されています。その高純度($\geq 99.95\%$)と高密度により、純粋なタングステン電極は、高エネルギーイオンの衝撃下でタングステン原子を放出して均一なタングステン膜を形成するためのスパッタリングターゲットとして使用できます。これらのフィルムは、優れた導電性、耐食性、および高温安定性を備えているため、マイクロエレクトロニクス、センサー、および光学部品の製造に適しています。

純粋なタングステンターゲットの製造には、フィルムの性能を確保するために、不純物含有量と粒構造の厳密な制御が必要です。純粋なタングステン電極の高密度と均一性により、高品質のターゲットに最適です。さらに、その高い融点と化学的安定性により、ターゲットは高真空および高温スパッタリング環境で劣化することなく長期間使用できます。半導体や新エネルギー産業の急速な発展に伴い、スパッタリングターゲットとしての純粋なタングステン電極の需要は高まり続けています。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

4.2.5 カウンターウェイトと発熱体

純粋なタングステン電極(19.3g/cm³)の高密度は、カウンターウェイトに理想的であり、航空宇宙、自動車、および精密機器で広く使用されています。たとえば、飛行機や衛星では、タングステンカウンターウェイトを使用して構造のバランスを取り、飛行安定性を向上させます。レースでは、タングステンウェイトウェイトを使用して、車両の重心の分布を最適化します。純粋なタングステンの高密度は、それが従来の鉛または鋼のカウンターウェイト材料よりも優れている、より小さな体積でより大きな重量を提供することを可能にします。さらに、その非毒性と耐食性は環境要件を満たしています。

発熱体の面では、純粋なタングステン電極は、その高い融点と優れた導電性のために、高温炉(真空炉やグラファイト炉など)の発熱体によく使用されます。これらのデバイスでは、タングステン電極は 2000°C を超える温度に耐えることができ、金属溶融、セラミック焼結、および熱処理プロセスに安定した熱源を提供します。タングステンは高温で酸化しやすいですが、不活性ガスまたは真空保護により、その耐用年数を効果的に延ばすことができます。

4.3 特殊分野のアプリケーション

純粋なタングステン電極は、材料の性能、安全性、信頼性が非常に要求される航空宇宙、軍事、原子力産業などの特殊分野で重要な用途があります。

4.3.1 航空宇宙産業

航空宇宙産業は、溶接品質と材料特性のための非常に厳しい要件を持っており、この分野での純粋なタングステン電極の適用は、主にアルミニウム合金、マグネシウム合金、チタン合金の TIG 溶接に焦点を当てています。たとえば、航空機の胴体、エンジン部品、および衛星構造物の製造では、アルミニウム合金(7075、6061 など)は、軽量で高強度であるために広く使用されています。純粋なタングステン電極は、AC TIG によって溶接され、酸化膜を除去して、航空宇宙部品の強度と耐食性の要件を満たす高品質の溶接を形成します。

さらに、マグネシウム合金は、ヘリコプターのドライブトレインやシートフレームの製造など、航空宇宙分野でますます使用されています。マグネシウム合金溶接における純粋なタングステン電極の安定したアークとクリーンな溶接特性は、コンポーネントの信頼性と軽量性を確保します。さらに、純粋なタングステン電極の非放射能は、衛星の筐体や燃料タンクなど、非常に高い安全性が要求される宇宙船の部品の製造に適しています。

航空宇宙分野では、タングステン電極はプラズマ溶射やカウンターウェイト製造にも使用されています。プラズマ溶射は、エンジンブレードの表面に高温耐性コーティングを形成するために使用され、純粋なタングステン電極の安定性はコーティングの品質を保証します。カウンターウェイトは宇宙船の構造のバランスをとるために使用され、純粋なタングステンの高密度と非毒性はそれを理想的な選択肢にします。

4.3.2 軍事産業

軍事産業は、材料の高温耐性、耐食性および高強度を必要とし、この分野での純粋なタン

グステン電極の適用は、装甲車両、ミサイル部品および兵器システムの溶接および加工を含む。例えば、アルミニウム合金とステンレス鋼は装甲車両の製造に広く使用されており、純粋なタングステン電極は TIG 溶接を通じて高品質の溶接を提供し、構造強度を高めます。シーカーハウジングなどのミサイル部品の製造では、純粋なタングステン電極の正確なアーク制御が高精度の溶接のニーズを満たしています。

さらに、純粋なタングステン電極は、軍事産業におけるプラズマ切断および熱電子放出アプリケーションでも役割を果たします。プラズマ切断は、高強度鋼とチタン合金の加工に使用され、純タングステン電極の高温耐性により、切断効率と精度が保証されます。熱電子放出は、軍用レーダーや通信機器用の電子管に使用されており、純粋なタングステン電極の安定性により、機器の長期動作が保証されます。純粋なタングステン電極の非放射性の性質は、軍事分野で、特に環境および人員の安全要件が厳しいシナリオでさらに有利になります。

4.3.3 原子力産業

原子力産業は、材料の耐放射線性、耐高温性、化学的安定性に対する非常に高い要件を持っており、純粋なタングステン電極は、原子炉部品、燃料棒ハウジング、実験装置の製造に重要な用途があります。例えば、純粋なタングステン電極は、放射線耐性と耐食性の要件を満たす欠陥のない溶接を提供するため、原子炉の冷却システムや構造部品のアルミニウム合金やステンレス鋼の溶接によく使用されます。

核融合研究(ITER(International Thermonuclear Fusion Experimental Reactor)など)では、タングステンは融点が高くスパッタリング速度が低いため、プラズマ指向材料(PFM)として使用されています。純粋なタングステン電極は、これらのコンポーネントの溶接と加工に役割を果たし、その高い純度と安定性はコンポーネントの性能を保証します。さらに、純粋なタングステン電極は、放射線遮蔽用のカウンターウェイトや高温実験炉の発熱体など、原子力産業のカウンターウェイトや発熱体にも使用されています。

純粋なタングステン電極の非放射性の性質は、原子力産業でより有利になり、トリウム化されたタングステン電極(放射性酸化トリウムを含む)よりも安全性と環境保護の点で優れた性能を発揮します。原子力産業の急速な発展は、純粋なタングステン電極の応用のための広範な見通しを提供します。

4.4 アプリケーションの制限

純粋なタングステン電極はさまざまな分野で広く使用されていますが、その性能制限により、特定のシナリオでの使用が制限されます。以下では、DC 溶接と電極の摩耗と寿命の2つの側面からその欠点を分析します。

4.4.1 DC 溶接(DC)の欠陥。

直流溶接(DC)における純タングステン電極の主な制限は、その高電子作用(約 4.52eV)であり、これは困難なアーク開始とアークの不安定性につながります。DC 正極(DCSP)では、カソードとしての電極は多数の電子を放出する必要があり、電子の脱出作業が高いため、アークがより高い電圧で開始され、アークジャンプや中断が発生しやすくなります。逆

DC 極性(DCRP)では、アノードとしての電極に高い熱負荷がかかるため、過熱や急速な消費につながる可能性があります。

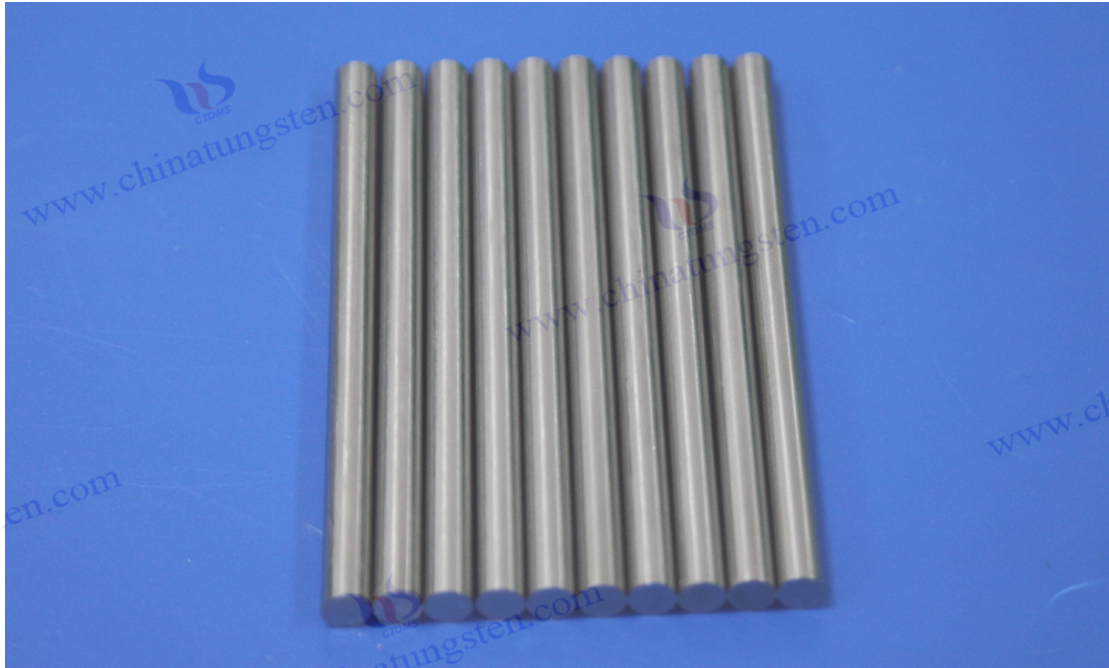
対照的に、希土類酸化物をドーブした電極(セリウムタングステン電極やランタンタングステン電極など)は、電子逃げ作業が低く(約 2.7~3.2 eV)、DC 溶接におけるアーク開始性能とアーク安定性が優れています。したがって、DC 溶接における純タングステン電極の適用は、主に低電流溶接や一時的な修理などの低需要シナリオに限定されていますが、高精度または高効率の DC 溶接は主にドーブ電極を使用します。この制限を軽減するために、溶接装置の最適化(高周波アーク開始など)または電極上部の角度を調整することにより、アーク開始性能を向上させることができますが、その効果は限られています。

4.4.2 電極の摩耗と寿命の問題

純粋なタングステン電極のもう一つの大きな制限は、電極の摩耗と寿命の問題です。大電流(>200A)または長期連続溶接では、高電子の働きによる純粋なタングステン電極のハイエンド温度は、電極の長さの漸進的な短縮と端部形態の変化によって現れる材料の揮発と燃焼損失を加速します。AC 溶接では、半球状の端部が形成されると部分的に摩耗が遅くなりますが、高周波や不安定な電流下では摩耗率は高いままです。

さらに、電極表面の汚染(酸化物、油など)や不適切な取り扱い(電極と溶融プールの接触など)は、摩耗をさらに悪化させ、アーク安定性を低下させる可能性があります。電極の寿命を延ばすためには、電極部分を定期的に研磨して、その清浄度と適切な端部形状を維持する必要があります。しかし、頻繁に研削を行うと、特に自動溶接では運用コストと時間が増加し、生産性に影響を与える可能性があります。対照的に、ランタンタングステン電極などのドーブ電極は、消費率が低く、末端形態がより安定しているため、通常、寿命が長くなります。

摩耗と寿命の問題を克服するために、溶接パラメータの最適化(電流の低減、ガス保護の強化など)、電極製造プロセスの改善(結晶粒の微細化など)、または新しい電極材料の開発により、性能を向上させることができます。ただし、これらの改善によりコストが増加し、パフォーマンスと経済性のトレードオフが必要になる可能性があります。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

第5章 純タングステン電極の製造設備

純粋なタングステン電極(WP 電極)の製造には、原材料の取り扱いから完成品の検査までの複雑なプロセスチェーンが含まれ、それぞれが製品の品質と生産効率を確保するための専用機器を必要とします。生産設備は、原材料の取り扱い、粉末冶金、圧力処理、表面処理、テスト、品質管理、自動化、インテリジェントシステムをカバーしています。これらの機器は、タングステンの高融点と高硬度特性に対応するために、高精度、高信頼性、高温および耐食性を備えている必要があります。この章では、純粋なタングステン電極の製造に使用されるさまざまなタイプの機器について詳しく説明し、その機能、特性、および技術開発動向を分析します。

5.1 純タングステン電極の原料加工装置

原材料の取扱いは、タングステン鉱石から高純度のタングステン粉末への変換プロセスを含み、粉碎、粉砕、化学精製のための特別な装置の使用を必要とする純粋なタングステン電極の製造の最初のステップです。これらの機器は、高純度タングステン粉末の生産要件を満たすために、効率的で安定しており、環境にやさしい必要があります。

5.1.1 タングステン鉱石の破碎および粉砕装置

タングステン鉱石(鉄マンガン重石や灰重石など)は、鉱山から採掘され、その後、選鉱に適した微粒子を生成するために粉砕され、粉砕されます。破碎および研削装置には、主に次のタイプが含まれます。

ジョークラッシャー:一次破碎に使用され、大きなタングステン鉱石(サイズ 1~2 m まで)

著作権および法的責任に関する声明

を 50〜100 mm の粒子に破碎します。ジョークラッシャーは、可動ジョーと固定ジョーの押し出しによって鉬石を粉碎し、タングステン鉬石の高硬度に対処するために、装置は高強度の耐摩耗性材料(マンガン鋼など)を使用する必要があります。最新のジョークラッシャーには油圧調整システムが装備されており、排出粒子サイズを正確に制御し、破碎効率を向上させることができます。

コーンクラッシャー:中程度および微粉碎に使用され、一次破碎後に鉬石をさらに破碎し、5〜20mm に粉碎します。コーンクラッシャーは、回転コーンと固定コーンの押出作用により連続破碎を実現し、高硬度の鉬石の取り扱いに適しています。その利点は、大規模なタングステン鉬石処理に適した大きな破碎率と高出力です。

ボールミル:粉碎に使用され、砕いた鉬石を 0.1〜1mm の微粉末に粉碎して選鉬に備えます。ボールミルは鋼球と鉬石間の衝突そして摩擦によって材料をひく、ライニングは耐用年数を拡張するために耐久力のある陶磁器または高クロム鋼から成っています。湿式ボールミルは、タングステン鉬石の粉碎によく使用され、粉塵汚染を減らし、水媒体を追加することで破碎効率を向上させます。

振動スクリーン:グレーディングに使用され、均一な粒径のミネラルパウダーを選別します。振動スクリーンは、選鉬プロセスに入る鉬物粉末の粒子サイズが一貫していることを確認するために、高周波振動によって粒子サイズの異なる材料を分離します。最新の振動スクリーンには多層スクリーンが装備されているため、多段の選別を実現し、鉬物処理の効率を向上させることができます。

これらのプラントには、粉塵汚染を低減するための除塵システムと、破碎圧力、粉碎時間、スクリーニング頻度などの運転パラメータを最適化するための自動制御システムを装備する必要があります。近年、インテリジェントな破碎装置が徐々に普及し、センサーやPLC(プログラマブルロジックコントローラー)によるリアルタイム監視と故障診断により、生産効率と安全性が向上しています。

5.1.2 化学精製装置

化学精製は、タングステン濃縮物を高純度の三酸化タングステン(WO_3)またはタングステン酸(H_2WO_4)に変換するプロセスであり、溶解、ろ過、沈殿、乾燥などのステップが含まれます。一般的に使用される機器は次のとおりです。

反応ケトル:タングステン濃縮物と水酸化ナトリウムまたは炭酸ナトリウムとの反応に使用され、タングステン酸ナトリウム溶液を生成します。反応器は、高温、高圧、強アルカリ環境に耐えるために、ステンレス鋼やエナメルなどの耐食性材料で製造する必要があります。現代の反応器には、均一で効率的な反応を確保するために、攪拌システムと温度制御装置が装備されています。

フィルター:溶液中の不溶性不純物(ケイ酸塩、鉄化合物など)を除去するために使用されます。真空フィルターまたはフィルタープレスは、多段階ろ過を通じて溶液の純度を確保するために一般的に使用される装置です。フィルターには、耐腐食性のフィルタークロスと自動クリーニングシステムを装備して、耐用年数を延ばし、手作業を減らす必要があります。

沈殿槽:酸性化反応により、タングステン酸沈殿物にタングステン酸ナトリウム溶液を変換するために使用されます。沈殿タンクには、沈殿粒子の均一性と純度を確保するために、正確な pH 制御と攪拌を装備する必要があります。一部の高度な機器は、オンライン pH モニターを使用して、添加される酸の量をリアルタイムで調整します。

乾燥オーブン:タングステン酸沈殿物または三酸化タングステンの乾燥に使用され、乾燥中間製品を調製します。乾燥オーブンは通常、電気加熱またはガス加熱式であり、材料の酸化を防ぐために均一な温度フィールドと不活性ガス保護が必要です。最新の乾燥オーブンには、低温での乾燥を可能にし、エネルギー消費を削減する真空システムが装備されています。

