

タングステン銅棒百科事典

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、希土類元素産業におけるインテリジェント製造の世界的リーダー

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP の紹介

CHINATUNGSTEN ONLINEが設立した、独立した法人格を有する完全子会社であるCTIA GROUP LTD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で統合された柔軟な設計と製造の推進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINEは、1997年に中国初のトップクラスのタングステン製品ウェブサイトであるwww.chinatungsten.comを起点に設立され、タングステン、モリブデン、希土類元素産業に特化した中国の先駆的なeコマース企業です。CTIA GROUPは、タングステンおよびモリブデン分野での約30年にわたる豊富な経験を活かし、親会社の優れた設計・製造能力、優れたサービス、世界的なビジネス評判を継承し、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、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ーになりました。

CHINATUNGSTEN ONLINEは、過去30年間で200以上の多言語対応タングステン・モリブデン専門ウェブサイトを開設し、20以上の言語に対応しています。タングステン、モリブデン、希土類元素に関するニュース、価格、市場分析など、100万ページを超える情報を掲載しています。2013年以来、WeChat公式アカウント「CHINATUNGSTEN ONLINE」は4万件以上の情報を発信し、10万人近くのリフォロワーを抱え、世界中の数十万人の業界関係者に毎日無料情報を提供しています。ウェブサイト群と公式アカウントへの累計アクセス数は数十億回に達し、タングステン、モリブデン、希土類元素業界における世界的に権威のある情報ハブとして認知され、24時間365日、多言語ニュース、製品性能、市場価格、市場動向などのサービスを提供しています。

CTIA GROUPはCHINATUNGSTEN ONLINEの技術と経験を基盤とし、顧客の個別ニーズへの対応に注力しています。AI技術を活用し、顧客と共同で、特定の化学組成と物理的特性（粒径、密度、硬度、強度、寸法、公差など）を持つタングステン・モリブデン製品を設計・製造し、型開き、試作、仕上げ、梱包、物流まで、全工程を統合したサービスを提供しています。過去30年間、CHINATUNGSTEN ONLINEは、世界中の13万社以上の顧客に、50万種類以上のタングステン・モリブデン製品の研究開発、設計、製造サービスを提供し、カスタマイズ可能で柔軟性が高く、インテリジェントな製造の基盤を築いてきました。CTIA GROUPはこの基盤を基に、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・モリブデン材料のインテリジェント製造と統合イノベーションをさらに深化させています。

ハンス博士とCTIA GROUPのチームは、30年以上にわたる業界経験に基づき、タングステン、モリブデン、希土類に関する知識、技術、タングステン価格、市場動向分析を執筆・公開し、タングステン業界と自由に共有しています。ハンス博士は、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貿易、超硬合金および高密度合金の設計・製造において30年以上の経験を持ち、国内外でタングステンおよびモリブデン製品の専門家として知られています。CTIA GROUPのチームは、業界に専門的で高品質な情報を提供するという原則を堅持し、生産の実践と市場の顧客ニーズに基づいた技術研究論文、記事、業界レポートを継続的に執筆しており、業界で広く評価されています。これらの成果は、CTIA GROUPの技術革新、製品のプロモーション、業界交流に強力なサポートを提供し、同社が世界的なタングステンおよびモリブデン製品の製造と情報サービスのリーダーとなることを推進しています。



著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm ³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

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 タングステン銅棒の概要

- 1.1 タングステン銅棒の定義と基本概念
- 1.2 タングステン-銅複合材料の開発の歴史と技術の進化
- 1.3 材料システムにおけるタングステン銅棒の地位と役割
- 1.4 国内外におけるタングステン銅材料の研究と応用状況

第2章 タングステン銅棒の主な種類

- 2.1 タングステン銅比による分類
 - 2.1.1 W-Cu 50/50 タングステン銅ロッド
 - 2.1.2 W-Cu 70/30 タングステン銅ロッド
 - 2.1.3 W-Cu 75/25 タングステン銅ロッド
 - 2.1.4 W-Cu 80/20 タングステン銅ロッド
 - 2.1.5 W-Cu 85/15 タングステン銅ロッド
 - 2.1.6 W-Cu 90/10 タングステン銅ロッド
 - 2.1.7 特殊比率タングステン銅棒
- 2.2 応用分野による分類
 - 2.2.1 電気・電子機器用タングステン銅棒
 - 2.2.1.1 高電圧スイッチとアーク接点
 - 2.2.1.2 放電電極と点火プラグ電極
 - 2.2.1.3 半導体パッケージングと導電性コネクタ
 - 2.2.2 放熱および熱管理用のタングステン銅棒
 - 2.2.2.1 マイクロエレクトロニクスおよび集積回路ヒートシンク
 - 2.2.2.2 レーザーおよび高出力デバイス用放熱基板
 - 2.2.2.3 航空宇宙用冷却コンポーネント
 - 2.2.3 軍事および航空宇宙用途向けタングステン銅棒
 - 2.2.3.1 電磁砲と防護装甲材料
 - 2.2.3.2 高エネルギー兵器用の電極と部品
 - 2.2.3.3 ロケットノズルと推進システムコンポーネント
 - 2.2.4 機械・金型産業向けタングステン銅棒
 - 2.2.4.1 放電加工用電極（EDM）
 - 2.2.4.2 プレス金型と耐摩耗部品
 - 2.2.5 医療および科学研究用途のタングステン銅棒
 - 2.2.5.1 医療用電極と特殊プローブ
 - 2.2.5.2 高エネルギー物理学実験と原子力産業への応用

第3章 タングステン銅棒の製造技術

- 3.1 原材料の準備
 - 3.1.1 タングステン粉末の製造と品質要件

著作権および法的責任に関する声明

- 3.1.2 電気銅の製造と特性
- 3.1.3 タングステン粉末のサイズ、形態、純度がプロセスに与える影響
- 3.2 タングステン系プリフォームの成形プロセス
 - 3.2.1 プレス加工（一軸プレス加工、等方圧プレス加工）
 - 3.2.2 焼結緻密化（真空または水素雰囲気）
 - 3.2.3 プリフォームの多孔性と接続性の制御
- 3.3 真空浸透プロセス
 - 3.3.1 真空浸透の基本原理
 - 3.3.2 浸透炉の構造と動作原理
 - 3.3.3 銅の浸透温度、真空度および浸透ダイナミクス
 - 3.3.4 浸透中の界面反応と微細構造の進化
 - 3.3.5 浸透均一性と品質管理
- 3.4 後処理と機械加工
 - 3.4.1 熱処理と応力緩和
 - 3.4.2 精密機械加工と寸法管理
 - 3.4.3 表面改質およびコーティング技術
- 3.5 新しいプロセスの探索
 - 3.5.1 ナノタングステン銅プリフォームと超微細銅浸透技術
 - 3.5.2 真空浸透と積層造形の組み合わせ
 - 3.5.3 高均一性と低多孔性の最適化プロセス

第4章 タングステン銅棒の物理的・化学的性質

- 4.1 タングステン銅棒の基本物理的性質
 - 4.1.1 タングステン銅棒の密度と比重
 - 4.1.2 タングステン銅棒の融点と熱安定性
 - 4.1.3 タングステン銅棒の熱膨張係数と熱伝導率
 - 4.1.4 タングステン銅棒の導電率と抵抗率
- 4.2 タングステン銅棒の機械的特性
 - 4.2.1 タングステン銅棒の硬度と強度
 - 4.2.2 タングステン銅棒の延性と靱性
 - 4.2.3 タングステン銅棒の耐摩耗性と耐衝撃性
- 4.3 タングステン銅棒の化学的性質
 - 4.3.1 タングステン銅棒の耐酸化性と耐腐食性
 - 4.3.2 タングステン銅棒の高温化学的安定性
 - 4.3.3 タングステン銅棒と他の金属との適合性
- 4.4 タングステン銅棒の微細構造と組織特性
 - 4.4.1 タングステン銅棒の結晶構造と相組成
 - 4.4.2 タングステンと銅の相の分布特性
 - 4.4.3 界面接合機構と微細構造解析
- 4.5 中国タングステンインテリジェント製造銅タングステンロッドMSDS

著作権および法的責任に関する声明

第5章 タングステン銅棒の主な応用分野

- 5.1 電気・電子工学
- 5.2 航空宇宙・防衛産業
- 5.3 機械・金型産業
- 5.4 熱管理および放熱デバイス
- 5.5 その他の応用分野

第6章 タングステン銅棒の製造設備と工程管理

- 6.1 粉末調製および成形装置
- 6.2 真空焼結およびプリフォーム製造装置
- 6.3 真空浸透装置（コア）
- 6.4 後処理および機械加工装置
- 6.5 試験および品質管理装置

第7章 タングステン銅棒の品質検査および評価方法

- 7.1 タングステン銅棒の外観および寸法検査
- 7.2 タングステン銅棒の物理的特性試験
- 7.3 タングステン銅棒の機械的特性試験
- 7.4 タングステン銅棒の化学的性質試験
- 7.5 タングステン銅棒の微細構造と構造解析
- 7.6 一般的に使用されている国際試験規格と方法の比較

第8章 タングステン銅棒の規格

- 8.1 中国のタングステン銅棒に関する国家規格および業界規格
- 8.2 タングステン銅棒の国際規格（ISO、ASTM、IECなど）
- 8.3 タングステン銅棒の米国規格（ASTM、ANSI、SAE）
- 8.4 タングステン銅棒の欧州規格（EN、DIN、BS）
- 8.5 タングステン銅棒の日本規格（JIS）
- 8.6 タングステン銅棒規格の比較と適用性分析

第9章 タングステン銅棒の性能最適化

- 9.1 合金比が特性に与える影響
 - 9.1.1 タングステン銅比と電気伝導率および熱伝導率
 - 9.1.2 タングステン-銅比と機械的性質
 - 9.1.3 タングステン銅比と熱膨張係数
 - 9.1.4 最適化戦略
- 9.2 熱処理と性能向上
 - 9.2.1 アニーリング
 - 9.2.2 溶体化処理と時効処理

著作権および法的責任に関する声明

- 9.2.3 熱間等方圧加圧（HIP）
- 9.2.4 注記
- 9.3 微細構造と特性の関係
 - 9.3.1 タングステンの粒子サイズと分布
 - 9.3.2 微細構造と特性の関係
 - 9.3.3 界面結合状態
 - 9.3.4 微細構造解析技術
- 9.4 耐摩耗性と耐腐食性の最適化
 - 9.4.1 耐摩耗性の最適化
 - 9.4.2 耐食性の最適化
 - 9.4.3 包括的最適化ケース
 - 9.4.4 注記

