

タングステンロッドの百科事典

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

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

著作権および法的責任に関する声明

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

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 Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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 タングステンロッドの定義と概要
- 1.2 産業におけるタングステンロッドの重要性
- 1.3 歴史的背景と発展

第2章 タングステンロッドの種類

- 2.1 タングステンロッドは組成によって分類されます
 - 2.1.1 純粋なタングステンロッド
 - 2.1.2 高純度タングステンロッド($\geq 99.95\%$)
 - 2.1.3 ドープタングステンロッド(希土類ドーピング、酸化物ドーピング)
- 2.2 タングステンロッドは製造工程によって分類されます
 - 2.2.1 焼結タングステンロッド
 - 2.2.2 鍛造タングステンロッド
 - 2.2.3 圧延タングステンロッド
 - 2.2.4 タングステンロッドを引く
 - 2.2.5 タングステンロッドを押し出す
- 2.3 タングステンロッドは、その用途によって分類されます
 - 2.3.1 工業用タングステンロッド
 - 2.3.2 電子機器用タングステンロッド
 - 2.3.3 軍用タングステンロッド
 - 2.3.4 その他の特殊用途タングステンロッド
- 2.4 タングステンロッドは仕様によって分類されます
 - 2.4.1 小径タングステンロッド($< 5\text{mm}$)
 - 2.4.2 中径タングステンロッド($5 \sim 20\text{mm}$)
 - 2.4.3 大口径タングステンロッド($> 20\text{mm}$)
- 2.5 タングステンロッドは、表面状態によって分類されます
 - 2.5.1 ブラックレザースティック
 - 2.5.2 カートライトスティック
 - 2.5.3 研磨ロッド
- 2.6 特殊タングステンロッド
 - 2.6.1 カリウムタングステンロッド
 - 2.6.2 トリウムドーパントタングステンロッド
 - 2.6.3 セリウムドーパントタングステンロッド
 - 2.6.4 ランタンドープタングステンロッド
 - 2.6.5 ジルコニウムドーパントタングステンロッド
 - 2.6.6 イットリウムドーパントタングステンロッド
 - 2.6.7 複合希土類タングステンロッド
- 2.7 国際モデルとグレードの比較
 - 2.7.1 純粋なタングステンロッドグレード
 - 2.7.2 ドープタングステンロッドグレード

著作権および法的責任に関する声明

2.7.4 国内および海外グレード(GB / T、ASTM、ISO)

第3章 タングステンロッドの特性

3.1 タングステンロッドの物性

3.1.1 タングステンロッドの高融点

3.1.2 高密度のタングステンロッド

3.1.3 タングステンロッドの低熱膨張係数

3.1.4 タングステンロッドの熱伝導率と電気伝導率

3.1.5 タングステンロッドの低蒸気圧

3.2 タングステンロッドの化学的性質

3.2.1 タングステンロッドの耐食性

3.2.2 タングステンロッドの化学的安定性

3.2.3 タングステンロッドと他の元素との反応性

3.3 タングステンロッドの機械的性質

3.3.1 タングステンロッドの高強度と硬度

3.3.2 タングステンロッドの耐クリープ性

3.3.3 タングステンロッドの靱性と被削性

3.4 タングステンロッドの異なるタイプの特性の比較

3.4.1 純粋なタングステンロッドと高純度のタングステンロッド

3.4.2 ドープタングステンロッドの特殊特性

3.5 CTIA GROUP LTD の タングステンロッド MSDS

第4章 タングステンロッドの製造と製造技術

4.1 タングステンロッドの原料の調製

4.1.1 タングステン鉱石の採掘と精製

4.1.2 タングステン粉末の調製

4.1.3 合金元素とドーパントの添加

4.2 タングステンロッドの粉末冶金技術

4.2.1 粉末の混合とプレス

4.2.2 高温焼結

4.2.3 焼結タングステンロッドの性能最適化

4.3 タングステンロッド変形加工技術

4.3.1 熱間鍛造(ハンマー鍛造、ロータリー鍛造)

4.3.2 熱間押出

4.3.3 ローリング

4.3.4 引っ張り

4.4 大規模タングステンロッドの調製

4.4.1 技術的な困難と課題

4.4.2 高密度タングステンロッドの調製方法

4.4.3 プロセスの最適化とイノベーション

4.5 タングステンロッドの後処理技術

4.5.1 熱処理

4.5.2 表面処理(研磨、洗浄)

著作権および法的責任に関する声明

- 4.5.3 精密加工と切削
- 4.6 タングステンロッドの異なるタイプのプロセス特性
 - 4.6.1 純タングステンロッドプロセス
 - 4.6.2 高純度タングステンロッドプロセス
 - 4.6.3 ドープタングステンロッドプロセス

第5章 タングステンロッドの使用

- 5.1 タングステンロッドの工業用途
 - 5.1.1 石英炉用タングステンコアロッド
 - 5.1.2 単結晶シリコンウェーハの調製
 - 5.1.3 希土類元素の精製
 - 5.1.4 サファイアクリスタル炉用タングステンるつぼ
- 5.2 タングステンロッドは軍事および国防に使用されています
 - 5.2.1 徹甲弾
 - 5.2.2 高爆発性タングステンロッド
- 5.3 タングステンロッドは電子機器や照明に使用されています
 - 5.3.1 タングステンフィラメント(フィラメント、サポートワイヤー)
 - 5.3.2 電極(タングステン電極、希土類タングステン電極)
 - 5.3.3 スパッタリングターゲット
- 5.4 タングステンロッドは自動車や航空宇宙で使用されています
 - 5.4.1 自動車自動化コンポーネント
 - 5.4.2 航空宇宙用高温部品
- 5.5 タングステンロッドは、医学および科学研究で使用されています
 - 5.5.1 医療機器(放射線遮蔽)
 - 5.5.2 実験装置(高温実験)
- 5.6 タングステンロッドは他の分野で使用されています
 - 5.6.1 スポーツ用品(タングステンカーバイドダーツ)
 - 5.6.2 ジュエリー(タングステンカーバイドジュエリー)
 - 5.6.3 特別なツールと金型

第6章 タングステンロッド製造設備

- 6.1 タングステンロッド用の粉末冶金装置
 - 6.1.1 ミキサー
 - 6.1.2 プレス
 - 6.1.3 高温焼結炉
- 6.2 タングステンロッド変形処理装置
 - 6.2.1 エアハンマーと電気油圧ハンマー
 - 6.2.2 ロータリースウェーピングマシン
 - 6.2.3 ホットエクストルーダー
 - 6.2.4 圧延機と製図機
- 6.3 タングステンロッドの後処理装置
 - 6.3.1 熱処理炉
 - 6.3.2 研磨および洗浄装置

著作権および法的責任に関する声明

- 6.3.3 精密加工設備(旋盤、研削盤)
- 6.4 タングステンロッドの高度な生産設備
 - 6.4.1 プラズマ焼結装置
 - 6.4.2 真空溶解炉
 - 6.4.3 自動制御および監視システム
- 6.5 タングステンロッドの機器の選択とメンテナンス
 - 6.5.1 ささまざまな種類のタングステンロッドの機器要件
 - 6.5.2 機器のメンテナンスとライフマネジメント

第7章 タングステンロッドの国内外の規格

- 7.1 タングステンロッドの国際規格
 - 7.1.1 ISO 規格(ISO 24370:タングステンおよびタングステン合金)
 - 7.1.2 ASTM 規格(ASTM B777:高密度タングステン合金)
 - 7.1.3 RWMA クラス 13
 - 7.1.4 その他の国際規格
- 7.2 タングステンロッドの中国規格
 - 7.2.1 GB / T 4187-2017(タングステンバーの国家規格)
 - 7.2.2 GB / T 3459-2017(タングステンおよびタングステン合金製品)
 - 7.2.3 業界標準(YS / T 695-2009:タングステン電極)
- 7.3 タングステンロッドの標準比較と適用性
 - 7.3.1 国内規格と外国規格の違い
 - 7.3.2 タングステンロッドの異なるタイプの標準要件
 - 7.3.3 生産およびテストのための標準の指針となる重要性

第8章 タングステンロッドの検出

- 8.1 タングステンロッド試験の物理的性質
 - 8.1.1 タングステンロッドの密度試験
 - 8.1.2 タングステンロッド(ピッカース、ブリネル)の硬さ試験
 - 8.1.3 タングステンロッドの引張強度と靱性試験
 - 8.1.4 タングステンロッドの熱膨張と熱伝導率試験
- 8.2 タングステンロッドの化学組成分析
 - 8.2.1 分光分析(ICP-MS、XRF)
 - 8.2.2 微量元素および不純物の検出
- 8.3 タングステンロッドの組織解析
 - 8.3.1 顕微鏡観察(SEM、TEM)
 - 8.3.2 粒径と微細構造の均一性
- 8.4 タングステンロッドの非破壊検査
 - 8.4.1 超音波検査
 - 8.4.2 X線検査
 - 8.4.3 磁性粒子試験
- 8.5 タングステンロッドの性能検証
 - 8.5.1 高温性能試験
 - 8.5.2 耐食性試験

著作権および法的責任に関する声明

- 8.5.3 導電率とクリープ試験
- 8.6 さまざまな種類のタングステンロッドの検出の要点
 - 8.6.1 純タングステンロッドの検出
 - 8.6.2 高純度タングステンロッド検出
 - 8.6.3 ドープタングステンロッドの検出

第9章 タングステンロッド業界の現状と開発動向

- 9.1 中国のタングステンロッド市場の概要
 - 9.1.1 市場の需要と供給の分析
- 9.2 国際タングステンロッド市場の概要
 - 9.2.1 主要な輸出国と地域
 - 9.2.2 輸入依存性とサプライチェーンの状況
- 9.3 タングステンロッドの技術開発動向
 - 9.3.1 新素材・新合金化技術
 - 9.3.2 グリーン製造と省エネルギー技術
 - 9.3.3 インテリジェントで自動化された生産
- 9.4 タングステンロッドの課題と機会
 - 9.4.1 技術的なボトルネックとブレークスルー
 - 9.4.2 市場競争とグローバル化
 - 9.4.3 環境保護と持続可能な開発のための要件

第10章 結論

- 10.1 タングステンロッドのコアバリューとアプリケーションの見通し
- 10.2 タングステンロッドの将来の開発方向
- 10.3 産業開発のための推奨事項

虫垂

- A. 用語集
- B. 参考文献

第1章 はじめに

1.1 タングステンロッドの定義と概要

タングステンロッド は、タングステン(化学元素記号 W、原子番号 74)またはその合金を主成分として、粉末冶金、鍛造、描画または押出プロセスを通じて作られた棒状の金属材料です。タングステンロッドは、非常に高い融点(3410°C)、高密度(19.25g/cm³)、優れた耐食性、優れた機械的強度など、優れた物理的、化学的、機械的特性で知られています。これらの特性により、タングステンロッドは、航空宇宙、電子機器、軍事、医療、高温製造など、多くの要求の厳しい産業分野で不可欠です。

タングステンロッドの基本組成

タングステンロッドは、その組成に応じて、純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーパントングステンロッドの3つのカテゴリに分類できます。

純粋なタングステン棒: 主成分として高純度のタングステン(純度 $\geq 99.9\%$)を使用して、それは真空管の陰極、X線管のターゲットおよび電子工業の高温炉の炉の棒のような高温、高力および腐食抵抗のある環境のために、適しています。

高純度タングステンロッド($\geq 99.95\%$): 純度 99.95%以上、不純物含有量が非常に少ない(<50ppm)タングstenは、イオン注入デバイス部品やスパッタリングターゲットなど、高い清浄度と精度が求められる半導体、医療、ハイエンド電子機器向けに設計されています。

ドーパントングステンロッド(希土類ドーピング、酸化物ドーピング): 希土類元素(セリウム、ランタン、イットリウムなど)または酸化物(酸化トリウム、ジルコニアなど)をタングstenマトリックスに添加して、アーク安定性、耐クリープ性、加工性能を向上させ、溶接電極(アルゴンアーク溶接電極など)および高温炉要素に広く使用されています。

タングステンロッドの形状と仕様

タングステンロッドにはさまざまな形態があり、直径はミクロン(フィラメント用の延伸タングステンロッドなど)から数十ミリメートル(大規模な工業用タングステンロッドなど)までさまざまです。その長さは、多くの場合、数センチメートルから数メートルの範囲で、アプリケーションのニーズに合わせてカスタマイズされます。また、黒色ロッド(酸化皮膜が未仕上げ)、研磨ロッド(加工後表面が平滑)、研磨ロッド(精密加工に適した表面仕上げが極めて高い)など、加工工程によっても表面状態は異なります。

タングステンロッドの調製プロセス

タングステンロッドは通常、粉末冶金技術を使用して調製され、基本的なプロセスには次のものが含まれます。

タングsten粉末の調製: 高純度のタングsten粉末は、タングsten鉱石(鉄マンガ重石やシェーライトなど)から精製されます。

粉末プレスと焼結: タングsten粉末をブランクにプレスし、高温(2000-3000°C)で焼結して、緻密な焼結タングstenロッドを形成します。

変形加工: 熱間鍛造、回転スウェーjing、圧延、または絞りによるさらなる加工により、材料の密度と機械的特性を改善します。

著作権および法的責任に関する声明

後処理:特定のアプリケーションのニーズを満たすための熱処理、表面研磨、またはクリーニングが含まれます。

タングステンロッドのユニークな特性

タングステンロッドは、特性のユニークな組み合わせのために好まれます。

高融点:タングstenはあらゆる金属の中で最も融点が高く、石英炉やサファイアクリスタル炉などの非常に高温の環境に適しています。

高密度:金密度に近いので、航空宇宙用天びんなど、高品質のカウンターウェイトが必要な分野で有利になります。

耐食性:タングstenは、室温でほとんどの酸や塩基に対して優れた耐食性を持ち、高温で強い酸化性環境(硝酸など)でのみゆっくりと反応します。

機械的強度:タングstenロッドは、高温でも高い強度と耐クリープ性を維持し、長期間のストレスを受ける部品に適しています。

電気伝導率と熱伝導率:銅などの金属よりも導電性は劣りますが、高温での安定性により、電極やフィラメントに優れています。

タングステンロッドの分類と命名法

タングstenロッドは、多くの場合、その組成、用途、または国際規格に基づいて名前が付けられています。例えば:

国際規格:ASTM B760(純タングstenロッド)など。

ドーブタングstenロッドグレード:WT20(2%トリウムドーブタングstenロッド)、WL15(1.5%ランタンドーブタングstenロッド)など、AWS A5.12 規格に準拠しています。GB/T 4187-2017などの国内規格は、タングstenロッドの化学組成、寸法公差、および性能要件を指定しています。これらの命名法システムは、グローバルな取引と適用を促進し、材料仕様の均一性とトレーサビリティを確保します。

世界のタングstenロッド市場の概要

高性能材料として、タングstenロッドは、世界の産業システムで広く使用されています。中国は世界最大のタングsten資源およびタングsten製品生産国であり、主に米国、ヨーロッパ、日本に輸出されている世界のタングsten生産の80%以上を占めています。タングstenロッドの生産は、専門企業の少数の中に集中しており、市場の需要は、主に半導体製造、新エネルギー、航空宇宙、防衛産業によって推進されています。

タングstenロッドは環境に優しく、持続可能です

タングstenロッドの製造には、タングsten鉱石の採掘と高温処理が含まれますが、これはエネルギー集約的であり、排気ガスや残留物を生成する可能性があります。近年、環境負荷を低減するために、グリーン製造技術(低エネルギー焼結、廃棄物リサイクルなど)が採用されています。さらに、タングstenロッドの高い耐久性とリサイクル性により、タングstenロッドはライフサイクル全体を通じて持続可能になります。

著作権および法的責任に関する声明

1.2 産業におけるタングステンロッドの重要性

タングステンロッドは、その優れた性能により、世界の産業で重要な役割を果たしており、半導体製造、航空宇宙、防衛、エネルギー、医療、照明産業などのハイテクで要求の厳しい分野で広く使用されています。その重要性は、極限環境の材料ニーズを満たす独自の特性に反映されており、技術の進歩と産業効率を促進します。産業におけるタングステンロッドの重要性は、複数の視点から詳細に議論されています。

高温環境でのコアアプリケーション

タングステンロッドの高融点(3410°C)は、高温環境でかけがえのない材料になります。石英連続溶解炉では、タングステンロッドは、光ファイバーおよび半導体産業で広く使用されている高純度石英ガラスの製造のために、2000°C 以上の極端な温度に耐えるコアロッドとして使用されます。同様に、サファイアクリスタル炉では、タングステンロッドをろつばまたは支持体に加工して、LED 基板や光学窓に使用される人工サファイアクリスタルを製造します。タングステンロッドの耐クリープ性は、ニッケルやモリブデンなどの他の金属材料とは比較にならない長期の高温応力下でも構造安定性を確保します。

半導体・エレクトロニクス産業のバックボーン

半導体製造には極めて高い材料純度と性能が求められますが、その中で重要な役割を担っているのがタングステンロッドです。例えば、単結晶シリコンの製造では、タングステンロッドは、結晶成長の安定性と均一性を確保するために、高温炉の発熱体または支持構造として使用されます。また、ドーパントタングステンロッド(セリウムドーパントまたはランタンドーパントタングステンロッドなど)は、半導体装置の精密溶接用のアルゴンアーク溶接電極として広く使用されており、その優れたアーク安定性と耐摩耗性により、溶接品質と効率が向上します。タングステンロッドは、集積回路やディスプレイ用の薄膜層を製造するための物理蒸着(PVD)プロセスで使用するためのスパッタリングターゲットにも加工されます。

防衛および軍事の分野における戦略資料

タングステンロッドの高密度と硬度は、軍事産業のための戦略的な材料になります。タングステン合金ロッド(例えば、タングステンニッケル-鉄合金、最大 18.5g/cm³の密度)は、対戦車および装甲目標を攻撃するための徹甲弾に加工され、高い運動エネルギーと従来の鋼をはるかに超える貫通力を備えています。また、タングステンロッドは高密度のキネティック弾頭として「キネティックウェポン」という概念で構想され、まだ実際に配備されてはいませんが、そのポテンシャルは将来の軍事技術におけるタングステンロッドの重要性を示しています。タングステンロッドの高温性と耐食性は、ミサイルノズルや装甲部品にも適しています。

航空宇宙産業向けの信頼性の高い選択肢

タングステンロッドは、重量、強度、高温耐性の点で材料が非常に厳しい航空宇宙産業で広く使用されています。タングステン合金ロッドは、高密度であるため、航空機や衛星のカウンターウェイトとして使用され、正確な重量配分と飛行安定性を確保します。たとえば、ヘリコプターのローターや宇宙船の姿勢制御システムでは、タングステンロッドのカ

著作権および法的責任に関する声明

ウンターウェイトにより、必要な体積が大幅に削減されます。さらに、タングステンロッドは、ロケットエンジンのノズルライニングや再突入機の熱保護部品などの高温部品に機械加工され、そのアンチアブレーション特性により部品の寿命が延びます。

照明およびエネルギー業界の重要なコンポーネント

照明業界では、タングステンロッドは従来の白熱灯やハロゲンランプのコア材料です。タングステンロッドは、フィラメント(直径数ミクロンの小さなものもあり得る)に引き込まれ、融点が高く蒸気圧が低いため、高温で長時間発光するフィラメントとして使用されます。LED 技術は徐々に従来の照明に取って代わりつつありますが、タングステンフィラメントは依然として写真照明や舞台照明などの特殊照明に不可欠です。新エネルギーの分野では、安全性と実験精度を確保するために、原子炉の制御棒や高温実験装置にタングステンロッドが使用されています。

医療および科学分野への独自の貢献

タングステンロッドの高密度と放射線遮蔽能力は、医療分野でそれらを輝かせます。タングステン合金ロッドは、X線やガンマ線を正確に照射して患者や医療スタッフを不要な放射線から保護するために使用される放射線治療装置のコリメータやシールドに加工されます。科学研究の分野では、タングステンロッドは高温実験炉の発熱体または電極として使用され、材料科学、物理学、化学の最先端研究を支えています。例えば、高温超伝導実験では、タングステンロッドの安定性が実験環境の信頼性を確保します。

産業の効率とイノベーションを推進

タングステンロッドの多様な用途は、既存の産業ニーズを満たすだけでなく、技術革新を促進します。たとえば、自動車業界では、タングステンロッドを使用して、自動生産ライン用の耐摩耗性工具や金型を製造し、生産効率と製品の一貫性を向上させています。スポーツ用品(ゴルフクラブ、ダーツなど)や宝飾品業界では、タングステン合金ロッドは、その高密度性と耐摩耗性により、高性能製品に対する消費者の要求を満たすために精密部品に機械加工されています。これらの新しいアプリケーションは、伝統的な産業と現代の産業の両方でタングステンロッドの幅広い適応性を示しています。

経済とサプライチェーンの重要性

レアメタル製品として、タングステンロッドは世界経済において重要な位置を占めています。中国は世界最大のタングステン生産国であり、タングステン資源および製品市場の約80%を支配しており、タングステンロッドの輸出は国際的なサプライチェーンにとって重要です。タングステンロッドの高い付加価値とかけがえのないものは、それを多くの国の産業システムのための戦略的な予備材料にします。たとえば、米国と欧州連合は、タングステンを重要鉱物に分類し、防衛とハイエンド製造をサポートするためのサプライチェーンのセキュリティを確保しています。

課題と継続的な重要性

タングステンロッドは産業に不可欠ですが、その生産は高エネルギー消費、環境汚染、資源不足などの課題に直面しています。グリーン製造技術とタングステン廃棄物リサイクル技術の開発は、業界の焦点となっています。しかし、これらの課題はタングステンロッド

著作権および法的責任に関する声明

の重要性を減少させているのではなく、それが将来の業界で中心的な役割を果たし続けることを可能にする技術の進歩につながっています。

1.3 歴史的背景と発展

現代産業の重要な材料として、タングステンロッドの開発プロセスは、タングステンの発見、精製技術、および工業的応用に密接に関連しています。18 世紀後半のタングステンの発見から 21 世紀のタングステンロッドの広範な使用まで、タングステンロッドの歴史は、材料科学、冶金技術、および産業ニーズの進化を反映しています。以下は、タングステンロッドの歴史的背景とその技術と応用の発展の軌跡の詳細なトレースです。

タングステンの発見と初期の研究

タングステンの発見は、スウェーデンの化学者カール・ヴィルヘルム・シェーレが鉄マンガング重石を分析してタングステン酸の存在を発見した 1781 年にさかのぼります。1783 年、スペインの兄弟フアン・ホセとファウスト・エルフアルは、最初にタングステン酸からタングステンを分離し、その高密度にちなんで「タングステン」(スウェーデン語で「重い石」)と名付けました。初期のタングステン研究は、実験室規模に限定され、主に化学的性質に焦点を当てており、タングステンの工業的応用は、その高融点と加工が困難であるため、まだ行われていません。

19 世紀半ばには、冶金技術の進歩に伴い、タングステンの潜在的な工業的価値が徐々に浮き上がりました。1850 年代には、鋼の硬度と耐摩耗性を高めるために、合金鋼の製造にタングステンが試みられ始めました。しかし、純粋なタングステンの精製および成形技術はまだ未熟であり、その幅広い用途は限られています。

タングステンロッドの初期工業化

タングステンロッドの工業化は 20 世紀初頭に始まり、照明業界のニーズと密接に関連しています。1904 年、ハンガリーのエンジニア、サンダー・ユストとフランツ・ハナマンは、非効率なカーボンフィラメントランプに代わるタングステン白熱灯を開発しました。タングステンは融点が高く、蒸気圧が低いいため、理想的なフィラメント材料ですが、初期のタングステンフィラメントは脆化しやすく、ロッドやフィラメントへの加工が困難です。

1909 年、ゼネラル・エレクトリックのウィリアム・D・クーリッジは、粉末冶金と高温鍛造技術により、タングステンロッドとタングステンワイヤーをより靱性に優れたタングステンを製造するための延性タングステンの調製プロセスを発明しました。このブレークスルーにより、タングステンロッドの大量生産が可能になり、白熱灯のコストが大幅に削減され、照明業界に革命がもたらされました。Kulich のプロセスは、粉末プレス、焼結、テクスチャリング加工のコアステップを含む、現代のタングステンロッド生産の基礎を形成しています。

著作権および法的責任に関する声明

20 世紀にタングステンロッドの用途が拡大

20 世紀前半には、タングステンロッドの用途は照明からいくつかの産業分野に拡大しました。

エレクトロニクス:1920 年代には、タングステンロッドは真空管や X 線管のカソードや電極に使用され、融点や電気伝導性が高いため、高温の電子機器で優れた性能を発揮しました。

軍事産業:第一次世界大戦中、タングステンは、戦車の装甲と砲弾の性能を向上させるために高強度の合金鋼の製造に使用されました。第二次世界大戦中、タングステン合金ロッドは徹甲弾に機械加工され始め、対戦車兵器の有効性が大幅に向上しました。

溶接技術:1940 年代にアルゴンアーク溶接(TIG 溶接)電極としてタングステンロッドが開発され、その優れたアーク安定性からトリウムドーパタングステンロッド(酸化トリウムを 2%含む)が溶接業界の標準材料になりました。

この期間中、タングステンロッドの製造技術は向上し続けました。粉末冶金プロセスの最適化は、タングステンロッドの密度と機械的特性を改善し、ロータリー鍛造や絞りなどの変形加工技術の導入は、タングステンロッドの寸法精度と表面品質を大幅に向上させます。

冷戦とタングステンロッドの戦略的な位置

冷戦時代、タングステンロッドは、防衛および航空宇宙分野での用途の戦略的な材料となりました。1950 年代から 1970 年代にかけて、タングステン合金ロッドはジェットエンジンのタービンブレード、ミサイル部品、宇宙船のカウンターウェイトに広く使用されていました。米国とソビエト連邦は、タングステンを重要な資源としてリストアップし、サプライチェーンのセキュリティを確保するための備蓄を構築しました。中国のタングステン産業もこの期間中に急速に発展し、豊富なタングステン鉱石資源に依存し、世界の主要なタングステンロッドサプライヤーになりました。

1960 年代には、ドーパタングステンロッドの研究開発にブレークスルーが見られました。カリウムドーパタングステンロッド(WK)は、微量のカリウムを添加することにより高温での耐クリープ性を向上させ、高温炉要素に適しています。希土類タングステンロッド(例えば、セリウムドーパ、ランタンドーパ)は、電極の耐久性とアーク安定性を向上させ、わずかに放射性であるトリウムドーパタングステンロッドを徐々に置き換えます。

現代のタングステンロッド技術とグローバル化

21 世紀には、タングステンロッドの応用と生産技術は新たな段階に入っています。

半導体と新エネルギー:単結晶シリコン、サファイア結晶、薄膜太陽電池の製造におけるタングステンロッドの使用が急増しています。例えば、タングステンロッドは、高温炉のコアロッドやスパッタリングターゲットとして使用され、半導体および太陽光発電産業の急速な発展を支えています。

グリーン製造:環境保護要件の改善に伴い、タングステンロッドの生産は、低エネルギー焼結技術と廃棄物リサイクルプロセスを採用し始めました。例えば、廃タングステンロッド

著作権および法的責任に関する声明

ドを化学的に精製してタングステン粉末に作り直すことができ、資源消費を削減します。
新しい合金とドーピング:タングステン-ニッケル-銅合金ロッドは、非磁性で高密度であるため、医療機器に使用されており、ランタンドープタングステンロッド(WL20)は、その環境への配慮から溶接電極の主流の選択肢となっています。

世界のタングステンロッド市場は中国を中心としており、世界生産の 80%以上を占めています。一部の国際企業は、高精度で特殊なタングステンロッドの生産に焦点を当て、ハイエンドのタングステンロッド市場で存在感を示しています。国際規格(ASTM B777、ISO 24370 など)および国内規格(GB/T 4187-2017 など)の策定により、タングステンロッドの標準化された取引が容易になりました。

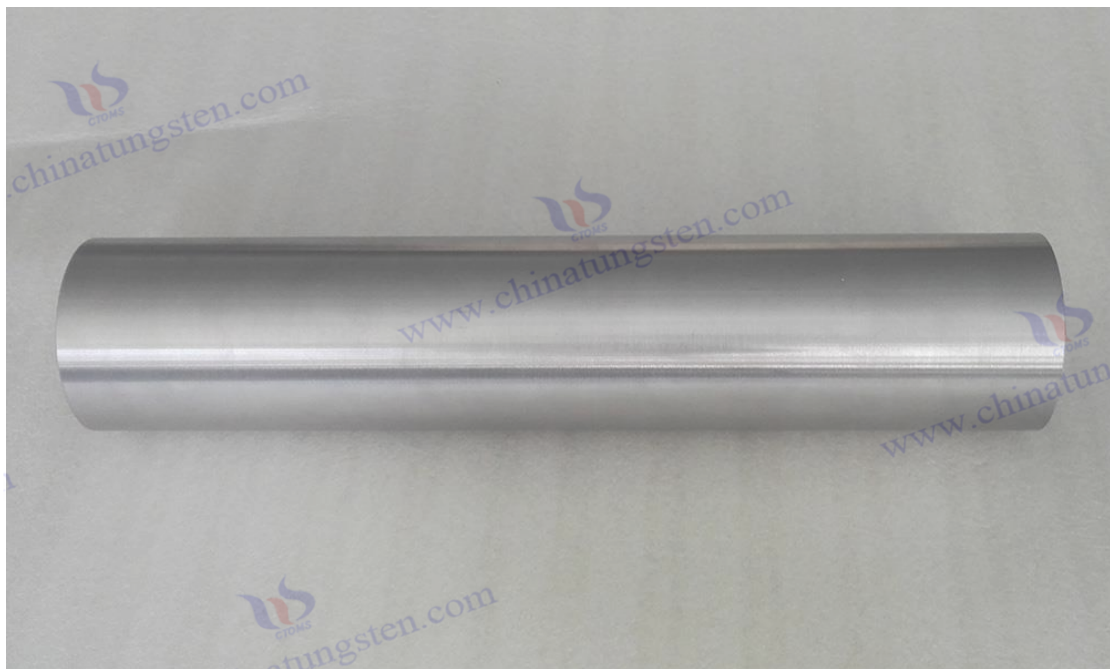
タングステンロッド開発の課題と将来

タングステンロッドの開発は、資源不足、環境圧力、高コストなどの課題に直面しています。タングステン採掘による環境破壊により、各国は規制を強化するようになり、タングステンの高融点と高硬度は、処理の困難さとエネルギー消費を増大させています。将来的には、タングステンロッド産業の発展の方向性は次のとおりです。