化学精製装置は、三酸化タングステンの純度が 99.95%以上に達するように、プロセスパラメータ(温度、圧力、溶液濃度など)を厳密に制御する必要があります。また、中和槽や沈殿槽などの排水処理装置は、タングステン含有廃液の処理のための浄化プロセスに欠かせない要素であり、環境要件を満たしています。

5.2 純タングステン電極用粉末冶金装置

粉末冶金は、タングステン粉末のプレス、焼結、熱処理を含む純粋なタングステン電極製造の中核プロセスであり、グリーンボディの密度と性能を確保するために高精度、高温耐性の装置が必要です。

5.2.1 プレス

プレスは、高純度タングステン粉末を特定の形状と強度を持つ緑色のボディにプレスするために使用され、一般的な機器には次のものが含まれます。

冷間静水圧プレス:高圧液体媒体(水や油など)によってタングステン粉末に均一な圧力(100-300 MPa)を加え、均一な密度のグリーンボディを作ります。冷間静水圧プレスは、柔軟な金型(ゴムやポリウレタンの金型など)を使用し、大型または複雑な形状の製造に適しています。装置には、安定した圧力と安全な運転を確保するために、高圧ポンプとシーリングシステムを装備する必要があります。最新の冷間静水圧プレスには、生産効率を向上させるための自動ローディングおよびアンローディングシステムが装備されています。

成形機:一方向の圧力が鋼ダイを介してタングステン粉末に加えられ、小ロットの生産やグリーンボディの単純な形状に適しています。成形機は、タングステン粉末の高硬度に耐えるために、高強度の金型(超硬合金など)を使用する必要があります。この装置には通常、プレス力(50-200 MPa)とプレス速度を正確に制御できる油圧または機械駆動システムが

装備されています。

プレスには、タングステン粉末の均一性とグリーンボディの成形強度を確保するために、粉末充填装置とバインダー噴霧システムを装備する必要があります。さらに、プレス工程中の粉塵制御は重要であり、動作環境を保護するために負圧吸引システムが必要です。

5.2.2 焼結炉

焼結炉は、タングステン粉末粒子が結合して高密度のグリーンボディを形成するように、プレスされたグリーンボディを 2000~2800°C に加熱するために使用されます。一般的に使用される焼結炉には、次のものがあります。

真空焼結炉:タングステン本体の酸化を避けるために、真空環境(10^{-3} - 10^{-5} Pa)で焼結します。真空焼結炉は、モリブデンまたはグラファイト発熱体を使用し、高温磁場均一性を備えているため、高純度電極の製造に適しています。この装置には、多段真空ポンプと冷却システムが装備されており、高真空にすばやく到達し、冷却速度を制御します。

水素焼結炉:高純度水素の保護下で焼結することで、水素は残留酸化物を減らし、グリーンボディの純度を向上させることができます。水素焼結炉は、水素の純度($\geq 99.999\%$)を確保し、漏れを防ぐために、ガス循環および精製システムを装備する必要があります。最新の焼結炉は、中周波誘導加熱技術を使用して、迅速に加熱し、エネルギー消費を削減します。

焼結炉には、焼結プロセスの安定性とグリーンボディの品質を確保するために、精密な温度制御システム(赤外線温度計など)と雰囲気監視装置を装備する必要があります。近年、放電プラズマ焼結炉(SPS)は、電気パルスを使用して急速に加熱し、焼結時間を短縮し、粒子を微細化する高性能タングステン電極の製造にますます使用されています。

5.2.3 真空熱処理炉

真空熱処理炉は、焼結したグリーンボディの熱処理と焼鈍に使用され、内部応力を排除し、微細構造を改善します。機能は次のとおりです。

高温真空環境:熱処理温度は 1200-1800°C で、真空度は 10^{-3} - 10^{-5} Pa で、グリーンボディの酸化を防ぎます。炉本体はモリブデンまたはタングステン発熱体を採用し、炉構造を保護するための水冷システムが装備されています。

正確な温度制御:熱電対と PID コントローラは、 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の温度精度を達成し、一貫した熱処理結果を保証します。高度な機器の中には、複雑な熱処理プロセスを実現できる多段階の温度制御プログラムが装備されているものもあります。

不活性ガス保護:一部の熱処理炉は、特定のプロセスニーズに合わせてアルゴンまたは窒素の保護をサポートしています。ガス循環システムにより、熱効率が向上し、ガス消費量が削減されます。

真空熱処理炉は、長期安定稼働のために発熱体や真空システムの定期的なメンテナンスが必要です。インテリジェントな熱処理炉は、センサーを介してピレットの温度と応力分布をリアルタイムで監視し、熱処理パラメータを最適化します。

5.3 純タングステン電極用圧力処理装置

加圧処理は、焼結した生天体を電極棒に加工する重要なステップであり、鍛造、圧延、伸線などのプロセスが含まれ、高温で高強度の加工装置を使用する必要があります。

5.3.1 鍛造機

鍛造機は、焼結ブランク本体を高温(1500-1800°C)で変形させ、ロッドまたはプレートブランクを作成するために使用されます。一般的に使用される機器は次のとおりです。

油圧鍛造機: 高圧(1000-5000 kN)が油圧システムによって加えられ、グリーンボディが徐々に変形します。装置には、グリーンボディの酸化を防ぐための高温加熱炉と水素保護システムを装備する必要があります。油圧鍛造機は、変形精度の高い大型ブランクの製造に適しています。

エアハンマー: ハンマーヘッドは空気圧によって駆動され、ピレットに急速な衝撃を与えるため、中小型のピレットの鍛造に適しています。エアハンマーは柔軟に操作できますが、変形量を手動で制御する必要があるため、小ロット生産に適しています。

鍛造機には、本体と金型の間の摩擦を減らすために、高強度の金型と潤滑システムを装備する必要があります。最新の鍛造機は自動制御システムを採用しており、鍛造力と温度をリアルタイムで調整して生産効率を向上させることができます。

5.3.2 圧延機

圧延機は、鍛造ブランクをさらに細い棒またはワイヤーに加工するために使用され、一般的な機器には次のものが含まれます。

熱間圧延機: ブランクは、1000~1500°C で複数のパスにより直径 5~20mm のバーに圧延されます。熱間圧延機は、タングステンの高硬度に耐えるために炭化タングステンまたはセラミックロールを使用します。この装置には、圧延温度と表面品質を確保するための加熱炉と冷却システムが装備されています。

冷間圧延機: バーの寸法精度と表面仕上げをさらに向上させるための仕上げ圧延に使用されます。冷間圧延機は、加工硬化を低減するために、高精度のロールと潤滑システムを装備する必要があります。

圧延機は、長期的な運転安定性を確保するために、ロールと駆動システムの定期的なメンテナンスが必要です。自動圧延機は、センサーを使用して圧延力とバーサイズを監視し、処理の一貫性を向上させます。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

5.3.3 伸線機

伸線機は、圧延されたバーを直径 0.5～6.4 mm の電極ブランクに引き伸ばすために使用され、一般的な機器には次のものが含まれます。

シングルダイ伸線機:バーを 1 つの金型で 1 つずつ伸ばすため、小ロット生産に適しています。装置には、タングステンの高い硬度と摩擦に耐えるために、超硬またはダイヤモンドダイを装備する必要があります。

連続伸線機:複数のダイを連続的に延伸して生産効率を向上させます。連続伸線機には、潤滑システム(グラファイトエマルジョンや二硫化モリブデンなど)と焼鈍装置が装備されており、断線のリスクを軽減します。

製図機は、亀裂や表面の欠陥を避けるために、引張速度と温度(800～1200°C)を正確に制御する必要があります。最新の伸線機は、サーボモーターと PLC によって制御され、高精度の延伸を実現しています。

5.4 純タングステン電極の表面処理装置

表面処理装置は、電極の表面品質と認識を向上させるため、洗浄、研磨、コーティングヘッドのマーキングなどに使用されます。

5.4.1 清掃機器

洗浄装置は、電極表面から油、酸化物、不純物を除去するために使用され、一般的に使用される装置には次のものが含まれます。

超音波洗浄機:高周波超音波振動(20～40 kHz)による表面微粒子の除去、通常はアルカリ性溶液または純水中で。装置には、多段階の洗浄とすすぎをサポートするマルチタンク洗浄システムを装備する必要があります。

化学洗浄浴:希酸(希硝酸など)またはアルカリ溶液(水酸化ナトリウムなど)を使用して酸化物層を除去します。洗浄タンクは、耐食性材料(PTFE など)でできており、攪拌と加熱が装備されている必要があります。

洗浄装置には、環境保護要件を満たすために、タングステン含有廃液を回収するための廃液処理システムを装備する必要があります。自動洗浄ラインにより、連続洗浄を実現し、効率を向上させることができます。

5.4.2 研磨機

研磨機は電極の表面仕上げを改善するために使用され、一般的な機器には次のものが含まれます。

著作権および法的責任に関する声明

機械研磨機:表面の傷は、表面粗さが Ra 0.2〜0.4 μ m までの砥石または研磨布によって除去されます。装置には、粗研磨と微研磨をサポートするために、多段研磨ヘッドを装備する必要があります。

電気化学研磨機:電気分解により表面を滑らかにし、仕上げと耐食性を向上させます。電解研磨機は、均一な研磨を確保するために、安定した電源と電解液循環システムを装備する必要があります。

研磨機は、研磨品質を維持するために、研磨媒体を交換し、電解質組成を定期的にチェックする必要があります。自動研磨装置は、ロボットアームによって正確に操作されます。

5.4.3 アプリケーター機器

このアプリケーターは、電極の一端に緑色のマークを貼るために使用され、AWS A5.12 および ISO 6848 規格に準拠しています。一般的に使用される機器は次のとおりです。

自動スプレー機:水性の緑色の塗料は、スプレーガンを介して電極に均一に塗布されます。この機械には、均一なコーティング厚さ(約 0.1〜0.2mm)を確保するための精密な位置決めシステムが装備されています。

乾燥オーブン:コーティングの硬化に使用され、温度は熱風循環または赤外線加熱を使用して 100〜150°C に制御されます。乾燥炉は、コーティングの接着を確保するために、高速加熱と均一な温度場を備えている必要があります。

アプリケーター機器は、コーティングの欠陥を避けるために、ノズルを清掃し、塗料の品質を定期的にチェックする必要があります。インテリジェントコーティングヘッド装置は、視覚認識システムを通じてスプレー位置を自動的に調整できます。

5.5 純タングステン電極の試験および品質管理装置

試験および品質管理機器は、電極の化学組成、微細構造、および物理的特性が基準を満たしていることを確認するために使用され、原材料、半製品、および完成品の試験をカバーしています。

5.5.1 化学成分分析装置

化学組成分析装置は、タングステン粉末と電極の純度と不純物含有量をテストするために使用され、一般的に使用される機器には次のものが含まれます。

誘導結合プラズマ分光器(ICP-OES):プラズマによるサンプルの励起によって元素の分光法を分析し、タングステンと不純物(鉄、ニッケル、酸素など)の含有量を ppm の精度で検出できます。装置には、高純度ガス供給およびサンプル調製システムを装備する必要があります。

ります。

蛍光 X 線分析装置(XRF):X 線によるサンプルの励起により、蛍光スペクトルを分析し、迅速な非破壊検査に適しています。XRF 装置は携帯性が高く、生産現場でのリアルタイム分析に適しています。

化学組成分析装置は、検出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。インテリジェントアナライザーは、検出効率を向上させるために分析レポートを自動的に生成できます。

5.5.2 微細構造解析装置

微細構造解析装置は、電極の粒度、欠陥、微細構造の均一性を検出するために使用され、一般的に使用される装置には以下が含まれます。

光学顕微鏡:電極断面の粒状構造と微視的欠陥を 50〜1000 倍の倍率で観察するために使用されます。装置には、粒度と欠陥分布を定量化するための画像解析ソフトウェアを装備する必要があります。

走査型電子顕微鏡(SEM):電子ビームでサンプルを走査し、ナノメートルの分解能で表面のトポグラフィと微細構造を分析します。SEM には、多くの場合、局所的な化学組成を分析するためのエネルギー分散型分光計(EDS)が装備されています。

微細構造解析装置は、画像品質を確保するために、電子ビーム源と真空システムの定期的なメンテナンスが必要です。最先端の機器は、電極の内部構造の 3D 再構築と詳細な分析をサポートします。

5.5.3 物理的性能試験装置

物理的性能試験装置は、電極の密度、硬度、導電率、寸法公差を試験するために使用され、一般的に使用される機器には次のものが含まれます。

密度試験機:電極密度はアルキメデスの原理によって測定され、理論密度(19.3 g/cm^3)が 95%を超えていることを確認します。装置には、高精度の天びんとサーモスタット水タンクを装備する必要があります。

硬さ試験機:ピッカースまたはブリネル硬さ試験機は、電極(HV 350-450)の硬さを測定するために使用されます。装置には、ダイヤモンド圧子と高精度のロードシステムを装備する必要があります。

導電率試験機:4 プローブ法による電極の抵抗率を測定することにより、電極の導電率を評価します。測定精度を確保するために、機器には定電流源とマイクロボルトメータを装備する必要があります。

寸法測定器:レーザー距離計または画像測定器を使用して、電極の直径(± 0.05 mm)と長さの公差を検出します。このデバイスは非接触測定をサポートし、高精度の要件に適しています。

物理的性能試験装置は、データの信頼性を確保するために定期的に校正する必要があります。自動テストシステムは、マルチパラメータ同期検出を実現し、効率を向上させることができます。

5.6 純タングステン電極の自動化とインテリジェント機器

自動化とインテリジェント機器は、センサー、制御システム、データ分析技術の統合を通じて生産効率と品質の安定性を向上させる純粋なタングステン電極生産の近代化における重要なトレンドです。

5.6.1 自動生産ラインの適用

自動生産ラインは、破碎、プレス、焼結、加工、表面処理を統合し、ロボット、コンベヤーベルト、自動制御システムを通じて連続生産を実現します。主な機器は次のとおりです。

自動充電システム:タングステン粉末の自動充填とプレスに使用され、ロボットアームとロードセルを装備して充電の均一性と精度を確保します。

連続焼結ライン:グリーンボディはコンベヤーベルトを介して焼結炉に連続的に供給され、効率的な焼結を実現するための多段温度制御システムが装備されています。このシステムは、ピレットの体温と雰囲気オンラインモニタリングをサポートしています。

自動加工ライン:鍛造、圧延、伸線装置を統合し、PLC 制御による連続加工。このシステムには、ブランクサイズと表面欠陥を検出するための視覚認識装置が装備されています。

自動化された生産ラインは、生産効率を高めながら、手動介入を減らすことで運用エラーと安全リスクを減らします。一部の高度な生産ラインはモジュール設計をサポートしており、生産ニーズに応じてプロセスフローを柔軟に調整できます。

5.6.2 インテリジェント監視システム

インテリジェントな監視システムは、センサー、モノのインターネット、ビッグデータ分析技術を通じて生産プロセスのパラメータをリアルタイムで監視し、品質管理と設備メンテナンスの効率を向上させます。主なテクノロジーは次のとおりです。

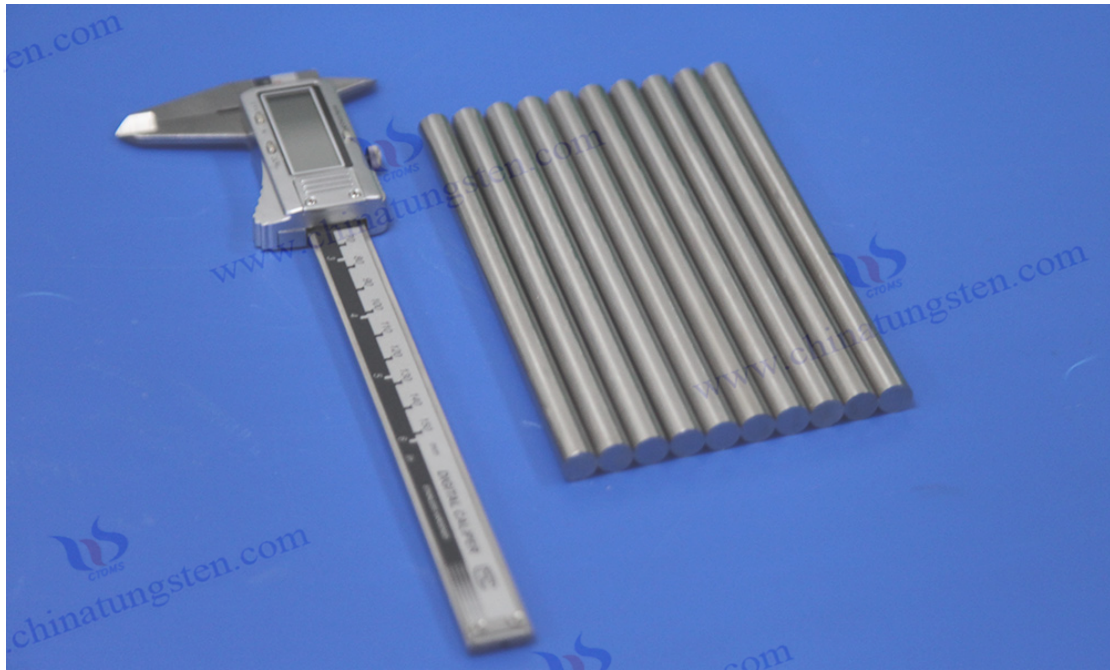
オンライン監視センサー:温度センサー、圧力センサー、ガス分析装置、焼結炉温度のリアルタイム監視、伸線機の張力、保護雰囲気組成など。データは、モノのインターネットを介して中央制御システムに送信されます。