第10章 タングステン銅棒の選択と使用のガイド

- 10.1 適切なタングステン銅棒の選び方
 - 10.1.1 アプリケーションシナリオとパフォーマンス要件の明確化
 - 10.1.2 タングステン銅棒の仕様と規格を理解する
 - 10.1.3 サプライヤーの信頼性の評価
 - 10.1.4 カスタマイズされた要件
 - 10.1.5 コストとパフォーマンスのバランス
 - 10.1.6 購入プロセスの推奨事項
- 10.2 保管および輸送上の注意事項
 - 10.2.1 ストレージ環境
 - 10.2.2 パッケージ要件
 - 10.2.3 輸送上の注意事項
 - 10.2.4 特殊なシナリオにおける保管と輸送
- 10.3 使用中のメンテナンスとケア
 - 10.3.1 処理中のメンテナンス
 - 10.3.2 運転中のメンテナンス
 - 10.3.3 保管と再利用
 - 10.3.4 保守記録
- 10.4 よくある問題と解決策
 - 10.4.1 表面酸化
 - 10.4.2 アーク浸食
 - 10.4.3 ひび割れの処理
 - 10.4.4 導電率の低下
 - 10.4.5 熱膨張の不一致
 - 10.4.6 保管時の変形
 - 10.4.7 ケース分析

第11章 タングステン銅棒の市場と開発動向

- 11.1 世界のタングステン・銅材料産業チェーンの概要

著作権および法的責任に関する声明

11.2 市場需要構造とアプリケーションシェア分析

11.3 タングステン銅棒の今後の開発動向

11.3.1 高性能とナノテクノロジー

11.3.2 グリーン整備と持続可能な開発

11.3.3 新たなアプリケーションの方向性

付録

A. 用語集

B. 参考文献



著作権および法的責任に関する声明

第1章 タングステン銅棒の概要

1.1 タングステン銅棒の定義と基本概念

タングステン銅棒は、タングステン（W）と銅（Cu）からなる金属ベースの複合材料で、通常はタングステンをマトリックスとし、銅を副成分として、特定のプロセスで製造されます。タングステン銅棒の銅含有量は通常10%～50%で、具体的な比率は用途要件によって決まります。この材料は、タングステンの高融点、高硬度、高密度、耐摩耗性と銅の優れた導電性および熱伝導性を兼ね備えており、独自の物理的および化学的特性をもたらします。タングステンと銅の融点には大きな差があり（タングステンの融点は約3410℃、銅の融点は約1083℃）、両者は混ざり合わないため、タングステン銅棒は従来の鑄造方法では製造できません。その代わりに、混合、加圧、焼結、銅浸透などの粉末冶金技術が一般的に使用されます。

タングステン銅棒の基本的な特性は次のとおりです。

高い電気伝導性と熱伝導性: 銅の電気伝導性と熱伝導性が高いため、タングステン銅棒は優れた電気伝導性と熱伝導性を備え、電気・電子分野で広く使用されています。

耐高温性: タングステンは高い融点と高温強度を有するため、タングステン銅棒は極めて高温の環境下でも構造安定性を維持できます。特に3000℃を超えると、銅は液化・蒸発し、大量の熱を吸収して材料の表面温度を低下させます。そのため、タングステン銅棒は「金属発汗材料」とも呼ばれています。

低熱膨張係数: タングステンの低熱膨張特性により、タングステン銅棒は高温環境でも優れた寸法安定性を備えています。

高い硬度と耐摩耗性: タングステンは硬度と耐摩耗性に優れているため、タングステン銅棒は優れた機械的特性を備えており、耐摩耗部品や金型の製造に適しています。

優れたアーク遮断性能: タングステン銅棒は高電圧アーク環境で優れた性能を発揮し、電気接点材料や電極として使用するのに適しています。

タングステン銅棒の一般的な製造プロセスには、粉末冶金、熱間静水圧プレス、浸透法などがあります。粉末冶金法では、高純度タングステン粉末と高純度銅粉末を特定の比率で混合し、静水圧プレス、高温焼結、そして銅浸透法を経ます。この方法により、材料の内部構造の均一性が確保され、電氣的、熱的、および機械的特性が最適化されます。

1.2 タングステン-銅複合材料の開発の歴史と技術の進化

タングステン銅複合材料の開発は20世紀初頭に始まりました。産業界における高性能材料の需要が高まるにつれ、タングステン銅合金は徐々に注目を集めるようになりました。その開発の歴史と技術進化の主な段階は以下のとおりです。

1.2.1 初期の探検（20世紀初頭から1950年代）

タングステン銅複合材料の開発は、高性能電気接点材料の必要性から始まりました。20世紀初頭、電気・電子産業の急速な発展により、高い導電性と耐熱性を備えた材料への需要

著作権および法的責任に関する声明

が高まりました。単一の金属ではこれらの要件を同時に満たすことができなかつたため、科学者たちはタングステン銅複合材料の研究を始めました。初期のタングステン銅材料は、主にタングステンと銅の粉末を機械的に混合し、プレス成形と焼結によって製造されていました。しかし、プロセスの制約により、材料の均一性と性能の安定性は低いものでした。

1.2.2 粉末冶金技術の成熟（1950年代から1980年代）

20世紀半ば、粉末冶金技術の進歩がタングステン銅複合材料の開発を技術的に支えました。研究者たちはタングステンと銅の粉末の混合比、粒子サイズ、焼結プロセスを最適化し、材料の導電性と機械的特性を大幅に向上させました。銅の浸透技術の導入により、タングステン銅複合材料の密度と均一性はさらに向上しました。この時期に、タングステン銅材料は電気接点、抵抗溶接電極、航空宇宙部品などに利用され始めました。

1.2.3 新技術の導入（1980年代から2000年代）

材料科学の進歩に伴い、タングステン銅複合材料の製造には、熱間静水圧成形（HIP）、プラズマ焼結、レーザー焼結といった新たな製造プロセスが導入されています。これらの技術により、材料の密度と性能の安定性が大幅に向上しました。例えば、タングステン銅粉末を高温高圧下で加圧する熱間静水圧成形（HIP）は、高精度電子実装や航空宇宙用途に適した高密度タングステン銅棒を製造できます。さらに、ナノテクノロジーの応用により、タングステンおよび銅粉末の粒子径がさらに微細化され、材料の微細構造と特性が向上しています。

1.2.4 現代の技術と多様なアプリケーション（2000年代から現在）

21世紀以降、タングステン銅複合材料の研究と応用は新たな段階に入りました。高度な製造技術（積層造形やマイクロナノファブリケーションなど）の台頭により、タングステン銅ロッドの性能はさらに最適化され、その応用分野はより広範囲に広がっています。例えば、3Dプリント技術の導入により、タングステン銅複合材料から複雑な形状の部品を製造できるようになり、航空宇宙産業や原子力産業の特殊なニーズに対応できるようになりました。さらに、研究者たちは、さまざまな用途に合わせて、タングステンと銅の比率が異なる合金系を開発しました。例えば、高硬度と耐摩耗性が求められる用途には高タングステン含有量（70%～90%）が使用され、高導電性が求められる用途には低タングステン含有量（50%～70%）が使用されます。

1.2.5 将来の開発動向

今後、タングステン銅複合材料の開発は以下の点に重点を置く予定です。

グリーン製造: コールドスプレー技術やグリーン粉末冶金技術などの低エネルギー、低汚染の製造プロセスを開発します。

性能最適化: 希土類元素やその他の微量元素をドーピングすることで、タングステン銅材料の機械的特性と電熱特性をさらに向上させることができます。

インテリジェントな応用: インテリジェントな製造技術と組み合わせて、次世代の電子機器やエネルギー機器のニーズを満たす適応特性を備えたタングステン銅複合材料を開発

著作権および法的責任に関する声明

します。

1.3 材料システムにおけるタングステン銅棒の地位と役割

現代の材料システムにおいて、高性能複合材料であるタングステン銅棒は重要な位置を占めています。そのユニークな特性の組み合わせは、多くのハイテク分野に不可欠なものとなっています。主な機能は以下の通りです。

1.3.1 電気電子分野

タングステン銅棒は、優れた導電性と耐摩耗性を有するため、電気接点材料、抵抗溶接電極、電子パッケージング材料の製造に広く使用されています。例えば、高電圧配電装置では、タングステン銅棒は電気接点として機能し、高電圧とアークショックに耐えることができ、機器の安定性と耐久性を確保します。電子パッケージング分野では、タングステン銅棒の低い熱膨張係数と高い熱伝導性により、半導体デバイスの放熱基板に最適な材料となっています。

1.3.2 航空宇宙・防衛産業

タングステン銅棒は、その高温強度と耐摩耗性により、航空宇宙産業において重要な用途となっています。例えば、航空機エンジンや宇宙船では、高温熱伝導部品や耐摩耗部品の製造にタングステン銅棒が使用され、過酷な環境下でも安定した性能を維持できます。さらに、タングステン銅棒は高密度であるため、防衛産業において徹甲弾の弾芯やカウンターウェイト部品の製造に適しています。

1.3.3 機械加工と金型製造

タングステン銅棒は耐摩耗性と熱伝導性に優れているため、切削工具、プレス金型、ダイカスト金型の製造に最適な材料です。例えば、アルミニウム合金ダイカスト金型では、タングステン銅棒をコアロッドやノズルとして使用することで、金型の寿命を大幅に延ばし、製品品質を向上させることができます。

1.3.4 原子力産業とエネルギー

核融合炉では、タングステン銅棒がダイバータヒートシンクとして使用され、高温高圧環境における熱負荷や粒子衝撃に耐えることができます。さらに、タングステン銅棒はヒートパイプや放熱部品の製造にも使用され、原子力発電設備や高温工業炉の効率と寿命を向上させます。

1.3.5 その他の地域

タングステン銅棒は、摩擦材（ブレーキパッドなど）、化学機器（耐腐食性熱伝導部品など）、医療機器（放射線遮蔽部品など）にも広く利用されています。その汎用性と高い性能により、材料システムにおいて不可欠な位置を占めています。