プラズマ焼結や積層造形(3D プリンティング)などの新しいプロセスにより、複雑な形状のタングステンロッド部品を製造できます。

新素材:トリウムドープタングステンロッドを完全に置き換える低毒性ドープタングステンロッドを開発します。

循環型経済:タングステンの回収率を高め、原石への依存を減らします。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

第2章 タングステンロッドの種類

高性能金属材料として、タングステンロッドは、その優れた物理的、化学的、機械的特性により、工業、電子、軍事、医療、科学研究分野で広く使用されています。それらには多くの種類があり、組成、製造プロセス、用途、仕様、表面状態、特殊タイプ、および国際規格に従って分類できます。この章は、各タングステンロッドの定義、特性、生産プロセス、アプリケーションシナリオ、業界の課題、および開発動向についての詳細な議論を提供する体系的かつ包括的な分類フレームワークを提供することを目的としています。

2.1 タングステンロッドは組成によって分類されます

タングステンロッドの組成は、その性能と用途を決定する重要な要素です。主要成分と添加元素の違いに応じて、タングステンロッドは、純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーパントタングステンロッドの3つのカテゴリに分類できます。それぞれを詳しく見ていきましょう。

2.1.1 純粋なタングステンロッド

定義と概要

純粋なタングステンロッドは、粉末冶金および変形加工技術により、タングステン(純度通常 $\geq 99.9\%$)を主成分とする棒状の材料です。タングステン(化学記号 W、原子番号 74)は、非常に高い融点(3410°C)、高密度(19.25 g/cm^3)、優れた耐食性で知られており、純粋なタングステンロッドは高温、高強度、耐食性の環境に最適です。純粋なタングステンロッドには通常、微量の不純物(鉄、ニッケル、炭素など)が含まれていますが、化学的安定性と高温性能を確保するために ppm レベルで厳密に制御されています。

特性

物理的性質:タングステンの融点は、炭素の昇華点(約 3550°C)に次いで、すべての金属の中で最も高いです。純粋なタングステンロッドは、金に匹敵する 19.25 g/cm^3 の理論値に近い密度を持っているため、高品質のカウンターウェイトアプリケーションに適しています。熱膨張係数が非常に低い($4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)ため、高温での寸法安定性が保証されます。熱

伝導率は約 $173\text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、電気伝導率は 18% の IACS(International Annealed Copper Standard)で、高温導電用途に適しています。

化学的特性:純粋なタングステンロッドは、室温で酸、アルカリ、およびほとんどの酸化剤に対して優れた耐食性を持っています。例えば、塩酸、硫酸、フッ化水素酸は室温ではほとんど効果がなく、高温では濃硝酸または溶融アルカリ中でゆっくりと反応するだけです。蒸気圧が低い(3000°C で $<10^{-4}\text{ Pa}$)ため、真空、高温環境に最適です。

機械的特性:高硬度(ピッカース硬度 $350 \sim 450\text{ HV}$)、引張強度 $700 \sim 1000\text{ MPa}$ ですが、靱性が低く、加工中に微小亀裂が発生しやすいです。優れた耐クリープ性、 2500°C での長期応力、高温ストレスを受けた部品に適しています。

微細構造:焼結後の粒径は $10 \sim 50\mu\text{m}$ で、変形後は $5 \sim 20\mu\text{m}$ まで微細化できるため、多孔性が減少し、強度が向上します。

著作権および法的責任に関する声明

生産プロセス

純粋なタングステンの棒の生産は主に粉末冶金プロセスを採用し、プロセスは次のとおりです。

タングステン粉末の調製:タングステン酸塩は、鉄マンガン重石(FeMnWO_4)または灰重石(CaWO_4)から抽出され、高純度タングステン粉末(粒径 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ 、純度 $\geq 99.9\%$)は、水素還元によって調製されます。還元プロセスでは、酸化や炭素汚染を避けるために、温度($600\sim 900^\circ\text{C}$)と雰囲気を制御する必要があります。

プレス:タングステン粉末は、 $100\sim 200\text{MPa}$ の冷間静水圧プレスまたは成形により、約 $50\sim 60\%$ の理論密度で棒状のブランクに形成されます。

焼結:ピレット密度が $90\sim 95\%$ の水素保護炉または真空炉で、 $2000\sim 2800^\circ\text{C}$ で $1\sim 3$ 時間焼結します。焼結温度と保持時間は、結晶粒の成長と多孔性の除去のバランスをとるために正確に制御する必要があります。

変形:熱間鍛造(ロータリーまたはハンマースウェーjing、 $1200\sim 1500^\circ\text{C}$)または密度を上げるための熱間圧延(19.25 g/cm^3 近く)による機械的特性の改善。ロータリースウェーjingは、小さな変形($10\sim 20\%$)で複数のパスを達成し、亀裂のリスクを低減します。

後処理:内部応力を緩和するためのアニーリング($1000\sim 1200^\circ\text{C}$)、表面品質を改善するための旋削または研磨、表面粗さは通常 $\text{Ra } 1.6\sim 3.2\mu\text{m}$ で、工業的な精度要件を満たしています。

申し込む

純粋なタングステンロッドは、高温および高純度のシナリオで広く使用されています。
電子産業:真空管カソード、X線管ターゲット、放電処理(EDM)電極として使用されます。
照明業界:白熱灯、ハロゲンランプ、特殊光源(写真用ランプなど)の製造用にタングステンフィラメント(直径 $0.01\sim 0.1\text{ mm}$)に引き込まれます。

高温炉: 2000°C を超える高温に耐えて光ファイバー用の石英ガラスを製造することができます。石英連続溶解炉のコアロッドとして使用されます。または、サファイアクリスタル炉のサポートとして、LED基板用の結晶を成長させます。

科学研究:高温超電導研究の熱源など、高温実験装置の発熱体や電極として利用されています。

航空宇宙:衛星の姿勢制御システムで使用するための小さなカウンターウェイトに加工されています。

その他:高温金型やガラス成形金型などの耐摩耗性工具に使用されます。

著作権および法的責任に関する声明

課題とトレンド

課題: 靱性が低く、加工中の亀裂が発生しやすく、特に小径の絞りで複数回の焼鈍が必要であり、コストが増加します。真空焼結炉などの高温処理装置は、エネルギーを消費し、メンテナンスが複雑です。不純物は制御が難しく、微量の酸素や炭素が性能の低下につながる可能性があります。

トレンド:

プラズマ焼結(SPS)技術は、焼結温度を 1800°C に下げ、エネルギーを 30% 節約し、特大の粒子を減らすために使用されます。

ナノスケールのタングステン粉末(粒子サイズ<100nm)を使用して、焼結密度を 98% に増加させ、機械的特性を向上させます。

製品の一貫性を向上させるためのセンサーによる温度・雰囲気監視のための自動焼結制御システムを開発。

低酸素タングステン粉末の調製技術(プラズマ還元など)は、酸素含有量を 10ppm 未満に減らすために研究されました。

長所と短所:

利点: 非常に高い融点と化学的安定性、極端な環境に適しています。高密度はカウンターウェイトに適しています。非放射性で環境にやさしい。

短所: 靱性が低く、加工が難しい。特に高精度のアプリケーションでは、高い製造コスト。

市場と基準

純粋なタングステンロッドは、世界のタングステン製品市場の約 30% を占めています。規格への準拠には、ASTM B760、GB/T 4187-2017、および ISO 24370 が含まれます。世界の純タングステンロッドの市場規模は 2023 年に約 10 億ドルでしたが、半導体と航空宇宙の需要に牽引されて、2030 年までに 15 億ドルに成長すると予想されています。

2.1.2 高純度タングステンロッド(≥99.95%)

定義と概要

高純度タングステンロッドとは、タングステン純度が 99.95% 以上のタングステンロッドを指し、不純物含有量(Fe、Ni、C、O など)は 50ppm 未満に制御され、複数の精製と特別なプロセスによって調製されます。高純度タングステンロッドは、純度と清浄度の厳しい要件を満たす半導体、医療、およびハイエンド電子機器向けに設計されています。その特性はタングステンの理論的な限界に近く、クリーンルームや高精度のアプリケーションで広く使用されています。

特性

物理的特性: 密度 19.2~19.3 g/cm³、理論値に近い。融点は 3410°C で、熱膨張係数は 4.5×10⁻⁶/°C です。不純物が非常に少ないため、結晶構造はより均質で、表面品質は優れています。

化学的性質: 非常に化学的に安定しており、周囲の化学物質とほとんど反応しません。高温では、フッ素ガスまたは溶融硝酸ナトリウムなどの強力な酸化剤とのみゆっくりと反応

著作権および法的責任に関する声明

します。蒸気圧が低いいため、真空環境での安定性を確保します。

機械的特性:細粒(5~15 μm)、ビッカース硬度 400~500 HV、引張強度 800~1100MPa。靱性はまだ低く、加工時に微小な亀裂を避ける必要があります。

電気伝導率と熱伝導率:抵抗率は約 5.3 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ で、不純物が少ないため、純粋なタングステンロッド(5.5 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$)よりもわずかに優れています。熱伝導率は 173W/m $\cdot$ K で、高温熱伝導に適しています。

生産プロセス

高純度タングステンロッドの生産は、純粋なタングステンロッドに基づいて精製と洗浄制御を追加します。

高純度タングステン粉末の調製:化学蒸着(CVD)または複数の水素還元により、不純物含有量は 50ppm 未満に減少します。還元炉は高純度水素(99.999%)を使用しており、窒素と酸素の汚染を防ぎます。

真空焼結:空隙率が<1%の超高真空(10^{-5}Pa)炉で、2600~2800 $^{\circ}\text{C}$ で 2~4 時間焼結します。

真空環境は酸化物の形成を防ぎます。

精密加工:マルチパス回転スウェーijingまたはローリング、加工温度 1200~1400 $^{\circ}\text{C}$ 、変形 10~15%。表面は Ra1.6~3.2 μm の粗さで旋削または研磨されています。

品質管理:ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析法)を用いて不純物を検出し、GD-MS(Glow Discharge Mass Spectrometry)により微量元素を分析しました。表面汚染を避けるためのクリーンルーム(ISO クラス 5)包装。

申し込む

高純度タングステンロッドは、純度と清浄度が重要な分野で使用されています。

半導体産業:ウェーハの清浄度を確保するために、直径 5~20 mm のイオン注入デバイスで使用するコンポーネント(イオン源電極など)。

スパッタリングターゲット:集積回路、OLED ディスプレイ、太陽電池用の薄膜層を製造するための物理蒸着(PVD)用のターゲット(直径 50~100mm)に加工されます。

医療機器:X 線および CT スキャン装置のターゲットは、直径 10~30mm の不純物による放射線干渉を低減します。

航空宇宙:熱電対保護スリーブや高温風洞試験素子など、高温試験装置として使用される精密部品。

科学研究:粒子加速器やプラズマ研究の高純度電極として使用され、高エネルギー環境に耐えます。

新たな用途:EUV(極端紫外線リソグラフィ)装置部品に使用され、7nm 未満のチップ製

著作権および法的責任に関する声明

造のニーズを満たすことができます。

課題とトレンド

課題:高純度タングステン粉末の調製コストが高く、CVD 装置への多額の投資。超高真空焼結には、機器の気密性と安定性に対する非常に高い要件があります。クリーンルーム処理により、運用コストが増加します。

トレンド:

CVD の代替とコストダウンを図るために開発された電解精製技術で、不純物は 20ppm<を目標としています。

レーザー表面処理は、表面品質を改善し、機械的研磨への依存を減らすために使用されます。

3nm 露光装置などの次世代半導体デバイス用超高純度タングステン(99.9999%)の研究不純物や結晶欠陥をリアルタイムで監視する AI 品質管理システムを導入し、歩留まりを向上させます。

長所と短所:

利点: 非常に高い純度により、安定した性能が保証され、クリーンな環境に適しています。結晶は均質で、欠陥を減らします。

短所:高い製造コスト、難しい処理。機器と環境に対する厳しい要件。

市場と基準

高純度タングステンロッド市場は、ハイエンド製造に集中しています。ASTM B760 高純度要件、SEMI 規格(半導体業界)、GB/T 4187-2017 に準拠しています。世界の高純度タングステンロッド市場は、主に半導体および太陽光発電産業に牽引され、2023 年に約 3 億ドルです。

2.1.3 ドープタングステンロッド(希土類ドーピング、酸化物ドーピング)

定義と概要

ドープタングステンロッドは、タングステンマトリックスに少量の希土類元素(セリウム、ランタン、イットリウムなど)または酸化物(酸化トリウム、ジルコニアなど)を添加した特殊なタングステンロッドで、ドーピング量は通常 0.5~2 重量%です。ドーピングは、タングステンのアーク安定性、耐クリープ性、被削性、および電極寿命を改善し、溶接電極、高温炉部品、および電子デバイスに広く使用されています。ドープタングステンロッドは、そのカスタマイズされた特性のために現代産業の主要な材料となっています。

特性

物理的特性:融点と密度は純粋なタングステン(3410°C、19.0~19.2 g /cm³)に近く、ドープされた元素は粒子を精製(5~15 μm)して均一性を向上させます。

化学的性質:タングステンの耐食性を維持しますが、高温酸化環境では、特定のドープ元素(トリウムなど)が安定性をわずかに低下させる可能性があります。酸化トリウムドーピ

著作権および法的責任に関する声明

ングはわずかな放射能をもたらす、特別な処理が必要です。

機械的特性: 砥粒の微細化とドーパントの強化により、引張強度(1000~1200 MPa)と靱性が向上し、加工クラックが減少します。耐クリープ性が向上し、高温での長期使用に適しています。

電気伝導率と熱伝導率: ドーピングは抵抗率を低下させ(例えば、トリウムドーピングステンロッドの約 $5.0\mu\Omega \cdot \text{cm}$)、アーク安定性を向上させます。熱伝導率は純粋なタングステンよりもわずかに低くなっています(約 $160\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$)。

主な種類

希土類ドーピングタングステンロッド: 酸化セリウム(CeO_2)、酸化ランタン(La_2O_3)または酸化イットリウム(Y_2O_3)は、アーク性能と耐久性、非放射性、および環境保護要件を満たすために添加されます。

酸化物ドーピングタングステンロッド: 高温性能と電極寿命を高めるために酸化トリウム(ThO_2)とジルコニア(ZrO_2)を添加し、一部のタイプ(トリウムドーピングなど)は徐々に排除されます。

複合ドーピングタングステンロッド: さまざまなドーパント($\text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2$ など)を組み合わせ、アーク安定性、寿命、耐燃焼性を最適化します。

カリウムドーピングタングステンロッド: 高温炉用に設計された、耐クリープ性を向上させるために微量のカリウム(50~100 ppm)を添加しました。

生産プロセス

ドーパント添加: タングステン粉末は、希土類酸化物または金属塩(硝酸ランタンなど)と均一に混合され、ボールミリングまたは噴霧乾燥を使用して均一な分布を確保します。

プレスと焼結: 水素保護炉で $2300 \sim 2600^\circ\text{C}$ で焼結し、ドーパントの揮発を防ぐために純粋なタングステンの焼結温度よりも低くします。焼結後の密度は 95~98% です。

変形: 回転スウェーjing ($1200 \sim 1400^\circ\text{C}$) または絞り ($800 \sim 1000^\circ\text{C}$) してロッドを形成し、ドーパントして加工亀裂を減らします。

表面処理: 旋削または研磨、表面粗さ $Ra\ 1.6 \sim 3.2\mu\text{m}$ 、電極または高温部品用。

品質管理: ドーパント含有量を検出するための XRF(蛍光 X 線分光法)、粒子分布を分析するための SEM(走査型電子顕微鏡)。

申し込む

溶接電極: トリウムドーピング(WT20)、セリウムドーピング(WC20)、ランタンドーピング(WL20)タングステンロッドは、アルゴンアーク溶接(TIG)およびプラズマ溶接に使用され、アーク開始が速く、燃え尽き率が低い。

高温炉エレメント: カリウムドーピングまたは希土類ドーピングタングステンロッドは、 2500°C 以

著作権および法的責任に関する声明

上に耐えることができる真空炉および水素炉の発熱体に使用されます。

エレクトロニクス:ドーパングステンロッドは、ブラウン管、マイクロ波デバイス、およびレーザーのエミッターに使用されています。

航空宇宙:希土類タングステンロッドは、プラズマプロペラ電極などの高温実験装置で使用されます。

新たな用途:3D プリント金属デバイス用の高温ノズルで、高温の金属溶融物に耐性があります。

課題とトレンド

課題:ドーパントの均一性を制御することは困難であり、高温焼結は揮発につながる可能性があります。トリウムドーパングステンロッドの放射能は、その用途を制限し、環境に優しい代替品を開発する必要があります。

トレンド:

総合的な性能を向上させ、目標寿命を 20%延ばすための新しい複合希土類ドーピング ($\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ など)の研究開発。

ナノドーピング技術により、ドーピング量を減少(<0.5wt%)し、効果を向上させました。

欧州 RoHS 指令などの地球環境基準に対応した非放射性・高性能な電極を開発。

AI を使用してドーピングの処方方を最適化し、アークの性能と寿命を予測します。

長所と短所:

利点:カスタマイズされた性能、アークの安定性、純粋なタングステンよりも優れた寿命。

要求の厳しいアプリケーションに適しています。

短所:製造プロセスが複雑で、コストが高い。一部のドーピング(トリウムなど)には環境制限があります。

市場と基準

ドーパングステンロッドは、溶接電極市場の 70%以上を占めています。AWS A5.12、YS/T 695-2009、ISO 24370 に準拠しています。世界のドーパングステンロッド市場は、主に溶接および航空宇宙産業に牽引されて、2023 年に約 5 億米ドルです。

2.2 タングステンロッドは、製造プロセスによって分類されます

タングステンロッドの製造プロセスは、その性能、精度、および用途に大きな影響を与えます。以下は、主要な加工プロセスの分類に従って、タングステンロッドの焼結、鍛造、圧延、絞り、および押し出しの特性についての詳細な議論です。

2.2.1 焼結タングステンロッド

定義と概要

焼結タングステンロッドは、粉末冶金におけるプレスおよび高温焼結によって直接形成されたタングステンロッドであり、密度は理論密度が 90~95%で、表面は酸化物層(黒色肌)

を有する。半製品として、焼結タングステンロッドは、その後の鍛造、圧延または絞りの基礎であり、荒加工または高温用途に適しています。

著作権および法的責任に関する声明

特性

物理的特性:密度 17.5~18.5 g/cm³、表面粗さ Ra 3.2~6.4μm、黒色酸化物層付き。

機械的特性:ビッカース硬度 300~400 HV、引張強度 500~800 MPa、靱性が悪く、微小亀裂が発生しやすい。

微細構造:大きな粒子(10~50μm)と 5~10%の多孔性は、強度と導電性に影響を与えます。

生産プロセス

タングステン粉末プレス:高純度タングステン粉末またはドーブタングステン粉末は、100~200MPa でロッドブランクに冷却水圧プレスされます。

高温焼結:水素保護炉または真空炉で 2000~2800°C で 1~3 時間焼結し、粒子の緻密な構造を形成します。

冷却と検査:低速冷却(10~20°C/分)により、内部応力が軽減され、超音波の多孔性と亀裂が検出されます。

申し込む

半製品:高精度のタングステンロッドを製造するための鍛造、圧延、または絞り加工。

高温炉:石英炉サポートとして直接使用され、2000°C の高温に耐えます。

EDM:荒加工後の低精度 EDM 電極として使用されます。

その他:るつぼ支持体などの高温実験炉の仮設部品。

課題とトレンド

課題:高い気孔率は機械的特性を制限します。焼結のエネルギー消費量は大きく、水素保護を厳密に制御する必要があります。大型の焼結ロッドは、内部欠陥が発生しやすいです。

トレンド:

マイクロ波焼結技術により、温度を 1800°C に下げ、エネルギーを 30%節約します。

密度を 97%に高めるための熱間静水圧プレス(HIP)焼結プロセスを開発。

デジタルツイン技術を使用して焼結プロセスをシミュレーションし、温度と雰囲気制御を最適化します。

長所と短所:

利点:シンプルなプロセス、低コスト。大型のタングステンロッドに適しています。

短所:密度と性能が低く、表面品質が悪く、さらなる処理が必要です。

2.2.2 鍛造タングステンロッド

定義と概要鍛造タングステンロッドは、熱間鍛造(ハンマー鍛造またはロータリースウェーjing)によって変形するため、理論値(19.0~19.25 g/cm³)に近い密度が得られ、機械的

特性が大幅に向上します。強度と耐クリープ性を高めるための鍛造細粒で、高精度・高強

[著作権および法的責任に関する声明](#)

度の用途に適しています。

特性

物性:密度 19.0~19.25 g/cm³、表面粗さ Ra 1.6~3.2μm(光を回した後)。

機械的特性:粒径 5~20μm、引張強度 1000~1400MPa、焼結タングステンロッドよりもわずかに優れた靱性。

微細構造:強い粒配向、<1%の多孔性、および改善された耐クリープ性。

生産プロセス

予熱:焼結タングステンロッドは、酸化を防ぐために水素またはアルゴンの保護下で 1200~1500°C に加熱されます。

熱間鍛造:エアハンマーまたはロータリースウェーピングマシンを使用して、毎回 10~20% の変形を制御したマルチパス鍛造を行い、亀裂のリスクを減らします。

アニーリング:1000~1200°C で応力除去アニーリングを行い、亀裂の伝播を防ぎます。

表面処理:必要な精度要件を満たすために、Ra 1.6~3.2μm の表面粗さに旋削または研磨します。

申し込む

工業部品:石英炉コアまたはサファイアクリスタル炉るつぼ用。

航空宇宙:カウンターウェイトやスラスタノズルなどの高温部品に機械加工されます。

電極:プラズマ切断と溶接には、高精度の鍛造タングステンロッドが使用されます。

その他:セラミック焼結金型などの高温金型に使用されます。

課題とトレンド

課題:高温鍛造には特別な設備が必要です。大径ロッド(>50 mm)は割れやすいです。鍛造はエネルギー消費量が多いです。

トレンド:

有限要素シミュレーションを使用して、鍛造パラメータを最適化し、欠陥を減らします。

鍛造と圧延のハイブリッドプロセスを開発し、効率の向上とコスト削減を実現します。

誘導加熱技術により、鍛造温度を正確に制御し、20%のエネルギーを節約します。

長所と短所:

利点:高密度と機械的強度。要求の厳しいアプリケーションに適しています。グレインリファインメントはパフォーマンスを向上させます。

短所:高い処理コスト。厳格な機器要件。大きな仕様の加工は難しいです。

著作権および法的責任に関する声明

2.2.3 圧延タングステンロッド

定義と概要

圧延タングステンロッドは、熱間圧延または冷間圧延プロセスによってさらに処理され、高い寸法精度と良好な表面品質で、中小径(5~20mm)のタングステンロッドの大量生産に適しています。

特性

物理的特性:理論に近い密度(19.0~19.25 g/cm³)、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μm。

機械的特性:圧延誘起穀物配向、引張強度 1200~1500 MPa、鍛造タングステンロッドよりもわずかに優れた靱性。

微細構造:微細で均一な粒径(5~15μm)、多孔性<1%、優れた強度と導電性。

生産プロセス

予熱:焼結または鍛造されたタングステンロッドは、延性を向上させるために 1000~1300°C に加熱されます。

熱間圧延:マルチパス圧延により、直径は徐々に小さくなり、変形は 15~25%になります。

冷間圧延(オプション):寸法精度を向上させるための小径タングステンロッドの冷間圧延。

焼鈍:900~1100°C での焼鈍により、加工硬化がなくなります。

申し込む

電子産業:タングステンワイヤーに引き込まれた圧延タングステンロッド、フィラメントと電極の製造。

医療機器:X線ターゲットまたは放射線シールドに加工されます。

精密部品:金型や工具などの高精度機械部品に使用されます。

その他:熱電対サポートなどの高温実験装置に使用されます。

課題とトレンド

課題:高価な圧延装置。大径(>20 mm)の転がり均一性が悪い。冷間圧延はコストを増加させます。

トレンド:

連続圧延ラインは、生産効率を 30%向上させるために使用されます。

自動ローリング制御システムを使用して、寸法の一貫性を確保します。

装置の長寿命化のための高温合金ロールの開発。

長所と短所:

利点:高い寸法精度、良好な表面品質、大量生産に適しています。

短所:機器のコストが高い。中小径に限定されます。冷間圧延は多くのエネルギーを消費します。

著作権および法的責任に関する声明

2.2.4 タングステンロッドを引く

定義と概要

ドローイングタングステンロッドは、タングステンワイヤおよび精密電極に適した高い表面品質と優れた寸法精度で、通常は<5mmのダイヤモンドダイを介して焼結または鍛造タングステンロッドの直径を徐々に縮小するデッサンプロセスです。

特性

物理的特性:理論に近い密度(19.2–19.25 g/cm³)、表面粗さ Ra 1.6–3.2 μm。

機械的特性:繊維状結晶構造、引張強度 1500–2000 MPa、低靱性。

微細構造:粒子は延伸方向に沿って高度に配向しており、空隙率は 0%に近くなっています。

生産プロセス

ブランクの準備:鍛造または圧延されたタングステンロッド(直径 5–10 mm)を使用します。

絞り加工:800–1000°Cでダイヤモンドダイを絞り込み、直径を 5–10%縮小します。

潤滑とアニーリング:グラファイトまたは二硫化モリブデンによる潤滑と定期的なアニーリング(900–1100°C)により、ストレスを緩和します。

クリーニング&ポリッシング:ケミカルクリーニングにより、潤滑剤とポリッシュが Ra 1.6–3.2 μm まで除去されます。

申し込む

タングステンフィラメントの製造:白熱灯、ハロゲンランプ、特殊光源用のタングステンフィラメントを製造するために引かれたタングステンロッド。

溶接電極:アルゴンアーク溶接およびプラズマ溶接電極に使用され、高い寸法精度を備えています。

マイクロエレクトロニクス:半導体試験用の小型電極またはプローブに加工されます。

その他:レーザー機器用の高精度部品。

課題とトレンド

課題:ダイヤモンドダイはすぐに摩耗し、コストがかかります。複数のアニーリングはエネルギー消費を増加させます。小径の図面は壊れやすいです。

トレンド:

多結晶ダイヤモンド(PCD)金型を使用して、寿命を 50%延ばします。

生産量を 20%増加させる連続延伸プロセスの開発。

レーザー加熱と描画は、温度を正確に制御し、破損を減らすために使用されます。

長所と短所:

利点:極めて高い精度と表面品質。高強度;微細加工に適しています。

短所:複雑なプロセス。金型の大きな摩耗。小径に限られます。

著作権および法的責任に関する声明

2.2.5 タングステンロッドを押し出す

定義と概要

押出タングステンロッドは、大径(>20mm)または複雑な断面のタングステンロッドに適した熱間押出プロセスによって形成され、優れた密度と強度を備えています。

特性

物理的特性:密度 19.0~19.2 g/cm³、表面粗さ Ra1.6~3.2μm(処理後)。

機械的特性:引張強度 1000~1300 MPa、強い粒配向、優れた耐衝撃性。

微細構造:均一な粒子(10~20μm)と<2%の多孔性で、高強度のアプリケーションに適しています。

生産プロセス

ピレット予熱:焼結ピレットは 1300~1600°C に加熱され、水素またはアルゴンで保護されます。

熱間押出:油圧押出機(500~1000 MPa)による押出成形。

冷却と矯正:冷却速度(10~20°C/分)を制御して変形を修正します。

表面処理:Ra 1.6~3.2μm に旋削または研磨します。

申し込む

航空宇宙:大口径押出タングステンロッドは、航空機や衛星のカウンターウェイトに使用されます。

ミリタリー:徹甲弾または高密度運動エネルギー部品に加工されています。

工業用:高温炉サポートや大型金型に使用されます。

その他:原子炉制御棒の基材として使用されます。

課題とトレンド

課題:高圧押出には大型の機器が必要です。金型の深刻な摩耗。プロセス制御は複雑です。

トレンド:

摩耗を 30%低減するセラミックコーティング金型を開発。

シミュレーションソフトウェアを使用して、押出成形パラメータを最適化し、歩留まりを向上させます。

アディティブマニュファクチャリングと押出成形の組み合わせによる複雑な形状のタングステンロッドの製造に関する研究。

長所と短所:

利点:大きな仕様と複雑な断面に適しています。高密度と強度。

著作権および法的責任に関する声明

短所:設備への多額の投資。表面品質は、引き抜かれたタングステンロッドの品質よりも劣っています。このプロセスは複雑です。

2.3 タングステンロッドは、その用途によって分類されます

タングステンロッドは、産業、電子、軍事、その他の特殊分野を含むさまざまな用途で使用されています。以下は詳細な内訳です。

2.3.1 工業用タングステンロッド

定義と概要

工業用タングステンロッドは、石英炉、サファイア結晶炉、純粋なタングステンロッド、タングステン合金ロッド、ドーパタングステンロッドなどの希土類精製装置など、高温、高強度または高耐摩耗性の環境で使用されます。

特長とアプリケーション

石英炉:純粋なタングステンロッド(直径 20~50 mm)をコアロッドとして鍛造または押し

出し、2000°C を超える高温に耐えて、光ファイバー用の石英ガラスを製造します。

サファイアクリスタル炉:タングステンロッドは、LED 基板用のサファイアクリスタルを成長させるためのるつぼまたは支持体に加工されます。

希土類精製:タングステンロッドは、希土類元素の製錬および精製のための高温容器または電極として使用されます。

金型と工具:タングステン合金ロッド(W-Ni-Fe)は、その高い硬度と耐摩耗性により、スタンピング金型や切削工具に使用されています。

その他:高温セラミック焼結炉サポートに使用されます。

生産と要件

鍛造または押出成形により、高密度、表面粗さ Ra1.6~3.2μm、寸法公差±0.1mm が保証されます。

2.3.2 電子機器用タングステンロッド

定義と概要

電子機器用のタングステンロッドは、フィラメント、電極、および純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーパタングステンロッドなどのスパッタリングターゲットの製造に使用されます。