故障診断システム:機械学習アルゴリズムを通じて機器の運転データを分析し、潜在的な故障を予測し、メンテナンスの推奨事項を提供します。このシステムにより、機器のダウ

ンタイムが短縮され、生産の継続性が向上します。

品質トレーサビリティシステム:電極の各バッチの製造パラメータとテストデータを記録し、トレーサビリティデータベースを確立します。このシステムは、品質管理や顧客からの問い合わせに便利なバーコードまたは RFID 技術をサポートしています。

インテリジェントな監視システムは、データ視覚化プラットフォーム(SCADA システムなど)を通じてオペレーターにリアルタイムのフィードバックを提供し、リモート監視と最適化された意思決定をサポートします。将来的には、インダストリー4.0 テクノロジーの発展に伴い、インテリジェント監視システムは人工知能とクラウドコンピューティングをさらに統合して、プロセス全体のインテリジェントな管理を実現します。



CTIA GROUP LTD.の純タングステン電極

第6章純タングステン電極の国内外の規格

タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)の重要な材料として、純粋なタングステン電極(WP 電極)の性能と品質は直接溶接効果に影響を与えます。製品の一貫性と市場での入手可能性を確保するために、化学組成、寸法公差、性能要件、および試験方法を網羅する多くの規格が世界中で開発されています。これらの規格は、国際機関、国内機関、業界団体によって策定され、比較的完全な規範システムを形成しています。この章では、国際規格、中国の国家規格、および純粋なタングステン電極のための他の国家規格を詳細に議論し、それらの違いを分析し、規格の発展動向を楽しみにしています。

6.1 純タングステン電極の国際規格

国際規格は、純タングステン電極の世界的な取引と応用のための統一仕様を提供し、主に米国溶接学会(AWS)、国際標準化機構(ISO)、および欧州標準化委員会(CEN)によって開発されています。以下では、AWS A5.12、ISO 6848、および EN 26848 規格に焦点を当てています。

6.1.1 AWS A5.12(American Welding Institute 規格)

AWS A5.12 は、アメリカ溶接協会によって開発されたタングステン電極規格であり、フルネームは「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」であり、最新バージョンは AWS A5.12/A5.12M:2009 です。この規格は、北米および世界の溶接業界で広く使用されており、純粋なタングステン電極およびその他のドーブ電極の分類、化学組成、サイズ、および性能要件をカバーしています。

純粋なタングステン電極(コード EWP、緑色でマーク)の場合、AWS A5.12 は $\geq 99.5\%$ のタングステン含有量と微量不純物(鉄、ニッケル、酸素など)を必要とします。電極表面は滑らかで、亀裂、多孔性、介在物がなく、端部は識別しやすいように緑色でマークする必要があります。この規格では、電極の直径範囲(0.5~6.4 mm)と長さ(75~610 mm)が指定されており、精密製造の要件を満たす公差が規定されています。さらに、AWS A5.12 には、電極のパッケージングとラベリングに関する明確な規制があり、トレーサビリティを確保するためにロット番号、仕様、および製造元情報にラベルを付ける必要があります。

AWS A5.12 は電極の溶接性能を重視しており、純粋なタングステン電極は主に AC 溶接(AC)に使用され、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金の溶接に適していることをお勧めします。この規格では、アーク安定性や電極の消費率の試験方法は指定されていませんが、メーカーにはユーザーが参照できるように性能データを提供することが義務付けられています。この規格は北米市場で権威があり、多くの国際的なメーカーもその要件に応じて純粋なタングステン電極を製造しています。

6.1.2 ISO 6848(国際標準化機構)

ISO 6848 は、国際標準化機構によって策定されたタングステン電極規格であり、フルネームは「アーク溶接および切断—非消耗性タングステン電極—分類」であり、最新バージョン

ンは ISO 6848:2015 です。この規格は、タングステン電極の分類、マーキング、および性能要件を統一し、国際貿易と技術交流を促進することを目的として、世界の溶接業界に適用されます。

ISO 6848 は、純粋なタングステン電極を WP(グリーンマーキング)として分類し、タングステン含有量 $\geq 99.5\%$ と不純物の厳格な管理を要求しています。この規格は、電極の化学組成、寸法公差、および表面品質を詳細に指定し、電極表面に明らかな欠陥がないこと、およびコーティングマークが耐摩耗性で、溶接性能に影響を与えない必要があることを要求しています。電極の直径は 0.5~10mm の範囲で、長さは通常 50~175mm で、特定の寸法はユーザーのニーズに応じてカスタマイズできます。また、ISO 6848 では、汚染や酸化を防ぐために、包装前に電極を洗浄および乾燥させることが義務付けられています。

AWS A5.12 と同様に、ISO 6848 は、アルミニウムおよびマグネシウム合金溶接における優れた「陰極洗浄」効果により、AC 溶接用の純タングステン電極を推奨しています。この規格には、標準的な溶接条件下で評価されるアーク開始性能やアーク安定性など、電極の性能試験方法の簡単な説明がありますが、特定の試験パラメータは指定されていません。その国際的な性質により、ISO 6848 はヨーロッパ、アジア、アフリカで広く使用されており、世界のタングステン電極取引の重要な参照規格です。

6.1.3 EN 26848(欧州規格)

EN 26848 は、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あり、ISO 6848 と非常に一貫性があり、フルネームは「溶接消耗品—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」です。この規格は主に EU 加盟国で使用されており、最新バージョンは ISO 6848:2015 と同期して更新されています。

EN 26848 は、純粋なタングステン電極(WP、グリーンマーキング)に ISO 6848 と同じ化学組成を要求し、タングステン含有量は $\geq 99.5\%$ で、不純物は微量レベルで制御する必要があります。この規格には、ISO 6848 に準拠した電極のサイズ、表面品質、およびマーキングに関する要件があり、電極の均一性と清浄度が強調されています。EN 26848 は、電極の保管と輸送も推奨しており、電極の性能を保護するために耐湿性、耐衝撃性のパッケージの使用が義務付けられています。

アプリケーションに関しては、EN 26848 は、特にヨーロッパの自動車、航空宇宙、造船業界で、AC TIG 溶接およびプラズマ溶接用の純粋なタングステン電極を推奨しています。この規格では、性能試験方法を詳細に規定していませんが、メーカーには、センサーのアプリケーションシナリオと運用上の推奨事項を説明する技術データシートを提供することを求めています。EN 26848 の実装は、ヨーロッパの溶接業界の標準化と高精度製造の分野での純粋なタングステン電極の適用を促進しました。

6.2 純タングステン電極の中国国家規格

世界最大のタングステン資源およびタングステン電極の生産国として、中国は純粋なタン

グステン電極の生産と適用を規制するための多くの国家規格と業界標準を策定しています。その中で、GB / T 4190 が主要な標準であり、関連する業界標準が特定の要件を補完します。

6.2.1 GB / T 4190(タングステン電極標準)

GB / T 4190 は中国の国家標準であり、フルネームは「非溶融電極 TIG 溶接用のタングステンおよびタングステン合金電極」であり、最新バージョンは GB / T 4190-2017 です。この規格は、TIG 溶接およびプラズマ溶接用のタングステン電極に適用され、純粋なタングステン電極およびその他のドーブ電極の分類、化学組成、サイズ、および性能要件をカバーしています。

純粋なタングステン電極(コード WP)の場合、GB / T 4190 は $\geq 99.5\%$ のタングステン含有量を必要とし、不純物(鉄、シリコン、炭素など)の含有量は、電極の純度と溶接性能を確保するために微量レベルで制御する必要があります。電極の表面は滑らかで、亀裂、酸化物層、油汚れがなく、国際的な慣行に沿って端に緑色のマーキングを付ける必要があります。

この規格では、精密加工に必要な公差を満たすために、電極の直径(0.5~6.0mm)と長さ(50~300mm)が指定されています。包装では、電極をプラスチックまたは金属製の箱に包装し、仕様、ロット番号、製造日を記載する必要があります。

GB / T 4190 は、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金の溶接において、AC 溶接用の純粋なタングステン電極を推奨しています。この規格には、シミュレートされた溶接試験によって評価されるアーク安定性や、標準電流で測定される電極消費量など、性能試験に関する簡単な規定があります。GB / T 4190 はまた、電極の化学組成と性能データを記載した品質証明書を提供することを製造業者に要求しています。この規格は中国市場では必須であり、中国でのタングステン電極の製造と適用の主な基盤です。

6.2.2 関連する業界標準

GB / T 4190 に加えて、中国はまた、特定の分野での純粋なタングステン電極の仕様を補完し、業界標準の多数を開発しました。例えば：

YS / T 626-2018「タングステン電極」：非鉄金属業界によって配合され、タングステン電極の化学組成、寸法公差、表面品質を詳細に指定し、航空宇宙および電子産業に適しています。この規格には、純粋なタングステン電極の不純物含有量に対するより厳しい要件があり、高精度の溶接アプリケーションに適しています。

JB / T 12839-2016「溶接用タングステン電極の技術条件」：機械工業省によって策定され、タングステン電極の溶接性能と試験方法に焦点を当てています。この規格では、純粋なタングステン電極が、造船や圧力容器の溶接に適した AC 溶接で良好なアーク開始性能とアーク安定性を備えている必要があります。

QJ 2088-2005「航空宇宙用タングステン電極」：航空宇宙産業省によって策定され、航空宇

宙分野での高信頼性溶接のために特別に策定されました。この規格では、極端な環境での性能を確保するために、純粋なタングステン電極の非常に高い純度、粒構造、寸法精度が必要です。

これらの業界標準は、GB/T 4190 を補完し、一般的な製造からハイエンドのアプリケーションまで、さまざまなシナリオをカバーし、中国のタングステン電極業界の標準化開発を促進します。

6.3 純タングステン電極のための他の国家規格

国際規格と中国規格に加えて、タングステン電極規格は、現地市場のニーズを満たすために他の国でも開発されています。以下では、日本の JIS Z 3233 とドイツの DIN EN ISO 6848 規格に焦点を当てています。

6.3.1 JIS Z 3233(日本工業規格)

JIS Z 3233 は日本の工業規格で、正式名称は「不活性ガスシールドアーク溶接用タングステン電極」、最新版は JIS Z 3233:2017 です。この規格は、日本の自動車、電子機器、精密機械業界で広く使用されている TIG 溶接用のタングステン電極に適用されます。

JIS Z 3233 では、純粋なタングステン電極を WP と分類しており、タングステン含有量が $\geq 99.5\%$ で、不純物を厳密に管理することが求められています。電極の表面は清潔で欠陥がなく、端は緑色でマークされている必要があります。この規格では、電極の直径(0.5~6.0

mm)と長さ(50~200 mm)を ISO6848 と一致する公差で指定しています。JIS Z 3233 は、特にアルミニウムおよびマグネシウム合金において、AC 溶接用の純タングステン電極を推奨しています。

JIS Z 3233 は、国際規格と比較して電極の表面品質に対する要求が高く、日本の製造業の高精度なニーズを満たすために、目に見える欠陥がないことが要求されています。この規格は、防湿包装の使用や乾燥した環境での保管など、電極の包装と保管に特定の要件も課しています。JIS Z 3233 は日本市場に重要な影響を与えており、多くの日本の溶接機器メーカーはその要件に従って製品を設計しています。

6.3.2 DIN EN ISO 6848(ドイツ規格)

DIN EN ISO 6848 は、ドイツで採択された国際規格 ISO 6848 のローカライズ版であり、ISO 6848:2015 に従ってドイツ標準化研究所(DIN)によって発行されました。この規格は、ドイツと中央ヨーロッパ、特に自動車、航空宇宙、重工業の分野で広く使用されています。

DIN EN ISO 6848 は、ISO 6848 と同じ純タングステン電極(WP、緑色でマーク)の化学組成、サイズ、性能要件を備えており、電極の高純度と表面品質を強調しています。純粋なタングステン電極は、標準として AC TIG 溶接に推奨され、アルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金の溶接に適しています。DIN EN ISO 6848 は、電極の化学組成の分析

や溶接特性に関するデータなど、詳細な技術文書を提供することもメーカーに要求しています。

ヨーロッパの製造センターであるドイツは、溶接消耗品の品質に対して非常に高い要件を持っています。DIN EN ISO 6848 の実装により、ドイツ市場、特にハイエンド製造(メルセデス・ベンツや BMW など)におけるタングステン電極の標準化が進みました。

6.4 純タングステン電極の標準的な比較と違い

国内外の規格は、純タングステン電極の分類と適用において高い一貫性を持っていますが、化学組成、寸法公差、および性能試験方法にはわずかな違いがあります。以下、3つの側面からの比較分析です。

6.4.1 化学組成要件

純粋なタングステン電極の化学組成要件は基本的に各規格で同じであり、タングステン含有量は 99.5% $\geq$ 必要がありますが、不純物の制御範囲はわずかに異なります。例えば：

AWS A5.12:鉄、ニッケル、シリコンなどの不純物の総量に明確な上限はありませんが、不純物が溶接性能に影響を与えないようにする必要があります。この規格は、電極の実用化効果にもっと注意を払っています。

ISO 6848 および EN 26848:不純物(鉄、炭素、酸素など)は、電極の高純度とアーク安定性を確保するために、各アイテムで 0.05%未満、総量で 0.5%未満でなければならない $\leq$ 規定しています。

GB / T 4190:不純物の管理はより厳しく、鉄、シリコン、カーボン、その他のアイテムの個々の含有量は 0.03%未満、酸素含有量は 0.02%未満で、高精度の溶接アプリケーションに適しています。

JIS Z 3233:不純物要件は ISO 6848 と似ていますが、日本の電子産業のニーズを満たすために、酸素含有量の要件が $\leq 0.015\%$ とより厳しくなっています。

これらの違いは、溶接シナリオと業界のニーズに対する国の焦点を反映しています。ISO 6848 および GB/T 4190 は純度管理により注意を払い、ハイエンド製造に適しています。AWS A5.12 は、より柔軟性があり、幅広いアプリケーションに適応できます。

6.4.2 寸法と公差

電極のサイズ範囲と許容範囲の要件は規格間で比較的一貫していますが、具体的な詳細は異なります。

直径範囲:AWS A5.12 および ISO 6848 は 0.5-10 mm をサポートし、GB / T 4190 および JIS Z 3233 は 0.5-6.0 mm に制限されており、さまざまな市場の主流のニーズを反映しています。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

公差:AWS A5.12 では、 ± 0.05 mm(小径)から ± 0.13 mm(大径)までの直径公差が可能です。ISO 6848 と GB/T 4190 にはより厳しい要件があり、 ± 0.05 mm に統一されています。JIS Z 3233 の小径電極(<2.0mm)の公差は ± 0.03 mm とされており、日本の精密加工へのこだわりを反映しています。

長さ:AWS A5.12 は、北米市場向けに長さ 610mm までの大型溶接装置をサポートします。ISO 6848 と GB/T 4190 は主に 50-300 mm で、一般的な機器に適しています。JIS Z 3233 は主に 50~200mm で、小型精密溶接に適しています。

これらの違いは、さまざまな国の溶接装置とプロセス習慣に関連しています。例えば、日本の精密溶接では小径の短電極が好まれる傾向にありますが、北米の大規模な工業溶接では大径の長電極が一般的に使用されています。

6.4.3 パフォーマンステスト方法

パフォーマンステスト方法の別の違いは標準であり、各標準にはテストの仕様の程度が異なります。

AWS A5.12:アーク開始性能、アーク安定性、または電極消費率のテスト方法は指定されず、メーカーからのパフォーマンスデータのみが必要です。テストは、標準電流でのシミュレートされた溶接など、業界の慣行に大きく依存しています。

ISO 6848 および EN 26848:アーク開始性能とアーク安定性は、標準の溶接条件下でテストすることをお勧めしますが、詳細なテストパラメータは提供されていません。電極消費率試験は AC 溶接で行われ、単位時間あたりの長さ損失が記録されます。