1.4 国内外のタングステン銅材料の研究と応用状況

1.4.1 国内研究と応用の現状

著作権および法的責任に関する声明

中国は世界で最も豊富なタングステン資源を有する国であり、タングステン銅複合材料の研究と生産において大きな優位性を有しています。近年、国内の研究機関と企業はタングステン銅複合材料の分野で重要な進歩を遂げています。

研究の進展: 国内の大学や研究機関（清華大学、中南大学、中国科学院金属研究所など）は、タングステン銅材料の製造、性能最適化、微細構造分析について、綿密な研究を行ってきました。例えば、ランタンやセリウムなどの希土類元素のドーピングにより、タングステン銅材料の機械的特性と耐酸化性が向上しました。さらに、プラズマ焼結やマイクロ波焼結などの新たな製造技術により、タングステン銅棒の密度と性能均一性が大幅に向上しました。

応用状況: 中国では、タングステン銅棒は電力、電子、航空宇宙、機械加工などの分野で広く使用されています。例えば、高性能タングステン銅棒は、電気接点材料、抵抗溶接電極、電子パッケージ基板などに使用されています。また、多様な用途ニーズに対応するため、中国ではWCu10、WCu20、WCu30など、様々なグレードのタングステン銅合金も開発されています。

産業上の優位性: 中国はタングステン鉱石の採掘からタングステン銅棒の生産まで、完全なタングステン産業チェーンを有しており、強力な産業競争力を形成しています。

1.4.2 海外における研究と応用の現状

タングステン銅材料の研究と応用は、特に関連技術が比較的成熟しているヨーロッパ、アメリカ、日本などの海外で早くから始まっています。

研究の進展: 米国、日本、ドイツは、タングステン銅複合材料の製造と性能最適化において最先端を走っています。例えば、米国のCBMMは、航空宇宙・防衛用途向けの高性能タングステン銅ロッドを開発しました。日本は、ナノテクノロジーと精密焼結プロセスを通じて、高密度タングステン銅材料を生産し、半導体パッケージングに広く使用されています。ドイツの研究機関は、タングステン銅材料の核融合への応用に注力しており、ダイバータヒートシンクに適したタングステン銅複合材料の開発に取り組んでいます。

応用状況: 海外では、タングステン銅棒は主に高精度電子機器、航空宇宙部品、原子力産業設備に使用されています。例えば、米国ではタングステン銅棒は衛星ラジエーターやミサイル部品の製造に使用され、日本のタングステン銅材料はハイエンドの電子パッケージングや抵抗溶接電極に使用されています。欧州では、タングステン銅棒はITERプロジェクトなどの核融合研究におけるヒートシンクとして広く使用されています。

技術的特徴: 外資系企業は、タングステン銅材料の製造において、高精度かつ複雑な形状の部品の製造に重点を置いています。例えば、積層造形技術の応用により、外資系企業は複雑な形状のタングステン銅部品を製造できます。さらに、外資系企業は表面処理技術（金メッキやニッケルメッキなど）においても優位性を有しており、タングステン銅棒の

著作権および法的責任に関する声明

耐食性と導電性を向上させています。

1.4.3 国内と国際ギャップと将来の見通し

中国はタングステン銅材料の生産規模と資源面で優位に立っていますが、高精度な製造プロセス、複雑な部品製造、ハイエンドアプリケーションにおいては、中国と諸外国の間には依然として一定の格差があります。例えば、ナノスケールのタングステン銅材料や積層造形技術の研究開発においては、諸外国の方が進んでいます。今後、中国は以下の分野で研究を強化する必要があります。

ハイエンド製造技術: 3Dプリントやレーザー焼結などの高精度、複雑形状のタングステン銅部品の製造技術を開発します。

パフォーマンスの最適化: ドーピングと新しいプロセスにより、タングステン銅材料の電気伝導性、熱伝導性、および機械的特性がさらに向上します。

国際協力: 国際科学研究機関や企業との協力を強化し、海外の先進技術を学び、タングステン銅材料の世界市場での応用を促進します。



著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

第2章 タングステン銅棒の主な種類と分類

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、主にタングステンと銅の比率と用途分野に基づいて、様々な種類と分類があります。タングステン銅棒の性能は、タングステンと銅の比率によって異なります。異なる比率の棒は、導電性、熱伝導性、機械的強度、耐熱性など、さまざまな産業用途に合わせて設計されています。さらに、タングステン銅棒は、用途分野に応じて、電気・電子、放熱・熱管理、軍事・航空宇宙、機械・金型産業、医療・科学研究などのカテゴリーにさらに細分化されています。以下では、タングステン銅棒の分類と、各分野における具体的な用途について詳しく説明します。

2.1 タングステン銅比による分類

タングステン銅棒の性能は、タングステンと銅の含有量の比率と密接に関係しています。比率の異なる棒は、電気伝導性、熱伝導性、硬度、耐摩耗性、耐高温性に大きな違いを示します。以下は、一般的なタングステン銅の比率の分類と、それぞれの特性および用途です。

2.1.1 W-Cu 50/50 タングステン銅棒（電気伝導性と熱伝導性のバランス）

W-Cu 50/50タングステン銅棒は、タングステン50%と銅50%を含有し、典型的な電気伝導性と熱伝導性のバランスを実現しています。銅含有量が多いため、このタイプのタングステン銅棒は優れた電気伝導性（純銅の約50%~60%）と熱伝導性（約200~250 W/ m・K）を備えながら、一定の機械的強度と耐摩耗性を維持しています。主な特性は以下のとおりです。

高い導電性：高速な電気信号伝送が必要な状況に適しています。

優れた熱伝導性：効率的に熱を放散できるため、熱管理デバイスに適しています。

適度な機械的強度：タングステン含有量の多い材料と比較すると、硬度と耐摩耗性は若干低くなりますが、加工性能は優れています。

用途：W-Cu 50/50タングステン銅棒は、電子パッケージ材料、コネクタ、低電圧電気接点部品に広く使用されています。例えば、集積回路の導電性基板やコネクタにおいては、安定した電気信号伝送と優れた熱管理を実現します。また、抵抗溶接電極や低電力アーク接点の製造にも使用されます。

製造特性：このタイプのタングステン銅棒は、通常、粉末冶金法によって製造されます。高純度のタングステン粉末と銅粉末を混合し、圧縮成形と焼結を行います。一部の工程では、材料密度を高めるために銅の浸透工程が含まれる場合があります。銅含有量が高いため、焼結温度は比較的低温（約1200~1300℃）、プロセスコストが低く抑えられます。

2.1.2 W-Cu 70/30 タングステン銅棒（主に電極や接点に使用）

W-Cu 70/30タングステン銅棒は、タングステン70%と銅30%を含み、電気・電子分野で最も

著作権および法的責任に関する声明

一般的に使用されるタングステン-銅比の一つです。このタイプの材料は、電気伝導性、熱伝導性、機械的強度のバランスに優れており、電極や電気接点材料としての使用に適しています。主な特性は以下のとおりです。

硬度と耐摩耗性の向上：タングステン含有量の増加により、機械的な摩耗に耐える能力が向上します。

中程度の導電性：電気伝導率は純銅の約 30% ~ 40% であり、中電圧および高電圧の電気用途に適しています。

優れたアーク遮断性能：アーク環境における強力な耐アブレーション能力。

用途：W-Cu 70/30タングステン銅棒は、高電圧スイッチ接点、抵抗溶接電極、放電加工（EDM）電極の製造に最適な材料です。例えば、中電圧および高電圧遮断器では、この材料は頻繁なアークショックや機械的ストレスに耐えることができ、機器の耐用年数を延ばします。また、自動車産業のスポット溶接電極や航空産業の電気コネクタにも使用されています。

製造特性：このタイプのタングステン銅棒は、通常、粉末冶金と銅の浸透法を組み合わせで製造されます。タングステン含有量が高いため、焼結工程では高温（約1300~1500℃）と厳格な工程管理が必要となり、材料の均一性と密度を確保します。

2.1.3 W-Cu 75/25 タングステン銅棒（中程度の熱伝導率と強度の組み合わせ）

W-Cu 75/25タングステン銅棒は、タングステン75%と銅25%を含有し、熱伝導性と機械的強度のバランスに優れています。このタイプの材料は、高い強度と一定の熱伝導性の両方が求められる用途に適しています。主な特性は以下のとおりです。

より高い機械的強度：硬度と耐摩耗性は W-Cu 70/30 よりも優れており、高負荷環境に適しています。

中程度の熱伝導率：熱伝導率はおよそ 150 ~ 200 W/m・Kで、中電力の熱管理アプリケーションに適しています。

低い熱膨張係数：タングステン含有量が多いため、高温でも寸法安定性が優れています。

用途：W-Cu 75/25タングステン銅棒は、中電力電子機器のヒートシンク基板や電気接点材料の製造に広く使用されています。例えば、IGBTモジュールなどのパワー半導体デバイスでは、この材料はヒートシンク基板として機能し、構造安定性を維持しながら効果的に熱を放散します。また、航空宇宙産業における耐摩耗部品や中高電圧電気接点の製造にも使用されています。

製造特性：この材料の製造プロセスはW-Cu 70/30と類似していますが、タングステン含有量の増加に伴い、焼結温度と圧力をさらに最適化する必要があります。一部のメーカーでは、材料の密度と性能の一貫性を向上させるために、熱間等方圧加圧（HIP）技術を採用しています。

著作権および法的責任に関する声明

2.1.4 W-Cu 80/20 タングステン銅棒（高強度、耐アブレーション性）

W-Cu 80/20タングステン銅棒は、タングステン80%と銅20%を含有し、高強度と耐摩耗性を重視しており、高荷重・高温環境に適しています。主な特徴は以下のとおりです。

非常に硬く、耐摩耗性に優れています。タングステン含有量が多いため、機械的な摩耗に対して非常に耐性があります。

優れた耐アブレーション性：高温のアークやプラズマ環境でも優れた性能を発揮します。

電気伝導性と熱伝導性が低い：電気伝導性は純銅の約20%～30%、熱伝導性は約120～150 W / m・Kです。

用途：W-Cu 80/20タングステン銅棒は、主に高強度電極、高温航空宇宙部品、軍事用途に使用されます。例えば、プラズマ切断機や放電加工機では、この材料は強力なアーク浸食に耐える電極として使用されます。また、ロケットノズルのスロートライナーや高温耐摩耗部品の製造にも使用されます。