特長とアプリケーション

フィラメント:タングステンフィラメントは、白熱灯、ハロゲンランプ、特殊光源に使用される純粋なタングステンロッドを描画することによって作られます。

電極:ドーパタングステンロッド(WT20、WC20 など)は、アルゴンアーク溶接およびプラズマ溶接電極に使用されます。

スパッタリングターゲット:高純度のタングステンロッドを半導体およびディスプレイ成膜用のターゲットに加工します。

著作権および法的責任に関する声明

真空管と X 線管:カソードとターゲットには高純度のタングステンロッドが使用されます。
その他:レーザーエミッター用。

生産と要件

Ra 1.6–3.2 μm 、ASTM B760 および SEMI 規格に準拠した高純度の絞りおよび研磨。

2.3.3 軍用タングステンロッド

定義と概要

軍用タングステンロッドは主にタングステン合金ロッドで、徹甲弾のコアやキネティックウェポンなどの高密度で高強度の軍事部品に使用されます。

特長とアプリケーション

徹甲弾:高貫通力の対戦車弾薬用のタングステン-ニッケル-鉄合金ロッド(密度 18.0–18.5 g/cm^3)。

キネティックウェポン:大口径のタングステン合金ロッドは、理論的には「神の王笏」コンセプトの兵器である高キネティック弾頭に使用されます。

装甲部品:タングステンロッドは、ミサイルノズルのライニングまたは装甲保護に機械加工されています。

その他:核兵器部品の放射線遮蔽。

生産と要件

押出成形または鍛造は、ASTM B777 に準拠した高密度と、Ra 1.6–3.2 μm の表面粗さを保証します。

2.3.4 その他の特殊用途タングステンロッド

定義と概要

その他の特殊用途のタングステンロッドには、放射線遮蔽、実験装置、スポーツ用品などの医療、科学、消費財が含まれます。

特長とアプリケーション

医療:タングステン合金ロッドは、X 線および CT 装置のシールドおよびコリメータに使用されています。

科学研究:ドープされたタングステンロッドは、高温実験炉の発熱体に使用されています。

消費財:タングステン合金ロッドは、ダーツ、ゴルフクラブウェイト、タングステン鋼ジュエリーに加工されます。

その他:地質掘削ツール用の耐摩耗性部品。

生産と要件

用途に応じて、絞り、押出、または鍛造プロセスは、Ra 1.6–3.2 μm の表面粗さで選択されます。

著作権および法的責任に関する声明

2.4 タングステンロッドは仕様によって分類されます

タングステンロッドの仕様は主に直径に基づいており、小径、中径、大径の3つのカテゴリに分類されます。

2.4.1 小径タングステンロッド (<5mm)

定義と概要

小径(直径<5mm)のタングステンロッドは、高い寸法精度と良好な表面品質を備えた延伸プロセスによって調製されます。

特長とアプリケーション

特性:直径 0.1~5mm、表面粗さ Ra1.6~3.2 μ m、引張強度 1500~2000MPa。

用途:タングステンフィラメント原料、溶接電極、マイクロエレクトロニクスプローブ、レーザー部品。

絞り加工の製作が主流で、高精度な金型と多重焼鈍が必要です。

2.4.2 中径タングステンロッド(5-20mm)

定義と概要

中径のタングステンロッド(5~20mm)は、強度と加工性の両方を提供するために鍛造または圧延によって調製されます。

特長とアプリケーション

特性:密度 19.0~19.25 g/cm³、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

用途:高温炉部品、カウンターウェイト、溶接電極、医療ターゲット。

大量生産に適した鍛造または圧延プロセスの製造。

2.4.3 大口径タングステンロッド(>20mm)

定義と概要

大径タングステンロッド(>20mm)は、押出成形または鍛造によって調製され、大判部品に適しています。

特長とアプリケーション

特性:密度 19.0~19.2 g/cm³、高耐衝撃性、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

アプリケーション:軍用弾丸コア、航空カウンターウェイト、大型金型、核部品。

押出プロセスの生産は、主に大型トン数の機器に基づいています。

2.5 タングステンロッドは、表面状態によって分類されます

表面状態は、タングステンロッドの用途と加工性に影響を与え、タングステンロッドは黒革ロッド、研磨ロッド、研磨ロッドに分けられます。

2.5.1 ブラックレザースティック

定義と概要

ブラックスキンロッドは、表面に酸化物層を持つ焼結または予備加工されたタングステンロッドであり、未仕上げです。

特長とアプリケーション

特性:表面粗さ Ra 3.2~6.4 μ m、密度 17.5~18.5g/cm³。

アプリケーション:その後の鍛造または圧延用の半製品。高温炉荒加工部品。

焼結後すぐに冷却して、酸化物層を保持します。

2.5.2 カートライトスティック

定義と概要

ターニングロッドは、回転または研削によって黒い皮膚を取り除き、表面が滑らかで寸法精度が高いです。

特長とアプリケーション

特性:表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m、寸法公差 $\pm$ 0.05mm。

アプリケーション:溶接電極、高温炉エレメント、精密カウンターウェイト。

旋削加工や研削加工の製造には、高精度の工作機械が必要です。

2.5.3 研磨ロッド

定義と概要

研磨ロッドは、微細な研磨により高い表面品質を実現し、高精度でクリーンな環境に適しています。

特長とアプリケーション

特性:表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m、寸法公差 $\pm$ 0.02mm。

アプリケーション:半導体装置電極、スパッタリングターゲット、医療部品。

ダイヤモンド砥石または化学研磨を使用したマルチパス研磨の製造。

2.6 特殊タングステンロッド

特殊なタングステンロッドは、特定のアプリケーションのニーズに合わせてドーピングまたは最適化することができます。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

2.6.1 カリウムタングステンロッド

定義と概要

カリウムタングステンロッド(WK)は、微量のカリウム(50〜100 ppm)を添加することにより、高温での耐クリープ性を向上させるために、高温炉エレメントで使用されます。

特長とアプリケーション

特性:細かい粒子、強い耐クリープ性、20〜30%の長寿命。

アプリケーション:高温炉発熱体、真空炉サポート。

この製造は、タングステン粉末にカリウム塩を添加し、焼結し、次に延伸または鍛造することによって製造されます。

2.6.2 トリウムドープタングステンロッド

定義と概要

トリウムドープタングステンロッド (WT20、2%ThO₂を含む)は、その優れたアーク安定性により、かつて溶接電極の標準的な材料でした。

特長とアプリケーション

特徴:高速アーク始動、長寿命、表面粗さ Ra1.6〜3.2μm ですが、わずかに放射性です。

アプリケーション TIG 溶接電極は、環境に優しい電極に徐々に置き換えられています。

酸化トリウムを製造に添加し、焼結、延伸、成形後に添加します。

2.6.3 セリウムドープタングステンロッド

定義と概要

セリウムドープタングステンロッド (WC20、2%CeO₂を含む)は非放射性であり、優れたアーク性能を備えています。

特長とアプリケーション

特性:アーク安定性、低バーンアウト率、表面粗さ Ra 1.6〜3.2μm、低電流溶接に適しています。

アプリケーション:TIG 溶接、プラズマ溶接電極。

酸化セリウムを製造物に添加し、焼結し、次いで引き抜きする。

2.6.4 ランタンドープタングステンロッド

定義と概要

ランタンドープタングステンロッド (WL15/WL20、1.5-2% La₂O₃)は、環境に優しい溶接電極の第一候補です。

著作権および法的責任に関する声明

特長とアプリケーション

特徴:高いアーク安定性、長寿命、非放射能、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

アプリケーション:高精度溶接、半導体装置電極。

酸化ランタンを製造に添加し、焼結した後、延伸または研磨します。

2.6.5 ジルコニウムドーピングタングステンロッド

定義と概要

ジルコニウムをドーピングしたタングステンロッド (WZ8、0.8%の ZrO₂を含む)は、AC 溶接に適しており、汚染に対する強い耐性を備えています。

特長とアプリケーション

特性:電極汚染に強く、アルミニウムおよびマグネシウム溶接に適しており、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

アプリケーション:AC TIG 溶接電極。

ジルコニアは生産に加えられ、焼結され、次に引き抜かれます。

2.6.6 イットリウムドーピングタングステンロッド

定義と概要

イットリウムドーピングタングステンロッド (WY20 with 2% Y₂O₃)は、電子放射率が高いため、特殊溶接に使用されます。

特長とアプリケーション

特徴:電子放射率が高く、高周波溶接に適しており、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

アプリケーション:プラズマ切断、特殊電極。

酸化イットリウムを製造物に添加し、焼結し、次いで引き抜きます。

2.6.7 複合希土類タングステンロッド

定義と概要

複合希土類タングステンロッドは、さまざまな希土類酸化物(La₂O₃+CeO₂など)を組み合わせ、包括的な性能を最適化します。

特長とアプリケーション

特徴:優れたアーク安定性、寿命および耐焼傷性、表面粗さ Ra 1.6~3.2 μ m。

アプリケーション:要求の厳しい溶接、航空宇宙電極、3D 印刷ノズル。

複合希土類は、焼結後に製造に加えられ、引き出されるか、または研磨されます。

著作権および法的責任に関する声明

2.7 国際的なモデルとグレードの比較

タングステンロッドの種類とグレードは、取引や適用が容易な国際規格と国内規格に基づいています。

2.7.1 純粋なタングステンロッドグレード

概要

純粋なタングステンロッドのグレードには、WP(AWS A5.12)、W1(GB / T 4187-2017)、および ASTM B760 指定の純粋なタングステンロッドが含まれます。

グレードと要件

WP:純度 99.9% $\geq$ 、電極とフィラメントの溶接に使用されます。

W1:純度 $\geq$ 99.95%、不純物は厳密に管理されています。

ASTM B760:純度と機械的特性を指定します。

2.7.2 ドープタングステンロッドグレード

ドープタングステンロッドグレードは、AWS A5.12 および YS / T 695-2009 に基づいており、一般的なモデルは次のとおりです。

WT20:2%トリウムドープ、赤色マーク、溶接電極。

WC20:2%セリウムドープ、グレーのロゴ、環境に優しい電極。

WL15/WL20:1.5~2%ランタンドープ、ゴールドまたはブルーのロゴ、高性能電極。

WZ8:0.8%ジルコニウムドープ、白いロゴ、AC 溶接。

WY20:2%イットリウムドープ、シアンロゴ、特殊溶接。

2.7.3 国内外のグレードの比較表(GB/T、ASTM、ISO)

種類	GB/T 標準	ASTM 規格	ISO 規格	AWS A5.12 の
純粋なタングステンロッド	W1 の	ASTM B760 の	ISO の 24370	WP の
トリウムドープタングステンロッド	重量	ASTM B776 の	ISO の 24370	WT20 形
セリウムドープタングステンロッド	トイレ	ASTM B776 の	ISO の 24370	WC20 の
ランタンドープタングステンロッド	WL の	ASTM B776 の	ISO の 24370	WL15/WL20
ジルコニウムドープタングステンロッド	WZ の	ASTM B776 の	ISO の 24370	WZ8 の
タングステン合金棒	W-Ni-Fe/Cu	ASTM B777	ISO の 24370	-

著作権および法的責任に関する声明

説明

GB/T 4187-2017 および YS/T 695-2009 は、中国のタングステンロッドの化学組成と特性を規定しています。

ASTM B760 および B777 は、純粋なタングステンおよびタングステン合金の国際規格です。

ISO 24370 は、タングステンおよびタングステン合金の一般的な要件を指定しています。

AWS A5.12 は、溶接電極用のドーブタングステンロッドのグレードとカラースケールを指定しています。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第3章 タングステンロッドの特性

高性能高融点金属材料として、タングステンロッドは、その優れた物理的、化学的、機械的特性により、産業、電子機器、航空宇宙、医療、科学研究分野で幅広い用途があります。この章では、タングステンロッドの物理的特性(高融点、高密度、低熱膨張係数、熱伝導率、低蒸気圧を含む)、化学的特性(耐食性、化学的安定性、元素との反応性)、機械的特性(高強度硬度、耐クリープ性、靱性、機械加工性)について詳しく説明します。また、さまざまなタイプのタングステンロッド(純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーブタングステンロッド)、そして最後にタングステンロッドの MSDS(製品安全データシート)情報を提供します。

3.1 タングステンロッドの物性

タングステンロッドの物理的特性は、高融点、高密度、低熱膨張係数、良好な熱伝導率、低蒸気圧など、極端な環境での幅広い用途の基礎となっています。これらの特性により、タングステンロッドは高温、高負荷、および真空中で優れた性能を発揮します。

著作権および法的責任に関する声明

3.1.1 タングステンロッドの高融点

タングステンの融点は 3410°C で、これはすべての金属の中で最も高く、炭素の昇華点(約 3550°C)に次ぐものです。この特性により、タングステンロッドは高温環境でかけがえのない材料となり、極端な熱負荷に耐える用途に適しています。タングステンの高い融点は、その体心立方体(BCC)格子構造、高い原子間金属結合エネルギー、および強力な結合力に由来し、タングステンロッドは融点に近い温度で構造安定性を維持することができます。

アプリケーションシナリオ:

高温炉エレメント:タングステンロッドは、2000~2500°C の高温に耐える石英炉のコアロッドとして使用され、光ファイバー用の石英ガラスを製造します。

サファイアクリスタル炉:タングステンロッドは、最大 2200°C の動作温度を持つ LED 基板用のサファイア結晶の成長のためのるつぼまたは支持体として使用されます。

航空宇宙:タングステンロッドは、プラズマスラスタなどの高温スラスタのノズルライニングに使用され、高温プラズマ衝撃に耐えます。

照明業界:タングステンフィラメントに引き込まれたタングステンロッドは、白熱灯、ハロゲンランプ、特殊光源に使用され、作業温度は 2800°C に達することができます。

技術的な課題:

高温では、タングステンロッドは炉内雰囲気(酸素や窒素など)と少量反応する可能性があります。そのため、水素または真空中で保護する必要があります。

高融点には特別な高温装置(真空焼結炉など)が必要であり、高エネルギーを消費し、製造コストが増加します。

高温での長期運転は、結晶粒の成長につながり、機械的特性に影響を与える可能性があります。

開発動向:

誘導加熱と不活性雰囲気を組み合わせた高度な高温炉設計を開発し、エネルギー消費を削減し、効率を向上させます。

タングステンマトリックス複合材料を研究し、高温耐性相(ジルコニアなど)を追加することで高温安定性をさらに向上させ、目標温度耐性は最大 3000°C でした。

プラズマ焼結(SPS)技術を使用して、焼結温度を 1800°C に下げ、粒の特長とエネルギー消費を削減します。

3.1.2 高密度のタングステンロッド

タングステンロッドの密度は理論値 19.25g/cm³に近く、これは金に匹敵し、オスミウムやイリジウムよりも低いだけです。高密度は、タングステン原子の密集したパッキングと高い原子量(183.84 u)によるもので、小さな体積で大きな質量が得られるため、高品質のカウンターウェイトや放射線遮蔽アプリケーションに適しています。

アプリケーションシナリオ:

航空宇宙用カウンターウェイト:タングステンロッドは、スペース利用と重心調整を最適化するために、衛星またはドローンのカウンターウェイトに機械加工されます。

著作権および法的責任に関する声明

軍用:タングステン合金ロッド(W-Ni-Fe または W-Ni-Cu)は、徹甲弾のコアや運動兵器に使用され、貫通力と運動エネルギーを強化します。

医療:タングステンロッドは、高エネルギー放射線を吸収し、オペレーターを保護するために、X線およびCT機器のシールドに使用されます。

消費財:タングステン合金ロッドは、安定性と感触を高めるために、ゴルフクラブのウェイト、ダーツ、またはハイエンドのタングステン鋼ジュエリーに使用されています。

技術的な課題:

高密度化は加工の難易度を増し、特に小径絞りで寸法公差を制御するための高精度な装置が必要になります。

大判タングステンロッド(直径>50mm)は、押出成形や鍛造時に多孔性や亀裂などの内部欠陥が発生しやすいです。

タングステン合金ロッドにニッケル、鉄、その他の元素を添加すると、耐食性が低下する可能性があります、合金比を最適化する必要があります。

開発動向:

高密度タングステンマトリックス複合材料(W-Ni-Cu など)を開発し、密度と靱性のバランスを最適化し、加工性を向上させます。

3D プリンティングなどのアディティブ・マニファクチャリング技術は、複雑な形状の

カウンターウェイトの製造に使用され、材料の無駄と処理コストを削減します。

有限要素シミュレーションは、大型タングステンロッドの鍛造および押出プロセスを最適化し、内部欠陥を減らし、歩留まりを向上させるために使用されます。

3.1.3 タングステンロッドの低熱膨張係数

タングステンロッドの熱膨張係数は $4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (20 ~ 1000 $^{\circ}\text{C}$) と非常に低く、銅(11 ~

$13 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)や銅(16 ~ 18 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)よりもはるかに低くなっています。熱膨張係数が低いため、

タングステンロッドは高温で優れた寸法安定性を維持し、熱応力と変形を低減し、高精度で高温の環境に適しています。

アプリケーションシナリオ:

半導体装置:イオン注入装置の電極には高純度のタングステンロッドが使用されており、寸法安定性によりウェーハの加工精度を確保しています。

高温炉:タングステンロッドは、石英炉のコアロッドまたはサファイア炉のサポートとして使用され、変形することなく 2000 $^{\circ}\text{C}$ を超える高温に耐えることができます。

光学産業:タングステンロッドは、光学システムを整列させ、熱変形が光路に影響を与えるのを防ぐために、レーザー機器のコンポーネントに使用されています。

航空宇宙:タングステンロッドは、高温風洞試験部品に使用され、熱変形に抵抗し、実験精度を維持します。

技術的な課題:

熱膨張係数が低く、靱性が低いため、タングステンロッドは熱衝撃に敏感になり、急激な温度変化によりマイクロクラックが発生する可能性があります。

高温で他の材料との熱膨張の不一致は、複合部品の性能に影響を与える界面応力につながる可能性があります。

精密加工では、公差制御を確保するために、熱膨張の違いを考慮する必要があります。

開発動向:

タングステンマトリックス複合材料を調査して、熱膨張係数を他の材料(セラミックや合金など)に合わせて調整し、界面応力を低減します。

有限要素シミュレーションは、コンポーネント設計の最適化、熱応力分布の予測、熱変形のリスクの低減に使用されます。

タングステンロッドの耐熱衝撃性を高めるための高温コーティング技術(ジルコニアコーティングなど)の開発。

3.1.4 タングステンロッドの熱伝導率と電気伝導率

タングステンロッドは、熱伝導率が約 $173 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ (20°C)、電気伝導率が 18% IACS (アニール銅の国際規格、約 9.8 MS/m) と、良好な熱伝導率と適度な電気伝導率を有しています。これらの特性は、タングステンの金属結合構造と電子移動度に由来するため、高温伝導性および熱伝導性アプリケーションに適しています。導電率は銅 (100% IACS) よりも低いですが、高温でのタングステンロッドの安定性と抵抗の変化率が低いため、特定のシナリオで有利になります。

アプリケーションシナリオ:

エレクトロニクス: タングステンロッドは、真空管カソード、X 線管ターゲット、放電加工 (EDM) 電極に使用され、導電性と高温安定性を兼ね備えています。

溶接電極: ドープタングステンロッド (セリウムドープやランタンドープなど) は、アルゴンアーク溶接 (TIG) およびプラズマ溶接に使用され、アーク安定性はその導電率に依存します。

高温炉: タングステンロッドは発熱体として使用され、熱伝導率を使用して熱を迅速に伝達し、作業温度は 2500°C に達することができます。

科学研究: タングステンロッドは、高温超伝導実験の電極として使用され、その導電性と高温耐性は実験の信頼性を確保します。

技術的な課題:

導電率は銅や銀よりも低いため、低抵抗用途でのタングステンロッドの競争力が制限されます。

抵抗率は高温 (約 $0.004/^\circ\text{C}$) でわずかに増加するため、それを補うために回路設計を最適化する必要があります。

熱伝導率は非常に高い温度 ($>2000^\circ\text{C}$) でわずかに低下するため、熱管理設計を考慮する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

開発動向:

ドーピングタングステンロッド(例えば、ランタンドープまたはセリウムドープ)の開発は、抵抗率を低減し、アーク安定性を改善します。

粒界工学スノーフレークによる導電性を最適化するためのナノ構造タングステン材料の研究。

導電性コーティング(グラフェンコーティングなど)は、特殊電極用のタングステンロッドの表面の導電性を向上させるために使用されます。

3.1.5 タングステンロッドの低蒸気圧

タングステンロッドは、高温での蒸気圧が非常に低く(3000°C で<10⁻⁵Pa)、真空または高温環境で安定しており、揮発や環境汚染が容易ではありません。この特性は、タングステンの高い融点と強い金属結合によるもので、高温での原子の蒸発を減少させます。

アプリケーションシナリオ:

真空炉:タングステンロッドは、材料の揮発や炉環境の汚染を防ぐために、真空高温炉の発熱体または支持体として使用されます。

半導体製造:高純度のタングステンロッドは、イオン注入装置やスパッタリングターゲットに使用され、蒸気圧が低いため、汚染のないクリーンルーム環境が保証されます。

航空宇宙:タングステンロッドは、プラズマ研究装置などの高温真空実験装置で使用され、長期安定性を維持します。

エレクトロニクス:タングステンロッドは、高温での材料の揮発が性能に影響を与えるのを防ぐために、真空電子管(X線管など)に使用されています。

技術的な課題:

酸素や炭素などの微量不純物は蒸気圧を上昇させる可能性があり、原材料の純度を厳密に管理する必要があります。

真空システムには超高真空(10⁻⁵Pa 未満)が必要であり、装置の高い気密性が必要です。

高温での長期運転は、表面の酸化につながる可能性があり、保護雰囲気またはコーティングが必要になります。

開発動向:

超高純度タングステン(99.9999%)を開発し、蒸気圧をさらに低減し、次世代半導体のニーズに応える。

表面の蒸発を減らすために、高温酸化防止コーティング(SiC や Al₂O₃ など)を研究します。

真空炉の設計を最適化し、低温プラズマ焼結と組み合わせることで、動作温度を下げます。

3.2 タングステンロッドの化学的性質

タングステンロッドの化学的性質には、優れた耐食性、化学的安定性、および限られた元素反応性が含まれ、過酷な化学環境で優れており、幅広い産業および科学用途に適しています。

3.2.1 タングステンロッドの耐食性

タングステンロッドは、室温で酸、アルカリ、およびほとんどの酸化剤(塩酸、硫酸、フッ

著作権および法的責任に関する声明

化水素酸など)に対して優れた耐食性を持ち、高温の濃硝酸または溶融アルカリ(水酸化ナトリウムなど)でのみゆっくりと反応します。耐食性は、タングステンの表面に形成された緻密な酸化物層(WO_3)に起因し、外部の化学物質を効果的に分離します。

アプリケーションシナリオ:

化学工業:タングステンロッドは、電気化学処理装置などの耐腐食性電極または容器に使用されます。

高温炉:タングステンロッドは、水素または不活性雰囲気が発熱体として使用され、腐食性ガスに耐性があります。

医療機器:タングステンロッドは、高温酸化環境に耐えるための X 線装置のターゲットとして使用されます。

マリン:タングステン合金ロッドは、塩水噴霧腐食に耐性のある海水環境のカウンターウェイトとして使用されます。

技術的な課題:

酸化物層は高温で厚くなったり剥がれたりする可能性があるため、保護雰囲気(水素やアルゴンなど)が必要になります。

王水などの特定の強力な酸化剤は、高温でタングステンロッドを腐食させる可能性があり、用途の範囲が制限されます。

タングステン合金ロッドにニッケルまたは鉄を添加すると、耐食性が低下する可能性があり、合金比率を最適化する必要があります。

開発動向:

高温耐食性を高めるための耐食コーティング(ジルコニアや窒化ケイ素など)の開発。

性能向上のためのクロムなどの耐食性元素を添加したタングステンマトリックス複合材料の研究。

表面処理プロセス(プラズマ溶射など)を最適化して、より密度の高い保護層を作成します。

3.2.2 タングステンロッドの化学的安定性

タングステンロッドは、周囲温度および中程度の温度(<500°C)で化学的に安定しており、酸素、窒素、その他の一般的なガスとはほとんど反応しません。高温(>1000°C)では、タングステンロッドは酸素と WO_3 をゆっくりと形成したり、炭素と窒素と硬質化合物(WC、WN など)をゆっくりと形成することがありますが、反応速度は低く、特定の条件によってトリガーする必要があります。

アプリケーションシナリオ:

真空環境:タングステンロッドは真空炉の発熱体に使用され、化学的安定性により、汚染のない長期運転が保証されます。

半導体製造:高純度のタングステンロッドは、化学反応によるウェーハの汚染を防ぐために、イオン注入装置に使用されています。

高温実験:タングステンロッドは、高温超伝導またはプラズマ研究で化学的に不活性を保つために使用されます。

エレクトロニクス:タングステンロッドは、化学反応が性能に影響を与えるのを防ぐため

著作権および法的責任に関する声明

に、真空管のカソードに使用されています。

技術的な課題:

高温で酸素や炭素と微量に反応すると、表面の劣化につながる可能性があり、厳密な雰囲気管理が必要です。

酸化トリウムなどのタングステンロッドに添加剤をドーピングすると、化学的安定性が低下し、製剤の最適化が必要になる可能性があります。

高温での長期運転は、表面化合物の蓄積を引き起こし、導電率に影響を与える可能性があります。

開発動向:

不純物による化学反応を低減するために、超高純度タングステン(99.999%)を開発しました。

化学気相成長(CVD)コーティングは、安定した保護層を形成し、寿命を延ばすために使用されます。

高温で表面の損傷を自動的に修復する自己修復コーティング技術の研究。

3.2.3 タングステンロッドと他の元素との反応性

タングステンロッドは、室温で他の元素との反応性が非常に低く、特定の高温条件下では酸素、炭素、窒素、フッ素、その他の元素との反応が限られています。例えば、 WO_3 は $>1000^\circ\text{C}$ の酸素、 $>1500^\circ\text{C}$ の炭化タングステン(WC)と炭素、 $>2000^\circ\text{C}$ の窒化タングステン(WN)と窒素で形成されます。これらの反応には高いエネルギー活性化が必要であり、反応生成物は通常高硬度化合物であり、その一部はタングステンロッドの特性を高めるために使用できます。

アプリケーションシナリオ:

ハードコーティング:タングステンとカーボンの反応性を利用して、タングステンロッドの表面に WC コーティングを形成し、耐摩耗性を高めます。

高温実験:タングステンロッドは、炭素または窒素との反応を制御するために、不活性雰囲気の高圧反応器で使用されます。

溶接電極:ドーピングされたタングステンロッドは、高温アーク中の酸素と反応して、アークの安定性を維持します。

化学工業:タングステンロッドは、特定のガスによる腐食に抵抗するために特殊な化学反応容器で使用されます。

技術的な課題:

高温反応は、タングステンロッドの表面特性を変化させ、電氣的または熱伝導率に影響を与える可能性があります。

反応生成物(WO_3 など)は表面品質を低下させる可能性があるため、定期的に洗浄または保護する必要があります。

ドーピング元素は、ドーピング量とプロセス条件の正確な制御を必要とする複雑な反応を引き起こす可能性があります。

開発動向:

タングステンと特定の元素との高温での反応を制御して機能性コーティングを形成するための選択的反応技術を研究しています。

耐食性と機能性を両立させた多層複合コーティング剤(WC/Al₂O₃など)の開発
雰囲気制御技術を最適化し、不要な高温反応を減らし、タングステンロッドの寿命を改善します。

3.3 タングステンロッドの機械的性質

タングステンロッドの機械的特性には、高強度と硬度、優れた耐クリープ性、限られた靱性と機械加工性が含まれ、高負荷および高温応力環境では優れていますが、加工が困難です。

3.3.1 タングステンロッドの高強度と硬度

タングステンロッドは、ビッカース硬度(HV)の範囲が 350～500、引張強度が 700～2000MPa(加工プロセスとドーピングによって異なります)と、非常に高い強度と硬度を備えています。高強度は、タングステンの強力な金属結合と体心立方格子によるものであり、高硬度により耐摩耗性があり、高負荷用途に適しています。

アプリケーションシナリオ:

高温金型:タングステンロッドは、高圧と摩耗に耐えるためにガラス成形またはセラミック焼結金型で使用されます。

軍事:タングステン合金ロッドは、徹甲弾のコアに使用され、高い硬度と密度と組み合わせ、貫通力を高めます。

産業用工具:タングステンロッドは、切削工具またはスタンピングダイに機械加工され、高い応力に耐性があります。

航空宇宙:タングステンロッドは、機械的負荷に耐えるために高温スラスター部品に使用されています。

技術的な課題:

硬度が高いと、切削や研削の難易度が上がり、ダイヤモンド工具やレーザー加工が必要になります。

高強度ですが脆性が高く、加工中にマイクロクラックが発生しやすいです。

大判タングステンロッド(>50mm)は、内部応力集中で鍛造または押出されるため、プロセスを最適化する必要があります。

開発動向:

ナノ結晶タングステン材料は、強度と硬度を向上させるために、粒子を<100nm に精製するために使用されます。

プラズマアシスト加工技術を開発し、加工クラックの低減と精度向上を実現。

タングステンマトリックス複合材料が研究され、強度と靱性のバランスをとるために、靱性向上相(ニッケルなど)が追加されます。

3.3.2 タングステンロッドの耐クリープ性

タングステンロッドは、高温(>2000°C)での耐クリープ性に優れており、大きな変形なしに長期間の応力に耐えることができます。クリープ抵抗は、タングステンの高い融点と安定した結晶構造に由来し、ドーパされたタングステンロッド(カリウムや希土類など)は、粒界の強化によってさらに強化されます。

アプリケーションシナリオ:

高温炉:タングステンロッドは、石英炉またはサファイア炉の支持体として使用され、長期間の高温応力にさらされます。

航空宇宙:タングステンロッドは、クリープ変形に抵抗するために高温風洞試験部品に使用されています。

科学研究:タングステンロッドは、長期的な寸法安定性を維持するために高温実験装置で使用されます。

工業用:タングステンロッドは、長期応力下での変形に耐えるために高温金型で使用されます。

技術的な課題:

非常に高い温度(>2500°C)での穀物の成長は、クリープ抵抗を低下させる可能性があり、微細構造を制御する必要があります。

長期間の運転は、表面の酸化またはドーパントの揮発を引き起こし、性能に影響を与える可能性があります。

ドーパタングステンロッドは、局所的な不均一な性能を避けるためにドーパントの分布を最適化する必要があります。

開発動向:

耐クリープ性をさらに向上させ、目標寿命を 30%延長するためのドーピング技術(複合希土類ドーピング等)の開発。

熱間静水圧プレス(HIP)プロセスは、粒界の欠陥を減らし、高温安定性を向上させるために使用されます。

クリープ挙動をリアルタイムに評価し、設計を最適化するための高温 in-situ モニタリング技術の研究。

3.3.3 タングステンロッドの靱性と被削性

タングステンロッドは靱性が低く、特に室温では脆いです。体心立方格子構造と高硬度は延性が悪く、高温(800~1500°C)または複数回のアニーリング時間で処理して可塑性を改善します。ドーパタングステンロッドは、希土類や酸化物(酸化セリウム、酸化ランタンなど)を添加することで靱性をわずかに向上させることができますが、それでも加工は困難です。

アプリケーションシナリオ:

絞り:タングステンロッドは、フィラメント製造のために高温と複数のアニーリングを必要とするタングステンフィラメント(直径 0.01~0.1mm)に引き込まれます。

著作権および法的責任に関する声明

精密部品:タングステンロッドは、高精度の加工技術が求められる半導体プローブや電極に加工されます。

溶接電極:ドーパタングステンロッド(WC20、WL20)を電極に加工し、靱性を最適化して寿命を延ばします。

金型製作:タングステンロッドは、レーザーまたは EDM 加工を必要とする複雑な形状の金型に加工されます。

技術的な課題:

常温では脆性が高く、加工により微小なクラックが発生しやすいため、歩留まりが低下します。

高温処理には、真空炉や誘導加熱器などの専用設備が必要で、コストがかかります。

小径のタングステンロッド(<1mm)は、引き抜き破壊のリスクが高く、変形の正確な制御が必要です。

開発動向:

ナノスケールのタングステン粉末焼結技術を開発し、結晶粒を微細化し、靱性と加工性を向上させる。

レーザー加工または EDM 加工は、機械的ストレスを軽減し、加工精度を向上させるために使用されます。

室温での靱性を向上させ、加工の難しさを軽減するための新しいドーパント(複合希土類など)の研究。

3.4 タングステンロッドの異なるタイプの特性の比較

タングステンロッド(純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーパタングステンロッド)の物理的、化学的、機械的特性には大きな違いがあり、その応用分野と性能に影響を与えます。

3.4.1 純粋なタングステンロッドと高純度のタングステンロッド

物理的特性の比較:

純粋なタングステン棒(純度 $\geq 99.9\%$):密度 19.0~19.25 g/cm³、融点 3410°C、熱膨張係数

4.5 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、熱伝導率 173 W / m $\cdot$ K、電気伝導率 18%IACS。10~50 μm の粒径と微量不純

物(100~500ppm)は、高温性能に影響を与える可能性があります。

高純度タングステンロッド(純度 $\geq 99.95\%$):密度が理論値 19.25 g/cm³に近く、粒子が細かく

(5~15 μm)、不純物含有量<50 ppm、導電性がわずかに良好(抵抗率約 5.3 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 対 5.5 $\mu\Omega$

$\cdot \text{cm}$)、蒸気圧が低く、クリーンな環境に適しています。

化学的性質の比較:

純粋なタングステンロッド:強力な耐食性ですが、酸素や炭素に対する微量の反応は高温

著作権および法的責任に関する声明

でより明白であり、大気を保護する必要があります。

高純度タングステンロッド:化学的安定性が高く、室温で化学薬品との反応がほとんどなく、高温での WO_3 形成速度が低く、真空またはクリーンルームアプリケーションに適しています。

機械的特性の比較:

純粋なタングステン棒:ピッカース硬度 350~450 HV、引張強度 700~1000 MPa、低靱性、高温焼鈍が加工に必要です。

高純度タングステンロッド:硬度はわずかに高く(400~500 HV)、引張強度は 800~1100 MPa で、粒子の微細化により強度が向上しますが、靱性はまだ限られており、精密加工が必要です。

アプリケーションの違い:

純粋なタングステンロッド:石英炉のコアロッド、フィラメント原料、カウンターウェイトなどの一般的な高温用途に適しています。

高純度タングステンロッド:半導体イオン注入装置用電極、スパッタリングターゲット、EUV 露光装置部品など、高精度でクリーンな環境向けに特別に設計されています。

技術的な課題:

純粋なタングステンロッドは安価ですが、不純物は性能の一貫性に影響を与える可能性があります。

高純度タングステンロッドの製造には、CVD 精製とクリーンルーム処理が必要であり、これには高コストと厳しい設備要件があります。

開発動向:

純粋なタングステンロッド:焼結プロセスを最適化し、不純物を減らし、性能の安定性を向上させます。

高純度タングステンロッド:3nm 未満のチップ製造のニーズを満たすために、超高純度タングステン(99.9999%)を開発します。

3.4.2 ドープタングステンロッドの特別な特性

物理的特性:ドープタングステンロッド(酸化セリウム、酸化ランタン、酸化トリウムなどの 0.5~2 重量%の希土類または酸化物を含む)は、ドーパントの密度が低いいため、純粋なタングステンロッド($19.0 \sim 19.2 \text{ g/cm}^3$)よりもわずかに密度が低くなります。結晶粒の微細化は $5 \sim 15 \mu\text{m}$ で、熱膨張係数と熱伝導率(約 $160 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)は純粋なタングステンロッドよりもわずかに低いですが、ドーパントの電子移動度が向上したため、電気伝導率はわずかに高くなります(約 $5.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$)。

著作権および法的責任に関する声明

化学的性質:ドーパントタングステンロッドは、タングステンの耐食性と化学的安定性を維持しますが、高温では、一部のドーパント(酸化トリウムなど)がわずかな反応を引き起こし、安定性が低下することがあります。希土類ドーピング(セリウムドーパ、ランタンドープなど)は非放射性であり、環境保護要件を満たし、化学的安定性に優れています。

機械的特性:ドーパされたタングステンロッドは、引張強度(1000~1200 MPa)と靱性を向上させるために粒界によって強化され、耐クリープ性が大幅に向上し、高温での長期応力に適しています。ピッカース硬度は 400~500HV で、純粋なタングステンロッドよりも加工性は優れていますが、それでも高温で加工する必要があります。

アプリケーションシナリオ:

溶接電極:ドーパタングステンロッド(WC20、WL20 など)は、アルゴンアーク溶接とプラズマ溶接に使用され、高いアーク安定性と低い燃え尽き率を備えています。

高温炉:カリウムドーパまたは希土類タングステンロッドは、2500°C 以上に耐えることができる真空炉発熱体に使用されます。

電子機器:ドーパタングステンロッドは、ブラウン管、マイクロ波デバイス、およびレーザーエミッターに使用されています。

新たな用途:3D プリント金属デバイス用の高温ノズルで、高温の金属溶融物に耐性があります。

技術的な課題:

ドーパントの均一性を制御することは困難であり、高温焼結は揮発を引き起こし、性能に影響を与える可能性があります。

トリウムドーパタングステンロッドの用途はわずかに放射性であり、環境に優しい代替品を開発する必要があります。

ドーピングプロセスは、生産の複雑さとコストを増加させ、レシピとプロセスの最適化が必要です。

開発動向:

アーク安定性、寿命、耐燃焼性を向上させるための複合希土類ドーピング ($\text{La}_2\text{O}_3 + \text{Y}_2\text{O}_3$ など)の研究開発。

ナノドーピング技術により、ドーピング量(<0.5wt%)を抑え、性能効率を向上させています。

地球環境基準(欧州 RoHS 指令など)に対応した非放射性・高性能電極の開発

3.5 CITA グループ株式会社のタングステンロッド MSDS

以下は、タングステンロッドの一般的な特性と業界標準に基づく安全性、健康、環境情報をカバーする Chinatungsten タングステンロッドの MSDS(製品安全データシート)の要約です。タングステンロッドは固体金属材料であるため、その MSDS 含有量は比較的簡潔で、主に加工と使用の潜在的なリスクに焦点を当てています。

著作権および法的責任に関する声明

製品安全データシート(MSDS)

製品名:タングステンロッド(純タングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーブタングステンロッド)

化学組成:

純粋なタングステン棒:タングステン(W)≥99.9%、微量不純物(Fe、Ni、C、O など、100～500ppm)。

高純度タングステンロッド:タングステン(W)≥99.95%、不純物<50ppm。

ドーブタングステンロッド:タングステン(W)97～99.5%、ドーパント(CeO₂、La₂O₃、ThO₂、K など)0.5～2 重量%。

物理的性状:密度 19.0～19.25 g/cm³、表面粗さ Ra1.6～3.2μm の固体金属棒。

ハザードの概要:

室温では重大な危険はなく、化学的安定性が高く、燃焼や爆発は容易ではありません。加工(切断、研削、溶接など)では、金属粉塵や煙が発生する可能性があり、吸入すると呼吸器への刺激を引き起こす可能性があります。

トリウムドーブタングステンロッド(WT20)には、わずかに放射性で特別な保護が必要な酸化トリウムが含まれています。

健康被害:

吸入:タングステン粉塵は気道を刺激する可能性があり、長期間の曝露は肺の不快感を引き起こす可能性があります。

皮膚への接触:固体タングステンロッドは無毒ですが、ほこりを処理すると軽度の皮膚刺激を引き起こす可能性があります。

アイコンタクト:ほこりは機械的な刺激を引き起こす可能性があるため、目で洗い流す必要があります。

摂取:誤って摂取する可能性は低く、少量の摂取はそれほど毒性はありませんが、避ける必要があります。

トリウムドーブタングステンロッド:酸化トリウム粉塵への長期曝露は放射線のリスクを高める可能性があり、曝露を制御する必要があります。

安全上のご注意:

個人用保護具:加工中は、防塵マスク(N95 以上)、保護メガネ、手袋を着用してください。

換気:処理エリアには、粉塵濃度を制御するために、局所排気または粉塵除去システムを装備する必要があります。

放射線防護(トリウムドーブタングステンロッド):特殊なドラフトを使用し、放射線レベルを定期的に監視し、地域の規制(例:中国 GB 18871-2002)を遵守してください。

取り扱いと保管:

著作権および法的責任に関する声明

乾燥した換気の良い倉庫に保管し、強力な酸化剤(濃硝酸など)との接触を避けてください。
静電気の蓄積による粉塵爆発を防ぐために、処理装置は接地する必要があります。
廃タングステンロッドは金属廃棄物としてリサイクルされ、トリウムドーパントタングステン
ロッドは放射性廃棄物の規制に従って処分する必要があります。

応急処置:

吸入:人を新鮮な空気に移動し、必要に応じて医師の診察を受けてください。

皮膚への接触:石鹸と水で皮膚を洗い、必要に応じて医師の診察を受けてください。

アイコンタクト:少なくとも 15 分間多量の水ですすぎ、必要に応じて医師の診察を受けて
ください。

摂取量:すぐに口をすすぎ、水で希釈し、必要に応じて医師の診察を受けてください。

環境への影響:

タングステンロッド自体は環境に有毒ではありませんが、粉塵の処理は空気や水域を汚染
する可能性があるため、適切に収集する必要があります。

トリウムドーパントタングステンロッドをドーパした廃棄物は、環境汚染を避けるために放射性廃棄
物規制に従って処分する必要があります。

規制情報:

これは、中国 GB/T 4187-2017(タングステンロッド規格)および YS/T 695-2009(タングス
テン電極規格)に準拠しています。

トリウムドーパントタングステンロッドは、国際原子力機関(IAEA)の放射性物質安全コード
および中国の GB 18871-2002(電離放射線に対する保護のための基準)の対象となります。

配送情報:

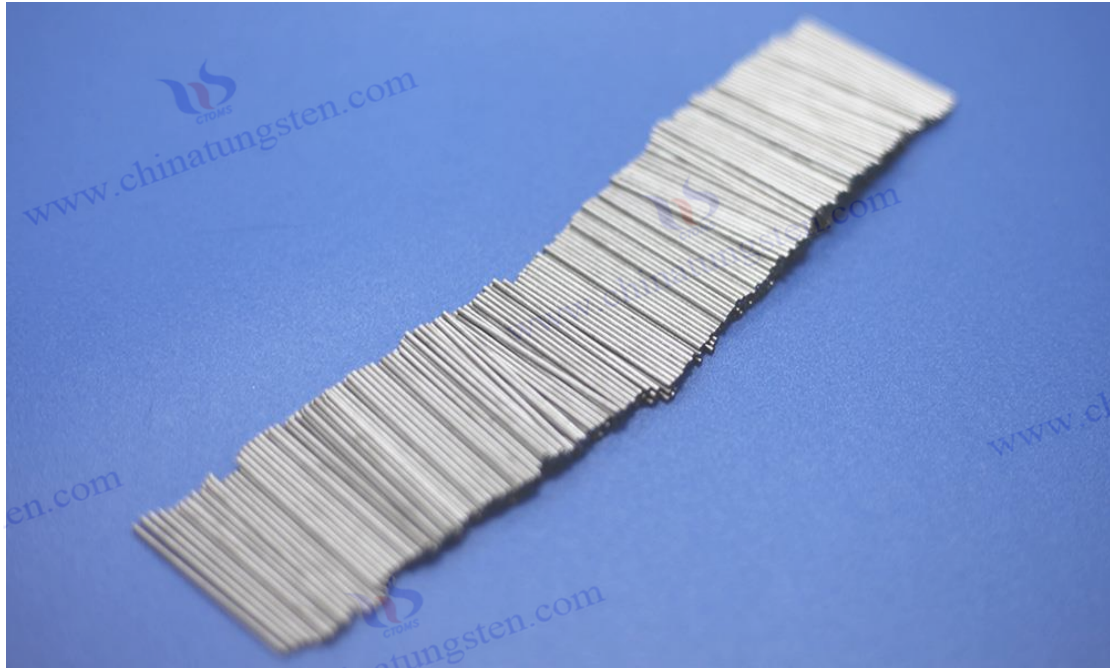
国際海事機関(IMO)および国際航空運送協会(IATA)の要件に沿った非危険物の輸送。

トリウムドーパントタングステンロッドには、放射性警告のマークが付けられ、規制に従って
包装および輸送されなければならない。

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 タングステンロッド

第4章 タングステンロッドの製造と 製造技術

高性能高融点金属材料として、タングステンロッドの調製プロセスには、複雑な原材料処理、粉末冶金、変形処理、後処理、およびさまざまなタイプのタングステンロッドのカスタマイズされた技術が含まれます。タングステンの高融点(3410°C)、高密度(19.25 g/cm³)、および独自の機械化学的特性は、生産設備とプロセス制御に厳しい要求を課します。この章では、原材料の準備、粉末冶金技術、変形処理技術、大規模なタングステンロッドの準備、後処理技術、およびタングステンロッドの異なるタイプ(純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーパントタングステンロッド)のプロセス特性を含む、タングステンロッドの調製と製造プロセスについて詳しく説明します。

4.1 タングステンロッドの原料の調製

タングステンロッドの調製は、タングステン鉱石の採掘と精製、タングステン粉末の調製、および合金元素またはドーパントの添加を含む、高品質の原材料の取得と加工から始まります。これらのステップは、タングステンロッドの純度、性能、生産効率に直接影響します。

4.1.1 タングステン鉱石の採掘と精製

タングステンロッドの原料は主にタングステン鉱石に由来し、一般的なタイプには鉄マンガング重石(FeMnWO_4)と灰重石(CaWO_4)が含まれます。採掘は通常、鉱床の地質条件に応じて、露天掘りまたは地下採掘方法を使用して行われます。採掘された鉱石は、高純度のタングステン化合物を得るために、複数の精製段階を経ます。

過程:

鉱石の破碎と粉碎:原鉱石を小さな粒子(<10 mm)に破碎し、ボールミリングまたはロッド

著作権および法的責任に関する声明

ミリングによってミクロンレベル(10~100 μm)までさらに精製して、その後の選鉱の効率を向上させます。

選鉱:重力選鉱(ジグ、シェーカーなど)、浮選、または磁気分離技術を使用して、脈石からタングステン鉱石を分離し、高品位のタングステン精鉱(WO_3 含有量 60~70%)を得ます。

化学精製:タングステン濃縮物を焙煎(500~800°C)して硫黄やヒ素などの不純物を除去し、続いてアルカリ(水酸化ナトリウム)または酸(塩酸)を浸出させてタングステン酸ナトリウム(Na_2WO_4)またはタングステン酸(H_2WO_4)を生成します。

結晶化と精製:溶媒抽出またはイオン交換によるさらなる精製により、純度 99.9%以上の高純度タングステン酸アンモニウム(APT、 $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$)を生成します。

キーポイント:

選鉱プロセスは、不純物(シリコン、リン、鉄など)を減らすために正確に制御する必要があります。

アルカリ浸出法は鉄マンガ重石に適しており、酸性浸出法は灰重石に適しており、鉱石の種類に応じてプロセスを最適化する必要があります。

高純度 APT は、高純度タングステンロッドの調製のための主要な原料であり、炭素や酸素などの不純物は厳密に制御する必要があります。

4.1.2 タングステン粉末の調製

タングステン粉末は、タングステンロッドの調製のためのコア原料であり、タングステン酸アンモニウムまたは酸化タングステン(WO_3)を水素で還元することによって得られ、粒子サイズと純度は直接タングステンロッドの特性に影響を与えます。

過程:

酸化物調製:タングステン酸アンモニウムは、空気中(400~600°C)で焼成され、酸化タングステン(WO_3)または WO_2 に分解され、色は黄色または青緑色です。

水素還元:酸化タングステン、マルチチューブ炉または回転炉で 600~900°C で高純度水素(99.999%)に還元されます:最初に WO_2 (茶色)に、次に次にタングステン金属粉末(灰色)に。酸素や窒素の汚染を避けるために、還元性雰囲気厳密に制御する必要があります。

ふるい分けと分類:均一な粒子サイズのタングステン粉末(0.5~5 μm)は、振動スクリーンまたは空気の流れの分類によって得ることができ、これはさまざまな種類のタングステンロッドに適しています(たとえば、純粋なタングステンロッドはより大きな粒子サイズを必要とし、高純度のタングステンロッドはより細かい粒子サイズを必要とします)。

品質管理:蛍光 X 線分析法(XRF)または誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)を使用して不純物を検出し、純度 $\geq 99.9\%$ (高純度タングステン粉末 $\geq 99.95\%$)を確保します。

キーポイント:

著作権および法的責任に関する声明

還元温度と水素流量は、タングステン粉末の粒子サイズと形態を制御するために正確に調整する必要があります。

高純度タングステン粉末は、粉塵汚染を避けるために、清潔な環境で製造する必要があります。

タングステン粉末は、酸化や吸湿を防ぐために保管のために密封する必要があります。

4.1.3 合金元素とドーパントの添加

ドーパタングステンロッドまたはタングステン合金ロッドを調製するためには、合金元素またはドーパントをタングステン粉末に添加して、アーク安定性、耐クリープ性または加工性を向上させる必要があります。

芸:

ドーパントの選択:一般的なドーパントオプションには、希土類酸化物(酸化セリウム CeO_2 、

酸化ランタン La_2O_3 、イットリウム Y_2O_3 、0.5~2 wt%)、酸化物(トリウム ThO_2 、ジルコニ

ア ZrO など)または微量のカリウム(50~100 ppm)が含まれます。合金元素には、ニッケル、

鉄、銅が含まれ、高密度タングステン合金ロッドの調製に使用されます。

混合方法:ドーパントは、ドーパントが均一に分布するように、高エネルギーボールミリングまたは噴霧乾燥によってタングステン粉末と均一に混合されます。ボールミルの時間

は、粉体の過度な細かさや汚染を避けるために 4~8 時間に制御されています。

溶液ドーピング:ドーパントを硝酸塩(硝酸ランタンなど)の形で水に溶解し、タングステン粉末の表面に噴霧し、乾燥後に均一なドーピングを形成します。

品質管理:走査型電子顕微鏡(SEM)を使用してドーパント分布を分析し、XRF を使用してドーピング量を検出し、設計要件(例: CeO_2 含有量 $2\%\pm 0.1\%$)への準拠を確認しました。

キーポイント:

ドーパントの粒子サイズは、凝集を避けるためにタングステン粉末(通常は $< 1\mu\text{m}$)の粒子サイズに一致させる必要があります。

トリウムドーパタングステンロッドは、酸化トリウムがわずかに放射性であるため、特別な保護が必要です。

合金元素の割合は、タングステンの融点または耐食性が低下するのを防ぐために制御する必要があります。

4.2 タングステンロッドの粉末冶金技術

粉末冶金は、タングステンロッド調製のコア技術であり、粉末の混合、プレス、高温焼結によりタングステン粉末を緻密な棒状のブランクに変換し、その後の変形処理の基礎を提供します。

4.2.1 粉末の混合とプレス

粉末混合:タングステン粉末(またはドーパタングステン粉末)をバインダー(ポリビニルアルコール PVA など)と機械的混合または噴霧乾燥により混合し、流動性と成形性を確保し

ます。混合装置には、粉末の酸化や汚染を避けるために、混合時間が2〜4時間の遊星ミルまたはVミキサーが含まれます。

プレス加工:

冷間静水圧プレス(CIP):混合されたタングステン粉末を柔軟な金型に装填し、100〜200MPaの圧力で約50〜60%の理論密度で棒状のブランクにプレスします。CIPは大型ブランクに適しており、均一性に優れています。

成形:50〜150 MPaの圧力で小ロットまたは小径ブランクに適した鋼ダイを使用して油圧プレスを行います。

プロセス制御:ブランクのひび割れを防ぐために、プレス速度を遅くする必要があります(0.5〜1 mm / s)。ブランクは真空または不活性雰囲気中で脱脂され、バインダーが除去されます。

キーポイント:

ブランクの表面欠陥を減らすために、金型の表面は滑らかである必要があります。

加圧力は、粉末の粒度とドーパントの種類に応じて調整する必要があります。

ほこりの汚染を避けるために、クリーンな環境(e.g. ISO クラス 7)。

4.2.2 高温焼結

高温焼結は、タングステン粉末粒子が高温で結合されて高密度ブランクを形成する粉末冶金の重要なステップです。

過程:

焼結装置:水素保護炉または真空焼結炉を採用し、温度は2000〜2800°C、時間は1〜3時間保たれます。

焼結プロセス:タングステン粉末ブランクは、5〜10%の気孔率と90〜95%の理論密度で、高温で粒子拡散および結合を受けます。焼結は、予備焼結(1000〜1500°C、揮発性不純物の除去)とメイン焼結(2000〜2800°C、緻密化)に分けられます。

雰囲気制御:酸化に対する水素保護、流量0.5〜2m³/h;真空焼結(10^{-3} 〜 10^{-5} Pa)は、ガス吸着を減らすために高純度のタングステンロッドに適しています。

冷却:熱応力による亀裂を防ぐために、ゆっくりと冷却します(10〜20°C / min)。

キーポイント:

焼結温度は、タングステン粉末の粒径とドーパントの種類に応じて最適化する必要があります。高すぎると粒が大きすぎる可能性があります。

炉内の雰囲気は、炭素や酸素の汚染を避けるために、高純度(99.999%)である必要があります。

焼結ブランクは、内部の多孔性や亀裂をチェックするために超音波検査する必要があります。

4.2.3 焼結タングステンロッドの性能最適化

焼結タングステンロッド(黒色ロッド)は、アプリケーションの要件を満たすためにさらに最適化する必要があります。

最適化方法:

二次焼結:真空炉で 2200~2600°C の短期二次焼結(0.5~1 時間)を行うと、空隙率がさらに <2%に減少し、密度が 19.0g/cm³以上に増加します。

熱間静水圧プレス(HIP):2000°C、100~200MPa で加工し、微細孔を排除し、密度は理論値 19.25g/cm³に近づけました。

表面洗浄:表面の酸化物層を化学洗浄(塩酸またはフッ化水素酸)で除去し、Ra 3.2~6.4μm の粗さを実現します。

微細構造の調整:粒径(10~50μm)を最適化し、焼結時間と冷却速度を制御することで強度を高めます。

キーポイント:

HIP プロセスには、高性能タングステンロッド用の特別な装置が必要です。

表面の清掃は、酸の危険を避けるために、換気された環境で実施する必要があります。

性能の最適化には、強度の損失を防ぐために、粒径と多孔性のバランスをとる必要があります。

4.3 タングステンロッド変形加工技術

変形処理は、熱間鍛造、熱間押出、圧延、絞りを通じてタングステンロッドの密度、強度、寸法精度をさらに向上させ、さまざまな用途のニーズを満たすことができます。

4.3.1 熱間鍛造(ハンマー鍛造、回転鍛造)

熱間鍛造は、焼結タングステンロッドを高温の機械的変形により高密度の棒に加工し、ハンマー鍛造と回転鍛造に分けられます。

ハンマー鍛造プロセス:

設備:エアハンマーまたは油圧鍛造機、鍛造温度 1200~1500°C、水素またはアルゴン保護。

プロセス:焼結タングステンロッドは 1200°C に予熱され、毎回 10〜20%の変形を伴う複数のパスで鍛造され、徐々に直径が小さくなり、密度が増加します(19.0〜19.25 g/cm³)。

後処理:鍛造後(1000〜1200°C)に焼きなましを行い、応力を緩和し、表面を Ra 1.6〜3.2μm の粗さに回転させます。

ロータリースウェーjingプロセス:

設備:1200〜1400°C の高周波誘導ヒーターを備えたロータリースウェーjingマシン。

プロセス:タングステンロッドは、回転ダイ内で多方向の圧力を受け、均一に変形するため、小径および中径のロッド(5〜50mm)に適しています。

利点: ロータリースウェーjingは、ハンマースウェーjingよりも均一で、ひび割れのリスクが低く、高精度のアプリケーションに適しています。

キーポイント:

鍛造温度は、過熱や過粒度を避けるために正確に制御する必要があります。

内部応力の集中を防ぐために、変形量を段階的に制御する必要があります。

保護雰囲気(アルゴンなど)は、表面の酸化を防ぎます。

4.3.2 熱間押出

熱間押出成形は、高密度で強度の高い、大きな仕様または複雑な断面を持つタングステンロッドの成形に使用されます。

過程:

予熱:焼結タングステンロッドは 1300〜1600°C に加熱され、水素またはアルゴンで保護されます。

押出成形:タングステンロッドは、直径 20〜100 mm、密度 19.0〜19.2 g/cm³の油圧押出機(500〜1000 MPa)によって押出されます。

矯正と冷却:押し出し後、ゆっくりと(10〜20°C / min)冷却し、矯正器を使用して形状を調整します。

表面処理:Ra 1.6〜3.2μm の粗さに旋削または研削します。

キーポイント:

金型は、摩耗を減らすために、耐熱性のある材料(モリブデンやセラミックなど)で作る必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

割れを防ぐために、押し出し速度(0.1~0.5 mm/s)を遅くする必要があります。

大口徑押出成形には、コスト管理のための高トン数設備が必要です。

4.3.3 ローリング

タングステンロッドは、高い寸法精度と良好な表面品質で、熱間圧延または冷間圧延によって中小径(5~20 mm)に加工されます。

過程:

熱間圧延:焼結または鍛造されたタングステンロッドを 1000~1300°C に加熱し、複数回のパスで圧延することにより徐々に直径を小さくします(15~25%の変形)。

冷間圧延(オプション):小径のタングステンロッド(<10mm)を室温または低温(<500°C)で圧延し、精度を向上させます。

焼鈍:900~1100°C での焼鈍により、加工硬化がなくなり、割れが防止されます。

表面処理:粗さ Ra 1.6~3.2μm に研磨。

キーポイント:

熱間圧延には、タングステンの硬度に耐えるために高温ロール(モリブデン合金など)が必要です。

冷間圧延は小径に限られ、高精度な設備が必要です。

アニーリング雰囲気は、表面の汚染を防ぐために純粋でなければなりません。

4.3.4 引っ張り

絞り加工は、小径のタングステンロッド(<5mm)の製造に使用され、タングステンワイヤーと精密電極の製造のための重要なプロセスです。

過程:

ブランクの準備:鍛造または圧延されたタングステンロッド(直径 5~10 mm)を使用します。

絞り加工:ダイヤモンドダイを 800~1000°C で複数回のパスで絞り込み、毎回 5~10%の直径を 0.01mm の最終直径(タングステンワイヤー)に絞ります。

潤滑とアニーリング:グラファイトまたは二硫化モリブデンによる潤滑と定期的なアニーリング(900~1100°C)により、ストレスを緩和します。

クリーニング&ポリッシング:ケミカルクリーニングは、潤滑剤とポリッシングを Ra 1.6~3.2 μm の粗さまで除去します。

著作権および法的責任に関する声明

キーポイント:

ダイヤモンドダイは、精度を維持するために定期的に交換する必要があります。

絞り速度(1~5 m/min)は、破損を防ぐために制御する必要があります。

高温延伸には酸化を防ぐため、不活性雰囲気が必要です。

4.4 大規模タングステンロッドの調製

大型のタングステンロッド(直径 20mm>)は、高密度と高強度により、航空宇宙、軍事、産業分野で広く使用されています。

4.4.1 技術的な困難と課題

大規模なタングステンロッドの調製は、以下の技術的困難に直面しています。

高密度要件:理論密度(19.25 g/cm^3)に近い焼結および変形処理では、多孔性を厳密に制御する必要があります。

内部欠陥:大径ブランクは、多孔性、亀裂、または応力集中が発生しやすく、強度に影響を与えます。

設備の制限:押出成形または鍛造には、金型材料と加熱システムに対する高い要件がある大型トン数(>1000 トン)の設備が必要です。

均一性:大型のバーは、焼結および加工中に不均一な粒子や組成の偏析が発生しやすくなります。

コスト管理:高温および高トン数の処理のための高いエネルギー消費、速い金型の摩耗、および生産コストの増加。

4.4.2 高密度タングステンロッドの調製方法

過程:

大判ピレットプレス:大口径ピレット(直径 50~100mm)は、理論密度 50~60%の密度で冷間静水圧プレス(200~300MPa)によって調製されます。

高温焼結:2200~2800°C で 2~4 時間、真空炉または水素炉で 90~95%の密度で焼結します。

熱間静水圧プレス(HIP):2000°C、150~200 MPa で 1~2 時間、微孔性を排除し、密度は 19.25 g/cm^3 に近づきます。

熱間押出成形:1300~1600°C、800~1200 MPa、直径 20~100 mm、表面粗さ $Ra 3.2 \sim 6.4 \mu\text{m}$ で押出。