GB/T 4190:50~150 A の電流でテストするアーク開始性能、アーク電圧変動によって評価するアーク安定性、200 A AC 溶接で測定する電極消費量など、より詳細なテスト方法を指定します。

JIS Z 3233: 試験方法は ISO 6848 と似ていますが、電子産業のニーズを満たすために、低電流(<50 A)でのアーク開始性能を試験する必要があります。

これらの違いは、溶接性能に対する各国の焦点を反映しています。GB/T 4190 および JIS Z 3233 には、より厳しいテスト要件があり、高精度のアプリケーションに適しています。AWS A5.12 は、テストにおいてより実用的で柔軟性があります。

6.5 純タングステン電極標準の開発動向

世界の製造業の変革とアップグレード、環境意識の向上に伴い、純粋なタングステン電極規格は、高性能、より安全で、より環境に優しい方向に発展しています。以下は、環境・安全要件と高性能電極規格の2つの側面から、今後の動向に期待を寄せています。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

6.5.1 環境および安全要件

環境保護と安全性は、タングステン電極規格の開発のための中核的な推進力です。従来のトリウム - タングステン電極は、その放射性酸化トリウム(ThO_2)のために徐々に制限され、純粋なタングステン電極は、非放射性であるため、環境に優しい代替品です。将来的には、この規格は次の要件をさらに強化します。

無害な材料:この規格は、電極中の潜在的に有害な不純物(鉛、カドミウムなど)の含有量を厳しく制限し、環境汚染を減らすために無毒のコーティング(水性グリーンマーカー塗料など)を促進します。

生産プロセスの環境保護:この規格は、エネルギー消費の削減、廃水と排気ガスの削減、廃棄物のリサイクルの促進など、生産プロセスに環境要件を導入する場合があります。ISO 6848 および GB/T 4190 の将来の改訂版は、ISO 14001 (環境マネジメントシステム)を参照する可能性があります。

安全ラベリング:この規格は、電極のパッケージングとラベリングの仕様を改善し、ユーザーが簡単に識別して操作できるように、非放射性で安全な使用ガイドラインの明確なラベリングを要求します。AWS A5.12 では、詳細な安全データシート (SDS) の要求が開始されました。

環境保護と安全要件の改善は、特に欧州連合や中国などの厳しい環境規制を持つ地域で、グリーン製造における純粋なタングステン電極の適用を促進します。

6.5.2 高性能電極標準

航空宇宙、新エネルギー、半導体産業の急速な発展に伴い、タングステン電極の性能要件は絶えず増加しています。将来の標準では、次の方向に焦点を当てます。

高純度要件:この標準は、タングステン含有量の要件を 99.99%に増やし、さらに不純物含有量を減らして、半導体および原子力産業の超高純度要件を満たすことができます。

性能試験の標準化:この規格では、多電流範囲(10-300 A)で試験するアーク開始性能、高周波アークアナライザで定量化するアーク安定性、複数の溶接条件下で評価する電極消費量など、より詳細な試験方法を開発します。

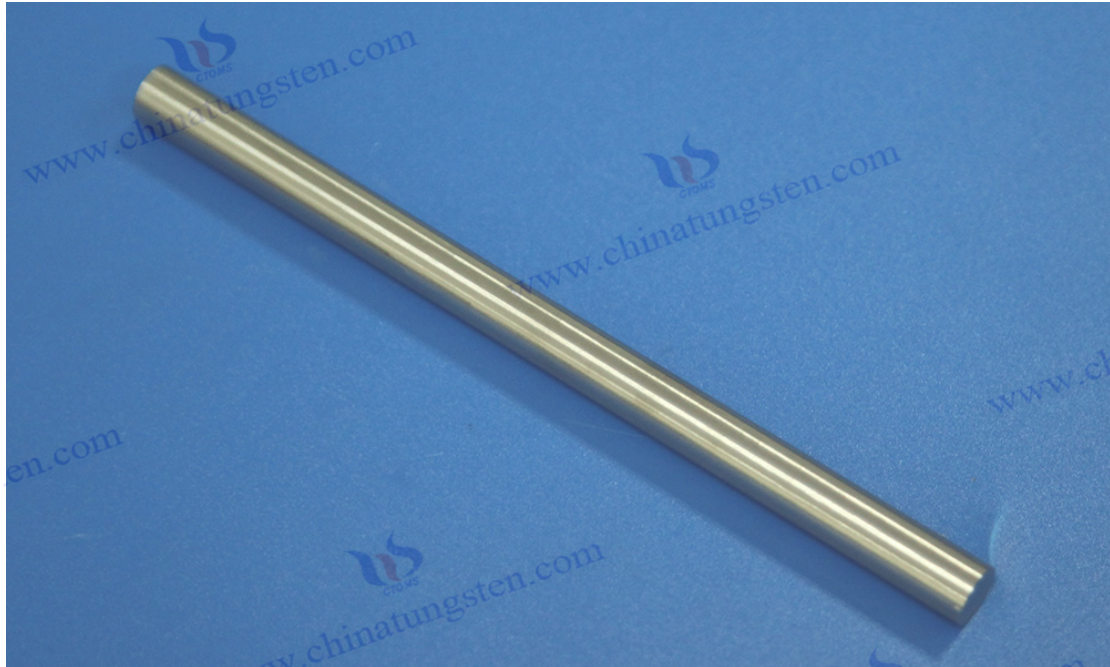
新しい材料の適合性:この規格は、新しいタングステンベースの電極(ナノ結晶タングステン電極など)に拡張され、その化学組成、結晶粒構造、および高性能溶接のニーズを満たすための性能要件を指定することができます。

インテリジェントなアプリケーション:この規格は、電極のサイズや表面品質など、インテリジェントな溶接装置と互換性のある要件を導入することができます。

高性能電極規格の開発は、ハイエンド製造分野での純タングステン電極の適用を促進すると同時に、超微細タングステン粉末の調製や急速焼結技術などの生産プロセスの革新を促

著作権および法的責任に関する声明

進します。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

第7章 純タングステン電極の検出方法と技術

純粋なタングステン電極(WP 電極)の品質試験は、化学組成、物理的特性、微細構造、溶接特性、および環境および安全性能の評価をカバーし、その性能と信頼性を確保するための重要な部分です。検出方法には、国際規格(AWS A5.12、ISO 6848 など)および中国の国家規格(GB/T 4190 など)の要件を満たすために、高精度の機器と標準化された手順を組み込む必要があります。この章では、化学組成試験、物理的特性試験、微細構造解析、溶接性能試験、環境および安全試験、試験装置の校正と標準化など、純粋なタングステン電極の検出方法と技術について詳しく説明します。

7.1 純タングステン電極の化学組成検出

化学組成試験は、純粋なタングステン電極の純度と不純物含有量を評価するための主要な手段であり、タングステン含有量が 99.5% $\geq$ 、不純物(鉄、ニッケル、酸素など)が制御可能な範囲内にあることを確認します。一般的な方法には、分光法、蛍光 X 線分析、化学滴定などがあります。

7.1.1 分光分析(ICP-OES)

誘導結合プラズマ発光分析(ICP-OES)は、実験室や生産現場で広く使用されている純粋なタングステン電極の化学組成を検出するための高精度な方法です。ICP-OES は、高温プラズマ(約 8000-10,000°C)で試料原子を励起し、特定の波長の発光スペクトルを生成し、タングステン元素やトランプ元素の含有量を分析します。

アッセイプロセスには、サンプル調製、溶解、分析、およびデータ処理が含まれます。ま

著作権および法的責任に関する声明

ず、電極サンプルを細かく切断し、硝酸とフッ化水素酸の混合物などの酸を含む溶液に溶解します。溶液が ICP-OES 装置に注入された後、プラズマによって噴霧および励起され、発光スペクトルは分光計によって分割され、検出器によって記録されます。この装置は、標準曲線(既知の濃度の標準溶液に基づく)から元素濃度を計算し、検出限界は ppb(10 億分の 1)までで、微量不純物(鉄、ニッケル、シリコン、炭素など)の検出に適しています。

ICP-OES の利点は、高感度、複数の元素の同時分析、および高純度タングステン電極の厳しい要件に適した広いダイナミックレンジです。欠点は、サンプルを破壊的に溶解する必要があり、機器が高価であることです。最新の ICP-OES 機器には、検出効率と精度を向上させるための自動サンプリングシステムとデータ処理ソフトウェアが装備されています。

7.1.2 蛍光 X 線分析(XRF)

蛍光 X 線(XRF)は、純粋なタングステン電極の化学組成を迅速に分析するために使用される非破壊検査方法です。XRF は、試料に X 線を照射して原子の内層の電子遷移を励起し、特徴的な蛍光を発生させるとともに、タングステン元素や不純物元素の含有量を分析します。

試験では、電極サンプルを XRF 装置ステージに直接置くため、複雑な準備が不要です。この装置は高エネルギーの X 線(Rh や W ターゲットなど)を放出し、サンプル原子から放出された蛍光は検出器によって収集され、スペクトルに変換されます。蛍光 X 線分析計は、アルミニウム(Al)からウラン(U)まで幅広い元素を検出でき、検出限界は ppm(parts per million)の範囲であるため、生産現場での迅速な品質管理に適しています。

XRF の利点は、非破壊で、高速(数分以内)、操作が簡単であるため、バッチテストに適しています。欠点は、ICP-OES よりも感度が低く、軽元素(酸素、炭素など)の検出能力が限られていることです。また、表面の汚染が結果に影響を与える可能性があるため、サンプル表面がきれいであることを確認することが重要です。ポータブル XRF 装置は、近年、フィールドテストで広く使用されており、柔軟性が高まっています。

7.1.3 化学滴定

化学滴定は、タングステン電極中のタングステンの主な量を決定するために使用される伝統的な分析方法であり、高精度の機器がない場合の実験室での検証または検出に適しています。滴定は、通常、タングステン酸沈殿滴定を使用して、化学反応によってタングステンの量を定量化します。

試験プロセスには、サンプルの溶解、タングステン酸の沈殿、および滴定分析が含まれます。まず、電極サンプルを酸性溶液(塩酸と硝酸の混合物など)に溶解し、水酸化ナトリウムを添加してタングステン酸ナトリウム溶液を生成します。続いて、酸を添加してタングステン酸を沈殿させ、ろ過し、標準的なアルカリ溶液(NaOH など)で洗浄し、タングステン含有量を計算します。滴定エンドポイントは通常、インジケータ(フェノールフタレインなど)または電位差滴定装置によって決定されます。

化学滴定の利点は、機器がシンプルで、コストが安く、中小企業に適していることです。欠点は、操作が面倒で時間がかかり、主要元素(タングステン)のみを検出でき、微量不純物を分析できないことです。さらに、手作業による取り扱いはエラーを引き起こす可能性があり、実験条件を厳密に制御する必要があります。現代のラボは主に ICP-OES または XRF に依存しており、化学的滴定は補足的な検証方法として使用されます。

7.2 純タングステン電極の物性

物理的特性試験は、純粋なタングステン電極の密度、硬度、導電率を評価し、その機械的および電気的特性が溶接要件を満たしていることを確認します。一般的な方法には、密度測定、硬さ試験、導電率試験などがあります。

7.2.1 密度測定

密度は、純粋なタングステン電極の極限密度を測定するための重要な指標であり、理論密度は 19.3 g/cm^3 であり、適格電極の密度は通常、95%~98%の理論密度に達する必要があります。密度測定はアルキメデスの原理に基づいており、空気と液体(通常は水またはエタノール)のサンプルの質量の差を測定することにより密度を計算します。

試験装置には、高精度の電子天秤(精度 $\pm 0.0001\text{g}$)とサーモスタット液タンクが含まれています。サンプルは最初に空気中で秤量され、質量 m_1 が記録されます。次に、液体に浸して秤量し、質量 m_2 を記録します。密度は次のように計算されます: $\rho = m_1 / (m_1 - m_2) \times \rho_0$ ここで、 ρ_0 は液体の密度です。テストでは、サンプルの表面がきれいで気泡がないことを確認する必要があります。

密度測定の利点は、シンプルで正確であり、生産現場と実験室の両方に適していることです。欠点は、サンプルの形状を高くする必要があり、不規則なサンプルを追加で処理する必要があります。最新の密度試験機には、迅速なマルチバッチ検査とトレーサビリティのための記録データを可能にする自動測定システムが装備されています。

7.2.2 硬さ試験

硬度は、純粋なタングステン電極の耐摩耗性と機械的強度を反映しており、一般的にビッカース(HV)またはブリネル(HB)でテストされます。純粋なタングステン電極の硬度は、製造プロセスと粒構造にもよりますが、通常は HV 350-450 です。

ビッカース硬さ試験では、ダイヤモンドピラミッド圧子を使用して、サンプルの表面に荷重(通常は 5~10 kg)を加え、くぼみの対角線の長さを測定し、硬度値を計算します。この装置には、ビッカース硬さ試験機と顕微鏡が含まれており、サンプルの表面が平らで研磨されていることを確認しています。ブリネル硬さ試験では、超硬ボール圧子を使用するため、より大きなサンプルに適していますが、ビッカースよりもわずかに精度が劣ります。

硬さ試験の利点は、直感的で信頼性が高く、電極の加工品質と耐久性を反映していること

です。欠点は、テストポイントが非常に局所的であり、全体的なパフォーマンスを表すために複数の測定値で平均化する必要があることです。自動硬さ試験機は、画像解析ソフトウェアを通じてくぼみサイズを自動的に測定し、検出効率を向上させます。

7.2.3 導電率試験

導電率試験は、純粋なタングステン電極の電気的特性を評価し、溶接中に電流を伝達する能力を反映しています。純タングステン電極の導電率は約 30%の IACS(国際アニール銅規格)です。4プローブ法は、電極の抵抗率を測定し、導電率を計算するために一般的に使用されます。

4プローブ法では、4つのプローブを使用してサンプルの表面に接触させ、外側の2つのプローブと2つの内側のプローブに定電流を印加して電圧を測定します。抵抗率は、 $\rho = (V/I) \times S/L$ として計算され、V は電圧、I は電流、S はサンプル断面積、L はプローブ間隔です。導電率は抵抗率の逆数であり、これを IACS パーセンテージに変換します。

試験装置には、プローブが良好に接触し、サンプル表面がきれいであることを確認するための4プローブテスター、定電流源、およびマイクロボルタメーターが含まれています。4プローブ法の利点は、高精度、広い測定範囲、および高導電性材料への適合性です。欠点は、サンプルの形状と表面品質を高くする必要があります。最新の導電率試験機は、自動データ取得と分析をサポートしているため、バッチ検査に適しています。

7.3 純タングステン電極の微細構造解析

微細構造解析は、純粋なタングステン電極の粒径、欠陥、および微細構造の均一性を評価するために使用され、製造プロセスの品質と性能の安定性を反映しています。一般的な方法には、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡(SEM)分析、粒度分析などがあります。

7.3.1 光学顕微鏡観察

光学顕微鏡法は、電極断面の粒状構造、細孔、介在物を 50～1000 倍の倍率で観察するために使用されます。試験プロセスには、サンプルの調製、観察、および文書化が含まれます。まず、電極サンプルを切断、マウント、研磨し、水酸化ナトリウムとフェリシアン化カリウムの混合物などの腐食性剤で腐食させて、粒界を明らかにします。続いて、粒子の形態、欠陥分布、および組織の均一性を光学顕微鏡で記録しました。

光学顕微鏡の利点は、設備コストが安いこと、操作が簡単であること、迅速な検査に適していることです。デメリットは、分解能が限られ(約 0.2 μ m)、ナノスケールの欠陥を観察しにくいことです。最新の光学顕微鏡には、粒界を自動的に識別して組織レポートを生成する画像解析ソフトウェアが装備されています。

7.3.2 走査型電子顕微鏡(SEM)

走査型電子顕微鏡(SEM)は、電子ビームでサンプルの表面をスキャンして高解像度(ナノメートル分解能まで)の画像を生成し、電極の顕微鏡トポグラフィー、破壊特徴、および欠陥を分析するために使用できます。SEM には、多くの場合、局所化学組成分析用のエ

エネルギー分散型分光計(EDS)が装備されています。

試験では、サンプルを切断、研磨し、金やカーボンなどの導電層でコーティングして電気伝導性を高めます。SEM は、電子ビームと試料との相互作用により、二次電子や反射電子などの信号を生成し、表面トポグラフィーや成分分布の画像を生成します。SEM は、電極表面の微小亀裂、多孔性、不純物分布を検出し、製造プロセスの欠陥制御能力を評価できます。

SEM の利点は、高解像度、鮮明なイメージング、微細構造の詳細な分析です。欠点は、高価な機器、複雑なサンプル調製、および高真空での操作の必要性です。最新の SEM は、3D 再構成と自動スキャンをサポートし、分析効率を向上させます。