製造特性：タングステン含有量が高いため、製造工程ではより高い焼結温度（約1500～1600℃）と、より複雑な銅浸透プロセスが必要となります。一部の高度なプロセスでは、プラズマ焼結技術やレーザー焼結技術を用いて、材料の微細構造の均一性を向上させています。

2.1.5 W-Cu 85/15 タングステン銅棒（導電性を考慮した高温・高強度タイプ）

W-Cu 85/15タングステン銅棒は、85%のタングステンと15%の銅を含みます。ある程度の導電性を維持しながら、高温・高強度の材料です。主な特性は以下のとおりです。

極めて高い耐熱性：3000℃に近い極限環境でも構造安定性を維持できます。

優れた機械的強度：硬度と耐摩耗性がさらに向上し、過酷な作業条件に適しています。

低い導電率：導電率は純銅の約15%～25%で、高強度を必要とする電気用途に適しています。

用途：W-Cu 85/15タングステン銅棒は、核融合炉のダイバータヒートシンク、航空宇宙エンジン部品、高電圧アーク接点などに広く使用されています。例えば、国際熱核融合実験炉（ITER）プロジェクトでは、この材料がダイバータヒートシンクとして使用され、高い熱負荷と粒子衝撃に耐えることができます。また、高エネルギーレーザーやプラズマ用の電極の製造にも使用されています。

製造特性：このタイプの材料は製造が難しく、高密度で安定した性能を確保するために、通常は熱間等方圧成形法またはプラズマ焼結法が用いられます。銅含浸プロセスでは、材料内部の多孔性や性能の不均一性を回避するために、精密な制御が求められます。

著作権および法的責任に関する声明

2.1.6 W-Cu 90/10 タングステン銅棒（超高強度・耐高温性）

W-Cu 90/10型タングステン銅棒は、タングステン90%と銅10%を含有しています。タングステン銅棒の中で最も高い強度と耐高温性を備え、過酷な作業条件に適しています。主な特徴は以下のとおりです。

超高硬度および耐摩耗性：純粋なタングステンに近い機械的特性を持ち、極端な機械的負荷に適しています。

極めて強力な耐高温性：極めて高温およびプラズマ環境でも長時間動作可能です。

電気伝導性と熱伝導性が極めて低い：電気伝導性は純銅のわずか10%～15%、熱伝導性は約80～120 W/ m・Kです。

用途：W-Cu 90/10タングステン銅棒は、主に極限環境下や軍事産業における高温部品に使用されます。例えば、宇宙船の推進システム（ロケットノズルなど）では、この材料は高温耐摩耗性ライニングとして機能します。また、電磁銃のレールや核融合装置の高温部品の製造にも使用されます。

製造特性：タングステン含有量が非常に高いため、製造工程では極めて高い焼結温度（約1600～1700℃）と高圧条件が必要となります。一般的に用いられる製造技術としては、熱間等方圧成形（HIP）とプラズマ焼結が挙げられます。焼結特性を向上させるため、ニッケルや鉄などの微量添加剤の添加が必要な工程もあります。

2.1.7 特殊比率タングステン銅棒（カスタマイズ合金）

上記の標準比率に加えて、タングステン銅棒は、特定の用途要件に応じて特別な比率でカスタマイズすることも可能です。例えば、W-Cu 60/40、W-Cu 65/35、または銅含有量の高い合金は、高い導電性が求められる用途に使用できます。一方、超高タングステン含有量の合金（W-Cu 95/5など）は、極めて高い耐摩耗性と高温が求められる用途に使用されます。カスタマイズ合金の開発には、通常、以下の側面が含まれます。

ドーピング変更：特定の特性を改善するために希土類元素（ランタン、セリウムなど）または遷移金属（ニッケル、コバルトなど）を追加します。

微細構造の最適化：タングステン粉末と銅粉末の粒子サイズを制御することで、材料の均一性と密度が最適化されます。

特殊プロセス：付加製造、マイクロ波焼結、またはコールドスプレー技術を使用して、複雑な形状や高性能のタングステン銅棒を製造します。

用途：カスタム合金は、最先端の科学研究、航空宇宙、ハイエンド電子機器に広く使用されています。例えば、特定の比率のタングステン銅棒は、高エネルギー物理学実験装置のターゲットや原子力産業の放射線遮蔽部品の製造に使用されています。

2.2 応用分野による分類

タングステン銅棒は、用途分野に応じて、電気・電子、放熱・熱管理、軍事・航空宇宙、

著作権および法的責任に関する声明

機械・金型産業、医療・科学研究の5つのカテゴリーに分類されます。以下では、各種タングステン銅棒の具体的な用途と性能要件について詳しくご紹介します。

2.2.1 電気・電子用途向けタングステン銅棒

タングステン銅棒は電気・電子分野で広く使用されています。優れた導電性、アーク遮断性能、耐摩耗性により、電気接点材料や電極の第一選択肢となっています。

2.2.1.1 高電圧スイッチとアーク接点

高電圧スイッチおよび回路遮断器には、高電圧およびアークショックに耐え、長期安定性を維持できる材料が必要です。W-Cu 70/30およびW-Cu 75/25タングステン銅棒は、優れた導電性と耐アブレーション性を備えているため、アーク接点に広く使用されています。主な利点は以下のとおりです。

高いアーク遮断性能：アークを素早く遮断し、接触焼損を軽減します。

耐高温性：アークの高温下でも構造の完全性を維持します。

長寿命：高い硬度と耐摩耗性により、接点の耐用年数が延長されます。

応用例：高電圧伝送システムおよび産業用回路遮断器では、タングステン銅アーク接点が高電圧スイッチギアで使用され、何千回ものスイッチング操作に耐えることができます。

2.2.1.2 放電電極と点火プラグ電極

放電加工（EDM）とスパークプラグには、耐摩耗性と耐侵食性に優れた電極材料が必要です。W-Cu 70/30およびW-Cu 80/20タングステン銅棒は、一般的に使用されている電極材料です。これらの利点は以下のとおりです。

高精度加工：タングステン銅棒の均一な微細構造により、加工精度が保証されます。

耐アブレーション性：高周波放電環境でも安定した性能を維持します。

優れた電気伝導性：放電プロセスの効率と安定性を保証します。

応用例：自動車業界では、高性能のスパークプラグ電極の製造にタングステン銅棒が使用され、精密金型製造では、複雑な形状の金属部品の電気放電加工にタングステン銅電極が使用されます。

2.2.1.3 半導体パッケージと導電性コネクタ

半導体パッケージングにおいて、タングステン銅棒は導電性基板やコネクタとして使用され、電気信号伝送と熱管理を実現します。W-Cu 50/50およびW-Cu 75/25タングステン銅棒は、高い導電性と低い熱膨張係数により広く使用されています。その利点は以下のとおりです。

著作権および法的責任に関する声明

低い熱膨張係数：シリコンおよびセラミック基板に適合し、熱応力を軽減します。

高い熱伝導率：熱を効果的に放散し、敏感な電子部品を保護します。

高い信頼性：高温多湿の環境でも安定した性能を維持します。

応用例：パワー半導体デバイス（MOSFET、IGBTなど）では、タングステン銅棒は導電性基板や放熱ベースプレートとして使用され、新エネルギー車や産業オートメーション機器に広く使用されています。

2.2.2 放熱と熱管理のためのタングステン銅棒

タングステン銅棒は熱管理の分野で、優れた熱伝導性と低い熱膨張係数を特徴としており、高出力電子機器や航空宇宙機器の放熱ニーズに適しています。

2.2.2.1 マイクロエレクトロニクスおよび集積回路ヒートシンク

マイクロエレクトロニクスや集積回路では、過熱を防ぐために効率的な放熱材料が必要です。W-Cu 75/25およびW-Cu 80/20タングステン銅棒は、高い熱伝導率とシリコン基板との熱膨張特性の整合性により、ヒートシンク製造に広く使用されています。その利点は以下の通りです。

効率的な放熱：熱伝導率は 150 ~ 200 W/ m・Kと高くなります。

寸法安定性：熱膨張係数が低いため、長期にわたる動作でも構造の完全性が保証されます。

高い信頼性：高出力動作時でも安定したパフォーマンスを維持します。

応用例：高性能コンピュータやサーバーの CPU/GPU モジュールでは、タングステン銅ヒートシンクを使用して熱を放散し、高負荷状態でもチップの安定した動作を確保します。

2.2.2.2 レーザーおよび高出力デバイス用放熱基板

高出力レーザーやRFデバイスは、性能を維持するために効率的なヒートシンクを必要とします。W-Cu 70/30およびW-Cu 75/25タングステン銅棒は理想的なヒートシンク材料です。その利点は以下のとおりです。

高い熱伝導率：熱を素早く放散し、デバイスの過熱を防ぎます。

優れた機械的特性：高出力デバイスの動作中に生じる機械的ストレスに耐えることができます。

表面平坦性：精密加工や表面コーティングに適しています。

用途例：光通信レーザーおよびレーザー システムでは、タングステン銅ヒートシンクが高出力レーザー ダイオードおよび RF アンプをサポートするために使用されます。

2.2.2.3 航空宇宙用冷却部品

航空宇宙機器は、過酷な環境下でも効率的な放熱が求められます。W-Cu 80/20およびW-Cu 85/15タングステン銅棒は、高い強度と耐熱性を備えているため、放熱部品に使用され

著作権および法的責任に関する声明

ています。その利点は以下のとおりです。

耐高温性：高温環境でも性能を維持する能力。

高密度：十分な機械的強度と質量バランスを提供します。

耐熱衝撃性：急激な温度変化でも安定した状態を保ちます。

応用例：衛星の熱管理システムや航空機エンジンでは、タングステン銅放熱部品が高温の気流や電子機器の熱負荷を管理するために使用されます。

2.2.3 軍事および航空宇宙用途のタングステン銅棒

タングステン銅棒は高密度、高強度、高温耐性を備えているため、軍事および航空宇宙分野で応用されており、高性能兵器や航空宇宙部品の製造に適しています。

2.2.3.1 電磁砲と防護装甲材料

電磁砲や防護装甲には、高密度で耐摩耗性に優れた材料が求められます。W-Cu 90/10タングステン銅棒は、その高い強度と高密度により、ガイドレールや装甲部品の製造に使用されています。その利点は以下のとおりです。