後処理:応力緩和のためのアニーリング(1000~1200°C)と粗さ $Ra 1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$ への旋削。

著作権および法的責任に関する声明

キーポイント:

HIP プロセスは高密度化の鍵であり、超高圧装置が必要です。

押出ダイは、摩耗を減らすために、高温耐性のある材料(モリブデン合金など)で作られている必要があります。

焼結と押出成形は、均一な温度を確保するためにセクションで加熱されます。

4.4.3 プロセスの最適化とイノベーション

最適化対策:

段階的焼結:多段加熱(1000°C 予備焼結、2500°C 主焼結)を使用して、過剰な粒径を縮小します。

複合金型:モリブデンベースまたはセラミックコーティングされた金型を使用して、金型の寿命を延ばします。

自動制御:センサーは、温度、圧力、雰囲気監視して、プロセスの一貫性を向上させます。

連続押出成形:連続高温押出ラインを開発して、インタークーリングと再加熱を減らし、効率を向上させます。

グレインコントロール:粒径(10~30μm)を最適化し、カリウムや希土類などの微量のドーパントを添加して強度を高めます。

キーポイント:

自動制御には、リアルタイムの監視を確保するために、温度センサーと圧力センサーが統合されている必要があります。

複合金型は、変形や摩耗を防ぐために定期的なメンテナンスが必要です。

ドーパントは、高温での性能を防ぐために正確に追加する必要があります。

4.5 タングステンロッドsの後処理技術

後処理技術には、タングステンロッドの性能、表面品質、および寸法精度を最適化するための熱処理、表面処理、および精密機械加工が含まれます。

4.5.1 熱処理

熱処理は、加工応力を緩和し、微細構造を最適化し、アニーリングまたはエージング処理を通じてタングステンロッドの機械的特性を改善します。

過程:

ストレスリリーフアニーリング:冷却速度 10~20°C/分の真空炉または水素炉で 1000~1200°C で 1~2 時間保持し、内部応力を軽減します。

再結晶アニーリング:1400~1600°C で 0.5~1 時間インキュベートし、粒径(10~30μm)を調整して靱性を向上させます。

著作権および法的責任に関する声明

老化処理(ドーピングタングステンロッド):ドーパント分布を安定させ、アーク性能を向上させるために、800～1000℃で2～4時間保温します。

キーポイント:

アニール雰囲気は、酸化を防ぐために高純度(99.999%水素または 10⁻⁵Pa 真空)である必要があります。

温度と保持時間は、タングステンロッドの種類(純粋なタングステンまたはドーピング)に応じて調整する必要があります。

熱応力による亀裂を避けるために、冷却はゆっくりと行う必要があります。

4.5.2 表面処理(研磨、洗浄)

表面処理は、タングステンロッドの表面品質と清浄度を向上させ、高精度のアプリケーションのニーズを満たすことができます。

研磨プロセス:

機械研磨:電極や半導体部品の溶接に適したダイヤモンド砥石やアルミナ砥粒を用いて、Ra 1.6～3.2μm の粗さに研磨します。

化学研磨:フッ化水素酸と硝酸の混合物(比率 1:3)を使用して 10～30 秒間浸漬し、表面の酸化物層を除去し、鏡面効果を実現します。

電解研磨:タングステンロッドを陽極、リン酸塩系電解質処理として使用し、表面粗さは Ra1.6μm 以下に達することができます。

クリーニングプロセス:

化学洗浄:希塩酸または灰汁(水酸化ナトリウム)で洗浄し、表面の油分と酸化物を取り除きます。

超音波洗浄:脱イオン水に洗浄剤を加え、5～10 分間超音波洗浄して清潔さを確保します。

プラズマ洗浄:真空プラズマ装置内の微量汚染物質の除去で、高純度のタングステンロッドに適しています。

キーポイント:

研磨は、二次汚染を防ぐために、清潔な環境(ISO クラス 5)で行う必要があります。

化学洗浄は、タングステンロッドの腐食を避けるために、酸とアルカリの濃度を制御する必要があります。

プラズマ洗浄は高精度のアプリケーションに適しており、特別な装置が必要です。

4.5.3 精密加工と切削

精密機械加工と切断は、高精度の要件を満たすために特定の形状とサイズのタングステンロッドを製造するために使用されます。

過程:

旋削:直径公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 、表面粗さ $Ra 1.6\sim 3.2\mu\text{m}$ の加工用ダイヤモンド工具を備えた CNC 旋盤。

研削:公差 $\pm 0.02\text{mm}$ の小径タングステンロッド($< 5\text{mm}$)をセンターグラインダーまたはセンターレスグラインダーで加工します。

放電加工(EDM):複雑な形状や大型のタングステンロッドを $\pm 0.01\text{mm}$ の精度で切断し、軍用部品に適しています。

レーザー切断:高出力レーザーを使用して、小径のタングステンロッドまたはマイクロパーツ、小さな熱影響部、高精度を切断します。

キーポイント:

ダイヤモンド工具は、切削精度を維持するために定期的に交換する必要があります。

EDM は、表面の火傷を防ぐために放電パラメータを制御する必要があります。

レーザー切断では、酸化を減らすために不活性ガス保護が必要です。

4.6 タングステンロッドの異なるタイプのプロセス特性

タングステンロッドの種類が異なれば(純タングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーピングタングステンロッド)、組成と用途の違いにより、調製プロセスが異なります。

4.6.1 純粋なタングステンロッドプロセス

プロセス特性:

原材料:純度 $\geq 99.9\%$ 、粒子径 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ のタングステン粉末、および不純物(Fe、C、O など)

は $100\sim 500\text{ppm}$ に制御されています。

粉末冶金:冷間静水圧プレス($100\sim 200\text{MPa}$)ピレット、水素保護焼結($2000\sim 2800^\circ\text{C}$)、密度 $90\sim 95\%$ 。

変形:熱間鍛造または圧延($1200\sim 1500^\circ\text{C}$)、マルチパス変形、最大 $19.0\sim 19.25\text{ g/cm}^3$ の密度。

後処理:応力緩和のためにアニール($1000\sim 1200^\circ\text{C}$)し、 $Ra 1.6\sim 3.2\mu\text{m}$ の粗さに旋削または研磨します。

アプリケーション指向:このプロセスはコスト管理に重点を置いており、一般的な高温アプリケーション(石英炉のコアロッド、フィラメント原料など)に適しています。

キーポイント:

焼結温度は、結晶粒の成長と細孔の除去のバランスをとる必要があります。

加工技術はシンプルで、必要な設備は比較的低いです。

表面処理は、工業的な精度を満たすために主に機械研磨です。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

4.6.2 高純度タングステンロッドプロセス

プロセス特性:

原材料:純度 $\geq 99.95\%$ 、粒子サイズ $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 、不純物 $<50\text{ppm}$ のタングステン粉末で、化学気相成長法(CVD)によって精製されています。

粉末冶金:超高真空(10^{-5}Pa)で 98%以上の密度と $<1\%$ の空隙率で焼結($2600\sim 2800^{\circ}\text{C}$)します。

変形:ロータリースウェーjingまたはローリング($1200\sim 1400^{\circ}\text{C}$)で 10~15%の変形を行い、細粒($5\sim 15\mu\text{m}$)を確保します。

後処理:電解研磨またはプラズマ洗浄、粗さ $Ra\ 1.6\sim 3.2\mu\text{m}$ 、クリーンルーム(ISO クラス 5)パッケージング。

アプリケーション指向:このプロセスは高純度と清浄度を強調しており、半導体、医療、および EUV リソグラフィーマシンのコンポーネントに適しています。

キーポイント:

精製・焼結には、コンタミネーションを防ぐための超高純度装置が必要です。

加工には、粉塵や不純物を抑えるためのクリーンな環境が必要です。

後処理は、表面品質を確保するための主に化学的または電解研磨です。

4.6.3 ドープタングステンロッドプロセス

プロセス特性:

原材料: $0.5\sim 2$ 重量%のドーパント(CeO_2 、 La_2O_3 、 ThO_2 、K など)をタングステン粉末に添加し、ボールミリングまたは溶液ドーピングにより均一に混合します。

粉末冶金:ドーパントの揮発を防ぐための焼結温度 $2300\sim 2600^{\circ}\text{C}$ (純粋なタングステンロッドより低い)、密度 95~98%。

変形:絞り加工または回転スウェーjing加工($800\sim 1400^{\circ}\text{C}$)、ドーパントにより靱性を向上させ、ひび割れのリスクを低減します。

後処理:アニール($800\sim 1000^{\circ}\text{C}$)安定化ドーパント、粗さ $Ra\ 1.6\sim 3.2\mu\text{m}$ に研磨、放射線防護用のトリウムドーブタングステンロッド。

アプリケーション指向:溶接電極および高温炉部品用のプロセス最適化アーク安定性と耐クリープ性。

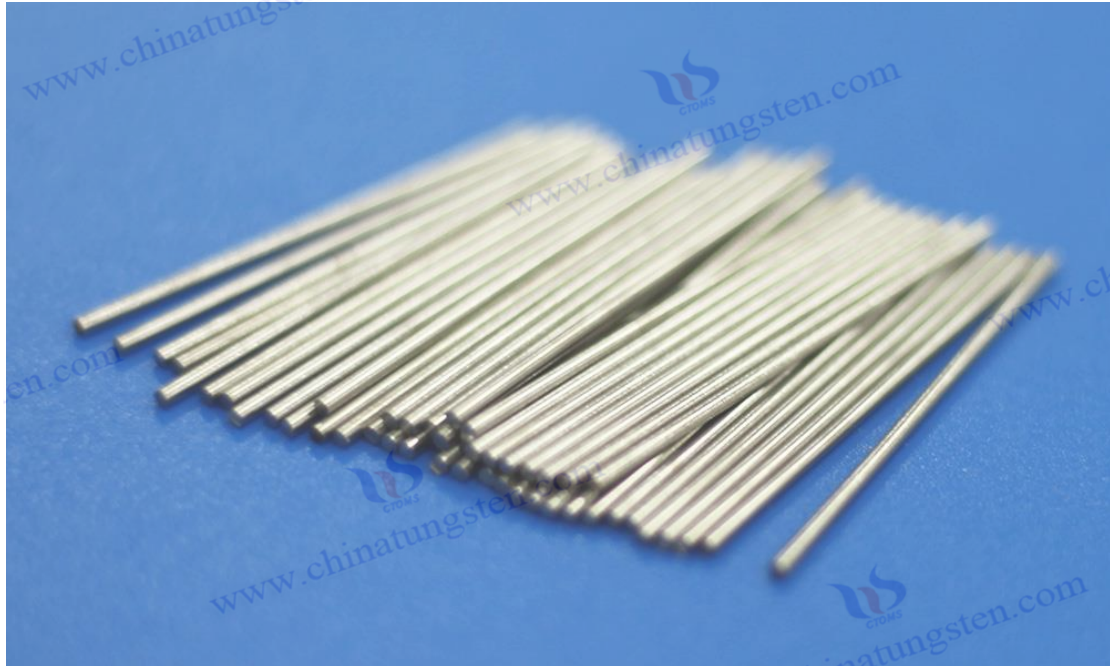
キーポイント:

ドーパントは、パフォーマンスの不均一を避けるために均等に分散させる必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

トリウムドーピングタングステンロッドは、放射能規制に準拠するために特別な保護が必要です。

絞り加工では、加工の成功率を向上させるために複数回の焼鈍が必要です。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第5章タングステンロッドの使用

高融点(3410°C)、高密度(19.25 g/cm³)、優れた機械的強度、耐食性、化学的安定性を備えたタングステンロッドは、多くの分野でかけがえのないアプリケーション価値を示しています。工業生産から軍事防衛まで、電子照明から航空宇宙、医学研究や日常生活まで、タングステンロッドとその派生物は高性能シナリオで広く使用されています。この章では、産業、軍事および防衛、電子機器および照明、自動車および航空宇宙、医学および科学研究、および石英炉コアロッド、徹甲弾コア、タングステンワイヤー電極、航空宇宙高温コンポーネント、放射線遮蔽、スポーツ用品など、その他の分野でのタングステンロッドの特定の使用について詳しく説明します。

5.1 タングステンロッドの工業用途

タングステンロッドの工業用途は、主に高温、高負荷、精密製造環境に集中しており、その高い融点と寸法安定性により、極端な作業条件下で理想的な材料となっています。

5.1.1 石英炉用タングステンコアロッド

石英炉は、主に光ファイバー、半導体、太陽光発電産業に供給される高純度石英ガラスの製造に使用されます。タングステンロッドは炉のコアロッドとして使用され、2000〜2500°Cの高温に耐えて構造安定性を維持し、石英溶融物の均一な流れを確保します。

アプリの機能:

著作権および法的責任に関する声明

材料要件:純粋なタングステンロッド(純度 $\geq 99.9\%$)または高純度のタングステンロッド($\geq 99.95\%$)、直径 10~50 mm、石英の付着を防ぎます。

機能:コアロッドは炉本体の中央に固定されており、クォーツブランクをチューブまたはロッド形状に溶かすように導き、高温とわずかな酸化雰囲気中に耐えることができます。
利点:タングステンの高い融点と低い熱膨張係数($4.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)により、長期間の操作中に軟化したり変形したりすることはありません。蒸気圧が低いため、炉内の汚染が減少します。
典型的なシナリオ:5G 通信基地局または太陽電池基板用の光ファイバプリフォームまたは石英管の製造。

キーポイント:

コアロッドは、石英の残留物が表面品質に影響を与えないように、定期的に清掃する必要があります。

水素または不活性雰囲気の保護により、長寿命を実現します。

精密加工により、コアロッドの真円度と真直度を確保し、高精度の石英製品の要件を満たします。

5.1.2 単結晶シリコンウェーハの調製

単結晶シリコンウェーハは半導体チップ製造のコア材料であり、タングステンロッドはチョクラルスキー単結晶炉の発熱体、支持体、またはシードクランプロッドとして使用されます。

アプリの機能:

材料要件:高純度タングステンロッド(純度 $\geq 99.95\%$)、直径 5~20 mm、シリコン溶融物の汚染を防ぎます。

機能:シードクリスタルクランプロッドとして、シリコンシードクリスタルを固定し、単結晶の成長を導くことができます。発熱体として、 2300°C の高温に耐え、安定した熱場を提供します。

利点:高い化学的安定性により、高純度シリコンの汚染がありません。高強度と耐クリープ性により、長時間の高温運転をサポートします。低蒸気圧は真空環境に適しています。

典型的なシナリオ:5nm チップ製造用の 8~12 インチ単結晶シリコンウェーハの製造。

キーポイント:

タングステンロッドは、不純物の侵入を避けるために、クリーンルームで処理および保管する必要があります。

クランプロッドは、種結晶との完全な位置合わせを確保するために、高精度で機械加工する必要があります。

穀物の成長が性能に影響を与えるのを防ぐために、発熱体を定期的に交換してください。

5.1.3 希土類元素の精製

新エネルギー、磁性材料、触媒の分野では、ランタン、セリウム、ネオジムなどの希土類

元素が不可欠であり、タングステンロッドは、電解炉や高温溶解炉のレアアース精製の電極やるつぼ支持体として使用されています。

アプリの機能:

材料要件: 純粋なタングステンロッドまたはドーブタングステンロッド(セリウムまたはランタンドープ、0.5~2 wt%)、直径 10~30 mm。

機能: 電極として、タングステンロッドは電解精製で安定した電流を供給します。支持体として、1600~2000°C の高温に耐え、構造を無傷に保ちます。

利点: 強い耐食性、希土類溶融侵食に対する耐性。ドーブタングステンロッドは、アークの安定性を改善し、電極の寿命を延ばします。高密度により、機械的安定性を確保します。代表的なシナリオ: 風力発電や自動車の排気触媒の永久磁石用の高純度ランタン(La)またはセリウム(Ce)の製造。

キーポイント:

ドーブされたタングステンロッドは、一貫したアーク性能を確保するために均一にドーブする必要があります。

電極の表面は、希土類残留物を減らすために研磨する必要があります。

電解炉は、タングステンロッドの酸化を防ぐために不活性雰囲気が必要です。

5.1.4 サファイアクリスタル炉用タングステンるつぼ

サファイア結晶(Al_2O_3)は、LED 基板や光学窓の主要材料であり、タングステンロッドは、2200~2400°C の温度に耐えるサファイア結晶成長炉でるつぼや支持体に加工されます。

アプリの機能:

材料要件: 高純度タングステンロッド(純度 $\geq 99.95\%$)、直径 20~100 mm、るつぼに加工し

た後の表面粗さ R_a 1.6~3.2 μm 。

機能: タングステンるつぼには溶融アルミナが含まれており、支持体はるつぼまたは種結晶を固定し、熱場を安定させ、単結晶の成長を促進します。

利点: 高い融点と耐クリープ性により、るつぼが変形しません。熱膨張係数が低いため、熱応力が軽減されます。高密度は機械的なサポートを提供します。

典型的なシナリオ: LED 照明またはスマートフォンの画面用の 4~6 インチのサファイアクリスタルの製造。

キーポイント:

るつぼは、滑らかな内壁を確保し、結晶欠陥を減らすために精密に機械加工する必要があります。

真空または水素保護により、タングステンるつぼの酸化を防ぎます。

著作権および法的責任に関する声明

るつぼは、亀裂が結晶の品質に影響を与えるのを防ぐために、定期的に検査する必要があります。

5.2 タングステンロッドは軍事および国防で使用されます

タングステンロッドの高密度と強度は、軍事および防衛分野、特に徹甲コアや高爆発性タングステンロッドで重要な用途となっています。

5.2.1 徹甲弾

徹甲弾は戦車砲や対装甲兵器に使用され、タングステン合金ロッドは高密度で硬度が高いため理想的な材料です。

アプリの機能:

材料要件:タングステン合金棒(W-Ni-Fe または W-Ni-Cu、タングステン含有量 90~95 wt%)、

密度 18.0~18.5 g/cm³、直径 10~30 mm。

機能:コアは高速衝撃(>1500 m/s)で装甲を貫通し、高密度に依存して運動エネルギーを提供し、高硬度により断片化しません。

利点:劣化ウランコアよりも環境に優しく、ウランに近い密度(19.1g/cm³)。優れた引張強度(800~1200 MPa)により、衝撃安定性が保証されます。加工性能が良く、成形が容易です。

典型的なシナリオ:120 mm 戦車砲弾または対戦車ミサイル弾頭用。

キーポイント:

密度と靱性のバランスを確保するために、合金比を最適化する必要があります。

コアは高精度で加工する必要があります、直径公差±0.05mm です。

表面研磨は空気抵抗を減らし、範囲を広げます。

5.2.2 高爆発性タングステンロッド

高爆発性タングステンロッド(「キネティックロッド」または「神の笏」の概念としても知られています)は、宇宙または高高度から投げられるタングステンロッドを使用し、重力加速度と密度に依存して巨大な破壊力を生み出す仮想の高速キネティック兵器です。

アプリの機能:

材料要件:純タングステンロッドまたはタングステン合金ロッド、密度 19.0~19.25 g/cm³、

直径 50~100mm。

機能:タングステンロッドは、高高度(> 10 km)から超音速(>マッハ 100)でターゲットに命中し、小型核爆弾と同等の運動エネルギーを放出して地下要塞や軍事施設を破壊します。

利点:高密度は巨大な運動エネルギーを提供します。高融点は再突入時の摩擦熱に耐えます(>2000°C)。非放射性で、国際規制に準拠しています。

著作権および法的責任に関する声明

典型的なシナリオ:理論的には、司令部や核施設などの価値の高い目標に対する精密攻撃に使用されます。

キーポイント:

タングステンロッドは、再突入アブレーションを防ぐために、高温耐性でコーティングする必要があります。

寸法と重量は、安定した軌道を確保するために正確に設計する必要があります。

スローイングシステムには、着陸点の誤差を制御するための高精度のガイダンスが必要です。

5.3 タングステンロッドは電子機器や照明に使用されています

タングステンロッドは、その高い融点、電気伝導性、および低い蒸気圧に基づいて、タングステンフィラメント、電極、およびスパッタリングターゲットに広く使用されています。

5.3.1 タングステンフィラメント(フィラメント、サポートワイヤー)

タングステンフィラメントは、白熱灯、ハロゲンランプ、特殊光源のコアコンポーネントであり、タングステンロッドの描画で作られています。

アプリの機能:

材料要件:純粋なタングステンロッド(純度 $\geq 99.9\%$)、直径 0.01~0.1mm のタングステンワイヤーに引き込まれます。

機能:フィラメントは 2500~2800°C の高温で発光し、高効率の光源を提供します。サポートワイヤーはフィラメントを固定して構造を安定させます。

利点:高融点により、フィラメントが溶けません。蒸気圧が低いため、蒸発が減少し、寿命が延びます。良好な導電性(18%IACS)により、効率的な発光をサポートします。

典型的なシーン:自動車のハロゲンヘッドライト、プロジェクターの電球、舞台照明。

キーポイント:

タングステンフィラメントは、延性を向上させるために数回アニールする必要があります。

フィラメントは、局所的な過熱や破損を防ぐために、均一に引き抜く必要があります。

不活性ガス(アルゴンなど)が電球を満たし、タングステンの蒸発を減らします。

5.3.2 電極(タングステン電極、希土類タングステン電極)

タングステンロッドは電極に加工され、アルゴンアーク溶接(TIG)、プラズマ溶接、電子機器に広く使用されています。

アプリの機能:

材料要件:ドーブタングステンロッド(例:セリウムドーブ WC20、ランタンドーブ WL20、トリウムドーブ WT20)、直径 1~5mm。

機能:電極は高温アーク(>6000°C)で安定した電流を供給し、アークを点火して維持し、溶接やプラズマ切断に適しています。

利点: アークの安定性を改善し、燃焼損失を減らすためにドーピングされたタングステンロッド。高いアーク温度に耐える高融点。希土類ドーピング(CeO₂など)は、トリウムドーピング電極と比較して非放射性で環境に優しいです。

典型的なシナリオ:ステンレス鋼またはアルミニウム合金の溶接、半導体装置製造におけるプラズマ処理。

キーポイント:

電極の先端は、アークの集中を最適化するために、テーパ形状に研磨する必要があります。

ドーパントは、一貫したパフォーマンスを確保するために均等に分散する必要があります。

トリウムドーピング電極は、放射線活性規制に準拠して保護する必要があります。

5.3.3 スパッタリングターゲット

タングステンロッドは、半導体や光学デバイスを製造するための物理蒸着(PVD)コーティング用のスパッタリングターゲットに加工されます。

アプリの機能:

材料要件:高純度タングステンロッド(純度≥99.95%)、直径 50～100mm。

機能:ターゲットに真空チャンバー内で高エネルギーイオンを照射し、タングステン原子を放出して基板上に堆積させ、導電性または保護コーティングを形成します。

利点:高純度により、コーティングに不純物がないことが保証されます。真空環境に適した低蒸気圧。高密度はターゲットの寿命を延ばします。

典型的なシナリオ:3～5nm チップ用の配線層の製造と反射防止光学コーティングの製造。

キーポイント:

ターゲット材料は、チップの汚染を防ぐために超高純度である必要があります。

粒子の欠陥を減らすために、表面を電解研磨する必要があります。

残留タングステンを回復するには、ターゲット材料を定期的に交換する必要があります。

5.4 タングステンロッドは自動車および航空宇宙で使用されています

自動車および航空宇宙分野でのタングステンロッドの応用は、主にその高密度、高強度、および高温耐性を使用して、複雑な作業条件のニーズを満たすことができます。

5.4.1 自動車自動化コンポーネント

タングステンロッドは、自動車製造でカウンターウェイト、溶接電極、および効率と性能を向上させるための自動化コンポーネントに使用されています。

アプリの機能:

著作権および法的責任に関する声明

材料要件:タングステン合金棒(W-Ni-Fe、密度 18.0~18.5g/cm³)またはドーブタングステン棒(WC20)、直径 5~20mm。

機能:カウンターウェイト(クランクシャフトカウンターウェイトなど)はエンジンの振動を最適化します。タングステン電極は、抵抗スポット溶接に使用され、ボディ鋼板を接続します。オートマチックトランスミッションには、耐摩耗性を高めるために高密度部品が使用されています。

利点:高密度により、コンポーネントの体積が削減されます。高硬度(350~500 HV)は摩耗に耐えます。タングステン電極をドーブすることで、溶接の安定性が向上します。
典型的なシナリオ:新エネルギー車のバッテリーパックの溶接、エンジンのカウンターウェイトの最適化。

キーポイント:

カウンターウェイトは、± 0.1 g の制御された重量公差で精密に機械加工する必要があります。

溶接電極は、先端の形状を維持するために定期的に研磨する必要があります。
コンポーネントは、湿気や塩水噴霧に耐えるために、耐腐食性コーティングでコーティングする必要があります。

5.4.2 航空宇宙用高温部品

タングステンロッドは、航空宇宙産業で高温スラスター、風洞試験部品、カウンターウェイトに使用され、過酷な環境の要件を満たしています。

アプリの機能:

材料要件:純タングステンロッドまたはタングステン合金ロッド、密度 19.0~19.25 g/cm³、直径 10~50mm。

機能:ノズルライニングはプラズマスラスターの高温(>2000°C)に耐えます。カウンターウェイトによる重心の最適化(例:衛星バランスウェイト)。風洞試験用部品は、熱変形に強いです。

利点: 高い融点と耐クリープ性により、高温安定性が保証されます。高密度は効率的なカウンターウェイトを提供します。熱膨張係数が低いため、熱応力が軽減されます。

典型的なシナリオ:イオンスラスターノズル、宇宙船の姿勢制御カウンターウェイト。

キーポイント:

コンポーネントは、酸化を防ぐために高温耐性コーティングでコーティングする必要があります。

カウンターウェイトは、正確な重心を確保するために高精度で機械加工する必要があります。

風洞の部品は、気流の乱れを減らすために研磨する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

5.5 タングステンロッドは、医学および科学研究で使用されています

医療および科学研究分野でのタングステンロッドの応用は、主にその高密度、高温耐性、および化学的安定性に基づいており、高精度で特殊な環境のニーズを満たすことができます。

5.5.1 医療機器(放射線遮蔽)

タングステンロッドは、医療従事者や患者を保護するために、X線、CT、放射線治療装置で広く使用されている放射線シールドに加工されています。

アプリの機能:

材料要件:タングステン合金棒(W-Ni-Cu、密度 18.0~18.5 g/cm³)、直径 10~50mm。

機能:シールドは高エネルギーの X 線またはガンマ線を吸収し、リードシールドを置き換えて、より高い保護効率を提供します。

利点:高密度は優れたシールド性能を提供し、鉛よりも体積が 30%小さくなります。無毒で、医療および環境保護の要件に沿っています。高強度は長期間の使用に耐えます。

代表的なシーン:CT マシンコリメータ、腫瘍放射線治療装置シールド。

キーポイント:

シールドは、ギャップを最小限に抑えるために精密に機械加工する必要があります。

ほこりが医療環境を汚染するのを防ぐために、表面を磨く必要があります。

合金は鉛フリーで、RoHS に準拠している必要があります。

5.5.2 実験装置(高温実験)

タングステンロッドは、真空炉などの高温実験装置、超伝導実験、プラズマ研究などの科学研究に使用されています。

アプリの機能:

材料要件:高純度タングステンロッド(純度≥99.95%)またはドーピングタングステンロッド、直径 5~20mm。

機能:発熱体として、2500°C を超える高温に耐えます。電極として、安定した電流を供給します。サポートとして、実験のセットアップを安定させてください。

利点:蒸気圧が低いため、クリーンな真空環境が保証されます。高融点は極端な温度をサポートします。化学的安定性により、実験の汚染を防ぎます。

典型的なシナリオ:高温超伝導材料試験、核融合プラズマ実験。

キーポイント:

タングステンロッドは、不純物が実験に干渉するのを防ぐために、超高純度である必要があります。

アークの不安定性を減らすために、電極を研磨する必要があります。

真空炉は、タングステンロッドの酸化を防ぐために定期的なメンテナンスが必要です。

著作権および法的責任に関する声明

5.6 タングステンロッドは他の分野で使用されています

タングステンロッドは、その汎用性を反映して、スポーツ用品、ジュエリー、特殊工具にも独自の用途があります。

5.6.1 スポーツ用品(タングステーカーバイドーツ)

タングステン合金ロッドは、競争力のあるパフォーマンスを向上させるためのハイエンドダーツの製造に使用されます。

アプリの機能:

材料要件:タングステン合金棒(W-Ni-Cu、密度 18.0~18.5 g /cm³)、直径 5~10 mm。

機能:ダーツの本体は高密度を使用して小容量と高重量を実現し、スローの安定性と精度を最適化します。

利点:高密度、従来の真ちゅう製ダーツよりも小さく、密集したターゲットエリアに適しています。繰り返しの衝撃に耐える高い硬度。個々のニーズに合わせてカスタマイズできます。

典型的なシーン:プロのダーツ競技会、ハイエンドのエンターテインメント機器。

キーポイント:

ダーツは、重量配分を制御するために正確に回転させる必要があります。

表面は、美観と感触を向上させるために研磨またはメッキする必要があります。

靱性を確保し、破損を防ぐために、合金比率を最適化する必要があります。

5.6.2 ジュエリー(炭化タングステンジュエリー)

タングステン合金ロッドは、美しく耐久性のあるリング、ブレスレット、その他のジュエリーに加工されています。

アプリの機能:

材料要件:タングステン合金棒(W-Ni-Cu または WC、密度 18.0~18.5 g /cm³)、直径 5~20 mm。

機能:ジュエリーは高い硬度と耐食性を利用し、耐スクラッチ性と耐久性を提供します。密度が高いため、落ち着いた雰囲気漂います。

利点:ステンレス鋼やチタンよりも耐摩耗性があります。鏡面効果に磨くことができます。無毒で、敏感肌の方にも適しています。

典型的なシーン:結婚指輪、記念のブレスレット、ハイエンドのファッションジュエリー。

キーポイント:

ジュエリーは、0.05mm±高精度で寸法公差を加工する必要があります。

表面は、耐酸化性を高めるために電気めっきまたは CVD コーティングである必要があります。

重量が大きすぎて着用感に影響を与えるのを防ぐために、デザインは重量に敏感である必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

5.6.3 特別なツールと金型

タングステンロッドは、切削工具、スタンピングダイ、または高強度の工業加工用の耐摩耗性部品に機械加工されます。

アプリの機能:

材料要件:純タングステンロッドまたはタングステン合金ロッド、密度 19.0~19.25 g/cm³、

直径 5~30mm。

機能:硬い材料(セラミック、合金鋼など)の切断。自動車部品または電子部品のダイスタンピング。耐摩耗性部品は鉱山機械に使用されています。

利点: 高硬度 (350–500 HV) 耐摩耗性。高強度は高負荷をサポートします。耐食性と長寿命。

典型的なシナリオ:航空部品加工、電子チップ金型製造。

キーポイント:

カッターは、刃先が鋭利であることを保証するためにダイヤモンド研磨されている必要があります。

加工応力を緩和するために、金型を熱処理する必要があります。

材料の付着を減らすために、表面を研磨またはコーティングする必要があります。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

著作権および法的責任に関する声明

第 6 章 タングステン ロッド製造設備

タングステンロッドの生産は、タングステンの高融点(3410°C)、高密度(19.25g/cm³)、硬度(350~500HV)が高精度、高効率、高品質の生産を達成するために特殊な機器を必要とするため、原材料加工から完成品加工までの複雑なプロセスチェーンを伴います。この章では、粉末冶金装置(ミキサー、プレス、高温焼結炉)、変形処理装置(エアハンマー、電気油圧ハンマー、ロータリースエージング機、熱間押出機、圧延機、絞り機)、後処理装置(熱処理炉、研磨および洗浄装置、精密機械加工装置)、高度な生産装置(プラズマ焼結)など、タングステンロッドの製造に必要な主要機器に焦点を当てています。機器、真空溶解炉、自動制御システム)、および機器の選択とメンテナンスのための実用的なガイド。

6.1 タングステン棒のための粉末冶金装置

粉末冶金は、タングステン粉末の混合、プレス、高温焼結を含むタングステンロッド製造の基本的なプロセスであり、使用される機器は粉末の均一性、ピレットのコンパクト性、および高温安定性を確保する必要があります。

6.1.1 ミキサー

ミキサーは、タングステン粉末をドーパント(酸化セリウム、酸化ランタンなど)またはバインダー(ポリビニルアルコールなど)と均一に混合し、その後のプレスに高品質の原料を提供するために使用されます。

機器の特徴:

タイプ: V ミキサー、遊星ボールミル、または 50~500 L の容量の 3 次元ミキサーで、小ロットから中ロット生産に適しています。

動作原理: 粉末は回転または振動によって容器内で転がされ、遊星ボールミルは 2~8 時間の高速粉砕によりミクロンレベルの混合を実現します。

プロセス適応: V 型ミキサーは、純粋なタングステン粉末または低ドーピング量(<1 重量%)に適しています。ボールミルは、高濃度ドーパント(例: 2 wt% CeO₂)またはナノスケールの粉末に適しています。ここでは、粉砕媒体(タングステンまたはジルコニアボール)を制御して汚染を回避する必要があります。

主なパラメータ: 50~300 rpm、清浄度(ISO 7 環境)、不活性ガス(窒素など)による酸化に対する保護。

インダストリアルプラクティス:

ミキサーの内壁は、鉄汚染を減らすためにステンレス鋼またはタングステン合金で裏打ちする必要があります。

タングステン粉の飛散を防ぐ集塵システムを装備。

混合物の均質性(SEM 分析など)は、ドーパントの分布が一貫していることを確認するために定期的にチェックされます。

著作権および法的責任に関する声明

6.1.2 プレス

プレスは、混合されたタングステン粉末を棒状のブランクにプレスし、焼結の初期形状と密度を提供します。

機器の特徴:

タイプ:冷間静水圧プレス(CIP)をメインプレスとし、油圧成形プレスを補完し、圧力範囲 100~300MPa。

動作原理:CIP は、柔軟な金型(ゴムまたはポリウレタン)を介して液体媒体(水または油)に均一な圧力を加えることにより、直径 20~100mm のブランクをプレスします。成形機は鋼ダイスで直接プレスされ、小径(<20mm)に適しています。

プロセスの適応:CIP は、理論密度が 50~60%の大型または複雑な形状のブランクに適しています。成形機は、公差 $\pm 0.1\text{mm}$ の高精度な少量生産に適しています。

主なパラメータ:圧力制御精度 $\pm 1\text{ MPa}$ 、プレス速度 $0.5\sim 1\text{ mm/s}$ 、欠陥を減らすための滑らかな金型表面。

インダストリアルプラクティス:

CIP 金型は、変形がブランクの品質に影響を与えるのを防ぐために、定期的に交換する必要があります。

成形機には、粉末間の空気を除去するための真空脱気装置を装備する必要があります。プレス後、ブランクを X 線撮影して内部の亀裂や細孔をチェックする必要があります。

6.1.3 高温焼結炉

高温焼結炉は、プレスされたブランクを $2000\sim 2800^{\circ}\text{C}$ に加熱して、タングステン粉末粒子を結合して高密度バーを形成します。

機器の特徴:

タイプ:水素シールド、真空焼結炉、または炉容積 $0.1\sim 1\text{m}^3$ の誘導炉。

動作原理:抵抗加熱または誘導加熱により、高純度水素(99.999%)を炉または真空($10^3\sim 10^0\text{Pa}$)に導入し、ピレットを 90-95%の密度で高温に分散させます。

プロセス適応:水素炉は純粋なタングステンロッドに適しており、コストは低いです。真空炉は、不純物の吸着を減らすために高純度のタングステンロッドに適しています。誘導炉は、保持時間が 1~3 時間の急速焼結に適しています。

主なパラメータ:温度制御精度 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、冷却速度 $10\sim 20^{\circ}\text{C/分}$ 、炉材料モリブデンまたはグラファイト。

著作権および法的責任に関する声明

インダストリアルプラクティス:

タングステン蒸気の堆積物を除去するために、炉室は定期的に清掃する必要があります。
酸素含有量(<10ppm)をリアルタイムに検出する雰囲気監視システムを搭載。
焼結後、バーは超音波検査され、内部に欠陥がないことを確認します。

6.2 タングステンロッド変形加工装置

変形処理装置は、鍛造、押出、圧延、絞りを含む高温の機械的変形により、タングステンロッドの密度と強度を向上させます。

6.2.1 エアハンマーと電気油圧ハンマー

エアハンマーと電気油圧ハンマーは、タングステンバーブランクの熱間鍛造、予備成形、密度の増加に使用されます。

機器の特徴:

タイプ:エアハンマー(0.5〜5 トン)、電気油圧ハンマー(1〜10 トン)、直径 20〜100mm のバーに適しています。

動作原理:エアハンマーは圧縮空気でハンマーヘッドを駆動し、電気油圧ハンマーは油圧システムを介してより高い精度と力(50〜200kN)を提供し、1200〜1500°C で複数のパスで鍛造し、パスごとに 10〜20%の変形を実現します。

プロセス適応:エアハンマーは、中小規模の生産、低コストに適しています。電気油圧式ハンマーは、大型のバーに適しており、高い制御精度と亀裂の低減を実現します。

主なパラメータ:鍛造周波数 10〜30 回/分、水素保護による加熱、金型材料はモリブデン合金です。

インダストリアルプラクティス:

インダクションヒーターを装備し、鍛造温度を一定に保ちます。

ハンマーヘッドは、バーの表面のへこみを防ぐために定期的に滑らかにする必要があります。

鍛造後(1000〜1200°C)の焼鈍により、応力が緩和されます。

6.2.2 ロータリースウェーjingマシン

ロータリースウェーjingマシンは、金型を回転させることでタングステンロッドの高精度鍛造を実現しており、小径・中径のバーに適しています。

機器の特徴:

タイプ:CNC 回転スウェーjingマシン、加工直径 5〜50 mm、高周波誘導加熱を装備。

著作権および法的責任に関する声明

動作原理:タングステンロッドは 1200~1400°C で回転し、金型は多方向の圧力を加え、徐々に直径を小さくし、変形は均一で、密度は 19.0~19.25g/cm³に達します。

プロセス適応:高純度タングステンロッドまたは±0.05mm の公差を持つドープタングステンロッドに適しています。

主なパラメータ:回転速度 100~500 rpm、圧力 10~50 kN、金型寿命約 1000 サイクル。

インダストリアルプラクティス:

金型は、高温摩耗に耐えるために、モリブデンベースまたはセラミックコーティングされている必要があります。

機器の過熱を防ぐための冷却システムを装備。

回転スウェーjing後、真直度を維持するためにバーをまっすぐにする必要があります。

6.2.3 ホット押出機

熱間押出機は、高密度で強度の高い、大きな仕様または複雑な断面のタングステンロッドの成形に使用されます。

機器の特徴:

タイプ:油圧押出機、圧力 500~1200 MPa、直径 20~100 mm に適しています。

動作原理:タングステンバーブランクは 1300~1600°C で予熱され、押出比 5:1~10:1 のダイによって押し出されます。

プロセス適応:タングステン合金ロッドまたは大型純タングステンロッドに適しており、酸化を防ぐために水素またはアルゴンの保護が必要です。

主なパラメータ:押出速度 0.1~0.5 mm/s、金型材料モリブデンまたはセラミック、温度制御精度±20°C。

インダストリアルプラクティス:

金型は、摩耗を減らすために定期的に注油する必要があります(グラファイトまたは二硫化モリブデン)。

生産効率を向上させるための自動供給システムを装備。

押し出し後、ひび割れを防ぐためにバーをゆっくりと冷却する必要があります。

6.2.4 圧延機および延伸機

圧延機およびドローイングミルは、高精度で優れた表面品質を有する中小径および中径のタングステンロッドまたはタングステンワイヤを製造するために使用される。

圧延機の特徴:

タイプ:熱間圧延機(1000~1300°C)または加工直径 5~20mm の冷間圧延機(<500°C)。

著作権および法的責任に関する声明

動作原理:タングステンロッドは、ロール(モリブデン合金または超硬合金)の複数回のパスによって減少し、毎回 15~25 % の変形を伴います。

プロセス適応:熱間圧延は純粋なタングステンロッドに適しており、冷間圧延は高精度ドロップタングステンロッドに適しています、公差は ± 0.02 mm です。

主なパラメータ:ロール速度 50~200rpm、アニーリング温度 900~1100°C。

ドロ잉マシンの特徴:

タイプ:マルチダイスドロ잉マシン、加工直径 0.01~5 mm、ダイヤモンドダイを装備。

動作原理:タングステンロッドは、直径が 5~10%減少して 800~1000°C でダイによって引き出され、潤滑剤はグラファイトまたは二硫化モリブデンです。

プロセス適応:タングステンワイヤーまたは小径電極に適しています。

主なパラメータ: 描画速度 1 ~ 5 m/分、工具寿命約 500 kg タングステンロッド。

インダストリアルプラクティス:

ロールとダイは、精度を維持するために定期的に交換する必要があります。

直径と表面品質を監視するインライン検査システムを装備。

絞り加工は、破損を防ぐために複数回の焼鈍が必要です。

6.3 タングステンロッドの後処理装置

後処理装置は、タングステンロッドの性能、表面品質、寸法精度を最適化し、熱処理、研磨、洗浄、精密機械加工を行います。

6.3.1 熱処理炉

熱処理炉は、焼鈍または時効処理に使用され、加工応力を緩和し、微細構造を最適化します。

機器の特徴:

タイプ:真空熱処理炉または水素保護炉で、炉容積は 0.05~0.5m³です。

動作原理:抵抗または誘導による加熱、温度 800~1600°C、保温 0.5~4 時間、冷却速度 10~20°C /分。

プロセスの適応:ロッドの鍛造または押し出しに適した応力緩和アニーリング (1000~1200°C)。再結晶アニーリング (1400~1600°C)は、ロッドの引き抜きに適しています。老化

処理(800~1000°C)は、ドーブタンングステンロッドに適しています。

主なパラメータ:温度精度 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、真空 10^{-5}Pa または水素純度 99.999%。

インダストリアルプラクティス:

炉はモリブデンまたはグラファイトでできており、高温腐食に耐性があります。

酸化を防ぐための雰囲気制御システムを装備。

熱処理後、性能を確認するためにバーを硬度テストする必要があります。

6.3.2 研磨および洗浄装置

研磨および洗浄装置は、タンングステンロッドの表面品質を改善し、高精度のアプリケーションのニーズを満たします。

研磨装置:

タイプ:機械研磨機(ダイヤモンド砥石)、化学研磨タンク、電解研磨装置。

動作原理:機械研磨は研磨剤を通じて表面欠陥を除去します。化学研磨では、フッ化水素

酸/硝酸混合物(1:3)を 10~30 秒間浸します。電解研磨は、アノードとしてタンングステンロ

ッドを使用し、鏡面効果を達成するためにリン酸塩ベースの電解質処理を行います。

プロセス適応:機械研磨は工業用グレードのバーに適しています。化学および電解研磨は、高純度のタンングステンロッドまたは電極に適しています。

清掃機器:

タイプ:超音波洗浄機、プラズマ洗浄装置。

動作原理:超音波洗浄は、40kHz の超音波と脱イオン水(洗浄剤を含む)によって 5~10 分間

油汚れを除去します。プラズマ洗浄は、真空チャンバー内のアルゴンプラズマを使用して、微量汚染物質を除去します。

プロセス適応:超音波洗浄は従来のバーに適しています。プラズマ洗浄は、半導体用の高純度タンングステンロッドに適しています。

インダストリアルプラクティス:

研磨は ISO クラス 5 のクリーンルームで行われ、粉塵混入を防ぎます。

薬液研磨槽は、廃液を処理するための換気システムが必要です。

清掃後、ロッドは湿気の吸収を防ぐために乾燥させて密封する必要があります。

6.3.3 精密加工装置(旋盤、研削盤)

旋盤の特徴:

タイプ:高精度加工に適した CNC 旋盤(CNC マシン)で、ダイヤモンド工具を装備しています。

動作原理:タンングステンロッドは、直径公差 $\pm 0.05\text{mm}$ の回転切削によって機械加工されます。

プロセス適応:大型バーや、航空カウンターウェイトなどの複雑な形状の加工に適してい

著作権および法的責任に関する声明

ます。

主なパラメータ:500–1500 rpm、送り 0.1 mm/rev。

研削盤の特徴:

タイプ:センターレスグラインダー、センターグラインダー、小径バーに適しています。

動作原理:直径公差 $\pm 0.02\text{mm}$ の砥石(ダイヤモンドまたはセラミック)による研削。

プロセスの適応:センターレス研削盤は電極またはタングステンワイヤブランクに適しており、センター研削盤は高精度の金型部品に適しています。

主なパラメータ:砥石速度 2000–3000 rpm、クーラントオイルまたは水ベース。

インダストリアルプラクティス:

工具と砥石は、摩耗や損傷が精度に影響を与えるのを防ぐために、定期的に交換する必要があります。

熱歪みを低減する冷却システムを装備。

処理後、破片を取り除くために超音波洗浄が必要です。

6.4 タングステンロッドの高度な生産設備

最先端の生産設備は、タングステンロッドの品質と効率を向上させ、プラズマ焼結、真空溶融、自動制御など、業界の技術的フロンティアを表しています。

6.4.1 プラズマ焼結装置

機器の特徴:

タイプ:炉容積 $0.01\sim 0.1\text{m}^3$ の火花プラズマ焼結炉(SPS)。

動作原理:プラズマは、直流パルス(1000–5000 A)と $1800\sim 2200^\circ\text{C}$ の高温、 $50\sim 100\text{ MPa}$

の圧力を組み合わせて生成し、98%以上の密度で急速に(5–15 分)焼結します。

プロセス適応:高純度のタングステンロッドまたはナノドープタングステンロッドに適しており、微粒子($5\sim 10\mu\text{m}$)でエネルギー消費が削減されています。

主なパラメータ:電流パルス周波数 $50\sim 100\text{Hz}$ 、真空 10^{-4}Pa 、モールドグラフィットまたはタングステン。

インダストリアルプラクティス:

オンライン監視、電流と温度のリアルタイム制御を装備。

金型は高温高压に耐性があり、定期的にチェックする必要があります。

SPS の後、バーの空隙率をテストして、コンパクトさを確認する必要があります。

6.4.2 真空溶解炉

機器の特徴:

著作権および法的責任に関する声明

タイプ:0.05〜0.5m³の体積の真空電気アーク炉(VAR)または電子ビーム溶解炉(EBM)。

動作原理:VAR は、電気アーク(10〜30kV)を使用して真空(10⁻⁵Pa)でタングステンインゴットを溶解します。EBM は高エネルギー電子ビーム(50〜100kW)を用いて熔融され、超高純度のタングステンに適しています。

プロセス適応:VAR はタングステン合金ロッドに適しており、EBM は高純度タングステンロッド(純度≥99.999%)に適しており、ガスの混入を減らします。

主なパラメータ:融解力 20〜100kW、冷却水流量 10〜50L / min。

インダストリアルプラクティス:

真空ポンプを搭載し、超高真空を維持します。

ワカサギピレットは、介在物を排除するために X 線検査する必要があります。

電極または電子銃を定期的にメンテナンスして、寿命を延ばしてください。

6.4.3 自動制御および監視システム

機器の特徴:

タイプ:PLC 制御システム、SCADA 監視プラットフォーム、統合センサー(温度、圧力、雰囲気)。

動作原理:センサーを介した焼結、鍛造、または処理データのリアルタイム収集、PLC はパラメータを調整し、SCADA はリモート監視とデータ分析を提供します。

プロセス適応:焼結、押出、研磨、その他のプロセスをカバーして一貫性と効率を向上させる、プロセス全体の自動化に適しています。

主なパラメータ:温度精度±1°C、圧力精度±0.1MPa、データサンプリングレート 1Hz。

インダストリアルプラクティス:

システムは、防塵性と防水性を備え、高温環境に適応する必要があります。

センサーを定期的に校正して、データが正確であることを確認してください。

データストレージは、プロセスパラメータを保護するために暗号化する必要があります。

6.5 タングステンロッドの機器の選択とメンテナンス

機器の選択は、タングステンロッドの種類と生産需要に応じて最適化する必要があり、保守管理は機器の寿命を延ばす必要があります。

6.5.1 さまざまなタイプのタングステンロッドの機器要件

純粋なタングステン棒:

要件:標準的な水素焼結炉(2000〜2800°C)、エアハンマーまたは熱間圧延機、低コスト、大量生産に適しています。

装置の特徴:CIP プレス(150MPa)、機械式研磨機、耐久性と高出力を重視。

該当するシーン:石英炉コアロッド、カウンターウェイト。

著作権および法的責任に関する声明

高純度タングステンロッド:

要件:真空焼結炉(10^{-5} Pa)、SPS または EBM、回転式スウェーjing機または CNC 旋盤により、高い清浄度と精度を確保します。

装置の特徴:クリーンルーム(ISO クラス 5)運転、電解研磨およびプラズマ洗浄装置。

適用可能なシナリオ:半導体電極、スパッタリングターゲット。

ドーピングタングステンロッド:

要件:遊星ミル(均質ドーピング)、真空熱処理炉($800\sim 1200^{\circ}\text{C}$)、延伸機($0.01\sim 5\text{ mm}$)。

機器の特徴:トリウムドーピングタングステンロッドには、アーク性能の最適化を強調する放射性管理施設を装備する必要があります。

適用可能なシナリオ:溶接電極、高温炉部品。

インダストリアルプラクティス:

生産量に応じて装置のサイズを選択します(例:研究開発用の小型炉、大量生産用の大型炉)。

高純度のタングステンロッド機器は、クリーンルームで隔離する必要があります。

ドーピングタングステンロッドは、さまざまなドーパント混合装置と互換性がある必要があります。

6.5.2 機器の保守と寿命管理

メンテナンス対策:

定期点検:金型、砥石、工具の摩耗を毎月チェックします。温度センサーと圧力センサーを四半期ごとに校正します。

清掃とメンテナンス:焼結炉は、タングステン蒸気堆積物を除去するために 6 か月ごとに清掃する必要があります。研磨装置は、研磨剤の残留を防ぐために毎週清掃する必要があります。

潤滑管理:押出機と延伸機には、毎月高温潤滑剤(二硫化モリブデンなど)を補充する必要があります。油圧システムのオイル品質を定期的にチェックしてください。

予防保守:振動監視を通じてベアリングの故障を予測します。赤外線温度計を使用して、機器内の過熱ホットスポットを検出し、過熱による損傷を防ぎます。

スペアパーツ管理:重要なコンポーネント(ダイヤモンドダイ、モリブデン電極など)を在庫して、ダウンタイムを削減します。

ライフマネジメント:

金型寿命:タングステンまたは押出ダイは約 1000~5000 回、高温耐性コーティング(ZrO_2 など)を定期的に塗布する必要があります。

炉の寿命:モリブデンまたはグラファイト炉は約 2000~3000 回焼結され、ライニングは定期的に交換する必要があります。

機器のアップグレード:古い機器(従来のエアハンマーなど)を CNC システムにアップグレードして、精度と効率を向上させることができます。

データ分析:SCADA システムを通じて機器の運転データを分析して、メンテナンス間隔を

著作権および法的責任に関する声明

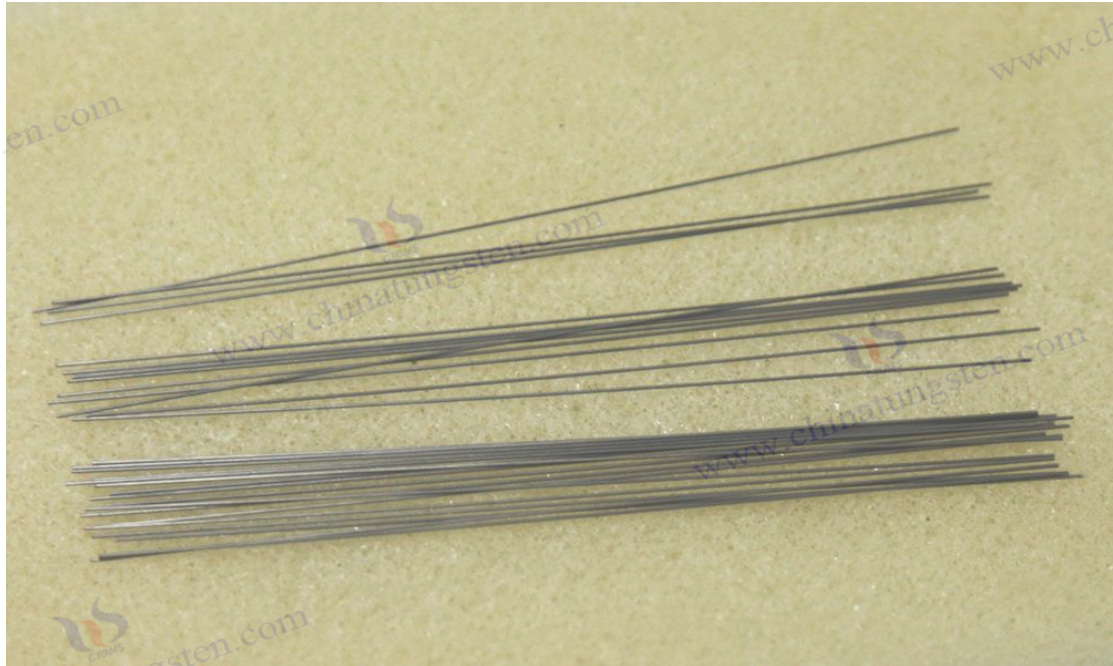
最適化し、寿命を 20～30%延長します。

インダストリアルプラクティス:

すべてのメンテナンスと障害を記録するためのメンテナンスログを確立します。

異常な振動や温度変動などの故障の兆候を早期に認識するようにオペレーターを訓練します。

ベンダーと協力して、デバイスのファームウェアを定期的に更新し、パフォーマンスを最適化します。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第7章 タングステンロッドの国内外の規格

高性能高融点金属材料として、タングステンロッドの製造、試験および適用は、品質の一貫性、性能の信頼性および市場競争力を確保するために、厳格な国内外の基準に従う必要があります。これらの規格は、タングステンロッドの化学組成、物理的特性、寸法公差、表面品質、および試験方法をカバーしており、純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドープタングステンロッド、タングステン合金ロッドに適用できます。この章では、タングステンロッドの国際規格(ISO、ASTM、RWMA など)と中国規格(GB/T、YS/T など)を体系的に紹介し、それらの違い、適用性、および生産テストの指針となる重要性を比較および分析します。

7.1 タングステンロッドの国際規格

国際規格は、主に国際標準化機構(ISO)、米国試験材料学会(ASTM)、および抵抗溶接製造協会(RWMA)によって策定されたタングステンロッドの世界的な貿易と応用のための統一仕様を提供し、タングステンおよびタングステン合金の組成、特性および使用をカバーしています。

著作権および法的責任に関する声明

7.1.1 ISO 規格(ISO 24370:タングステンおよびタングステン合金)

規格の概要: ISO 24370:2005 「ファインセラミックスおよび耐火金属材料」は、国際標準化機構によって開発された高融点金属の規格であり、高温、高強度の用途に適したタングステンおよびタングステン合金ロッドの仕様が含まれています。

コア条項:

範囲:航空宇宙、電子機器、工業分野に適した純タングステンおよびタングステン合金ロッドの化学組成、機械的特性、および寸法要件を指定します。

化学組成:純粋なタングステンロッドのタングステン含有量 $\geq 99.9\%$ 、不純物(Fe、C、O など)は微量レベルで制御する必要があります。タングステン合金ロッド(W-Ni-Fe など)は、合金元素の割合について明確である必要があります。

物理的特性:指定された密度(純粋なタングステン $\geq 19.0 \text{ g/cm}^3$)、引張強度と硬度、高温での耐クリープ性を強調。

寸法と公差:直径は 1~100mm の範囲で、公差は用途に応じて一般的なクラスと高精度のクラスに分けられます。

試験方法:組成の分析には蛍光 X 線分光法(XRF)、内部欠陥の検出には超音波、機械的特性の試験には硬度計が推奨されます。

適用可能なシナリオ:

主に航空宇宙の高温部品(ノズルライニングなど)、電子スパッタリングターゲット、溶接電極に使用されます。

国際的な一貫性を重視し、国境を越えたサプライチェーンや輸出貿易に適しています。

キーポイント:

この規格には、高純度のタングステンロッドの不純物の管理に関する厳しい要件があり、クリーンな生産環境が必要です。

試験方法は国際規格に準拠しており、グローバルな認証に便利です。

新しい材料技術に対応するために、定期的に更新する必要があります。

7.1.2 ASTM 規格(ASTM B777:高密度タングステン合金)

標準の概要: 高密度タングステン基合金の ASTM B777-15 標準仕様は、タングステン合金ロッド(W-Ni-Fe、W-Ni-Cu など)の性能と応用のために米国材料試験協会(ASTM)によって開発され、軍事および医療分野で広く使用されています。

コア条項:

範囲:高密度タングステン合金ロッド(クラス 1~4)の分類をカバーし、タングステン含有量(90~97 wt%)と性能に応じて等級分けされます。

化学組成:タングステン、ニッケル、鉄、銅、および不純物(S、P など)の比率を指定限度以下に指定します。

物理的特性:密度範囲 $17.0 \sim 18.5 \text{ g/cm}^3$ 、引張強度 600~1200 MPa、硬度 300~400 HV。

著作権および法的責任に関する声明

寸法と公差:直径 5~50 mm、長さはカスタマイズでき、公差は精密加工の要件を満たしています。

検出方法:誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)を使用して組成を分析し、磁性粒子試験を使用して表面の亀裂を検出し、引張試験を使用して強度を確認しました。

適用可能なシナリオ:

主に徹甲弾、放射線遮蔽部品、航空カウンターウェイトに使用されます。

北米市場や軍事産業に適しており、高密度と機械的特性に重点を置いています。

キーポイント:

規格は密度と強度によって等級付けされているため、材料の選択に便利です。

合金元素(鉛フリー配合など)の環境への配慮には明確な要件があります。

検出には特別な機器が必要であり、これにはコストがかかります。

7.1.3 RWMA クラス 13

規格の概要: 抵抗溶接製造業者協会(RWMA)は、純タングステンロッドのクラス 13 規格を開発し、抵抗溶接電極および高温電極アプリケーション向けに設計されています。

コア条項:

範囲:純粋なタングステンロッド(タングステン含有量 $\geq 99.9\%$)の組成、導電率、および高温耐性を指定します。

化学組成:炭素、酸素、窒素、その他の不純物を厳密に制御して、アークの不安定性を防ぎます。

物理的性質:約 18%IACS の導電率、350~450 HV の硬度、高温での燃焼に対する耐性。

寸法と公差:直径 1~10mm、公差 $\pm 0.05\text{mm}$ 、電極先端加工に適しています。

検出方法:導電率テスターは導電率を検証し、表面品質の顕微鏡検査、高温抵抗試験はアーク環境をシミュレートします。

適用可能なシナリオ:

自動車製造における抵抗スポット溶接電極や電子機器の組立に使用されています。

高周波溶接シナリオに適しており、電極寿命を強調しています。

キーポイント:

標準の集束電極性能、他のアプリケーションを無視します。

表面品質に対する要求が高く、精密研磨が必要です。

検出方法はシンプルで、中小企業に適しています。

7.1.4 その他の国際規格

概要:ISO、ASTM および RWMA に加えて、他の国際規格はまた、のようなタングステン棒をカバーします。

著作権および法的責任に関する声明

AWS A5.12: 米国溶接協会によって開発されたタングステンおよびドーパントタングステン電極標準(WT20、WC20 など)で、ドーパント含有量(2%ThO₂または CeO₂など)とアーク性能を規定しています。

JIS Z 3211: アジア市場向けのタングステン電極の組成とサイズに関する日本工業規格。

DIN EN 26848: 高温用途に重点を置いたタングステンロッドの一般的な要件を規定する欧州規格。

コアコンテンツ:

AWS A5.12 は、アーク安定性やバーンアウト率など、ドーパントタングステンロッドの溶接性に焦点を当てています。

JIS Z 3211 は ISO 24370 と似ていますが、寸法公差が厳しく、精密電子機器に適しています。

DIN EN 26848 は、航空宇宙および防衛用途に重点を置いて、純粋なタングステンおよび合金ロッドをカバーしています。

適用可能なシナリオ:

AWS A5.12 は世界の溶接業界で使用され、JIS Z 3211 は日本の電子機器市場に、DIN EN 26848 はヨーロッパの航空宇宙企業で使用されています。

これらの規格は、ISO と ASTM を補完し、地域化のニーズを満たすものです。

キーポイント:

適用可能な基準は、ターゲット市場に応じて選択する必要があります。

ドーパントタングステンロッド規格(AWS など)には、放射性ドーパント(ThO₂など)に対する特別な管理要件があります。

テストは標準間で検証する必要があるため、認証のコストが増加します。

7.2 タングステンロッドの中国規格

中国の標準システムには、国内生産とアプリケーションのニーズを満たすために、タングステンロッドの組成、性能、サイズ、およびテストをカバーする国家規格(GB / T)と業界標準(YS / T)が含まれています。

7.2.1 GB / T 4187-2017(タングステンバーの国家規格)

標準の概要:GB / T 4187-2017「タングステンロッド」は、純粋なタングステンロッドと高純度タングステンロッドの性能と使用を規定する中国の国家規格であり、産業、電子、科学研究分野に適しています。

コア条項:

範囲:純粋なタングステンロッド(≥99.9%のタングステン含有量)と直径 1~100mm の高純度タングステンロッド(≥99.95%)をカバーします。

化学組成:不純物(Fe、C、O など)と酸素含有量の厳しい制限<、高純度のタングステンロッドの場合、50ppm です。

物理的特性:密度≥19.0 g /cm³、引張強度は直径と加工状態によって異なります、硬度 300

著作権および法的責任に関する声明

〜450HV。

寸法と公差:公差は、通常のグレード(± 0.1 mm)と精密グレード(± 0.05 mm)に分けられ、長さをカスタマイズできます。

検出方法:コンポーネントの XRF または ICP-MS 分析、内部品質の超音波試験、ビッカース硬さ試験機の硬度試験。

適用可能なシナリオ:

石英炉のコアロッド、単結晶シリコンクランプロッド、半導体ターゲットに使用されます。国内市場および輸出に適しており、高純度と寸法精度を重視しています。

キーポイント:

この規格には、高純度のタングステンロッドのクリーンな生産に対する高い要件があり、ほこりのない環境が必要です。

試験方法は国際規格に準拠しており、輸出認証に便利です。

新しいプロセスに対応するための定期的な改訂。

7.2.2 GB / T 3459-2017(タングステンおよびタングステン合金製品)

標準の概要:GB/T 3459-2017「タングステンおよびタングステン合金製品」は、タングステンロッド、タングステン合金ロッド、およびその他のタングステン製品をカバーする中国の国家規格であり、航空、軍事、産業分野に適しています。

コア条項:

範囲:純粋なタングステンロッド、ドーピングされたタングステンロッド、タングステン含有量が 90〜99.9%のタングステン合金ロッド(W-Ni-Fe など)が含まれます。

化学組成:合金元素(Ni、Fe など)の割合を指定し、不純物の限界は用途に関連しています。

物理的特性:密度 17.0〜19.25 g/cm³、引張強度 600〜1000 MPa、中程度の伸び。

寸法と公差:直径 5〜50 mm、公差 ± 0.2 mm、特別な要件をカスタマイズできます。

試験方法:コンポーネントの ICP-AES 分析、表面の磁性粒子欠陥試験、性能を検証するための引張試験。

適用可能なシナリオ:

徹甲弾の芯、航空カウンターウェイト、放射線遮蔽製品などに使用されています。

国内の軍事産業と重工業にサービスを提供し、高密度と強度を強調しています。

キーポイント:

この規格は、高い柔軟性を備えたさまざまなタングステン製品を対象としています。

合金ロッドの環境保護要件は厳しく、無毒の配合が必要です。

検出は、包括的な機器によってサポートされる必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

7.2.3 業界標準(YS / T 695-2017:鈍い電極)

標準の概要: YS/T 695-2017、「鈍電極」は、純粋な鈍器およびドーパされた鈍器電極(WC20、WL20、WT20 などの)の性能と製造を目指して、中国の非鉄金属の業界標準です。

コア条項:

範囲: 鈍い電極の組成、サイズ、および円弧特性(直径 0.5~10mm)を指定します。

化学組成: 純粋な鈍い含有量 $\geq 99.9\%$ 、鈍い希土類酸化物($2\% \text{CeO}_2$ など)または酸化トリウムをドーパし、不純物限界が低い。

物理的特性: 優れた導電性、高温燃焼耐性、高いアーク安定性。

寸法と公差: 公差 $\pm 0.05\text{mm}$ で、先端は溶接要件を満たす必要があります。

検出方法: 発火と安定性をテストするためのアーク試験機、ドーパント含有量の XRF 分析、表面の顕微鏡検査。

アプリケーションシナリオ:

アルゴンアーク溶接(TIG)、プラズマ切断、自動車や造船に使用されます。

それは電極の性能を強調し、国内の溶接工業のために適しています。

キーポイント:

トリウムドーパされた鈍い電極は、放射能規制の対象となります。

この試験では、実際の溶接環境をシミュレートして、アーク性能を検証します。

規格は頻繁に更新されるため、最新バージョンに注意してください。

7.3 鈍器ロッドの標準比較と適用性

規格の比較と適用性分析: 国内外の規格の配合目的、要件、適用シナリオには違いがあり、鈍器の種類や市場に応じて適切な仕様を選択する必要があります。

7.3.1 国内外の規格の違い

比較分析:

目標を設定します。

国際規格(ISO、ASTM など)は、グローバルな普遍性を強調し、国境を越えた貿易に適した幅広い用語を持っています。中国の規格(GB/T、YS/T)は、国内の技術と市場の需要を組み合わせたもので、用語はより具体的です。

ASTM B777 は、軍事および医療に適した高密度の鈍い合金ロッドに焦点を当てています。

GB/T 3459 は、幅広い鈍器製品をカバーし、幅広い柔軟性を提供します。

RWMA Class 13 と YS/T 695 は電極を専門としており、国際規格では導電率とアーク性能に重点を置いています。

技術要件:

国際規格の成分: 国際規格(ISO 24370 など)では、不純物(酸素、炭素など)がより厳密に管理されており、高純度の鈍器に適しています。中国の規格(GB/T 4187 など)では、生産コストを削減するために、通常の純粋な鈍器ロッドの要件がわずかに緩くなっています。

物理的特性: ASTM B777 は、鈍い合金($600 \sim 1200 \text{ MPa}$)のより高い強度と密度の引張強度

著作権および法的責任に関する声明

を必要とします。GB/T 3459 は密度範囲 ($17.0\text{--}19.25\text{ g/cm}^3$) を強調しています。
寸法公差:ISO および JIS 規格の公差はより厳しく($\pm 0.05\text{ mm}$)、高精度に適しています。
GB/T 公差グレーディング ($\pm 0.1\text{--}0.2\text{ mm}$) で、幅広い要件に対応します。

検出方法:

国際規格では、中国の規格と一致する XRF、ICP-MS、および磁性粒子試験が推奨されていますが、ASTM はより複雑な引張試験を要求しています。

YS/T 695 のアーク テストはより業界固有であり、AWS A5.12 は似ていますが、より厳格です。

キーポイント:

国際規格は輸出市場やハイエンド市場により適していますが、中国の規格は国内生産の現実により一致しています。

試験装置は両方の規格と互換性がある必要があり、コストと効率のバランスを考慮する必要があります。

トリウムドーピングタングステン電極の放射能管理は、国際基準でより厳格です。

7.3.2 タングステンロッドの異なるタイプの標準要件

純粋な鈍いロッド:

適用標準:ISO 24370、GB/T 4187、RWMA Class 13。

要件:鈍 $\geq$ 含有量 99.9%、低不純物(酸素 $<100\text{ppm}$ など)、密度 $\geq 19.0\text{ g/cm}^3$ 、公差 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

適用可能なシナリオ:石英炉のコアサンプル、カウンターウェイト、高温安定性とコスト管理を重視。

高純度タングステンロッド:

適用規格:ISO 24370、GB / T 4187(高純度グレード)、ASTM B760(鈍板延長基準)。

要件:鈍部含有量 $\geq 99.95\%$ 、非常に低い不純物(酸素 $<30\text{ppm}$ など)、クリーンな生産、許容 $\pm 0.05\text{ mm}$ 。

適用可能なシナリオ:半導体ターゲット、医療機器、高密度と純度を重視。

ドーピングされた鈍いロッド:

適用標準:AWS A5.12、YS/T 695、GB/T 3459。

要件:ドーパント(例: $2\%\text{CeO}_2$)が均一に分布し、アーク安定性が高く、トリウムドープロッドには放射性制御が必要です。

適用可能なシナリオ:溶接電極、高温炉部品、電気的性能の強調。

タングステン合金ロッド:

適用規格:ASTM B777、GB / T 3459。

要件:鈍 $\geq$ 含有量 90 $\sim$ 97%、密度 17.0 $\sim$ 18.5 g/cm^3 、引張強度 600 $\sim$ 800 MPa、無毒の配合。

適用可能なシナリオ:徹甲弾のコア、放射線遮蔽、高強度と環境保護の強調。

キーポイント:

著作権および法的責任に関する声明

標準的な選択は、鈍器ロッドのタイプと適用分野に一致させる必要があります。
高純度でドーパされたブラントロッドには、生産と検査をサポートするためのより高精度な機器が必要です。
鈍い合金棒は、環境規制に注意を払う必要があります。

7.3.3 生産とテストのための規格の指針となる重要性

生産手順:

成分管理:規格では、原材料の選択と精製プロセスを導くために、不純物とドーパントの制限が指定されています(たとえば、ISO は 50ppm<酸素を要求し、水素削減を最適化する必要があります)。

プロセスの最適化:公差と性能要件(GB/T の場合は $\pm 0.1\text{mm}$ など)が、プレス、焼結、および加工装置の精度を導きます。

品質管理:この規格では、ISO 9001 およびその他のシステム認証を推進し、製造プロセスを標準化し、不良率を減らす必要があります。

テストガイダンス:

組成分析:XRF、ICP-MS は、化学が基準を満たしていることを保証し、機器は定期的に校正する必要があります。

性能検証:引張試験、硬さ試験、およびアーク試験は、標準化されたサンプル調製により機械的および電気的特性を検証します。

欠陥検査:超音波および磁性粒子試験技術は、製品の安全性を確保するために内部および表面の欠陥を検出します。

インダストリアルプラクティス:

企業は、多機能試験装置を備えた標準化された品質管理研究所を設立する必要があります。

国内外の基準の違いを理解し、コンプライアンスを向上させるため、定期的に従業員を教育します。

輸出製品は、最初にターゲット市場の基準を満たし、事前に認証の準備をする必要があります。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第8章 タングステンロッドの検出

高性能高融点金属材料として、タングステンロッドの品質は直接アプリケーションの性能に影響を与え、物理的特性、化学組成、微細構造、および特別な特性は、包括的な試験方法で評価する必要があります。テストは、純粋なタングステンの棒、高純度のタングステンの棒およびドーブされたタングステンの棒のための異なった強調の物理的な特性のテスト、化学分析、顕微鏡観察、非破壊的なテストおよび性能確認を含むマクロからミクロへのさまざまな技術を、カバーします。この章では、密度、硬度、引張強度、熱特性、化学組成、微細構造、非破壊検査、高温、耐食性、導電率、その他の性能試験など、タングステンロッドの試験方法について詳しく説明し、タングステンロッドの異なるタイプの試験の優先順位を分析します。

8.1 タングステンロッド試験の物性

物性試験では、タングステンロッドの密度、硬度、強度、および熱特性を評価して、航空宇宙、電子機器、および産業アプリケーションの設計要件を満たしていることを確認します。

8.1.1 タングステンロッドの密度試験

目的:密度は、焼結と加工のコンパクトさを反映して、タングステンロッドの品質の主要な指標であり、純粋なタングステンロッドの理論密度は 19.25 g/cm^3 であり、タングステン合金ロッドは $17.0 \sim 18.5 \text{ g/cm}^3$ です。

検出方法:

アルキメデス法:タングステンロッドを脱イオン水に浸し、乾燥重量と水中重量を測定し、

著作権および法的責任に関する声明

密度を計算します。高精度の電子天びん(精度 $\pm 0.001\text{g}$)とサーモスタットシンク(25°C)をご使用ください。

X線濃度計:X線吸収による密度測定で、 $\pm 0.05\text{g/cm}^3$ の精度で高速非接触検査に適しています。

運用ポイント:

サンプルの表面を洗浄して、油層または酸化物層を除去する必要があります。

アルキメデス法では、気泡を排除するために液体の密度を校正する必要があります。

X線法では、標準サンプルを確認するために、装置の定期的な校正が必要です。

結果の解釈:

理論値よりも低い密度は、空隙率または焼結が不十分であることを示している可能性があります。

タングステン合金ロッドの密度は合金比と一致する必要があり、偏差は不均一な組成によるものである可能性があります。

8.1.2 タングステンロッド(ピッカーズ、ブリネル)の硬さ試験

試験目的:硬度はタングステンロッドの機械的強度と耐摩耗性を反映しており、純粋なタングステンロッドの硬度は約 350~450 HV、タングステン合金ロッドの硬度は約 300~400 HV です。

検出方法:

ピッカーズ硬さ(HV):ダイヤモンド圧子を使用して 10~50kgf の荷重を加え、くぼみの対角線の長さを測定し、硬度を計算します。小径ロッドや高精度の試験に適しています。

ブリネル硬度(HB):500~3000 kgf の荷重は、超硬ボール圧子を使用してくぼみの直径を測定し、大きなロッドに適しています。

運用ポイント:

サンプルは、表面の欠陥が結果に影響を与えないように、鏡面に研磨する必要があります。ピッカーズ試験では、くぼみが小さすぎたり大きすぎたりするのを防ぐために、適切な荷重を選択する必要があります。

ブリネル試験では、圧子がサンプルに対して垂直であり、複数の測定で平均化されていることを確認します。

結果の解釈:

硬度が高すぎる場合は、粒子が細かすぎるか、ドーパントが多すぎることを示している可能性があります。

硬度が低いのは、多孔性が不十分であるか、加工応力が不十分であることが原因である可能性があります。

8.1.3 タングステンロッドの引張強度と靱性試験

目的:引張強度と靱性を持つ引張荷重下でのタングステンロッドの支持力と破壊挙動を評価するには、純粋なタングステンロッドの引張強度は約 600~1000MPa であり、タングステン合金ロッドはより高いです。

検出方法:

引張試験:万能材料試験機を使用して、タングステンロッドサンプル(直径 5mm、長さ 50mm などの標準サイズ)を 0.5~1mm/min の速度でクランプおよび伸張し、破断荷重と伸びを記録します。

衝撃試験:シャルピー衝撃試験機は、低温または室温でのタングステンロッドの衝撃靱性を試験し、吸収されたエネルギーを測定するために使用されます。

運用ポイント:

サンプルは、表面の傷を避けるために、規格(ASTM E8 など)に従って処理する必要があります。

引張試験では、周囲温度($23\pm 5^{\circ}\text{C}$)を制御し、応力-ひずみ曲線を記録する必要があります。
衝撃試験では、再現性を確保するために、適切なノッチタイプ(V 字型など)を選択する必要があります。

結果の解釈:

引張強度が不十分な場合は、内部の欠陥や粒度が大きすぎることを示している可能性があります。

靱性の低下は、不適切なドーピングや不均一な焼結が原因である可能性があり、プロセスを最適化する必要があります。

8.1.4 タングステンロッドの熱膨張と熱伝導率試験

目的:熱膨張係数(約 $4.5\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)と熱伝導率(約 $170\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)は、高温環境でのタングステンロッドの寸法安定性と熱伝導率に影響を与えます。

検出方法:

熱膨張試験:熱膨張係数は、熱膨張計(膨張計など)を使用して 100~1000 $^{\circ}\text{C}$ の範囲のサンプル長の変化を測定することによって計算されます。

熱伝導率試験:レーザーフラッシュ法は、タングステンロッドの一端を加熱して熱拡散率を測定し、熱伝導率を計算するために使用されます。

運用ポイント:

熱膨張試験は、酸化を防ぐために不活性雰囲気(アルゴンなど)で行われます。

熱伝導率試験では、銅などの標準サンプルを使用して精度を検証するために、機器の校正が必要です。

サンプルサイズは均一である必要があります(例:直径 10 mm、厚さ 2 mm)。

結果の解釈:

熱膨張係数が高い場合は、不純物または合金元素を示している可能性があります。

熱伝導率が低いのは、不均一な多孔性や微細構造が原因である可能性があります。

8.2 タングステンロッドの化学組成分析

化学組成分析により、タングステンロッドが純度とドーパント含有量の基準を満たしていることが保証され、不純物の検出は性能にとって重要です。

8.2.1 分光分析(ICP-MS、XRF)

目的:タングステンロッド中のタングステン、ドーパント(Ce、La、Th など)、不純物(Fe、C、O など)の含有量を定量的に分析する。

検出方法:

誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS):サンプルを酸性溶液(硝酸+フッ化水素酸など)に溶解し、プラズマ励起および質量分析によって分離して、ppb の感度で元素含有量を検出します。

蛍光 X 線分光法(XRF):サンプル表面の X 線励起、蛍光スペクトルの分析、元素含有量の迅速な測定、非破壊分析に適しています。

運用ポイント:

ICP-MS は、汚染を避けるために高純度の試薬とクリーンなラボ(ISO クラス 5)を必要とします。

XRF は、サンプルの表面を研磨して平らにし、装置を校正して精度を向上させます。

微量元素の検証には ICP-MS を、迅速なスクリーニングには XRF と、この 2 つの方法を組み合わせる必要があります。

結果の解釈:

タングステン含有量が基準値(99.9%など)を下回っている場合は、精製が不十分であることを示している可能性があります。

ドーパント含有量の偏差は、アーキ性能や高温安定性に影響を与える可能性があります。

8.2.2 微量元素および不純物の検出

目的:微量元素(O、C、N など)と不純物(Fe、Si など)は、厳密に制御する必要があるタングステンロッドの性能を低下させる可能性があります。

検出方法:

不活性ガス溶融法:サンプルを高温でアルゴンで溶融して酸素、窒素、炭素を放出し、ppm の感度で赤外線または熱伝導率検出器で分析します。

グロー放電質量分析(GD-MS):サンプル表面はグロー放電によって励起され、微量不純物は質量分析によって分析されるため、高純度のタングステンロッドに適しています。

運用ポイント:

サンプルは超音波洗浄され、表面の汚染物質が除去されます。

不活性ガス溶解法は、高純度のアルゴン(99.999%)を使用し、標準ガスを校正する必要があります。

GD-MS は真空環境(10^{-6} Pa)と定期的なメンテナンスと放電電源が必要です。

結果の解釈:

酸素含有量が高いと高温脆性につながる可能性があるため、焼結雰囲気を最適化する必要があります。

不純物が多すぎるのは原材料の汚染によるものと考えられており、品質管理を強化する必要があります。

8.3 タングステンロッドの組織解析

微細構造解析により、タングステンロッドの粒径、微細構造の均一性、および欠陥分布が明らかになり、機械的および熱的特性に影響を与えます。

8.3.1 顕微鏡観察(SEM、TEM)

目的:タングステンロッドの表面形態、破壊特性、内部構造を観察し、亀裂、細孔、またはドーパント分布を特定すること。

検出方法:

走査型電子顕微鏡(SEM):ナノメートル分解能の電子ビームで試料の表面を走査し、エネルギー分散型分光器(EDS)を搭載した元素分布を解析します。

透過型電子顕微鏡(TEM):電子ビームが極薄試料(<100nm)を透過し、結晶構造や転位を観察する装置で、高分解能分析に適しています。

運用ポイント:

SEM サンプルは、導電性を向上させるために、研磨またはフラクチャー、およびカーボンまたは金メッキする必要があります。

TEM サンプルは、汚染を避けるために、イオン化シンニングで調製して清潔に保つ必要があります。

顕微鏡を校正し、倍率とイメージング条件を記録する必要があります。

結果の解釈:

SEM は、焼結または機械加工の欠陥を示す多孔性または亀裂を示します。

TEM は、混合プロセスの最適化が必要なドーパント凝集または粒界の異常を明らかにします。

8.3.2 粒度と微細構造の均一性

目的:粒径(通常は 10~50 μ m)と微細構造の均質性は、タングステンロッドの強度、靱性、

および高温性能に影響を与えます。

著作権および法的責任に関する声明

検出方法:

光学顕微鏡:サンプルを研磨し、化学的にエッチング(HNO_3 溶液など)して、粒界を観察し、平均粒径を測定します。

X線回折(XRD):結晶方位と粒径を分析し、粒径を計算します(シェラーの式を使用)。

運用ポイント:

過度の腐食を避けるために、腐食時間は正確に制御する必要があります(10〜30秒)。

XRD には、スキャン角度が 10〜80°の高純度タングステン標準キャリブレーションが必要です。

組織の正確な均一性評価を確保するために、異なる領域が複数回測定されます。

結果の解釈:

粒度が大きすぎて強度が低下する可能性があるため、焼結温度の調整が必要です。

組織の不均一は、不適切なプレスやドーピングが原因である可能性があり、プロセスを最適化する必要があります。

8.4 タングステンロッドの非破壊検査

非破壊検査(NDT)は、タングステンロッドの内部および表面の欠陥を評価し、サンプルの完全性を維持するために使用され、品質管理に適しています。

8.4.1 超音波検査

目的:タングステンロッドの内部細孔、亀裂、または介在物を検出し、構造的完全性を確保するため。

検出方法:

超音波探傷器を使用して、5〜10 MHz の超音波を放射し、反射信号を受信し、欠陥の位置とサイズを解析します。

縦波または横波プローブと水接触媒質を組み合わせ、バーの全長をスキャンします。

運用ポイント:

サンプルの表面は平らで、きれいで、油分を取り除きます。

プローブは、標準の欠陥サンプルを使用して感度を検証するために校正する必要があります。

欠陥エコーの高さと位置が記録され、C-スキャンがプロットされます。

結果の解釈:

強いエコーは、手直しが必要な大きな欠陥(気孔率 $>0.5\text{mm}$ など)を示します。

連続エコーはラメラ亀裂から発生する可能性があり、検証のためにスライスする必要があります。

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

8.4.2 X 線検査

目的: タングステンロッドの内部細孔、介在物、または亀裂を特定するため、大型バーに適しています。

検出方法:

工業用 X 線装置(100〜300kV)を用いて、タングステンロッドを貫通し、透過像を記録し、欠陥特性を解析します。

デジタルイメージング(DR)や CT(コンピュータ断層撮影)と連携して、解像度を向上させます。

運用ポイント:

放射線から保護する必要があり、操作には専門的な資格が必要です。

X 線エネルギーを調整して、厚いサンプル(>20 mm)の透過を確保します。

標準的な欠陥サンプルでキャリブレーションし、画像のグレースケール値を記録しました。

結果の解釈:

暗い領域は多孔性または介在物を示しており、超音波と併せて検証する必要があります。CT 再構成は、欠陥量を定量化し、品質評価を導きます。

8.4.3 磁性粒子試験

試験目的: タングステン合金棒(W-Ni-Fe など)の表面および表面近くの亀裂を検出するために、純粋なタングステン棒は非磁性のために適していません。

検出方法:

着磁装置に磁界(AC または DC)を印加し、蛍光磁性粒子を噴霧し、UV ランプの下で磁性痕跡を観察する。

縦方向または横方向の磁化により、さまざまな方向の亀裂を検出します。

運用ポイント:

サンプルの表面を洗浄し、磁化電流を直径(500〜2000 A)に合わせて調整する必要があります。

磁性粒子は均等に噴霧し、観察時間は 1〜2 分に制御する必要があります。

磁気マークの長さと分布を記録し、アーカイブ用に写真を撮影します。

結果の解釈:

線形磁気マークは、研磨または再加工が必要な表面亀裂を示します。

緻密な磁気マークは、加工応力によるものである可能性があり、熱処理によって除去する必要があります。

8.5 タングステンロッドの性能検証

性能検証試験では、実際の動作条件をシミュレートして、高温、腐食性、および電気環境でのタングステンロッドの性能を評価します。

8.5.1 高温性能試験

目的:航空宇宙および炉用途向けの高温(1000~2500°C)でのタングステンロッドの酸化、クリープ、強度を評価すること。

検出方法:

高温引張試験:引張強度は、高温試験機を使用して、サンプルを真空炉またはアルゴン炉で指定された温度に加熱することにより試験されます。

クリープ試験:一定の荷重(例:100 MPa)が加えられ、変形が 100~1000 時間記録され、クリープ率が計算されます。

運用ポイント:

酸化を防ぐために、高純度のアルゴンガス(99.999%)で保護する必要があります。サンプルは標準サイズ(直径 5 mm など)である必要があります、固定具はモリブデンまたはセラミックである必要があります。

温度制御精度は $\pm 10^{\circ}\text{C}$ で、ひずみ曲線を記録します。

結果の解釈:

高温での強度低下は、結晶粒の成長によるものと考えられ、最適な焼結が必要です。

クリープ率が高すぎる場合は、ドーピングが不十分であることを示している可能性があります、処方を調整する必要があります。

8.5.2 耐食性試験

試験目的:酸、アルカリ、または高温ガス環境でのタングステンロッドの耐食性を評価すること、化学および電極用途に適しています。

検出方法:

浸漬試験:重量減少は、サンプルを腐食性媒体(10% HNO_3 または NaOH など)に一定温度(25~80°C)で 24~168 時間浸すことによって測定されます。

ガス腐食試験:高温炉内で酸化性または加硫性雰囲気(O_2 、 H_2S など)にさらして、表面の変化を記録すること。

運用ポイント:

サンプルを秤量し(精度 $\pm 0.0001\text{ g}$)、表面を均一に研磨する必要があります。

腐食性媒体は、安定した濃度を確保するために定期的に交換する必要があります。

ガス試験では、流量(0.1~1 L/min)と湿度を制御する必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

結果の解釈:

>0.1%の重量減少は、耐食性が不十分であることを示しており、改良された配合が必要です。

表面の酸化物層の厚さは不純物によるものであり、精製のために最適化する必要があります。

8.5.3 導電率とクリープ試験

試験目的:導電率(約 18%IACS)と耐クリープ性は、電極と高温部品の主要な特性であり、アークの安定性と寿命に影響を与えます。

検出方法:

導電率試験:4プローブ法を用いて、定電流を流し、電圧降下を測定し、導電率を算出します。

耐クリープ性試験:高温クリープ試験と似ていますが、ドーピングされたタングステンロッド(WC20 など)に焦点を当てて、アーク環境での変形をテストします。

運用ポイント:

導電率試験には良好な接触が必要であり、プローブは銅または銀です。

耐クリープ性試験は、溶接条件(6000°C アークなど)をシミュレートし、変形量を記録します。

サンプルは複数回テストされ、平均化されます。

結果の解釈:

導電率が低いのは、ドーパントの分布が不均一であることが原因である可能性があります。

クリープ抵抗が不十分な場合は、希土類のドーピングが不十分であり、最適な混合が必要であることを示している可能性があります。

8.6 さまざまな種類のタングステンロッドの検出の要点

タングステンロッドの異なるタイプ(純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーピングタングステンロッド)は、異なる組成と用途のために異なる検出焦点を持っています。

8.6.1 純粋なタングステンロッドの検出

検出のポイント:

物理的特性:密度($\geq 19.0 \text{ g/cm}^3$)、硬度(350~450 HV)、引張強度により、高温安定性を確保します。

化学組成:タングステン含有量 $\geq 99.9\%$ 、酸素、炭素、その他の不純物 $< 100 \text{ ppm}$ で、高温脆性を防ぎます。

非破壊検査:内部細孔の超音波検出、大型バー品質の X 線検査。

適用可能なシナリオ:

著作権および法的責任に関する声明

石英炉のコアロッドとカウンターウェイト部品には、低コストで安定した性能が必要です。

キーポイント:

アルキメデス法は、密度試験に優先的に使用され、費用対効果に優れています。

不純物検出は、酸素含有量に注意を払い、焼結雰囲気をも最適化する必要があります。

非破壊検査は、一貫性を確保するためにバッチ全体をカバーします。

8.6.2 高純度タングステンロッド検出

検出のポイント:

化学組成:タングステン含有量 $\geq 99.95\%$ 、微量不純物(O、N など) $< 30\text{ppm}$ 、ICP-MS および GD-MS を使用。

微細構造:SEM と TEM は、粒径($5\sim 15\mu\text{m}$)とドーパント分布を観察して、清浄度を確保します。

性能検証:半導体の要件を満たすための導電率および耐食性試験。

適用可能なシナリオ:

スパッタリングターゲットや医療機器には、高純度でクリーンな生産が求められます。

キーポイント:

試験は、汚染を防ぐためにクリーンルーム(ISO クラス 5)で実施する必要があります。

微量元素分析には、高感度の装置と定期的なキャリブレーションが必要です。

パフォーマンステストでは、真空環境などの実際の動作条件をシミュレートします。

8.6.3 ドープタングステンロッド検出

検出のポイント:

化学組成:ドーパント($2\%\text{CeO}_2$ 、 La_2O_3 など)の含有量は均一であり、トリウムドープロッドは放射能的に検出する必要があります。

性能検証:アーク試験機を使用して溶接をシミュレートする導電率およびアーク安定性試験。

微細構造:ドーパント分布を分析するための SEM-EDS、結晶方位を確認するための XRD。

適用可能なシナリオ:

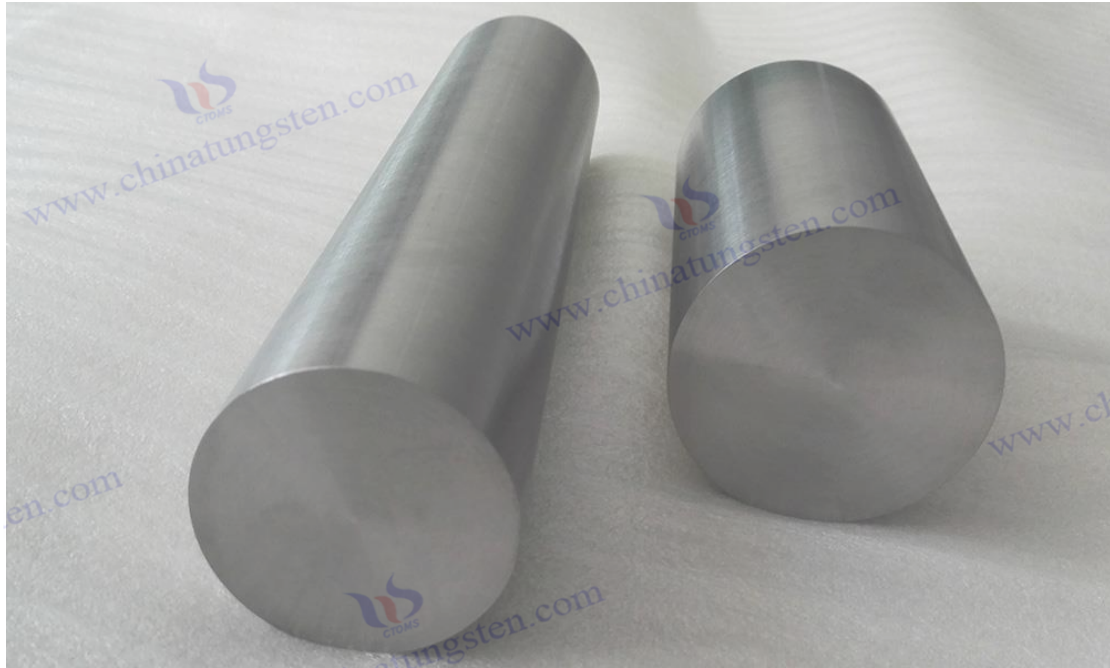
溶接電極や高温炉部品には、優れたアーク性能が求められます。

キーポイント:

アーク試験には標準的な溶接条件が必要であり、焼損率を記録します。

ドーパントの不均一な分布には、最適化された混合プロセスが必要です。

トリウムドープタングステンロッドの検出は、放射能規制の対象となります。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第9章 タングステン ロッド業界の現状と開発動向

戦略的な高融点金属材料として、タングステンロッドは、その高い融点、高密度、優れた機械的特性により、航空宇宙、電子機器、溶接、軍事分野でかけがえのない役割を果たしています。近年、世界のタングステンロッド市場は、需要と供給の変化、技術の進歩、環境保護政策に牽引されて、急速な成長傾向を示しています。この章では、中国および国際的なタングステンロッド市場を分析し、技術開発の動向(新素材、グリーン製造、インテリジェント生産)について説明し、業界が直面する課題と機会(技術のボトルネック、市場競争、持続可能な開発)を評価します。

9.1 中国のタングステンロッド市場の概要

中国は世界最大のタングステン資源およびタングステンロッドの生産国であり、市場規模は急速に拡大しており、需給パターンは政策規制と下流の需要によって推進されています。

9.1.1 市場の需要と供給の分析

市場の需要:

中国のタングステンロッドの市場需要は、主に航空宇宙、電子機器製造、溶接、タングステンカーバイド工具セクターから来ています。

航空宇宙:タングステンロッドは、国内の大型航空機(C919 など)や航空宇宙プログラム(宇宙ステーションなど)によって駆動される高温部品(ノズルライニングなど)やカウンターウェイトに使用され、需要は着実に増加しています。

電子機器製造:高純度タングステンロッドは、半導体スパッタリングターゲットと電極のキーマテリアルであり、チップのローカリゼーションと 5G 機器の開発により、需要が急

著作権および法的責任に関する声明

増しています。

溶接および切断:ドーブタングステンロッド(WC20、WT20 など)は、TIG 溶接およびプラズマ切断で広く使用されており、自動車、海洋、建設業界の恩恵を受けており、市場は拡大し続けています。

炭化タングステン:タングステンカーバイド工具の原料として、タングステンロッドは CNC 工作機械とハイエンド製造の需要によって推進され、大きな市場シェアを占めています。

供給分析:

資源の優位性:中国のタングステン埋蔵量は世界の生産量の 51%を占めており、主な生産地域は江西省、湖南省、河南省です。

生産能力:主要な国内企業は、タングステン鉱石の採掘からバー加工まで、生産能力が集中している完全な産業チェーンを持っています。

政策規制:政府は、輸出割当と環境保護政策を通じてタングステン採掘を制限し、2023 年からリサイクルタングステンの使用を強化して供給側の改革を促進します。

課題:原材料価格の変動と環境保護コストの上昇は、中小企業の利益を圧迫しており、ハイエンドのタングステンロッド(高純度やナノスケールなど)は依然として輸入に依存しています。

トレンド予測:

市場の需要は年平均 5~7%で成長すると予想され、ハイエンドの製造と新エネルギー(太陽光発電や風力など)が新たな成長ポイントになります。

高付加価値製品に供給がシフトし、中小企業はコスト圧力に対応するための技術向上が求められています。

9.2 国際タングステンロッド市場の概要

世界のタングステンロッド市場は非常に競争が激しく、中国が供給をリードし、ヨーロッパ、米国、日本、韓国がハイエンドの需要を支配し、サプライチェーンの再編と地政学が市場構造に影響を与えています。

9.2.1 主要な輸出国と地域

エクスポートステータス:

中国主導:中国のタングステン輸出は 2022 年に 24,900 トンに達し、主に日本(23%)、韓国(19%)、ヨーロッパ(35%)、米国(11%)への主要な供給を占めています。

製品構造:輸出は原材料グレードのタングステンロッドと低付加価値製品が大半を占め、超硬ロッドは前年比 7.23%増の 8.9 千トンです。

輸出動向:

成長主導型:輸出は、ヨーロッパと米国での航空宇宙・防衛需要、特にタングステン合金ロッドの需要増加に牽引されています。

地域の変化:2022 年の欧米への輸出はそれぞれ 18.03%と 46.75%増加する一方、日本と韓

著作権および法的責任に関する声明

国への輸出は、世界の産業チェーンの調整を反映して減少する。

課題:貿易摩擦と輸出割当により、ローエンド製品の輸出が制限され、ハイエンド市場は付加価値の低いヨーロッパとアメリカの企業によって占められています。

9.2.2 輸入依存性とサプライチェーンの状況

インポートの依存関係:

中国:ハイエンドのタングステンロッド(高純度タングステンロッド、ドーピング電極など)は部分的に輸入に依存しており、米国、ドイツ、日本を中心に輸入が輸出の約 90%を占めており、技術ギャップを反映しています。

欧米:中国のタングステン原料に依存して、中国は 2022 年の世界のタングステン鉱石供給の 83%を占めており、欧米の地場鉱山の開発は遅く、短期的に自給自足することは困難です。

日本と韓国:中国のタングステンロッド輸入に大きく依存しており、高付加価値製品(半導体ターゲットなど)の輸出用に加工されています。

サプライチェーンのステータス:

集中リスク:世界のタングステン供給チェーンは中国に大きく依存しており、地政学とパンデミックによりサプライチェーンの混乱のリスクが高まっています。

リストラの試み:ヨーロッパと米国は海外のタングステン鉱山(オーストラリアやベトナムなど)の開発を加速していますが、資本とコストの制約により進歩が制限され、中国の支配は短期的に安定しています。

リサイクルタングステン:タングステンスクラップの世界的なリサイクル率は 30%に増加し、ヨーロッパ、米国、中国はリサイクルタングステン産業チェーンを推進して、原材料への依存を軽減しています。

トレンド予測:

世界のサプライチェーンは多様化し、ベトナムとオーストラリアが新興サプライヤーとして台頭する可能性が高いですが、中国は引き続き支配的になるでしょう。

輸入国は、中国の技術への依存を減らすために、ハイエンドのタングステンロッドの研究開発を増やします。

9.3 タングステンロッドの技術開発動向

技術の進歩は、材料、プロセス、製造方法を網羅する高性能、低コスト、持続可能性に向けたタングステンロッド業界の変革を推進しています。

9.3.1 新素材・新合金化技術

テクニカルディレクション:

高純度タングステンロッド:化学蒸着(CVD)とプラズマ焼結(SPS)により純度が 99.99%に向上し、半導体および航空宇宙のニーズを満たすことができます。

ドーピングの最適化:アーチ安定性と環境保護を改善し、放射性 WT20 電極を置き換えるための非トリウムドーピングタングステンロッド(W-La₂O₃、W-CeO₂など)の開発。

タングステン合金:軍事および電子機器で使用する強度と導電性を最適化するための

著作権および法的責任に関する声明

W-Ni-Fe および W-Cu などの高密度合金の研究開発。

ナノテクノロジー:ナノ結晶タングステンロッドは、ボールミリングと SPS によって調製され、粒径は 5~10 μ m に縮小され、靱性と高温性能が向上します。

進捗と課題:

進捗:厦門タングステンなどの中国企業は、一部の高純度タングステンロッドのローカリゼーションを実現し、ナノタングステンロッドの研究開発はパイロット段階に入っています。

課題:高純度精製とナノ加工のコストは高く、設備は輸入に依存しており、コア技術を突破する必要があります。

トレンド予測:

ノントリウムドープロッドとナノタングステンロッドが主流となり、2030 年までに市場シェアは 40%に達するでしょう。

合金化技術は、新たなエネルギーと防衛のニーズを満たすために多機能化に焦点を当てます。

9.3.2 グリーン製造と省エネ技術

テクニカルディレクション:

リサイクルタングステンの利用:廃タングステンは、生鉱石採掘への依存を減らすために湿式製錬と電気分解によって回収され、回収率は 2030 年までに 50%に達することを目標としています。

低エネルギー焼結:マイクロ波焼結と SPS 技術を使用して、焼結時間(5~15 分)を短縮し、エネルギー消費を 30%削減します。

よりクリーンな生産:フッ化水素酸の使用を減らし、廃水の排出を減らすために、フッ素フリーの精製プロセスを開発します。

排ガス処理:排出基準(SO₂<50mg/m³など)に対応した高効率の除塵・脱硫装置を搭載。

進捗と課題:

進捗:中国はリサイクルタングステン産業を支援する政策を導入しており、2023 年にはリサイクルタングステンの生産が総供給量の 20%を占めています。

課題:グリーンテクノロジーへの初期投資は高く、中小企業には手が届きにくく、政策補助金が必要です。

トレンド予測:

グリーン製造は業界の参入しきい値になり、省エネ技術の普及率は 2030 年までに 80%に達すると予想されています。

リサイクルされたタングステンは、世界の供給量の 30%以上を占め、資源への圧力を軽減します。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD Tungsten Rods Introduction

1. Overview of Tungsten Rods

Tungsten rods are high-performance metallic bars made from tungsten powder (purity $\geq 99.95\%$) using powder metallurgy processes such as pressing, sintering, and swaging. With their extremely high melting point, excellent mechanical properties, and outstanding chemical stability, tungsten rods are widely used in industrial fields that demand extreme conditions.

2. Characteristics of Tungsten Rods

- ✓ Ultra-high melting point: Up to 3410°C , suitable for extreme high-temperature environments
- ✓ Excellent strength and hardness: Maintains mechanical performance even at temperatures
- ✓ Good thermal and electrical conductivity: Ideal for precision applications in electronics and heating systems
- ✓ High-density material: Suitable for counterweights and radiation shielding
- ✓ Corrosion and wear resistance: Long service life and excellent stability
- ✓ Low thermal expansion coefficient: Suitable for precision structural components

3. The Main Applications Tungsten Rods

- ✓ Aerospace and defense: Rocket nozzles, armor-piercing projectile cores, high-temperature structural parts
- ✓ Electronics industry: Cathodes, heat sinks, electrodes, contact materials
- ✓ High-temperature furnaces and metallurgy: Heating elements for vacuum furnaces, tungsten crucibles, support components
- ✓ Medical technology: Radiation shielding parts, precision surgical instruments
- ✓ Mechanical engineering: Counterweights, mold inserts, vibration dampers
- ✓ Scientific research equipment: Ultra-high temperature reactors, physical property testing components

4. Basic Data of Tungsten Rods

Item	Parameter
Density	19.3 g/cm ³
Hardness (Vickers HV)	340–400 HV
Electrical Conductivity (20°C)	~30% IACS
Thermal Conductivity	~170 W/(m·K)
Coefficient of Thermal Expansion	~ 4.5×10^{-6} /K
Diameter Range	Ø1.0 mm – Ø100 mm (customizable)
Length Range	100 mm – 1000 mm (up to 2000 mm maximum)
Surface Condition	As-sintered (black), ground, polished

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

9.3.3 インテリジェントで自動化された生産

テクニカルディレクション:

インテリジェント制御:PLC および SCADA システムを使用して、焼結、鍛造、および処理パラメータをリアルタイムで監視し、一貫性を向上させます。

自動化設備:CNC ロータリースウェーjingマシン、自動製図機、ロボット組立ラインの導入により、生産効率が 20%向上しました。

デジタルツイン:タングステンロッド生産のデジタルモデルを構築して、プロセスパラメータを最適化し、試行錯誤のコストを削減します。

品質トレーサビリティ:ブロックチェーン技術を通じて原材料から完成品までのチェーンデータ全体を記録し、制御可能な品質を確保します。

進捗と課題:

進捗:中国の大手企業はスマート生産ラインを導入しており、2023 年には自動化率が 50%に達しています。

課題:インテリジェント機器の高コスト、中小企業の普及率の低さ、および技術的才能の不足。

トレンド予測:

2030 年には、中国のタングステンロッド産業の自動化率は 70%に達すると予想されており、インテリジェンスは競争環境を再形成します。

デジタルツインと品質トレーサビリティは、ハイエンド市場で標準となるでしょう。

9.4 タングステンロッドの課題と機会

タングステンロッド業界は、急速な発展の中で技術、市場、環境保護における複数の課題に直面しており、同時に大きなチャンスを含んでいます。

9.4.1 技術的なボトルネックとブレークスルー

挑戦:

ハイエンド技術のギャップ:高純度タングステンロッドとナノタングステンロッド(SPS 炉など)のコア機器は輸入に依存しており、コストが高く、ローカリゼーションが制限されています。

ドーピングの均一性:希土類ドーパントの不均一な分布はアーキ性能に影響を及ぼし、混合プロセスを改善する必要があります。

研究開発投資の不足:中小企業の研究開発資金は限られており、主要な技術を突破することは困難です。

機会:

ローカリゼーションの加速:国家の「第 14 次 5 カ年計画」は、新しいタングステン材料の研究開発を支援し、高純度タングステンロッドのローカリゼーション率は 2025 年に 80%に達すると予想されています。

産学研究協力:大学と企業が共同で主要な問題に取り組み、技術変革を加速します。

政策支援:政府は、イノベーションのコストを削減するために、研究開発補助金と税制上の優遇措置を提供します。

著作権および法的責任に関する声明

対処戦略:

基幹機器の研究開発を増やし、輸入依存を打破する。

産学研究プラットフォームを確立し、技術のイテレーションを加速する。

ドーピングプロセスを最適化し、製品の性能を向上させます。

9.4.2 市場競争とグローバル化

挑戦:

国際競争:欧米企業がハイエンド市場を支配し、中国企業が低付加価値製品を支配しています。

貿易障壁:米国とヨーロッパはタングステン製品に関税を課し、輸出競争力に影響を与えています。

産業集中:中小企業は技術的に遅れており、買収または排除されるリスクに直面しています。

機会:

世界的な需要:航空宇宙、半導体、新エネルギーの需要は高まっており、世界市場は 2030 年までに数十億ドルに達すると予想されています。

「一带一路」:中国企業は東南アジアとアフリカの市場を拡大し、技術と生産能力を輸出することができます。

ブランド構築:技術のアップグレードを通じて、中国企業はミッドエンドからハイエンドの市場での地位を占めることが期待されています。

対処戦略:

製品の付加価値を高め、高純度でドーピングされたタングステンロッドを開発します。

国際協力を強化し、貿易障壁を回避する。

産業統合を推進し、集中力を高める。

9.4.3 環境保護と持続可能な開発のための要件

挑戦:

環境保護圧力:タングステンの採掘と製錬は廃水と廃ガスを生成し、環境保護コストは生産コストの 20%を占めています。

カーボンニュートラルの目標:2030 年までに炭素排出量をピークにすると、企業はエネルギー消費を削減する必要があり、従来のプロセスでは基準を満たすことが困難です。

放射能管理:トリウムドーピングタングステンロッドは厳密に管理する必要があり、コンプライアンスのコストが増加します。

機会:

グリーン市場:環境に優しいタングステンロッド(非トリウム電極など)の需要が高まっており、市場の見通しは広いです。

リサイクルタングステンの可能性:廃タングステンリサイクル技術は成熟しており、コストは未加工の鉱石採掘よりも低くなっています。

政策配当:政府は、変革のコストを削減するために、グリーン製造プロジェクトに補助金を支給します。

著作権および法的責任に関する声明

対処戦略:

リサイクルタングステンと低エネルギー技術を推進し、環境保護コストを削減します。

環境規制に対応した非トリウムドーピング電極の開発

カーボンニュートラルの目標に対応するためのカーボンフットプリント管理体制を確立する。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

第 10 章 結論

高性能高融点金属材料として、タングステンロッドは、その優れた物理的、化学的、機械的特性により、航空宇宙、電子機器、溶接、軍事産業、新エネルギー分野でかけがえのない役割を果たしています。この章では、タングステンロッドのコアバリューとアプリケーションの見通しを要約し、その将来の開発の方向性を楽しみに、業界の発展のための提案を提案し、この研究の限界と将来の研究の見通しを反映しています。

10.1 タングステンロッドのコアバリューとアプリケーションの見通し

コアバリュー:

タングステンロッドは、その高融点、高密度、優れた硬度、高温および耐食性により、主要な工業材料の代表となっています。そのコアバリューは、次の側面に反映されています。

高性能の保証:タングステンロッドは、極端な環境(高温、高圧、アークなど)で安定しており、航空宇宙(ノズルライニングなど)、半導体(スパッタリングターゲット)、軍事(装甲貫通弾丸コア)の高い要件を満たしています。

機能の多様性:純粋なタングステンロッド、高純度タングステンロッド、ドーピングタングステンロッド(WC20 や WL20 など)は、さまざまなシナリオに対応し、ドーピングの最適化によりアーク性能が向上し、合金化により強度と導電性が向上します。

戦略的重要性:タングステンは希少な戦略的資源であり、タングステンロッド産業チェー

著作権および法的責任に関する声明

ンは国家安全保障とハイエンド製造に関与し、グローバルサプライチェーンは中国(生産の83%を占める)に依存しており、その地経済的価値を強調しています。

持続可能な可能性:リサイクルタングステン技術とグリーン製造プロセスの進歩により、資源消費と環境への影響が削減され、業界の長期的な競争力が強化されます。

アプリケーションの見通し:

航空宇宙:世界的な宇宙プログラム(中国の宇宙ステーションや SpaceX の宇宙船など)の進歩に伴い、高温部品やカウンターウェイト用のタングステンロッドの需要は増加し続け、市場シェアは 2030 年までに 20%に増加すると予想されています。

エレクトロニクス&半導体:5G、AI チップ、量子コンピューティングにより、高純度タングステンロッドの需要が急増し、スパッタリングターゲットおよび電極市場は年平均 8%の成長が見込まれています。

新エネルギー:太陽光発電(単結晶シリコンクランプロッド)および風力発電(高強度コンポーネント)へのタングステンロッドの適用が拡大し、世界的なカーボンニュートラル目標の恩恵を受けており、市場の可能性は大きいです。

溶接および製造:ドーブタングステン電極は、自動車、造船、建設業界で広く使用されており、ハイエンド製造のアップグレードに伴い、需要は着実に増加しています。

軍事・医療:徹甲弾や放射線遮蔽部品に使われるタングステン合金ロッドの需要は、世界的な防衛近代化と医療機器の更新によって推進されており、市場の見通しは堅調です。

10.2 タングステンロッドの将来の開発方向

技術革新:

高純度とナノテクノロジー:タングステンロッドの純度を 99.99%以上に向上させ、ナノ結晶タングステンロッド(粒径 5~10 μ m)を開発して、半導体および航空宇宙のニーズを満たすための靱性と高温性能を向上させます。

非トリウムドーブ電極:アーク安定性と市場での受け入れを改善するために放射性 WT20 電極を置き換えるための環境に優しいドーブタングステンロッド(W-La₂O₃、W-CeO₂など)の研究開発。

新しいタングステン合金:W-Ni-Fe、W-Cu、その他の合金の式を最適化し、強度、導電率、環境保護のバランスを取り、軍事および電子用途を拡大します。

グリーン製造:マイクロ波焼結、プラズマ焼結(SPS)、フッ素フリー精製プロセスを推進し、エネルギー消費量を 30%削減し、廃水と排気ガスの排出を削減します。

インテリジェント生産:デジタルツイン、PLC 制御、ブロックチェーントレーサビリティ技術を統合して、生産効率を 20%向上させ、フルチェーン品質管理を実現します。

市場拡大:

ハイエンド市場のブレークスルー:高純度タングステンロッドとドーブ電極の研究開発を増やし、ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国のハイエンド市場をつかみ、輸入依存を減らします。

新興市場の発展:「ベルトアンドロード」イニシアチブを通じて、東南アジア、アフリカ、南アメリカの市場を拡大し、タングステンロッド技術と生産能力を輸出します。

著作権および法的責任に関する声明

多様なアプリケーション:新しいエネルギー源(水素デバイスなど)、生物医学(高精度手術器具など)、量子技術におけるタングステンロッドの新たな用途を探ります。

サプライチェーンの最適化:

リサイクルタングステンの利用:廃タングステンのリサイクル率を 50%に増やし、循環型経済モデルを構築し、資源への圧力を軽減します。

供給の多様化:ベトナムとオーストラリアで新興のタングステン鉱山の開発を支援し、グローバルサプライチェーンへの集中リスクを軽減します。

地域協力:地政学的な影響を回避するため、日本、韓国、欧州連合との技術・貿易協力を強化する。

ポリシーと基準:

国際規格の策定:中国主導のタングステンロッドの国際規格(ISO 24370 の更新など)を推進し、グローバルな議論を強化します。

環境規制の強化:業界のグリーントランスフォーメーションを促進するために、排出ガスとリサイクルの基準が厳格化されています。

産業支援政策:研究開発補助金と税制上の優遇措置を拡大し、技術革新と中小企業のアップグレードを奨励する。

10.3 産業開発のための推奨事項

エンタープライズ レベルでは、次のようになります。

研究開発投資を増やす:高純度タングステンロッド、ナノテクノロジー、非トリウムドーピングプロセスに焦点を当て、コア機器(SPS 炉など)の輸入依存を打破し、研究開発が収益の 5~8%を占めることを推奨します。

インテリジェントな変革を促進する:CNC 機器と SCADA システムを導入し、インテリジェントな生産ラインを構築し、2025 年までに 50%以上の自動化率を達成し、人件費を削減し、一貫性を向上させます。

ブランド構築の強化:国際展示会(ハノーバーメッセなど)や認証(ISO 9001 など)を通じて、ハイエンド市場における中国のタングステンロッドブランドの競争力を強化します。

産業チェーンの統合を深める:合併や買収、または協力を通じて、中小企業のリソースを統合し、産業集中を強化し、鉱石から完成品までのサプライチェーンの効率を最適化します。

リサイクルタングステン産業のレイアウト:湿式製錬および電解回収技術に投資し、リサイクルタングステン生産の割合を 2025 年までに 30%に増やし、原材料のコストを削減します。

政府レベルでは、

政策支援の改善:新しいタングステン材料の研究開発とグリーン製造を支援するための特別基金を導入し、中小企業の減税と免除を 2030 年まで延長します。

資源管理の強化:タングステンの採掘割当量を最適化し、リサイクルされたタングステンの使用を奨励し、2030 年までに原石の採掘を 20%削減する。

著作権および法的責任に関する声明

国際協力の推進:「一带一路」構想を通じて、タングステン資源の国際同盟を設立し、技術生産と市場シェアを拡大します。

環境監督の強化:タングステン製錬排出基準($\text{SO}_2 < 30 \text{ mg/m}^3$ など)を策定し、高汚染企業の生産を制限し、業界のグリーン変革を促進します。

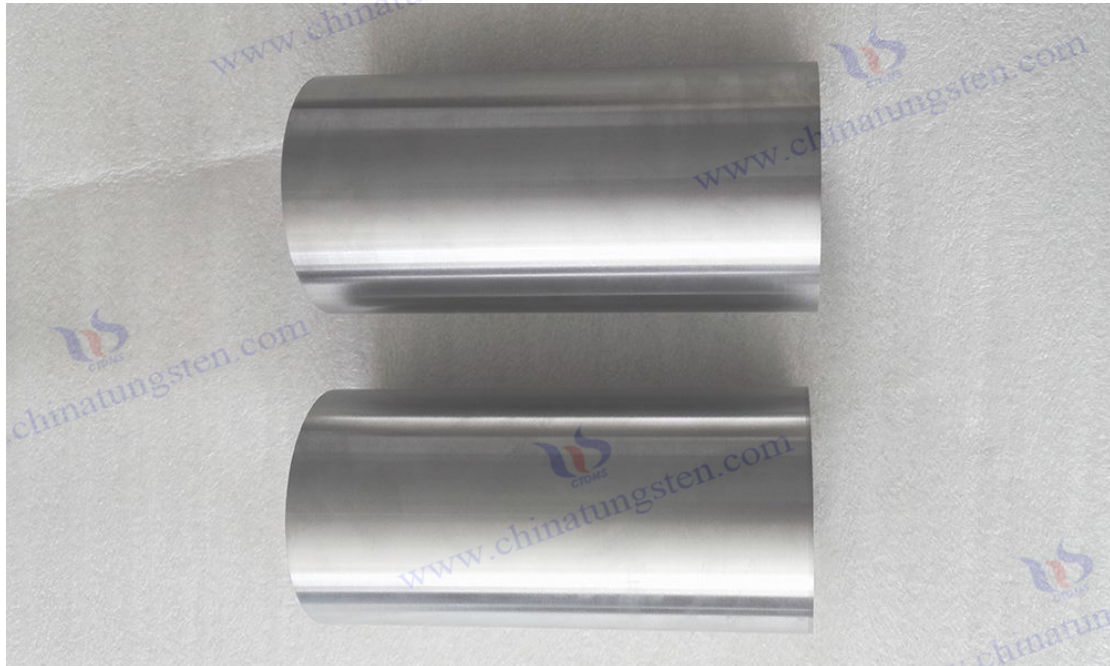
産学研究協力の支援:大学と企業(清華大学や厦門タングステンなど)の共同研究所に資金を提供し、技術変革を加速し、2025年までに10の主要な技術的ブレークスルーを達成します。

業界団体のレベルでは、

業界標準の策定:タングステンロッドの製造およびテスト基準(GB / T 4187 など)を改訂して、国際規格と統合し、製品の品質を向上させます。

コミュニケーションプラットフォームの構築:企業、大学、政府間の協力を促進し、グリーン製造とインテリジェントな経験を共有するために、毎年恒例のタングステン産業フォーラムを開催します。

市場調査の実施:定期的にグローバルなタングステンロッド市場レポートを発行して、企業が新興市場を正確にレイアウトするように導きます。



CTIA GROUP LTD タングステンロッド

著作権および法的責任に関する声明

虫垂

A. 用語集

タングステンロッド: タングステンまたはその合金を主成分とする棒状の材料で、通常は粉末冶金プロセスによって調製されます。

粉末冶金: 金属粉末を混合、プレス、焼結して材料を準備するプロセス。

熱膨張係数: 材料の体積または長さが温度で変化する速度。

高密度: 材料のコンパクトな内部構造と低気孔率を指し、これは通常、高強度に関連しています。

焼結: 金属粉末粒子を高温で固体材料に結合するプロセス。

熱間鍛造: 金属を高温で鍛造して、その形状と特性を変化させます。

ロータリー鍛造: 回転と圧力によって金属を加工するプロセスで、バーの製造に適しています。

ホットエクストルージョン: 高温で金型を通して金属を押し出すプロセス。

タングステン合金: タングステンをマトリックスとし、ニッケル、鉄、銅、その他の元素を添加した複合材料。

ドーパントタングステンロッド: 希土類や他の元素を添加することにより、その特性を改善するタングステンロッド。

耐食性: 化学的攻撃に抵抗する材料の能力。

熱伝導率: 材料が熱を伝導する能力。

電気伝導率: 材料が電流を通す能力。

Creep Resistance 【耐クリープ性】: 高温で一定の応力下での変形に耐える材料の能力。

Non-Destructive Testing 【非破壊検査】: 材料の構造を損傷することなく、材料の性能と欠陥を試験する方法。

ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry): 材料中の微量元素を分析する装置。

SEM/TEM(走査型/透過型電子顕微鏡): 材料の微細構造を観察するために使用される顕微鏡技術。

RWMA(Resistance Welding Manufacturers' Association): タングステン材料に関する規格を策定する抵抗溶接工業会。

B. 参考文献

- [1] ASTM E8-21、金属材料の引張試験の規格、米国材料試験協会、2021 年。
- [2] ISO 6892-1:2019、室温での金属材料の引張試験、国際標準化機構、2019 年。
- [3] GB / T 4187-2017、タングステンロッド、国家標準、2017 年。
- [4] GB / T 3459-2017、タングステンおよびタングステン合金製品、国家標準、2017 年。
- [5] YS/T 695-2009、タングステン電極、非鉄金属の業界標準、2009 年。
- [6] 国際タングステン協会、タングステン材料試験の技術ガイド、2023 年。
- [7] 中国タングステン工業会、タングステンロッド品質管理仕様、2022 年。
- [8] AWS A5.12、アーク溶接用のタングステンおよび酸化物ドーパントタングステン電極の仕様、米国溶接協会、2009 年。
- [9] JIS Z 3211-2008、タングステン電極、日本工業規格、2008。
- [10] DIN EN 26848、タングステンおよびタングステン合金製品、欧州規格協会、1991 年。

著作権および法的責任に関する声明

- [11] YS/T 695-2017、タングステン電極、非鉄金属の業界標準、2017 年。
- [12] ASTM B760-07、タングステンシート、シート、およびホイルの標準仕様、ASTM インターナショナル、2007 年。
- [13] ISO 24370:2005、ファインセラミックスおよび高融点金属、国際標準化機構、2005 年。
- [14] Yih, S. W. H., & Wang, C. T., Tungsten: Sources, Metallurgy, Properties, and Applications, Plenum Press, 1979.
- [15] クーリッジ、WD、延性タングステンの開発、アメリカ電気学会のトランザクション、1910 年。
- [16] 米国地質調査所、タングステン:戦略的金属、2018 年。
- [17] Lassner, E., & Schubert, W. D., Tungsten: Properties, Chemistry, Technology of the Element, Alloys, and Chemical Compounds, Springer, 1999.
- [18] 欧州委員会、EU の戦略的技術およびセクターのための重要な原材料、2020 年。
- [19] ASTM B760-07、タングステンプレート、シート、およびホイルの標準仕様、ASTM インターナショナル、2007 年。
- [20] AWS A5.12、アーク溶接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、American Welding Society、2009 年。