7.3.3 粒度解析

粒度は、電極の機械的特性と溶接性能に影響を与える重要なパラメータであり、細くて均一な粒は強度と靱性を向上させることができます。粒度解析は通常、光学顕微鏡または SEM と組み合わせて行われ、平均粒径は画像解析ソフトウェアによって測定されます。

検出方法には、線形切片法とエリア法があります。線形切片法は、顕微鏡画像上にランダムな直線を描き、粒界の交点の数を数えることにより、平均粒径を計算します。面積法は、各粒子の面積を測定することにより、サイズ分布をカウントします。ASTM E112 などの規格は、粒度定格の仕様を提供し、純粋なタングステン電極の粒径は通常 10~50 μ m です。

粒度分析の利点は、定量的で直感的であり、焼結および熱処理プロセスの品質を直接反映することです。欠点は、代表性を確保するために大量の統計データが必要になることです。自動画像解析ソフトウェアにより、顕微鏡画像の迅速な処理が可能になり、解析の効率と精度が向上します。

7.4 純タングステン電極の溶接性能試験

溶接性試験では、アーク開始性能、アーク安定性、電極消費率など、実際の溶接における純タングステン電極の性能を評価します。これらのテストは、標準的な溶接条件下で実施され、実際のアプリケーションシナリオをシミュレートします。

7.4.1 アークパフォーマンステスト

アーク開始性能は、電極がアークを開始するのが難しいことを反映しており、純粋なタングステン電極は、その高い電子作用(約 4.52 eV)のために DC 溶接(DC)でアーク放電しにくいですが、AC 溶接(AC)ではより優れた性能を発揮します。テスト方法は次のとおりです。

標準溶接試験:TIG 溶接装置を使用して、標準電流(50-150 A)、アルゴン保護(8-15 L/min)、およびアルミニウム合金基板で試験しました。アーク電圧が低く、時間が短いほど、パフォーマンスは向上します。

高周波アーク開始テスト:高周波アーク開始デバイスは、アーク開始を支援して、さまざまな電流下での電極の応答速度を評価するために使用されます。テストを数回繰り返し、エラーを減らすために平均化する必要があります。

検査装置には、TIG 溶接機、電圧計、および電極が半球状(AC 溶接)または円錐形(DC 溶接)に研磨されていることを確認するためのタイマーが含まれています。アーク始動性能試験の利点は、直感的で実際のアプリケーションに近いことであり、欠点は、結果が機器やオペレーターによって大きく影響を受けることです。自動テストシステムは、センサーを介してアーク開始パラメータを記録できるため、データの信頼性が向上します。

7.4.2 アーク安定性試験

アークの安定性は、溶接プロセス中のアークの連続性と均一性を反映しており、溶接の品質に直接影響します。純粋なタングステン電極は、AC 溶接では良好なアーク安定性を持っていますが、DC 溶接ではドリフトが発生しやすいです。テスト方法は次のとおりです。

電圧変動解析:標準的な溶接条件(100-200 A、アルゴン保護)でのアーク電圧変動の記録。電圧変動が小さいほど、アークはより安定します。テスト機器には、オシロスコープと電圧センサーが含まれます。

目視観察:円弧の形状をハイスピードカメラで記録し、円弧の長さ、形状、ドリフトを解析します。安定化アークは、大きなジャンプや中断なしに先細りにする必要があります。

溶接品質評価:溶接ブレットボードは、溶接の均一性、溶け込み、表面欠陥をチェックするために使用されます。安定したアークにより、滑らかで多孔性のない溶接が得られます。

アーク安定性試験では、結果の比較可能性を確保するために、基板、電流、ガス流量などのパラメータを制御する必要があります。最新のテストシステムは、人工知能を通じてアーク画像と電圧データを分析することにより、定量的な評価を提供します。

7.4.3 電極消費率試験

電極の消費率は溶接における電極の損失率を反映しており、純粋なタングステン電極は、特に大電流(>200A)で電子の逃げが多いため、仕事の消費率が高くなります。テスト方法は次のとおりです。

長さ損失測定:標準的な溶接条件(200A、AC 溶接、30 分)での電極長さの短縮を測定します。消費率は mm / h で表され、通常は 0.1~0.5mm / h です。

質量損失測定:単位時間あたりの質量損失は、溶接前後の電極間の質量差を高精度な天秤で測定することにより計算されます。質量損失法は、より正確で、実験室でのテストに適しています。

終末形態解析:溶接後の電極の形態を顕微鏡で観察し、燃焼損失と揮発の程度を評価します。半球形などの安定した先端形態は、消費率が低いことを示します。

電極消費率試験では、一貫した結果を確保するために、電極の溶接時間、電流、および角度を制御する必要があります。自動テストシステムは、電極の長さや品質の変化をリアルタイムで記録し、検査効率を向上させることができます。

7.5 純タングステン電極の環境および安全性試験

環境および安全性試験は、放射能試験と粉塵および排気ガス試験に焦点を当て、製造および使用プロセスにおける純タングステン電極の環境保護と安全性を評価します。

7.5.1 放射能検出(トリウム-タングステン電極の比較)

純粋なタングステン電極は非放射性であり、これはトリウム化されたタングステン電極(酸化トリウム、 ThO_2 を含む)よりも大きな利点です。放射能試験は、純粋なタングステン電極の安全性を検証し、それらをトリウム化タングステン電極と比較するために使用されます。アッセイには以下が含まれます。

ガンマ線検出:ガンマ線線量率($\mu\text{Sv/h}$)は、ガイガーカウンターまたはシンチレーション検出器を使用して電極の放射能レベルを測定することにより記録されます。純粋なタングステン電極の線量率はバックグラウンド放射線レベル(約 $0.1\mu\text{Sv/h}$)に近い必要がありますが、トリウムタングステン電極は $1\sim 10\mu\text{Sv/h}$ に達する可能性があります。

放射性核種分析:電極中の放射性核種(Th-232 、 U-238 など)を高純度ゲルマニウム検出器(HPGe)で分析し、放射性不純物がないことを確認します。検出は、バックグラウンド干渉を減らすためにシールドルームで実行する必要があります。

放射能検出には、高速で信頼性が高いという利点があり、電極が安全基準(ISO 6848 など)に準拠していることが保証されます。欠点は、機器が高価であり、専門的に操作する必要があります。純粋なタングステン電極の非放射性の性質は、高い環境および安全要件のシナリオでさらに有利になります。

7.5.2 粉塵および排気ガス検出

純粋なタングステン電極の製造における研削、研磨、焼結のプロセスでは、タングステンドストや排気ガス(酸化タングステン蒸気など)が発生する可能性があります。環境規制に準拠するために排出レベルをテストする必要があります。アッセイには以下が含まれます。

粉塵濃度検出:製造現場の粉塵濃度は、レーザー粉塵計または重量測定法を使用して測定され、職業暴露限界(中国規格では 4 mg/m^3 など)を下回っていることを確認します。サンプリングポイントは、研削および研磨領域をカバーする必要があります。

排ガス分析:焼結炉から排出される排ガスの組成をガス分析装置(赤外線分光計など)で検

出し、酸化タングステン、窒素酸化物、揮発性有機化合物(VOC)の濃度を分析します。排気ガスは、除塵・吸着処理後に排出する必要があります。

廃水試験:洗浄および精製プロセスの廃水中のタングステンおよびその他の重金属は、ICP-OES または分光光度法によって分析され、排出基準(例:中国 GB 25466-2010)への準拠を確認します。

粉塵と排気ガスの検出は定期的に実施し、排出量データをリアルタイムで記録するためのオンライン監視システムを装備する必要があります。HEPA フィルターやウェットスクラバーなどの最新の環境機器は、排出量を大幅に削減し、グリーン製造要件を満たすことができます。

7.6 純タングステン電極試験装置の校正と標準化

試験装置の校正と比較可能性を確保するための鍵は、検査結果の精度と比較可能性を確保するための鍵であり、品質管理の信頼性に直接影響します。

7.6.1 機器の校正方法

試験装置の校正は、国際規格または国内規格(e.g. ISO/IEC 17025)に従って定期的に実施されます。一般的なキャリブレーション方法は次のとおりです。

ICP-OES キャリブレーション:多元素標準溶液(既知の濃度のタングステン、鉄、ニッケルなどを含む)を使用して標準曲線をプロットすることにより、機器の感度と直線性範囲を校正します。キャリブレーションは毎週行われ、キャリブレーション係数が記録されます。

XRF キャリブレーション:高純度タングステンブロックなどの標準サンプルを使用して、元素濃度の関数として蛍光強度をキャリブレーションします。校正は、一貫したテストを確保するために毎月実施されます。

硬さ試験機の校正:くぼみのサイズと荷重は、標準の硬さブロック(HV 400 など)を使用して校正されますが、誤差は $\pm 2\%$ です。キャリブレーションは四半期ごとに行われます。

顕微鏡のキャリブレーション:標準スケールを使用して、倍率と画像解像度をキャリブレーションしますが、誤差は $\pm 1\%$ です。校正は毎年行われます。

校正は専門家によって行われ、校正日、パラメータ、結果が記録されます。自動校正システムは、ソフトウェアを介して標準サンプルの注入とデータ解析を制御することにより、校正効率を向上させることができます。

7.6.2 国際試験基準

タングステン電極は、結果のグローバルな比較可能性を確保するために、国際規格に従って試験されています。関連する規格には、以下のものがあります。

著作権および法的責任に関する声明

ISO 6848:2015:タングステン電極の化学組成と特性を試験するための要件を指定し、成分の検出と組織の顕微鏡分析に ICP-OES または XRF の使用を推奨しています。

AWS A5.12:2009:電極の化学組成と表面品質をチェックする必要があり、迅速な分析のために XRF などの非破壊的な方法を推奨します。

ASTM E112:微細構造解析のための粒度測定 of 標準的な方法を提供します。

ISO 14001:排出制御と監視に重点を置いた、粉塵および排気ガスの検出に関する環境管理ガイドラインを提供します。

これらの規格は、検出方法の標準化の基礎を提供します。将来的には、国際的な試験規格が人工知能とビッグデータ技術をさらに統合して、より正確な試験仕様を開発する可能性があります。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

著作権および法的責任に関する声明

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved
Standard document version number CTIAQCD -MA-E/P 2024 version
www.ctia.com.cn

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

第8章 純タングステン電極の長所と短所の分析

タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)の伝統的な材料として、純粋なタングステン電極(WP 電極)は、そのユニークな物理的および化学的特性により、溶接業界で重要な位置を占めています。しかし、その適用範囲と性能は、特にドーピングされたタングステン電極(セリウムタングステンやランタンタングステン電極など)と比較した場合、限られています。この章では、純粋なタングステン電極の長所と短所を体系的に分析し、その改善の方向性について説明します。

8.1 純タングステン電極の利点

純粋なタングステン電極は、そのコスト上の利点、高温安定性、および AC 溶接に適しているため、特定のシナリオでかけがえのない価値があります。以下では、その利点を3つの側面から詳しく説明します。

8.1.1 低コスト

純粋なタングステン電極の主な利点の1つは、比較的低い製造コストであり、高い経済的要件を持つ溶接アプリケーションに最適です。純粋なタングステン電極は、高純度のタングステン($\geq 99.5\%$)でできており、希土類酸化物(酸化セリウム、酸化ランタン、酸化トリウムなど)がドーピングされていないため、高価な添加剤や複雑な配合物の使用を避けています。タングステンは、世界に豊富な埋蔵量を持つレアメタル(中国は世界の埋蔵量の約 50%)として、安定した原料供給チェーンと価格変動の少なさを持っています。また、純粋なタングステン電極(粉末冶金や加圧加工など)の製造プロセスは非常に成熟しており、設備は非常に汎用性が高く、大規模生産によりさらにコストが削減されます。

ドーピング電極と比較して、純粋なタングステン電極の製造は、追加の希土類精製およびドーピングプロセスを必要とせず、エネルギー消費と人件費を大幅に削減します。例えば、セリウムタングステン電極は、純粋なタングステン電極の製造プロセスがはるかに簡単である一方で、焼結と品質管理に複雑さを追加する酸化セリウムの均一な分布の正確な制御を必要とします。コスト面での優位性により、純粋なタングステン電極は、建設、造船、一般機械加工などのコストに敏感な業界で広く使用されています。また、純粋なタングステン電極の非放射性性は、特別な保管や廃棄の要件を回避し、使用コストをさらに削減し、グリーン製造の傾向と一致しています。

実際には、タングステン電極の低コストは、アルミニウムカーテンウォール、自動車部品、圧力容器などの大量の溶接作業に適しています。その性能はいくつかの点でドーピング電極ほど良くはありませんが、純粋なタングステン電極は、中程度の品質要件を持つ AC 溶接シナリオに費用対効果の高いオプションを提供します。

8.1.2 高温安定性

非常に高い融点(3422°C)と優れた高温安定性により、純粋なタングステン電極は、過酷な溶接環境でも構造的完全性と安定した性能を維持することができます。タングステンは、任意の金属の中で最も高い融点を持っているため、純粋なタングステン電極は高アーク温

度(約 6000~7000°C)での熱衝撃に耐えることができ、溶融、燃焼、または変形のリスクを低減します。この機能により、電極は大電流(100-300A)や長期間の連続溶接でも安定した端部形状を維持し、長寿命を実現します。

AC 溶接では、純粋なタングステン電極は通常、アークエネルギーを均等に分散し、局所的な過熱を減らし、溶接品質を向上させるのに役立つ半球形の端を形成します。蒸気圧が低い(3000°C で 0Pa に近い)ため、高温での材料の蒸発がさらに減少し、電極の寸法安定性とアークの一貫性が維持されます。また、純タングステン電極の優れた熱伝導率(約 173W/m・K)により、アーク熱を素早く放散し、過熱による端部の軟化や亀裂を防ぐことができます。

純粋なタングステン電極の高温安定性は、特に航空宇宙、自動車、エレクトロニクス産業において、軽金属(アルミニウム、マグネシウムなど)とその合金の溶接に最適です。アルミニウム合金の高い熱伝導率と酸化膜特性は、電極が高温で安定を保つことを必要とし、純粋なタングステン電極の性能はこれらの要件を満たすことができます。さらに、その化学的安定性により、アルゴンやヘリウムなどの不活性ガスの保護下で環境と反応しにくくなり、溶接部の純度が確保されます。

8.1.3 AC 溶接に適しています

AC 溶接(AC)における純タングステン電極の優れた性能は、その最も重要なアプリケーションの利点であり、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金などの酸化物質を持つ軽金属の溶接に適しています。AC 溶接は、交流の正と負の半サイクルを交互にすることで、アークの動的平衡を実現します。純粋なタングステン電極は、正の半サイクル(電極はカソード)の間に電子を放出し、高温アークを生成します。負の半サイクル(ワークピースがカソード)の間、アークはワークピースの表面の酸化膜(Al_2O_3 、融点約 2050°C など)に「カソードクリーニング」効果を生み出し、酸化物質層を効果的に除去し、きれいな溶接を形成します。

純粋なタングステン電極は、AC 溶接で安定した半球形の端を形成し、アーク分布とエネルギー伝達を最適化し、アークドリフトや中断のリスクを低減します。その高い融点と熱伝導性により、電極は交流の熱サイクル中に安定しており、高周波または高電流の溶接条件に適しています。さらに、純粋なタングステン電極の非放射性の性質は、高い安全性要件を持つ産業(食品加工機器、医療機器製造など)でより有利になり、トリウムタングステン電極(放射性酸化トリウムを含む)よりも環境規制に準拠しています。

純粋なタングステン電極の AC 溶接アプリケーションは、建設、海洋、航空宇宙、自動車産業をカバーしています。例えば、アルミニウム製の船舶構造物の溶接では、純粋なタングステン電極が、耐食性と強度の要件を満たす滑らかで欠陥のない溶接を提供します。航空宇宙分野では、アルミニウムおよびマグネシウム合金の精密溶接は、純粋なタングステン電極の安定したアークに依存しており、これにより部品の高い信頼性が保証されます。

著作権および法的責任に関する声明

結論として、AC 溶接における純粋なタングステン電極の専門知識は、軽金属溶接に最適な材料となっています。

8.2 純タングステン電極のデメリット

純粋なタングステン電極の大きな利点にもかかわらず、その性能上の制限は、特定の溶接シナリオ、特に DC 溶接や高温および高負荷条件でのアプリケーションを制限します。以下では、その欠点を 3 つの側面から分析します。

8.2.1 DC 溶接性能が悪い

DC 溶接(DC)における純タングステン電極の性能は、主にその高い電子作用(約 4.52eV)のために劣っており、アークの開始が困難でアークの不安定性につながります。DC 正極接続(DCSP)では、電極はカソードとして多数の電子を放出する必要があるため、電子の仕事が高いため、アーク放電やアークジャンプが発生しにくい高いアーク電圧が必要です。逆 DC 極性(DCRP)では、電極はより高い熱負荷の下で陽極として機能し、過熱、燃焼、または端部の変形につながる可能性があります。