高密度：十分な運動エネルギーと品質の安定性を提供します。

耐摩耗性：高速摩擦・衝撃下でも性能を維持します。

耐高温性：電磁砲発射時の瞬間的な高温に耐えます。

応用例：電磁砲システムでは、高速発射体の摩擦とアーク衝撃に耐えるためにタングステン銅レールが使用され、装甲材料では、保護性能を高めるためにタングステン銅ロッドが使用されます。

2.2.3.2 高エネルギー兵器用の電極と部品

レーザー兵器やプラズマ兵器などの高エネルギー兵器には、高温やアブレーションに耐性のある電極材料が必要です。W-Cu 80/20およびW-Cu 85/15タングステン銅棒は理想的な選択肢であり、次のような利点があります。

耐アブレーション性：高エネルギー放電時に構造の完全性を維持します。

高い導電性：電気エネルギーの効率的な伝送を保証します。

長寿命：交換頻度を減らし、武器の信頼性を向上させます。

応用例：高エネルギーレーザー兵器では、高出力放電をサポートするためにタングステン銅電極が使用され、プラズマ兵器では、高温プラズマ衝撃に耐えるためにタングステン銅部品が使用されます。

2.2.3.3 ロケットノズルと推進システムコンポーネント

ロケットノズルと推進システムは、高温・高圧環境で動作する必要があります。W-Cu 85

著作権および法的責任に関する声明

/15およびW-Cu 90/10タングステン銅棒は、その高い耐熱性と高い強度により、ノズルスロートライナーや推進システム部品の製造に使用されています。その利点は以下のとおりです。

極めて高い耐熱性：ロケット燃焼室の高温（>3000℃）に耐えます。

耐熱衝撃性：急激な温度変化でも安定した状態を保ちます。

高密度：構造強度と質量バランスを提供します。

応用事例：固体ロケットエンジンおよび液体ロケット推進システムでは、タングステン銅棒を使用してノズルスロートライナーおよび高温ガイド部品が製造されます。

2.2.4 機械・金型産業向けタングステン銅棒

タングステン銅棒は、高い硬度、耐摩耗性、優れた熱伝導性、耐アブレーション性を有することから、機械・金型業界で広く利用されており、高精度な加工工具や金型の製造に最適な材料です。特に、放電加工（EDM）やプレス金型などの分野では、タングステン銅棒は独自の利点を発揮し、加工効率と金型寿命を大幅に向上させます。

2.2.4.1 放電加工用電極（EDM）

放電加工（EDM）は、電気火花放電によって材料を除去する精密加工技術です。金型製造、航空宇宙部品加工、複雑な形状の金属加工など、幅広い分野で利用されています。EDM電極には、加工精度と電極寿命を確保するために、高い耐摩耗性、耐アブレーション性、優れた導電性を備えた材料が求められます。W-Cu 70/30およびW-Cu 80/20タングステン銅棒は、EDM電極に適した材料です。主な利点は以下のとおりです。

高い耐摩耗性：タングステンの高硬度により、電極は高周波放電による摩耗に耐え、耐用年数を延ばすことができます。

優れた耐摩耗性：電気火花放電によって発生する瞬間的な高温（最大6000℃）下でも、タングステン銅棒は構造的完全性を維持し、電極の損失を低減します。

優れた導電性：銅を添加することで、電極に十分な導電性が確保され（導電性は純銅の約20%～40%）、効率的な放電加工をサポートします。

高い加工精度：タングステン銅棒の均一な微細構造と低い熱膨張係数により、加工中に電極の寸法安定性が維持され、高精度の加工が可能になります。

加工が容易：純粋なタングステンと比較して、タングステン銅棒は加工性に優れているため、複雑な形状の電極を作製するのに便利です。

応用例：精密金型製造において、W-Cu 70/30タングステン銅棒は、自動車部品金型や電子機器筐体金型など、複雑な鋼製金型の加工に広く使用されています。航空宇宙分野では、タングステン銅電極がチタン合金や耐熱合金部品の加工に使用され、高精度と表面品質を確保しています。さらに、微細部品の加工において、タングステン銅電極はミクロンレベルの加工精度を実現し、MEMS（微小電気機械システム）や精密機器の製造要件を満たして

著作権および法的責任に関する声明

います。

製造特性：放電加工用タングステン銅電極は、通常、粉末冶金法を用いて製造されます。高純度のタングステンと銅の粉末を混合し、成形・焼結を行います。電極密度と性能の均一性を向上させるため、銅溶浸法や熱間静水圧プレス（HIP）法など、いくつかのプロセスが採用されています。高精度加工の要件を満たすため、電極表面には通常、研削や研磨などの精密加工が必要です。

開発動向：放電加工技術がマイクロ・ナノ加工へと進化するにつれ、タングステン銅電極の製造プロセスは継続的に最適化されています。例えば、ナノサイズのタングステン粉末と銅粉末の使用により、電極の微細構造の均一性がさらに向上し、放電時の微細欠陥を低減できます。さらに、ニッケルメッキや金メッキなどの表面改質技術を用いることで、電極の耐酸化性と導電性が向上し、寿命がさらに延びています。

2.2.4.2 プレス金型と耐摩耗部品

タングステン銅棒は、高硬度、耐摩耗性、優れた熱伝導性を有することから、プレス金型や耐摩耗部品の製造において広く使用されています。プレス金型や耐摩耗部品は、高荷重、頻繁な衝撃、高温環境での使用が求められることがよくあります。タングステン銅棒は、これらの厳しい要件を効果的に満たすことができます。この分野では、W-Cu 75/25およびW-Cu 80/20タングステン銅棒が広く使用されています。主な利点は以下のとおりです。

高い硬度と耐摩耗性：タングステンの硬度が高い（純粋なタングステンのモース硬度レベル 9 に近い）ため、タングステン銅棒はスタンピング プロセス中の機械的摩耗に耐え、金型の寿命を延ばすことができます。

優れた熱伝導率：銅を加えると、タングステン銅棒の熱伝導率が高くなり（約 150-200 W/ m・K）、熱を素早く放散して過熱による金型の変形や故障を防ぐことができます。

低熱膨張係数：タングステンの低熱膨張特性（約 $4.5\sim 5.5\times 10^{-6}$ / K）は、高温での金型の寸法安定性を確保し、高精度のスタンピングに適しています。

疲労耐性：タングステン銅棒は、頻繁な衝撃を受けても構造的完全性を維持し、亀裂や疲労破損のリスクを軽減します。

用途例：自動車業界では、タングステン銅棒はボディパネル、エンジン部品、トランスミッション部品などのプレス金型の製造に使用されています。アルミニウム合金やマグネシウム合金のダイキャスト金型では、タングステン銅棒はコアロッドやノズルとして使用され、高温の溶融金属の衝撃や腐食に耐えることができます。さらに、精密ハードウェアや電子コネクタのプレス製造では、タングステン銅棒は優れた耐摩耗性と長寿命性から高く評価されています。

製造特性：プレス金型用のタングステン銅棒は、通常、粉末冶金と銅浸透プロセスを組み

著作権および法的責任に関する声明

合わせて製造され、高い材料密度と均一な性能を確保しています。金型の複雑な形状要件を満たすため、一部の工程ではCNC加工やレーザー切断技術を用いてタングステン銅棒を微調整します。さらに、表面硬化処理（浸炭処理や窒化処理など）を施すことで、金型の耐摩耗性と耐腐食性をさらに向上させることができます。

開発動向：今後、プレス金型用タングステン銅棒は、より高性能で複雑な形状へと進化していくでしょう。例えば、積層造形（3Dプリント）技術の応用により、タングステン銅棒の内部に複雑な冷却チャンネルを設計することが可能になり、放熱効率が向上します。さらに、微量元素（ニッケルや希土類元素など）を添加することで、タングステン銅棒の耐疲労性と耐摩耗性をさらに最適化し、高強度プレス成形の要件を満たすことができます。

2.2.5 医療および科学研究用途のタングステン銅棒

タングステン銅棒は、高密度、耐熱性、生体適合性といった特性から、医療・科学研究分野に広く使用されています。特に、医療用電極、特殊プローブ、高エネルギー物理学実験用部品の製造に適しています。W-Cu 80/20およびW-Cu 85/15タングステン銅棒は、高精度と過酷な環境下での要求を満たすため、この分野で広く使用されています。

2.2.5.1 医療用電極と特殊プローブ

医療分野では、タングステン銅棒は高精度電極やプローブの製造に使用され、神経刺激、高周波アブレーション、低侵襲手術機器などに広く使用されています。これらの用途では、高い導電性、耐腐食性、生体適合性を備えた材料が求められます。W-Cu 70/30およびW-Cu 80/20タングステン銅棒は、その優れた性能から広く使用されています。主な利点は以下のとおりです。

高い導電性：電気信号の正確な伝送を保証し、神経刺激や電気生理学的モニタリングに適しています。

耐腐食性：生理学的環境（血液や組織液など）で安定した状態を維持し、材料の劣化を軽減します。

高い硬度と耐摩耗性：高精度な操作におけるプローブの長期使用をサポートします。

生体適合性：適切な表面処理（金メッキや銀メッキなど）を施すと、タングステン銅棒は医療機器の生体適合性要件を満たすことができます。

応用例：神経刺激装置では、タングステン銅電極が脳深部刺激法（DBS）に使用され、パーキンソン病やてんかんなどの治療に精密な電気パルスを照射します。高周波アブレーションでは、タングステン銅プローブが心臓病変や腫瘍の治療に使用され、高温や高周波電界下でも安定性を維持します。さらに、低侵襲手術では、タングステン銅ロッドを加工して内視鏡検査や組織採取用の小型プローブが作製されます。

製造特性：医療用タングステン銅棒は、通常、高純度のタングステンおよび銅粉末を用いて粉末冶金法および熱間静水圧プレス法で製造され、高密度かつ非多孔性の構造を確保しています。表面処理（電気めっきや化学不動態化など）は、材料の生体適合性と耐腐食性

著作権および法的責任に関する声明

を高めるための重要なステップです。さらに、高精度医療機器の要求を満たすために、マイクロナノファブリケーション技術を用いて微小電極やプローブを製造しています。

開発動向: 低侵襲医療技術の進歩に伴い、タングステン銅電極およびプローブはより小型化・高精度化していくでしょう。例えば、ナノスケールのタングステン銅複合材料の開発は、電極の導電性と機械的特性をさらに向上させる可能性があります。さらに、スマートマテリアル技術と組み合わせることで、将来のタングステン銅プローブは、生理学的信号をリアルタイムでモニタリングするためのセンサー機能を組み込むことが期待されます。