対照的に、希土類酸化物をドーピングした電極(例えば、セリウム-タングステン電極)は、約 2.7 ~ 3.0eV;ランタンタングステン電極、約 2.8-3.2 eV)は、DC 溶接でアーク開始電圧が低く、アークが安定しており、ステンレス鋼、炭素鋼、ニッケル合金の溶接に広く使用されています。DC 溶接における純タングステン電極の制限により、その用途は主に一時的な修理や低電流溶接などの低需要シナリオに限定されていますが、ドーピング電極は主に高精度または高効率の DC 溶接に使用されます。

この欠点を軽減するために、高周波アーク打撃装置を使用するか、電極の端部(コーンなど)の角度を最適化することにより、アーク開始性能を向上させることができますが、その効果は限定的です。さらに、DC 溶接におけるアークの不安定性は、溶接の不均一性や欠陥の増加につながる可能性があります。高性能溶接における純粋なタングステン電極の競争力を制限する可能性があります。

8.2.2 高い電極消費率

タングステン電極は、特に大電流(>200A)または長期連続溶接で、高い電子ワークエスケープのために高い電極消費率を有し、それは材料の揮発および燃焼損失を加速する高い終末温度につながる。この消費は、電極の長さが徐々に短くなり、半球形から不規則な形状への端部形態の変化によって明らかになり、アークの安定性と溶接の品質に影響を与えます。

AC 溶接では、半球状の端部の形成により部分的に消費が遅くなりますが、高周波や不安定な電流では消費率は依然として高いです。DC 溶接では、特に DC 順方向接続(DCSP)では、電極の高温動作により材料が急速に失われるため、消費率がさらに大きくなります。対照的に、ドーピングされた電極(例えば、ランタンタングステン電極)は、電子脱出作業が少なく、末端形態がより安定しているため、一般に純粋なタングステン電極よりも消費率が

低くなります。

高い消費率により、電極交換の頻度と運用コストが増加し、特に自動溶接では生産の中断につながる可能性があります。電極の寿命を延ばすためには、適切な形状を維持するために端部を定期的に研ぐ必要があります。溶接パラメータ(電流の減少、ガス保護の強化など)を最適化する必要があります。しかし、頻繁に研削を行うと人件費と時間コストが増加し、高負荷溶接での純タングステン電極の適用が制限されます。

8.2.3 アークの難しさと不安定なアーク

困難なアーク開始とアークの不安定性は、純粋なタングステン電極の主な欠点であり、これは密接にその高い電子脱出作業に関連しています。DC 溶接では、高いアーク電圧と不規則な電子放出により、特に低電流(<50A)または高周波でアークを開始または維持することが困難になります。AC 溶接では、交流の正と負の半サイクルの交流効果により、アーク放電の難しさを部分的に軽減できますが、それでもより高いアーク放電電圧が必要です。

アークの不安定性は、アークドリフト、ジャンプ、または中断として現れ、溶接の均一性と品質に影響を与えます。表面の汚染(酸化物、油など)や不適切な末端形態(過度の摩耗など)は、不安定性をさらに悪化させる可能性があり、電極の定期的なクリーニングとサンディングが必要になります。さらに、純粋なタングステン電極は、アーク開始性能を向上させるために高周波アーク打撃装置または安定した電源を装備する必要がある溶接装置に対する高い要件を持っています。

ドーピング電極と比較して、純粋なタングステン電極は、特に DC 溶接において、アーク安定性が劣ります。セリウムタングステンおよびランタンタングステン電極は、希土類酸化物のドーピングを通じて電子の働きを減らし、アーク開始性能とアーク安定性を大幅に向上させ、さまざまな溶接シナリオに適しています。純粋なタングステン電極のこの欠点は、プロセスの最適化または機器の改善によって補う必要がある高精度で高効率の溶接でそのアプリケーションを制限します。

8.3 純タングステン電極の改善方向

純粋なタングステン電極の欠点を克服し、その競争力を向上させるために、研究者や企業は、プロセスの最適化、合金化の研究開発、新しい電極材料の開発の3つの方向から改善の道を模索しています。これらの改良は、電極の溶接性能を向上させ、消費率を低減し、適用範囲を広げることを目的としています。

8.3.1 プロセスの最適化

プロセスの最適化は、純粋なタングステン電極の性能を向上させる直接的な方法であり、生産プロセスの改善と溶接パラメータの最適化に焦点を当てています。製造側では、電極の品質は次のように改善できます。

高純度制御:イオン交換や溶媒抽出などの高度な精製技術を使用して、タングステン粉末

の純度を 99.99%に向上させ、アーク開始性能とアーク安定性に対する不純物の影響を低減します。還元および焼結プロセスを最適化し、酸素含有量(例:≤0.01%)を減らし、電極の導電率と高温耐性を改善します。

結晶粒の微細化:結晶粒の成長は、急速焼結技術(放電プラズマ焼結法、SPS など)または微量阻害剤(アルミナなど)の添加によって制御され、微細で均一な結晶粒構造(10~20μm)が得られます。砥粒の微細化により、電極の硬度と靱性が向上し、高温での消費率が低下します。

表面品質の向上:研磨と洗浄のプロセスを改善し、表面粗さを減らし、アーク安定性に対する表面欠陥の干渉を減らします。自動研磨装置は、表面の一貫性を確保し、電極の溶接性能を向上させるために使用されます。

溶接アプリケーションでは、パラメータと機器を最適化することにより、純粋なタングステン電極の性能を向上させることができます。例えば、電流波形(矩形波 AC など)を調整してアーク電圧を下げたり、アルゴンやヘリウムのシールドガス(10-20L/min)の流量を増やしてアークの安定性を高めたりすることができます。さらに、高周波アーク開始装置と高度な TIG 溶接機は、アーク放電の難易度を大幅に改善でき、DC 溶接シナリオに適しています。

プロセス最適化の利点は、低コスト、実績のある技術、および既存の生産に加えて迅速に実装できることです。欠点は、改善範囲が限られており、高電子の仕事結果という基本的な制限を完全に克服することは難しいことです。

8.3.2 合金化の研究

合金化研究は、コストの利点と非放射性特性を維持しながら、そのマトリックスに微量元素を添加することにより、純粋なタングステンの電気的および機械的特性を改善します。合金化の目標は、電子進化の働きを減らし、アーク安定性を改善し、消費率を減らすことであり、一般的な研究の方向性は次のとおりです。

微量希土類ドーピング:希土類酸化物(酸化ランタン、酸化セリウムなど)を純粋なタングステンに低含有量(<0.5%)で添加して、電子の仕事量を減らし(4.0~4.2 eV)、アーク開始性能とアーク安定性を向上させます。トレースドーピングは、DC 溶接性能を向上させながら、純粋なタングステンのコスト優位性を保持します。

非希土類元素ドーピング:ジルコニア(ZrO_2)や酸化イットリウム(Y_2O_3)などの非希土類酸化物の添加を検討して、電極の高温強度と耐クリープ性を高め、消費率を減らします。これらの元素は非放射性であり、環境要件を満たしています。

複合ドーピング:化合物ドーピングのためにさまざまな酸化物(酸化ランタン+ジルコニアなど)を組み合わせ、電極の包括的な性能を最適化します。複合ドーピングは、アーク

開始性能、アーク安定性、耐久性のバランスを取り、高負荷溶接に適しています。

合金化研究では、不均一なドーピングによって引き起こされる性能の変動を避けるために、ドーピングされた元素の分布と含有量を正確に制御する必要があります。最新の製造技術(プラズマドーピング、化学蒸着など)により、非常に均質なドーピングと電極品質の向上が可能になります。しかし、合金化は生産コストとプロセスの複雑さを増大させる可能性があり、パフォーマンスの向上と経済性との間のトレードオフが必要になります。

8.3.3 新規電極材料の開発

新しい電極材料の開発は、純粋なタングステン電極の限界を根本的に克服し、電子逃げ作業が少なく、耐久性が高く、適用範囲が広い材料を探索することを目的としています。彼の研究対象は次のとおりです。

ナノ結晶タングステン電極:ナノタングステン粉末(粒子サイズ<100nm)を使用して電極を調製し、超微粒子構造により硬度、靱性、アーク安定性を向上させます。ナノ結晶タングステン電極の電子仕事は、従来のタングステン電極の電子仕事よりもわずかに低く、アーク開始性能が向上します。SPSのような急速焼結技術は、ナノ結晶電極を実現するための鍵となります。

タングステンマトリックス複合材料:タングステンと高導電性材料(銅やグラフェンなど)の複合電極の開発と、タングステンの高い融点と複合材料(>50%IACS)の優れた導電性を組み合わせることで、アーク電圧と電極の消費量が大幅に削減されます。複合材料は、界面接合と高温安定性の課題に対処する必要があります。

新しい非放射性電極:モリブデンベースまたはハフニウムベースの合金など、タングステン以外の代替材料を、電子逃避の働きが少ない非融解電極として探索します。これらの材料は、高融点(>2000°C)と化学的安定性を持ちながら、低コストで環境にやさしい必要があります。

新材料開発の利点は、電極性能を大幅に向上させ、半導体製造、核融合装置、超高強度材料の溶接などの応用分野を広げる大きな可能性を秘めていることです。欠点は、研究開発サイクルが長く、コストが高く、新素材のプロモーションは厳格な業界認証と市場検証を経る必要があることです。今後、新しい電極材料の開発は溶接技術の革新を促進し、産学研協力と組み合わせた技術の実装を加速させる必要があります。



鋭い先端を持つ純粋なタングステン電極

第9章 純タングステン電極の市場と開発動向

タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)の重要な消耗品として、純粋なタングステン電極(WP 電極)は、世界の溶接業界で重要な位置を占めています。その市場発展は、原材料の供給、生産技術、環境保護要件、国際競争などの複数の要因の影響を受けます。この章では、世界市場の概要、中国市場の現状、技術開発の動向、純タングステン電極が直面する課題を分析し、業界の実務家や研究者に包括的な参考資料を提供します。

9.1 世界のタングステン電極市場の概要

純粋なタングステン電極の世界市場は、航空宇宙、自動車製造、造船、建設で広く使用されている溶接産業の発展と密接に関連しています。以下は、主要な生産国と市場規模と需要の観点から、世界市場の現状のレビューです。

9.1.1 主要生産国

純粋なタングステン電極の世界的な生産は、主に中国、米国、ドイツ、日本、ロシアなど、豊富なタングステン資源と技術的に進んだ工業力を持つ国に集中しています。

中国:世界最大のタングステン資源(世界の埋蔵量の約 50%を占める)として、中国は純粋なタングステン電極の生産を支配しています。湖南省、江西省、河南省には豊富なタングステン鉱石資源があり、タングステン鉱石の採掘から電極生産までの完全な産業チェーンを形成しています。

米国:米国は、高度な生産技術と厳格な品質基準を持つ純粋なタングステン電極の重要な生産者です。同社は、航空宇宙および原子力産業で広く使用されている高性能タングステ

著作権および法的責任に関する声明

ン電極に焦点を当てています。米国市場は、純粋なタングステンやセリウムタングステン電極などの非放射性電極の促進に焦点を当てたハイエンドアプリケーションによって支配されています。

ドイツ:ドイツは精密製造で知られており、自動車、航空宇宙、機械工学業界向けの高品質の純タングステン電極を製造しています。同社は、高度な粉末冶金および表面処理技術を使用して、DIN EN ISO 6848 に従ってヨーロッパおよび世界に輸出しています。

日本:日本のタングステン電極の生産は、エレクトロニクス、自動車、精密機械業界のニーズを満たすために、主に高精度で小型化されています。同社は電極の表面品質と溶接性能に注意を払い、製品は JIS Z 3233 規格に適合しています。日本市場では、小径電極(0.5-2.0mm)の需要が高いです。

ロシア:ロシアは豊富なタングステン鉱石資源と低い生産コストを持っており、その純粋なタングステン電極は主に国内および東ヨーロッパ市場に供給されています。企業は低コストの電極の製造に利点がありますが、その技術レベルとブランドの影響は比較的弱いです。

これらの国々は、世界の純タングステン電極市場で競争力のあるパターンを形成しており、中国は出力とコストの面でリードしており、米国、ドイツ、日本は技術とサービスでハイエンド市場を占有し、ロシアはリソースの利点でローエンド市場を補完しています。

9.1.2 市場規模と需要

世界のタングステン電極市場規模は、製造、インフラストラクチャ建設、新エネルギー産業に牽引されて、溶接業界の成長に迫っています。業界データによると、世界のタングステン電極市場規模は 2024 年に約 15 億ドルになり、そのうち純粋なタングステン電極は約 30%~35%、つまり 45~5 億 2500 万ドルを占めるとされています。市場規模は、

3%~5%の年平均成長率(CAGR)で成長し、2030 年までに 6~7 億ドルに達すると予想されています。

航空宇宙産業の需要:航空宇宙分野でのアルミニウムおよびマグネシウム合金の精密溶接に対する需要の高まりは、AC 溶接における純タングステン電極の適用を推進しています。例えば、ボーイング社とエアバス社の航空機製造には信頼性の高い溶接が必要であり、純粋なタングステン電極が主要な消耗品です。

自動車産業の発展:世界の自動車産業は軽量化に転換しており、アルミニウム合金やステンレス鋼の溶接需要が高まっています。純粋なタングステン電極は、自動車部品(車体やバッテリーハウジングなど)の製造、特に新エネルギー車の分野で広く使用されています。

インフラ:アジア、アフリカ、ラテンアメリカのインフラ建設(高速鉄道、橋梁、建物など)は、アルミニウム構造部品の溶接の需要を牽引しており、純粋なタングステン電極はコス

著作権および法的責任に関する声明

ト面での優位性から好まれています。

新エネルギー産業:太陽電池や風力発電機器の製造には、薄膜形成や金属接合が伴い、スパッタリングターゲットや溶接材料としての純タングステン電極の需要が着実に高まっています。

地理的分布の面では、アジア太平洋地域(主に中国、インド、東南アジア)が世界市場シェアの約 50%を占めており、製造業の急速な発展と低コスト生産の恩恵を受けています。北米とヨーロッパはそれぞれ 20%〜25%を占め、ハイエンドアプリケーションが圧倒的に多くなっています。中東・アフリカは 5%程度とシェアは小さいですが、工業化が加速するにつれ、需要の可能性が見えてきています。

9.2 中国タングステン電極市場分析

中国は、純粋なタングステン電極の世界最大の生産国と消費者であり、その市場の発展は、国内のタングステン資源、製造のアップグレードと環境保護政策の利点の影響を受けています。以下では、生産能力と市場の需要と応用分野の 2 つの側面から中国市場を分析します。

9.2.1 国内生産能力

中国の純粋なタングステン電極の生産能力は、豊富なタングステン鉱石資源と完璧な産業チェーンに依存して、世界第 1 位にランクされています。2024 年には、中国のタングステン電極の年間生産能力は約 25,000 トンになり、そのうち純粋なタングステン電極は約 40%、つまり 10,000 トンを占めます。湖南省株洲市、江西省贛州市、河南省洛陽市が主な生産拠点であり、タングステン鉱石の採掘、タングステン粉末の調製から電極加工までの完全な産業チェーンを形成しています。

中国の生産能力の利点は、低コスト、大規模、安定したサプライチェーンです。近年、国内企業は、高度な設備(ドイツの真空焼結炉、日本の自動伸線機など)を導入することにより、生産効率と製品品質を向上させています。同時に、一部の企業は研究開発投資を増やし、超微細タングステン粉末とナノ結晶電極を開発し、ヨーロッパとアメリカの国々との技術ギャップを徐々に狭めています。

しかし、中国の生産能力は環境圧力と過剰生産能力にも直面しています。タングステンの採掘と精製には、環境保護法と国家有害廃棄物リストの要件の対象となる高エネルギー消費と廃水排出が伴います。過剰生産能力はローエンド市場での激しい競争を招き、価格競争は利益率を圧縮し、企業はハイエンド市場への変革を促しています。

9.2.2 CLP 市場のニーズと需要エリア

中国の純粋な電気市場の需要は約 12,000 トンで、国内の電力市場の約 60%を占めています。

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

建設とインフラ:高速鉄道、橋梁、カーテンウォールの建設は、アルミニウム合金溶接の需要の成長を牽引しており、純粋な電気は、そのコスト優位性により建設分野で広く使用されています。たとえば、北京-雄安都市間鉄道と深セン湾超高層ビルのアリミニウム構造部品の溶接は、純粋なタングステン電極に依存しています。

自動車製造:新エネルギー車のバッテリーシェル、ボディ、アルミニウム合金部品は高精度で溶接する必要があり、純粋なタングステン電極は AC 溶接で重要な位置を占めています。2024 年には、中国の新エネルギー車の生産台数は 800 万台を超え、電極需要の増加を牽引します。

航空宇宙:COMAC(C919 航空機など)および航空宇宙プログラム(長征シリーズロケットなど)は、アルミニウム合金とマグネシウム合金の溶接要件が厳しく、純粋なタングステン電極は、その非放射性で安定した性能のために好まれています。

海洋およびオフショアエンジニアリング:沿岸地域での造船およびオフショアプラットフォームの建設には、多数のアルミニウム合金溶接が伴い、純粋なタングステン電極はこれらのシナリオで安定した需要があります。

エレクトロニクスと新エネルギー:太陽電池と半導体の製造では、スパッタリングターゲットや溶接材料としての純粋なタングステン電極の適用が徐々に増加しています。

中国市場の特徴は、低コストの汎用溶接から高性能な精密溶接まで、多様な需要があります。将来的には、製造業のアップグレードと「一帯一路」イニシアチブの進展に伴い、中国の純粋なタングステン電極市場は、特にハイエンドのアプリケーションで、平均年間成長率 3%~4%で拡大し続けると予想されます。

9.3 純電気電極技術の開発動向

純粋な電気電極の開発は、高性能発電、環境要件、新素材の研究と電力によって推進されており、性能の向上、コストの削減、および規制要件を満たすことを目的としています。技術動向について、以下の 3 つの側面について解説します。

9.3.1 効率的な電力生産のための技術

効率的な生産技術は、サイクルタイムの短縮、エネルギー消費の削減、製品品質の向上を目的としており、主な技術は次のとおりです。

連続生産:連続焼結炉と自動伸線装置を開発して、プレスから加工までの連続生産を実現し、生産サイクルを 20%~30%短縮します。例えば、中周波誘導連続焼結炉は急速に加熱され、グリーンボディの均質性を向上させます。

スマートマニュファクチャリング:インダストリアル・インターネット・オブ・シングス

著作権および法的責任に関する声明

(IIoT)とセンサーを使用して生産パラメータを監視することにより、機器の運用効率を最適化します。インテリジェントな生産設備ライン設備は、グリーンボディの密度とサイズの偏差をリアルタイムで検出して、スクラップ率を減らすことができます。

急速焼結技術:放電プラズマ焼結(SPS)は、電気パルスを使用して焼結時間を数分に短縮し、粒子を微細化(<10 μ m)し、電極の強度と耐久性を向上させます。SPS は、ハイエンド電極の製造に試験的に導入されています。

これらの技術の適用により、生産効率の向上、単価の低減、市場競争力の強化が図られます。ただし、設備投資やメンテナンスコストが高いため、中小企業での普及が制限される可能性があります。

9.3.2 環境にやさしい生産プロセス

環境に優しいプロセスは、規制圧力とグリーン製造のニーズに対応するための焦点であり、主要な技術は次のとおりです。

低エネルギー精製:イオン交換および膜分離技術は、従来の湿式製錬を置き換え、廃水と排気ガスの排出を削減するために使用されます。新しい浄化装置は、タングステン含有廃液の 90%以上を回収し、環境汚染を減らすことができます。

廃棄物のリサイクル:タングステン廃棄物のリサイクルシステムを確立し、高温焙煎と電解還元によりタングステン粉末を回収し、資源の無駄を削減します。中国の一部の企業は、リサイクル率 80%のプロセスを開発しています。

無毒のプロセス代替:EU REACH 規制と中国の RoHS 基準に沿って、従来の有機溶剤や鉛含有塗料に代わる水性洗浄剤と無毒の緑色塗料(アクリルベースの塗料など)を促進します。

再生可能エネルギーを動力源とする:太陽光または風力を使用して焼結および熱処理装置に電力を供給することにより、二酸化炭素排出量を削減します。パイロットプロジェクトでは、再生可能エネルギーで生産エネルギー消費量を 30%削減できることが示されています。

環境にやさしいプロセスの推進は、コストとコンプライアンスのバランスをとる必要がありますが、環境保護規制の強化と消費者のグリーン意識の向上に伴い、市場での受け入れは徐々に増加しています。

9.3.3 新しいタングステン電極の研究開発

新しいタングステン電極の研究開発は、純粋なタングステン電極の性能制限を克服し、高性能溶接のニーズを満たすことを目指しており、主な方向性は次のとおりです。

ナノ結晶タングステン電極:電極は、超微粒子(<50nm)による硬度とアーク安定性を向上さ

せるために、ナノタングステン粉末を使用して調製されます。ナノ電極のアーキ開始性能と消費率は、従来の電極よりも優れているため、航空宇宙および半導体産業に適しています。

マイクロアロイ電極:微量酸化(ジルコニア、酸化イットリウムなど)を純粋なタングステンに添加して、電子発生の働きを減らし(4.0~4.2 eV)、DC 溶接性能を向上させます。マイクロアロイ電極は、純粋なタングステンのコスト優位性と非放射性特性を保持しています。

タングステンベースの複合電極:タングステンとグラフェンまたはカーボンナノチューブの複合材料の開発は、高融点と優れた導電性(>40%IACS)と組み合わせられ、硬化と耐久性を大幅に向上させます。複合電極は、高温での界面安定性の問題を解決する必要があります。

新しい電極の研究開発は、市場の需要と生産の実現可能性と組み合わせる必要があります、たとえば、ナノ電極の製造コストをさらに削減して大規模なアプリケーションを達成する必要があります。将来的には、産学研究協力や国際的な技術交流により、新しい電極の工業化プロセスが加速します。

9.4 純電気電極の表面電気の課題

純粋な電気電極市場は急速に発展していますが、原材料価格の変動、環境規制の圧力、技術競争など、複数の課題に直面しています。

9.4.1 原材料価格の変動

レアメタルとして、タングステンの価格は、世界的な需要と供給、地政学、鉱物政策の影響を受けます。2024 年には、タングステン精鉱の価格は 1 トンあたり 120,000 人民元から 150,000 人民元の間で変動し、純粋なタングステン電極の製造コストに影響を与えます。値上げの主な理由は次のとおりです。

資源の制約:中国のタングステン採掘の割当管理は、供給の伸びを制限しています。

輸出需要:欧米における非放射性電極の需要増加により、タングステンの国際価格が上昇しています。

地政学的リスク:ロシア・ウクライナ紛争などの地政学的な事象により、ロシアのタングステン供給が混乱する可能性があります。

価格変動は、特に中小企業にとって、生産コストの不確実性を高めます。戦略には、サプライヤーとの長期契約、タングステンスクラップリサイクル技術の開発、代替材料の探索が含まれますが、原材料価格の変動は短期的には依然として大きなリスクです。

9.4.2 環境規制圧力

タングステン電極の製造は、高いエネルギー消費と汚染排出を伴い、中国の環境保護法や欧州連合の廃棄物枠組み指令など、ますます厳しくなる環境規制の対象となります。課題には次のようなものがあります。

廃水处理:タングステンの精製および洗浄からのタングステン含有廃水は、0.01 mg / L 未満の重金属含有量に処理する必要があるため、これにより処理コストが増加します。

排気ガス制御:焼結および粉砕によって発生する粉塵および酸化タングステンガスは、高効率のろ過および吸着によって処理する必要があるため、設備投資は高いです。

エネルギー消費の制約:中国の「デュアルカーボン」目標(カーボンピークとカーボンニュートラル)は、企業に単位エネルギー消費の削減を求めており、従来のエネルギー集約型プロセスは段階的に廃止されるリスクがあります。

環境規制の遵守コストは、研究開発資金を締め出し、技術革新に影響を与える可能性があります。企業は、グリーンプロセスと再生可能エネルギーのアプリケーションを通じてコンプライアンスコストを削減すると同時に、政府の補助金とグリーンな財政支援を確保する必要があります。

9.4.3 国際競争と技術的障壁

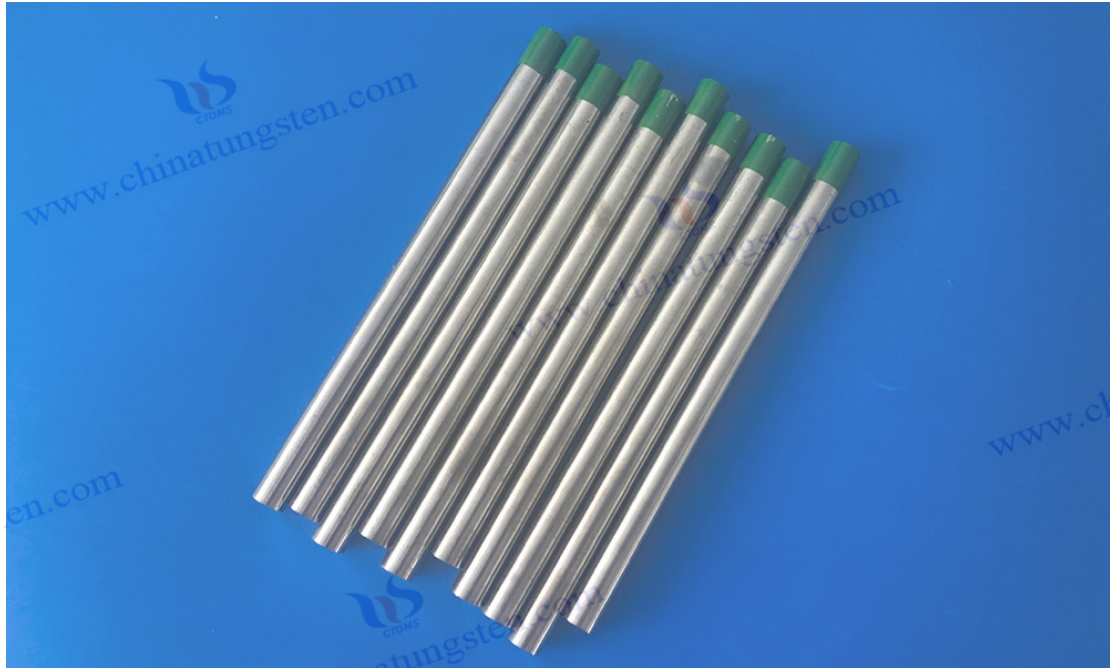
純粋な電気電極市場は非常に競争が激しく、国際的な競争と技術的な障壁が主な課題です。

ハイエンド市場の障壁:アメリカ、ドイツ、日本の企業が高度な技術(SPS 焼結やナノ結晶処理など)でハイエンド市場を占めており、ブランド効果と技術特許が中国企業の参入を制限しています。

ローエンド市場競争:中国、ベトナム、インドなどの国々の低コスト生産者は、ローエンド市場で価格競争を繰り広げており、利益率は低下し続けています。

技術のギャップ:ヨーロッパとアメリカの企業は、新しい電極材料(複合タングステン電極など)とインテリジェント製造の分野でリードしていますが、中国企業は依然としてコア機器(高精度伸線機など)とハイエンドプロセスでブレークスルーを起こす必要があります。

国際競争に対応するためには、技術研究開発、ブランド構築、国際協力を強化する必要があります。例えば、ドイツ企業と協力して先進的な機器を導入したり、ISO などの国際規格の開発に参加したりすることで、声を上げることができます。さらに、差別化された競争戦略(カスタマイズされた電極、グリーン認証など)は、企業が市場の障壁を突破するのに役立ちます。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

第 10 章 結論

タングステンアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)のコア消耗品として、純粋なタングステン電極(WP 電極)は、その高い融点、コスト優位性、および非放射性特性により、溶接やその他の産業分野で重要な役割を果たしてきました。この本は、純粋なタングステン電極の調製プロセス、製造設備、試験方法、国内外の規格、市場状況、長所と短所を体系的に説明し、その技術的特性と応用価値を包括的に示しています。この章では、純粋なタングステン電極の包括的な評価を行い、その将来の開発の方向性を楽しみにし、研究と応用のための提案を提唱し、業界の実務家や研究者のための参照を提供します。

10.1 純タングステン電極の総合評価

TIG 溶接で使用される最も初期の非溶融電極タイプとして、純粋なタングステン電極の性能とアプリケーション特性は、長期的な実践で完全に検証されています。以下は、技術的パフォーマンス、アプリケーションシナリオ、経済性、環境保護の 4 つの側面からの包括的な評価です。

技術的なパフォーマンス

純粋なタングステン電極は、非常に高い融点(3422°C)、優れた熱伝導率(約 173W / m · K)

と低蒸気圧を有する高純度タングステン(≥99.5%)で構成されています。これらの特性により、AC 溶接(AC)、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金などの酸化膜を持つ軽金属の溶接に特に適しています。AC 溶接では、純粋なタングステン電極は、正と負の半サイクルの交互的作用により「陰極洗浄」の効果を達成し、酸化物層(Al_2O_3 、融点約 2050°C など)を効果的に除去し、清潔で高品質の溶接を形成します。

著作権および法的責任に関する声明

しかし、純粋なタングステン電極の高電子仕事(約 4.52eV)は、直流溶接(DC)でアークの開始とアークの不安定性をもたらし、ステンレス鋼、炭素鋼、その他の材料の溶接用途での競争力を制限します。さらに、電極の消費率は高く、特に大電流(>200A)や、端材が揮発性である長時間の連続溶接では、長さが短くなり、性能が低下します。ドーピングされた電極(セリウムタングステンやランタンタングステン電極など、約 2.7~3.2 eV の電子仕事)と比較して、包括的な溶接性能ではわずかに劣りますが、それでも特定のシナリオではかけがえのない利点があります。

純粋なタングステン電極の高密度(19.3 g/cm³)、硬度(HV 350-450)、化学的安定性により、抵抗溶接電極、プラズマ切断電極、熱電子放出材料、スパッタリングターゲット、非溶接用途のカウンターウェイトに最適です。例えば、半導体製造では、純粋なタングステン電極をスパッタリングターゲットとして使用して、高品質のタングステン膜を形成することができます。航空宇宙分野では、その高密度カウンターウェイトを使用して構造バランスを最適化しています。全体として、純粋なタングステン電極の技術的性能は、高温、高精度、非放射能を必要とするアプリケーションで優れていますが、その汎用性はプロセスの最適化を通じてさらに向上させる必要があります。

徳用

純粋なタングステン電極の大きな利点の 1 つは、その低い製造コストです。ドーピング電極と比較して、純粋なタングステン電極は、高価な原材料や複雑なドーピングプロセスを回避し、製造コストを削減する希土類酸化物(酸化セリウム、酸化ランタンなど)を追加する必要がない。世界のタングステン資源は豊富で(中国は埋蔵量の約 50%を占め)、サプライチェーンは安定しており、タングステン精鉱の価格変動は比較的制御可能です(2024 年には約 12~150,000 元/トン)。また、純粋なタングステン電極(粉末冶金、加圧加工など)の製造プロセスは非常に成熟しており、大規模生産により単価がさらに削減されています。

アプリケーションでは、純粋なタングステン電極の低コストは、建設、造船、および一般的な機械加工などのコストに敏感な業界で広く魅力的です。例えば、純粋なタングステン電極は、品質とコストのバランスをとるために、アルミニウムのカーテンウォール、船舶構造物、自動車部品の溶接によく使用されます。しかし、その高い消費率と頻繁な研削要件により、特に高負荷溶接では使用コストが増加し、より頻繁な電極交換が必要となり、間接的に運用コストが増加します。全体として、純粋なタングステン電極は、コストに敏感なアプリケーションでは明らかな利点がありますが、高性能シナリオでは性能と経済性の間にトレードオフがあります。

環境への配慮と安全性

純粋なタングステン電極の非放射性の性質は、それらがトリウム化タングステン電極(放射性酸化トリウム、ThO₂を含む)よりも放射性が高いことであり、大きな利点があります。

トリウムタングステン電極の放射能(ガンマ線量率約 1~10μSv / h)は、製造、保管、廃棄

において安全上の問題をもたらしますが、純粋なタングステン電極の線量率はバックグラウンド放射線レベル(約 $0.1\mu\text{Sv/h}$)に近く、これは EU REACH 規制および中国の RoHS 規格に準拠しています。この特性により、食品加工機器、医療機器、航空宇宙などの安全性が重要な分野でさらに魅力的になります。

しかし、純粋なタングステン電極の製造過程における環境保護の問題は無視できません。タングステン鉱石の精製と焼結は、高いエネルギー消費と、タングステン含有廃液や酸化タングステン蒸気などの廃水排出を伴い、環境保護法やその他の規制の要件に準拠するために厳密に処理する必要があります。近年、イオン交換や廃棄物のリサイクル、太陽光発電などの再生可能エネルギーなどの技術を採用することで、企業は環境負荷を低減していますが、中小企業にとってコンプライアンスのコストは依然として課題となっています。全体として、純粋なタングステン電極は、環境保護と安全性の面で固有の利点がありますが、グリーン製造を達成するためには、製造プロセスをさらに最適化する必要があります。

アプリケーション・シナリオ

純粋なタングステン電極のアプリケーションシナリオは、主に AC TIG 溶接に焦点を当てており、特にアルミニウム、マグネシウム、およびそれらの合金の溶接に適しており、航空宇宙、自動車製造、造船、建設業界で広く使用されています。例えば、航空宇宙分野では、C919 航空機のアルミニウム合金胴体とマグネシウム合金部品の溶接に純粋なタングステン電極が使用されています。自動車業界では、新エネルギー車のバッテリーハウジングの溶接に重要な役割を果たしています。さらに、タングステン電極は、プラズマ切断、スパッタリングターゲット、カウンターウェイトなどの非溶接用途でも広く使用されており、その汎用性が実証されています。

ただし、DC 溶接の制限により、ステンレス鋼、ニッケル合金、およびその他の材料での溶接アプリケーションが制限され、ドーブ電極はこれらのシナリオでより有利です。さらに、高負荷または高周波溶接における純タングステン電極の急速な消費と高いメンテナンス要件も、自動生産における競争力を制限します。全体として、純粋なタングステン電極は、AC 溶接と特定の非溶接領域で独自の利点がありますが、汎用および高性能アプリケーションではさらなる改善が必要です。

10.2 純タングステン電極の将来の開発見通し

世界の製造業の変革とアップグレード、新エネルギー産業の台頭とますます厳しい環境保護規制により、純粋なタングステン電極の将来の開発は、技術革新、市場の需要と政策指導によって推進されます。以下は、技術進歩、市場拡大、グリーン開発の 3 つの側面から、その将来の動向を展望するものである。

技術の進歩

技術の進歩は、純粋なタングステン電極の性能と競争力を向上させるための鍵であり、将来の開発は次の方向に焦点を当てます。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD

Pure Tungsten electrode Introduction

1. Overview of Pure Tungsten Electrode

Pure tungsten electrodes are electrode materials made primarily from high-purity tungsten (content $\geq 99.95\%$) through powder metallurgy processes, including pressing, sintering, forging, and precision machining. They contain no rare earth or alloying elements, making them the most basic type of tungsten electrodes. They are widely used in welding and plasma applications that require high temperatures and high current density.