2.2.5.2 高エネルギー物理学実験と原子力産業への応用

タングステン銅棒は、その高密度、耐高温性、耐放射線性から、高エネルギー物理学実験や原子力産業で広く使用されています。W-Cu 85/15およびW-Cu 90/10タングステン銅棒は、この分野で好まれる材料であり、極限環境における高温、高圧、粒子衝撃に耐えることができます。主な利点は以下のとおりです。

高密度: タングステンの高密度 (約 19.25 g/cm³) により、タングステン銅棒は高エネルギー放射線を効果的に遮蔽することができ、原子炉や粒子加速器のコンポーネントに使用するのに適しています。

核融合や高エネルギー粒子の衝突によって発生する極めて高温 (3000 °C以上) でも安定した性能を維持します。

耐放射線性: タングステン銅棒は中性子照射やガンマ線による損傷に耐えることができ、部品の寿命を延ばします。

優れた熱伝導性: 熱を急速に放散し、高温によるコンポーネントの故障を防ぎます。

用途例: 国際熱核融合実験炉 (ITER) プロジェクトでは、W-Cu 85/15タングステン銅棒がダイバータヒートシンクとして使用され、高熱負荷とプラズマ衝撃に耐えることができます。欧州原子核研究機構 (CERN) の大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) などの粒子加速器では、タングステン銅棒がターゲットや放射線遮蔽部品の製造に使用され、高エネルギー粒子から機器を保護しています。さらに、原子力発電業界では、タングステン銅棒が高温熱伝導体や放射線遮蔽材として使用され、原子炉の安全性と効率を向上させています。

製造特性: 原子力産業向けタングステン銅棒の製造には、極めて高い材料純度と密度が求められます。材料内の微細孔や欠陥を除去するために、通常、熱間等方圧成形法またはプラズマ焼結法が用いられます。耐放射線性を高めるため、希土類元素 (ランタンやセリウムなど) をドーピングして材料の微細構造を最適化するプロセスもあります。さらに、モリブデンやセラミックコーティングなどの表面コーティングを施すことで、材料の耐食性と耐高温性が向上します。

開発動向: 今後、原子力産業向けタングステン銅棒は、より高性能で複雑な構造へと発展していくでしょう。例えば、積層造形技術の応用により、複雑な形状のヒートシンクやシールド部品をタングステン銅棒で製造することが可能になり、次世代核融合炉のニーズを

著作権および法的責任に関する声明

満たすことができます。さらに、新たなドーピング技術や表面改質技術により、タングステン銅棒の耐放射線性と耐高温性がさらに向上し、高エネルギー物理学実験や原子力産業への応用が促進されます。



第3章 タングステン銅棒の製造技術

タングステン銅棒は、タングステンの高強度・耐高温性と銅の優れた導電性・熱伝導性を兼ね備えた複合材料であり、電子機器、電気接点、熱管理部品、航空宇宙分野において不可欠な役割を果たしています。その製造プロセスは、伝統的な粉末冶金技術と現代技術の革新的なブレークスルーを融合させた、材料科学における繊細な旅です。原材料の厳選から最終製品の精密加工まで、各工程において材料の均一性、密度、安定した性能を確保するための綿密な設計が求められます。鍵となるのは、多孔質のタングステン骨格を形成し、熔融銅を正確に浸透させることで、二相の完璧な複合化を実現することです。従来のプロセスは、プレス、焼結、真空浸透に依存していますが、新興技術では、ナノ材料、積層造形、インテリジェント制御を取り入れ、より高い性能要求に対応しています。本章では、原材料の準備から新しいプロセスの探求まで、あらゆる工程を詳細に解説します。プロセスの原則、運用の詳細、課題、最適化戦略に焦点を当て、技術的なデータの過負荷を避け、代わりに鮮明な言葉を使用して準備プロセスの複雑さと魅力を紹介します。

3.1 原材料の準備

タングステン銅棒の製造は、原材料の準備から始まり、まるで洗練された交響曲のための楽器の準備のようなものです。主要原材料であるタングステン粉末と電気銅は、厳格な選別と処理を経て、後続工程でシームレスに連携し、高性能複合材料を形成することが求められます。純度、粒子サイズ、形態の制御は、成形および焼結の結果に影響を与えるだけでなく、最終製品の熱的、電氣的、および機械的特性を決定づけます。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm ³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

3.1.1 タングステン粉末の製造と品質要件

タングステン粉末の製造は、硬いタングステン鉱石を精巧で芸術的な素材へと変貌させるようなものです。通常は水素還元法が用いられます。これは成熟した工業技術です。タングステン鉱石（ウルフラマイトやシーライトなど）を化学的に精製してタングステン酸塩を生成し、これを焙焼して三酸化タングステンを生成します。その後の還元工程は高温炉で行われ、水素はまるで職人の忍耐強い手のように酸化物を徐々に除去し、純粋なタングステン粉末を生み出します。電気分解やメカニカルアロイングなどの他の方法ではより微細な粒子を生成できますが、コストが高く、特殊な用途に適しています。

タングステン粉末の品質要件は非常に厳しく、不純物を最小限に抑えるための極めて高い純度、充填と接着を容易にするための均一な粒子形状、そして高温での不要な酸化物の形成を防ぐための厳密に管理された酸素含有量が求められます。高品質のタングステン粉末は、厳選されたシードとして機能し、後続工程の基盤となります。微量の活性剤を添加することで、焼結中の粉末の融合を促進できますが、材料の熱伝導率を損なわないように注意が必要です。タングステン粉末は、湿気や酸素による活性の低下を防ぐため、乾燥した密閉環境で保管する必要があります。

3.1.2 電気銅の製造と特性

電気銅の製造は、電気化学的な精錬の過程です。粗銅は電解液中で分解され、銅イオンは電界に導かれて陰極に析出し、純粋な銅箔または粉末を形成します。このプロセスは、金精錬と同様に、不純物を除去し、銅が業界をリードする品質基準を満たすように、精密な制御を必要とします。

電気銅は優れた導電性と熱伝導性を備え、タングステン銅棒の「潤滑剤」として機能します。融点が低いと、浸透時に容易に流動し、タングステン骨格の細孔を埋めます。また、優れた可塑性により複合材料の強靭性を確保します。銅は、様々なプロセス要件に合わせて、微粉末から固体ブロックまで様々な形状で提供されます。タングステン銅棒内では、銅は電流と熱を伝導するだけでなく、タングステン粒子を繋ぎ、強固なネットワークを形成します。しかし、銅は酸素に敏感であるため、性能に影響を与える可能性のある酸化を防ぐために、保管および取り扱いには細心の注意が必要です。

3.1.3 タングステン粉末のサイズ、形態、純度がプロセスに与える影響

タングステン粉末の粒子サイズと形状は、彫刻家の道具のように、材料の構造を直接形作ります。粒子が細かいほど、より密に結合して骨格の強度を高めますが、気孔を早期に閉じてしまい、銅の浸透を妨げる可能性があります。粒子が大きいほど、気孔ネットワークが開きますが、融合にはより多くのエネルギーが必要です。適切な粒子サイズを選ぶことは、絵画の色を混ぜ合わせるようなものです。つまり、強度と透過性のバランスを見つける必要があるのです。

粒子の形態も非常に重要です。球形に近い粉末は密度が高く、均一な構造を形成します。一方、不規則な粒子は接触点を増加させ、機械的特性を向上させる可能性を秘めています。局所的な欠陥につながる可能性もあります。純度は材料の魂であり、界面の安定性と

著作権および法的責任に関する声明

性能の信頼性を決定づけます。高純度の粉末は不要な化学反応を最小限に抑え、スムーズな複合プロセスを実現します。一方、低純度の粉末は脆性を引き起こし、耐久性を低下させる可能性があります。慎重な選別と処理によってこれらの要素を最適化し、後続のプロセスへの道筋をつけることができます。

3.2 タングステン系プリフォームの成形プロセス

タングステンプリフォームの成形は、製造工程における「基礎構築」段階です。銅の浸透に最適な経路となる多孔質のタングステン骨格を形成することが目標です。この工程では、加圧成形と焼結技術を組み合わせ、固体タングステン粉末から微細な都市を彫り出すようなプロセスが行われます。多孔性と強度のバランスを慎重に取ることで、過剰な密度や過剰な緩みが生じないようにする必要があります。

3.2.1 プレス加工（一軸プレス加工、等方圧プレス加工）

一軸圧縮成形は、砂を鋳型でレンガ状に圧縮するのと似た、シンプルで分かりやすいプロセスです。タングステン粉末を鋼製の鋳型に充填し、一軸力で予備的な形状に圧縮します。粘土に接着剤を加えるのと同様に、少量のバインダーを加えることで粉末の成形が容易になります。この方法は低コストで小規模生産に適していますが、中心部が緩く、端部が密集した、不均一な密度になる場合があります。

等方圧成形は、粉末を完全に包み込むように、液体または気体の媒体を介して均一な圧力を加えます。冷間等方圧成形でも、高温と組み合わせた熱間等方圧成形でも、プリフォームの均一性を大幅に向上させ、特に大型または複雑な形状のタングステン銅棒に適しています。成形後、成形体はバインダーを除去するために慎重に乾燥させ、その後の焼結工程に備えます。

3.2.2 焼結緻密化（真空または水素雰囲気）

焼結工程は、遊離粒子を溶接して強固な骨組みを形成するようなものです。圧縮された成形体は高温の炉に入れられ、真空または水素雰囲気下で加熱されます。真空は滅菌室のような役割を果たし、酸化を防ぎ、ガスの排出を促進します。水素はクリーナーのような役割を果たし、表面の酸化物を減少させ、粒子間の結合を強化します。

このプロセスでは、粒子は拡散とネック成長によって徐々に結合し、成形体は収縮して密度が高まります。微量の活性剤を添加することで必要な温度を下げることはできますが、材料の純度を損なわないように注意が必要です。焼結はゆっくりとした化学反応であり、十分な多孔性を維持しながら強固な骨格を確保するには、温度と時間の正確なバランスが必要です。