2. Main Applications of Pure Tungsten Electrode

TIG Welding (Tungsten Inert Gas Welding): Especially suitable for DC welding of reactive metals such as magnesium, aluminum, and titanium (using DCEN).

Plasma Cutting and Spraying: Used as electrode materials for high-temperature ion sources.

Electronic Devices: Serves as cathodes or supporting components in vacuum devices such as electron tubes and discharge tubes.

High-Temperature Furnace Electrodes: Used as heating electrodes in resistance furnaces operating in inert atmospheres or vacuum environments.

Scientific Research and Experimental Applications: Involved in high-temperature and high energy-density experiments.

3. Basic Data of Pure Tungsten Electrode

Item	Parameter
Chemical Composition (W)	$\geq 99.95\%$
Melting Point	3410°C
Density	19.3 g/cm^3
Electrical Conductivity (20°C)	$\sim 30\% \text{ IACS}$
Hardness (HV)	340 – 400 HV
Thermal Conductivity	$170 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Operating Current Range	DCEN, depends on diameter and base metal
Electrode Diameter Range	$\varnothing 0.5 \text{ mm} \sim \varnothing 6.4 \text{ mm}$ (customizable)
Electrode Length	Standard lengths: 150 mm and 175 mm (customizable)
Applicable Standard	ISO 6848 (Tungsten electrodes for welding)

4. Supply Form and Packaging of Pure Tungsten Electrode

Form: Polished rods, with customized ground tips

Standard Packaging: 10 pieces per plastic box, outer carton with shock-resistant protection

Customization: Dimensions, packaging, and tips can be customized

5. 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

高純度と粒子の最適化:イオン交換や溶媒抽出などの高度な精製技術により、タングステン粉末の純度は 99.99%に向上し、不純物(酸素や鉄など)がアーク安定性に与える影響が減少します。放電プラズマ焼結(SPS)などの急速焼結技術は、粒子を 10 μ m 未満に微細化し、電極の硬度と耐久性を向上させ、消費率を減らすことができます。ナノ結晶タングステン電極の研究開発は、アーク開始性能とアーク安定性をさらに向上させ、DC 溶接におけるその応用を拡大します。

スマート・マニュファクチャリング&オートメーション:インダストリアル・インターネット・オブ・シングス(IIoT)とセンサー技術は、生産ラインのインテリジェントな変革を推進します。たとえば、焼結炉の温度、伸線機の張力、電極表面の品質をリアルタイムで監視するインテリジェントシステムは、スクラップ率を減らし、生産性を向上させます。自動生産ライン(連続焼結炉、ロボット研磨装置など)の普及により、生産サイクルが 20%〜30%短縮され、人件費が削減されます。

新材料の開発:マイクロアロイ電極(ジルコニアや酸化イットリウムの添加など)とタングステン-マトリックス複合材料(タングステン-グラフェン複合電極など)は、研究開発のホットスポットとなるでしょう。これらの材料は、電子進化の仕事を減らし(4.0-4.2 eV)、純粋なタングステンのコスト優位性と非放射性特性を維持しながら、DC 溶接性能を向上させます。新しい電極の工業化は、コスト管理とプロセスの安定性の問題を解決する必要があるため、今後 5〜10 年で大規模なアプリケーションを達成することが期待されています。

技術の進歩により、純タングステン電極の性能が大幅に向上し、高精度・高負荷溶接での競争力を高めると同時に、半導体や原子力産業などの新興分野での応用が促進されます。

市場拡大

世界の純タングステン電極市場は、3%〜5%の複合年間成長率(CAGR)で成長すると予想され、市場規模は 2030 年までに 6〜7 億ドルに達すると予想されています。市場拡大の原動力には、以下のようなものがあります。

新興市場の成長:アジア太平洋地域(中国、インド、東南アジア)における製造業とインフラ建設の急速な成長が、純粋なタングステン電極の需要を牽引しています。例えば、インドの高速鉄道プロジェクトや東南アジアの港湾建設により、アルミニウム合金溶接の需要が増加すると考えられ、純粋なタングステン電極のコスト優位性により、これらの市場では優位に立っています。

著作権および法的責任に関する声明

新エネルギーおよびハイテク産業:太陽電池、風力発電装置、半導体製造における高純度タングステン材料の需要が高まっており、純粋なタングステン電極はスパッタリングターゲットや溶接材料として使用されています。例えば、太陽光発電業界での薄膜形成や新エネルギー車向けのバッテリー製造は、電極の需要を牽引するでしょう。

ハイエンドアプリケーションにおけるブレークスルー:生産プロセスの最適化により、純粋なタングステン電極は、航空宇宙および原子力産業における精密溶接においてより多くの機会を得るでしょう。例えば、国際熱核融合実験炉(ITER)などのプロジェクトにおける非放射性の高性能電極の需要は、純粋なタングステン電極の技術アップグレードと市場拡大を促進するでしょう。

しかし、市場の拡大には、ドーピング電極の競争と国際貿易の障壁に対処する必要があります。欧米の企業は、その技術的優位性でハイエンド市場を占めており、中国企業はブランド構築とカスタマイズされた電極などの差別化された製品を通じて競争力を強化する必要があります。さらに、一帯一路構想(BRI)は、中国企業に中東、アフリカ、ラテンアメリカの市場へのアクセスを提供し、輸出を拡大するために政策配当をつかむ必要があります。

グリーン開発

環境保護と持続可能な開発は、世界的な「カーボンニュートラル」目標と環境規制によって推進される、純粋なタングステン電極業界の長期的な傾向です。今後の方向性は以下の通りです。

グリーン生産プロセス:低エネルギー浄化技術(膜分離など)と廃棄物リサイクルシステムを採用して、廃水と排気ガスの排出を削減します。パイロットプロジェクトでは、廃棄物のリサイクル率が 80%に達し、資源の浪費を大幅に削減できることが示されています。焼結や熱処理に再生可能エネルギー(太陽光、風力など)を使用すると、炭素排出量を 30%削減できます。

無毒材料の促進:EU REACH 規制と中国版 RoHS 規格に沿って、従来の鉛含有塗料や有機溶剤に代わる水性のグリーン塗料と無毒の洗浄剤を促進します。これらの材料は、環境汚染と健康リスクを減らし、製品市場での受け入れを高めます。

サーキュラーエコノミーモデル:タングステン電極のリサイクルシステムを確立し、高温焙煎と電解還元を通じて使用済み電極をリサイクルし、一次タングステン鉱石への依存を減らします。サーキュラーエコノミーモデルは、企業のグリーンイメージを向上させながら、原材料のコストを 20%~30%削減できます。

グリーン開発は、規制要件を満たすだけでなく、企業の社会的責任と市場競争力も強化します。将来的には、グリーン認証(e.g. ISO 14001)は、純粋なタングステン電極が国際市場に参入するためのパスポートになります。

著作権および法的責任に関する声明

10.3 純タングステン電極の研究と応用提案

純粋なタングステン電極の包括的な評価と将来の開発動向に基づいて、技術研究開発、生産最適化、アプリケーション推進、政策支援の4つの側面から、次の研究とアプリケーションの提案が提唱されています。

技術研究開発

高性能電極の開発: ナノ結晶タングステン電極とマイクロアロイ電極への研究開発投資を増やし、微量酸化物(酸化イットリウムやジルコニアなど)を添加して電子の働きを減らし、DC溶接性能を向上させる。産学研究的協力により、新しい電極の実験室での検証と工業化を加速できます。

プロセス最適化研究: 急速な焼結技術とインテリジェントな生産設備を開発して、結晶粒構造を改良し、生産効率を向上させます。例えば、SPS焼結技術は、焼結時間を微細レベルに短縮し、エネルギー消費を削減するために推進されています。センサーと人工知能技術の応用により、生産パラメータのリアルタイム最適化が可能になります。

検出技術のアップグレード: 化学組成と微細構造のリアルタイム分析を実現し、品質管理効率を向上させるためのオンライン検出技術(レーザー誘起ブレイクダウン分光法、LIBSなど)を開発します。試験規格の統一データベースを構築し、試験結果の国際的な相互承認を促進する。

生産の最適化

自動化とインテリジェンス: 自動化された生産ラインとインテリジェントな監視システムを推進し、タングステン粉末のプレスから表面処理までの全プロセスをカバーします。たとえば、連続伸線機とロボット研磨装置は、生産効率を15%~20%向上させることができます。SCADAシステムなどのデータ分析プラットフォームは、プロセスパラメータを最適化し、スクラップ率を削減します。

グリーンマニュファクチャリングの実施: 生産廃水と排気ガスを処理するための環境に優しい機器(高効率フィルター、湿式スクラバーなど)に投資し、環境規制への準拠を確保します。再生可能エネルギーを推進して、二酸化炭素排出量を削減します。廃棄物のリサイクルシステムを確立し、資源利用率の向上を図ります。

サプライチェーン管理: 原材料価格を安定させるために、タングステン鉱石サプライヤーと長期契約を締結しました。タングステンスクラップのリサイクル技術を開発し、一次タングステン鉱石への依存を減らす。サプライチェーンのデジタル管理を強化し、在庫と物流をリアルタイムで監視し、対応速度を向上させます。

アプリのプロモーション

カスタマイズされた製品: 航空宇宙、自動車、新エネルギー産業のニーズに応じて、電子産業向けの小径電極(0.5~1.0 mm)や造船用の大径電極(4.0~6.4 mm)など、カスタマイズさ

著作権および法的責任に関する声明

れた純粋なタングステン電極を開発します。カスタマイズされた製品は、市場競争力を高めることができます。

国際市場の拡大:「一带一路」イニシアチブを利用して、中東、アフリカ、ラテンアメリカ市場に参入し、低コストで高性能な純タングステン電極を促進します。国際展示会(ドイツのエッセンで開催される溶接展示会など)に参加し、グリーン認証(ISO 14001 など)を申請して、ブランドの影響力を強化します。

技術トレーニングとサポート:DC 溶接における純タングステン電極の性能を向上させるために、溶接パラメータの最適化と電極使用トレーニングをユーザーに提供します。たとえば、アーク開始性能とアーク安定性を向上させるために、高周波アーク打撃と矩形波 AC 電流の設定が推奨されます。

ポリシーのサポート

環境政策ガイダンス:政府は、企業がグリーン生産技術と再生可能エネルギーを採用することを奨励するための補助金政策を導入することができます。タングステンの採掘と排出に関するより厳しい基準を確立し、業界のグリーン製造への移行を促進します。

技術研究開発資金:ナノ結晶電極や複合電極などの新しいタングステン電極の研究開発と工業化を支援するための特別基金を設立します。産学共同研究を推進し、技術変革を加速する。

国際協力と規格の策定:ISO および AWS 規格の改訂に参加して、タングステン電極規格の策定における中国の声を強化します。試験結果の国際的な相互承認を促進し、貿易障壁を下げ、輸出の成長を促進します。



CTIA GROUP LTD の純タングステン電極

著作権および法的責任に関する声明

虫垂

A. 用語集

WP 電極: ≥含有量が 99.5%のタングステン電極で、通常は AC 溶接に使用され、緑色のカラーコードが付いています。

TIG 溶接: 不活性ガスの保護下でタングステン電極を溶接するプロセス。

仕事関数: 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量。

アーク安定性: 溶接プロセス中にアークが連続的かつ均一に保たれる能力。

粉末冶金: 金属粉末をプレスして焼結することにより材料を準備する技術。

希土類酸化物: 酸化セリウム、酸化ランタンなど、タングステン電極の性能を向上させるために使用される添加剤。

焼結: 粉末粒子を融点以下の温度に加熱して、それらを緻密な材料に結合するプロセス。

アーク開始性能: 溶接開始時に電極がどれだけ簡単にアークを開始できるか。

溶け込み深さ: 溶接中のワークピース材料へのアークの熔融深さ。

熱電子放出法: 物質が高温で電子を放出する現象。

グレイングロース: 高温で粒径が大きくなる現象で、材料特性の低下につながる可能性があります。

AWS A5.12: American Welding Society によって開発されたタングステン電極規格。

ISO 6848: 国際標準化機構によって開発されたタングステン電極の規格。

緑の先端: 純粋なタングステンの電極の国際的な色の印。

DC 溶接: DC 電源を使用する溶接プロセス。

AC 溶接: AC 電源を使用する溶接プロセス。

Electrode Consumption Rate(電極消費率): 溶接プロセス中に電極が失われる割合。

熱膨張係数: 温度による材料の寸法変化率。

電気伝導率: 材料が電流を通す能力。

耐クリープ性: 高温でのゆっくりとした変形に耐える材料の能力。

B. 参考文献

- [1] 純タングステン電極の性能と応用に関するレビュー。中国タングステン産業、2025-01-20。
- [2] タングステン電極市場の発展動向の分析。Chinatungsten Online Technology Co., Ltd., 2024。
- [3] 高性能タングステン電極の研究開発の進展金属材料とエンジニアリング, 2024-11-15。
- [4] タングステン産業におけるグリーン製造技術。国際タングステン協会、2024 年。
- [5] TIG 溶接材料とプロセスに関する研究溶接技術, 2025-02-10。
- [6] 世界のタングステン電極市場分析レポート。中国タングステン産業, 2024-11-30。
- [7] 高効率タングステン電極製造技術の進歩金属材料とエンジニアリング, 2024-10-10。
- [8] タングステン資源市場と価格動向。中国鉱業ニュース, 2024-09-20。
- [9] 純粋なタングステン電極の長所と短所。中国タングステン産業, 2024-12-25。
- [10] タングステン電極材料の改良に関する研究の進展金属材料とエンジニアリング, 2024-11-10。
- [11] 溶接におけるタングステンマトリックス複合材料の適用。材料科学と工学, 2023-12-20。

著作権および法的責任に関する声明

- [12] 高純度タングステン材料の分析方法。金属材料とエンジニアリング, 2024-10-15.
- [13] ISO 6848:2015 です。アーク溶接と切断 - 非消耗性タングステン電極 - 分類。国際標準化機構、2015 年。
- [14] AWS A5.12/A5.12M:2009 年。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。アメリカ溶接協会、2009 年。
- [15] ISO 6848:2015 です。アーク溶接と切断 - 非消耗性タングステン電極 - 分類。国際標準化機構、2015 年。
- [16] EN 26848:1991。溶接消耗品 - 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。欧州標準化委員会、1991 年。
- [17] GB / T 4190-2017。非溶融電極アルゴンアーク溶接用のタングステンおよびタングステン合金電極。中華人民共和國標準化管理局、2017 年。
- [18] JIS Z 3233:2017.不活性ガスシールドアーク溶接用のタングステン電極。日本工業標準調査会, 2017.