3.2.3 プリフォームの多孔性と接続性の制御

プリフォームの気孔率と接続性は「呼吸システム」であり、溶融銅の浸透に直接影響を及ぼします。気孔率が高すぎると骨組みが弱くなり、低すぎると浸透が阻害されます。そのため、粉末の配合比とプロセス条件を慎重に制御する必要があります。一時的な気孔形成剤を添加することは、土壌に可溶性粒子を埋め込むようなもので、焼結後に除去すること

著作権および法的責任に関する声明

でチャンネルを形成します。

気孔の連結性を確認することは、都市の交通網を検査して行き止まりがないことを確認するようなものです。最適化されたプリフォームは均一な気孔分布を有し、十分な機械的強度を維持しながら、熔融樹脂の浸透のためのスムーズな経路を提供します。

3.3 真空浸透プロセス

真空浸透は、タングステン銅棒の製造における重要なステップです。これは、液体の銅をタングステン骨格の微細な脈に注入し、高密度の複合材料を形成するようなものです。このプロセスは、技術的な課題であるだけでなく、物理学と化学の融合でもあります。真空下では、熔融銅が毛細管現象によってタングステン骨格の細孔に浸透し、あらゆる隙間を埋めて最終的に均一な複合構造を形成します。成功の鍵は、温度、真空度、浸透ダイナミクスを制御しながら、銅の揮発、界面欠陥、そして不均一な分布を回避することです。以下では、このプロセスの複雑性と高度さについて、原理、装置、そして具体的な操作に至るまで、詳細に説明します。

3.3.1 真空浸透の基本原理

真空含浸の真髄は、毛細管現象と真空状態を利用し、熔融銅をタングステン骨格の細孔網に自然に浸透させることです。スポンジに水滴が吸収される様子を想像してみてください。熔融銅は高温で流動性液体となり、真空の負圧を利用して、微細な細孔を通してタングステン構造に浸透します。タングステンと銅は化学的に反応するのではなく、物理的な濡れによって結合します。濡れ角の大きさが銅の自発的な流動性を決定し、真空環境はガス抵抗を排除するため、銅が隅々までスムーズに充填されます。

このプロセスはタングステン骨格に命を吹き込みます。銅は細孔を埋めるだけでなく、冷却時に導電性と熱伝導性に優れたネットワークを形成し、タングステン骨格と強固で効率的な複合材料を形成します。重要なのは、良好な濡れ性を確保しながら、過度の温度上昇による銅の揮発や、不均一な多孔性による浸透不良を防ぐことです。

3.3.2 浸透炉の構造と動作原理

真空浸透炉は真空浸透の「心臓部」であり、その設計は精密手術室のように精巧です。炉体は真空チャンバー、加熱システム、真空ポンプ、冷却システムで構成されています。真空チャンバーは通常、ステンレス鋼や石英などの耐熱材料で作られ、内部にはタングステン母材と銅ブロックを収容するためのグラフィットるつぼが配置されています。加熱システムは抵抗加熱または誘導加熱が可能で、精密なシェフのように銅の融点以上の温度を制御します。真空ポンプは換気扇のように機能し、空気を排出して高真空環境を作り出し、ガス干渉を低減します。冷却システムは浸透完了後に徐々に温度を下げ、熱応力による亀裂の発生を防ぎます。

操作中は、タングステンのプリフォームをるつぼに入れ、その上または横に銅ブロックを配置します。炉内はまず真空状態にして空気と水分を除去し、その後ゆっくりと温度を上げて銅を溶かします。毛細管現象とるつぼ内の真空状態により、熔融銅はプリフォームに

著作権および法的責任に関する声明

浸透し、細孔を埋めてから冷却・固化します。このプロセス全体は、微細なインフュージョン成形プロセスに似ており、すべての工程において精密かつ正確な実行が求められます。

3.3.3 銅の浸透温度、真空度および浸透ダイナミクス

銅の浸透温度は銅の融点以上である必要がありますが、銅の蒸発やタングステン骨格における不要な粒成長を防ぐため、高すぎてもいけません。適切な温度を選択することは、調理における火加減の調整に似ており、まさに「ちょうど良い」温度でなければなりません。浸透プロセスのスムーズさは真空度によって決まります。高真空環境は透明な滑走路のようなもので、銅液が妨げられることなく流れます。真空度が不十分だと残留ガスが泡状になり、材料の密度に影響を与えます。

このプロセスの核心は浸透ダイナミクスです。銅溶液の流量は、細孔径、濡れ性、そして銅溶液の粘度に対する温度の影響に依存します。細孔が小さいほど毛細管力は大きくなりますが、流動抵抗が増加する可能性があります。一方、細孔が大きいほど逆の効果があります。これらの要因を最適化するには、迅速かつ均一な浸透を実現する最適な温度、真空度、時間の組み合わせを見つけるための実験とシミュレーションが必要です。

3.3.4 浸透中の界面反応と微細構造の進化

浸透プロセス中、溶融銅とタングステン粒子の界面は、まるで二人のダンサーの接触面のように、協調した動きを必要とします。タングステンと銅は混ざり合わないため、界面では化学反応ではなく物理的な濡れが生じます。溶融銅がタングステン粒子に接触すると、薄い拡散層が形成され、両者の結合が強化されます。クロムやジルコニウムなどの元素を少量添加することで、濡れ性が向上し、界面のポイドやマイクロクラックを低減できます。

微細構造は、多孔質のタングステン骨格から、銅を充填した高密度複合体へと進化します。銅液はまず大きな細孔に浸透し、次に徐々に小さな細孔を満たし、最終的に三次元ネットワークを形成します。このプロセスは、まるで都市が空っぽの骨組みから徐々に道路や建物で満たされていくようなものです。冷却すると銅相が固化し、タングステン骨格と一体化します。顕微鏡観察では、目に見える亀裂や未充填領域のない理想的な微細構造が明らかになります。銅相は均一に分散しており、材料の性能を向上させます。

3.3.5 浸透均一性と品質管理

均一性は浸透プロセスの究極の目標です。局所的な不完全な浸透や銅のプールは、材料の性能を低下させます。均一性は、タングステン骨格の多孔度の均一性と浸透条件の安定性に依存します。プリフォームの多孔度は、銅溶液を遮断する過密領域や、強度不足につながる過剰な多孔質領域を回避するために、科学的かつ合理的に設計する必要があります。

品質管理は、完成品の包括的な物理検査のようなものです。密度測定によって充填の完全性を判断し、顕微鏡検査によって微細構造の均一性を確認し、超音波やX線などの非破壊検査によって隠れた欠陥を明らかにすることができます。浸透の不均一性が見つかった場

著作権および法的責任に関する声明

合は、多段階浸透や温度プロファイルの調整によって修正することができます。最終的な目標は、材料に気泡やひび割れがなく、その性能が設計要件を満たすことを確認することです。

3.4 後処理と機械加工

後加工と機械加工は、タングステン銅棒を「粗い」状態から「精巧に加工された」完成品へと磨き上げる工程です。これらの工程は、加工前の残留問題を排除するだけでなく、材料に正確な寸法と最適化された表面特性を与えます。

3.4.1 熱処理と応力緩和

熱処理は、材料を深く緩和させるようなもので、浸透と冷却の間に蓄積された内部応力を除去します。タングステン銅棒は、水素や真空などの保護雰囲気中で加熱され、徐々に温度を上昇させて維持することで、結晶構造が再調整され、靱性が向上します。冷却プロセスはゆっくりと行われるため、材料は「呼吸」することができ、新たな応力の発生を防ぎます。この工程により、材料の信頼性と耐用年数が大幅に向上します。

3.4.2 精密加工と寸法管理

精密機械加工は、タングステン銅棒を最終的な形状に仕上げる鍵となります。高精度旋盤、フライス盤、グラインダーとダイヤモンド工具を組み合わせ、材料を設計寸法に合わせて丁寧に加工します。この加工工程は彫刻家の作業に似ており、過熱や表面損傷を防ぐため、切削速度と送り速度を厳密に制御する必要があります。寸法精度はレーザー測定と3次元座標測定によって確保され、ミクロンレベルの公差を実現することで、高精度アプリケーションの要求を満たします。

3.4.3 表面改質およびコーティング技術

表面改質は、材料に保護コーティングを施すようなものです。研磨や化学エッチングにより鏡のように滑らかな表面が得られ、摩擦と摩耗が低減されます。コーティング技術によって性能はさらに向上します。例えば、電気めっきや物理蒸着（PVD）によってニッケルや金の層を形成すると、耐食性と導電性が向上します。材料の熱伝導性に影響を与えずに保護効果を発揮するには、コーティングの厚さを慎重に制御する必要があります。

3.5 新しいプロセスの探索

材料科学の進歩に伴い、新たなプロセスがタングステン銅棒の製造に新たな活力をもたらしました。これらの技術は探検家のように、将来の複雑な用途のニーズを満たすために、より効率的で精密な製造方法を模索しています。

3.5.1 ナノタングステン銅プリフォームと超微細銅浸透技術

ナノスケールのタングステン粉末の使用により、製造精度は分子レベルにまで向上します。特殊な方法で製造された超微細粉末は、より高密度なプリフォームの製造を可能にします。超微細銅含浸技術は、ナノ銅粉末を使用することで低温での含浸を実現し、エネルギー消費を削減しながら材料の均一性を向上させます。このアプローチは、より細かいブラシで材料構造に塗装を施すようなもので、性能を大幅に向上させます。

著作権および法的責任に関する声明

3.5.2 真空浸透と積層造形の組み合わせ

積層造形（3Dプリンティング）は、タングステン銅棒の製造に新たな可能性をもたらしました。レーザーまたは電子ビームプリントでタングステンの骨格を作製し、真空浸透と組み合わせることで、複雑な形状を形成できます。この方法は、材料をデジタルで彫刻するのと同様に、従来のプロセスの限界を超え、カスタム生産に適しています。

3.5.3 高均一性と低多孔性の最適化プロセス

高圧浸透、マイクロ波焼結、インテリジェント制御技術を組み合わせ、最適化された新たなプロセスにより、究極の均一性と低気孔率を実現します。インテリジェントシステムは導体として機能し、プロセスパラメータをリアルタイムで調整することで、各工程で最適な性能を確保します。これらの技術は、タングステン銅棒の性能を新たなレベルに引き上げ、要求の厳しい用途にも対応します。



第4章 タングステン銅棒の物理的・化学的性質

タングステン銅棒は、タングステンの優れた耐熱性と耐摩耗性、そして銅の優れた電気伝導性および熱伝導性の完璧な融合から生まれる、他に類を見ない複合材料です。この素材は、硬岩と穏やかな溪流が調和した自然界を彷彿とさせ、電子パッケージ、電気接点、ヒートシンクにおいて重要な役割を果たすだけでなく、航空宇宙機器や高電圧電気機器においても優れた適応性を発揮します。これらの特性は単なる付加ではなく、巧妙な微細構造設計によって総合的な優位性を生み出し、タングステン銅棒が極限条件下でも安定性と高性能を維持することを可能にしています。本章では、基本的な物理的特性から始め、機械的特性、化学的特性、そして微細構造特性を段階的に掘り下げていきます。詳細な説明と分析を通して、これらの特性の根底にあるメカニズム、影響要因、そして実用的用途を明らかにし、タングステン銅棒がいかにして現代産業の信頼できるパートナーとなっているかを読者に深く理解していただきます。

著作権および法的責任に関する声明

4.1 タングステン銅棒の基本物理的性質

タングステン銅棒の基本的な物理的性質は、その用途の基盤を形成します。これらの特性は、材料本来の「体格」と同様に、温度、電界、そして熱環境における性能を決定づけます。タングステンの添加により安定性と密度が向上し、銅は優れた導電性を提供します。この2つは互いに補完し合い、バランスの取れた効率的なシステムを形成します。これらの物理的性質は、材料の耐久性と適合性に直接影響を与えるため、タングステン銅棒の設計と使用においてしばしば主要な考慮事項となります。

4.1.1 タングステン銅棒の密度と比重

タングステン銅棒の密度は、その最も基本的かつ重要な物理的性質の一つであり、材料内部の部品のコンパクトさと重量分布を反映しています。タングステン含有量が増加すると密度もそれに応じて増加するため、タングステン銅棒は、精密機器のカウンターウェイト部品や放射線遮蔽材など、高質量を必要とする用途に最適です。この密度により、限られたスペース内でより大きな重量を支えることができ、過剰な嵩を必要とする設計上の問題を回避できます。また、材料の安定性も向上し、振動や高速運動によるずれを防ぎます。実用分野では、高密度タングステン銅棒は航空機のカウンターウェイトシステムによく使用され、他の材料特性を犠牲にすることなく信頼性の高い慣性バランスを提供します。水に対する密度の尺度である比重は、この知覚される重さをさらに強調し、材料使用量の計算や輸送コストの評価に特に役立ちます。全体として、最適化された密度と比重により、タングステン銅棒は、高性能が求められる重量に敏感な用途に最適な選択肢となります。タングステンと銅の比率を調整することで、過度に高い密度に伴う加工上の困難や、低すぎる密度に伴う強度不足を回避し、多様な要件に柔軟に対応できます。

4.1.2 タングステン銅棒の融点と熱安定性

タングステン銅棒の融点特性は、タングステンの極めて高い耐熱性を継承しており、高温環境下でも耐火試験に耐える要塞のように、その完全性を維持します。タングステンの高い融点は、材料全体の耐熱性の上限を大幅に引き上げます。銅の融点に近い温度でも、タングステン銅棒は容易に軟化したり変形したりしません。この熱安定性は、アーク放電や高温溶接の用途において特に顕著で、過渡的な熱衝撃に耐え、材料の内部構造の崩壊を防ぐことができるため、耐用年数が長くなります。長期間の高温曝露下でも、タングステン銅棒の熱安定性は相構造の耐久性にも反映され、大きな結晶変態や熱分解は発生しません。そのため、航空機エンジン部品や電子機器のヒートシンクなど、高温が持続する用途に適しています。洗練された複合プロセスにより、この安定性はさらに強化され、タングステン銅棒は火を恐れない戦士のように極端な熱環境でも容易に動作し、機器の正常な動作を保護します。

4.1.3 タングステン銅棒の熱膨張係数と熱伝導率

熱膨張係数（CTE）は、タングステン銅棒の温度変動耐性を左右する重要な要素です。タングステンの低膨張特性は、材料全体の性能を決定づける要因であり、熱サイクル下でも相対的な寸法安定性を維持し、膨張差による応力集中や亀裂の発生を防ぎます。この特性は、季節変化に対する橋梁の柔軟性と同様に、セラミック、ガラス、半導体材料などの用途に特に適しています。例えば、マイクロエレクトロニクスのパッケージングでは、タン

著作権および法的責任に関する声明

タングステン銅棒がチップに完全に適合し、熱応力による故障を防ぎます。銅の優れた熱伝導率に起因する熱伝導性により、タングステン銅棒は効率的なヒートパイプのように機能し、熱源から周囲環境へ熱を迅速に放散することで、局所的な過熱を防ぎます。高出力レーザーデバイスやパワー半導体においては、この熱伝導性によって安定した動作温度が確保され、熱故障のリスクが低減します。CTEと熱伝導性の相乗効果により、タングステン銅棒は熱管理分野において他に類を見ない材料となっています。温度変動に耐えるだけでなく、熱の流れを積極的に調節し、効率的なエネルギー伝達と放熱のバランスを実現します。

4.1.4 タングステン銅棒の導電率と抵抗率

電気伝導性は、電気用途におけるタングステン銅棒の核となる利点です。銅相の連続ネットワークは効率的な高速道路のように機能し、電流のためのスムーズな伝導経路を提供します。タングステンの添加により抵抗率はわずかに増加しますが、材料の耐アーク性と全体的な安定性が大幅に向上します。このバランスの取れた設計により、タングステン銅棒は高電圧電気接点や配電装置に最適であり、アーク浸食による損傷に耐えながら、大電流をスムーズに通過させることができます。実用用途では、タングステン銅棒の電気特性は、過度の発熱や信号劣化なしに高周波または高電力信号を処理できる優れた電極材料となっています。タングステン含有量に応じて抵抗率を柔軟に変化させることができるため、低抵抗が求められる導体ではタングステン含有量を減らし、耐摩耗性電気接点ではタングステン含有量を増やして寿命を延ばすなど、カスタマイズされた用途が可能になります。全体として、最適化された導電性と抵抗率により、タングステン銅棒は電気分野に非常に適した材料となり、伝導効率と長期的な信頼性のバランスを実現します。

4.2 タングステン銅棒の機械的性質

タングステン銅棒の機械的特性は、機械的ストレス環境における信頼性を保証します。これらの特性は、タングステンの剛性と銅の柔軟性を融合させ、摩耗、衝撃、変形に戦士のように耐えるタングステン棒を生み出します。これらの特性により、この材料は動的な用途において優れた性能を発揮し、静的な荷重だけでなく、繰り返しの機械的負荷にも耐えることができます。

4.2.1 タングステン銅棒の硬度と強度

硬度は、タングステン銅棒の機械的特性を顕著に表すものです。タングステン粒子の均一な分布は、強固な骨格構造のように機能し、外圧に対する材料の耐性を高め、高圧・高摩擦環境下でも傷や変形が生じにくくします。この硬度特性は、鋭利な刃先を維持し、工具寿命を延ばすため、金型や切削工具において特に有用です。強度は、張力、圧縮、曲げに対する性能に反映されます。タングステンの添加により、材料の引張強度が大幅に向上し、タングステン銅棒は荷重下でも構造的完全性を維持し、突然の破損を回避します。建物や機械部品においては、この強度は梁や柱の支持のように機能し、安全性と信頼性を確保します。高度な製造プロセスによってこれらの特性はさらに強化され、タングステン銅棒は、決して崩壊しない要塞のように、より過酷な産業環境にも適応できるようになります。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

4.2.2 タングステン銅棒の延性と靱性

延性は銅相の柔軟な性質に由来し、タングステン銅棒は応力を受けてもすぐには破損せずわずかに変形します。これは純粋なタングステンの脆さとは全く対照的であり、材料の加工や成形が容易になります。伸張または曲げの際には、この延性が材料の弾性バッファーとして機能し、エネルギーをある程度吸収して壊滅的な破損を防ぎます。靱性は、材料が衝撃エネルギーを吸収する能力を反映しています。振動または衝突環境において、タングステン銅棒は外力を緩衝し、全体的な完全性を維持することができます。この特性は自動車部品や振動機器において重要な役割を果たし、材料が繰り返し応力を受けても耐久性を維持し、疲労の蓄積による損傷を回避できるようにします。タングステン銅インターフェースを最適化することで、延性と靱性をさらに向上させることができ、タングステン銅棒は動的用途で優れた性能を発揮できるようになります。

4.2.3 タングステン銅棒の耐摩耗性と耐衝撃性

耐摩耗性は、摩擦環境においてタングステン銅棒の保護層として機能します。タングステンの硬質相はダイヤモンドのように摩耗粒子による侵食に抵抗し、材料の耐用年数を大幅に延ばします。高速機械や激しい摩耗にさらされる環境において、この耐摩耗性は滑らかで長寿命の表面を確保し、性能低下を防ぎます。耐衝撃性は、複合構造のエネルギー分散メカニズムによって実現され、衝撃力がタングステンと銅の界面で均等に吸収され、局所的な損傷を防ぎます。この特性はクッションとして機能し、衝突や落下から材料を保護します。耐摩耗性と耐衝撃性を兼ね備えたタングステン銅棒は、軍事機器や重工業の工具にとって信頼できる選択肢であり、厳しい試験にも耐えながらも機能性を維持します。

4.3 タングステン銅棒の化学的性質

タングステン銅棒の化学的性質は、腐食性または高温の化学環境における性能を決定づけます。これらの特性は材料の「免疫システム」のように機能し、外部腐食に抵抗し、長期的な安定性と安全性を確保します。

4.3.1 タングステン銅棒の耐酸化性と耐腐食性

耐酸化性は高温空気中では特に重要です。タングステンの安定した酸化層は保護膜として機能し、銅相の酸化を遅らせ、灼熱環境下でも材料の完全性を維持します。この抗酸化能により、タングステン銅棒は炉や排気システムに最適で、急速な劣化を防ぎます。耐食性は酸性、アルカリ性、多湿環境において卓越します。タングステン銅棒は、様々な化学媒体による浸食に耐え、まるで風雨に屈しない守護神のように機能します。化学パイプラインや海洋機器においては、この特性により耐用年数が延長され、メンテナンスの必要性が軽減されます。表面処理によりこれらの特性をさらに高めることで、過酷な化学条件にも耐えることができます。

4.3.2 タングステン銅棒の高温化学安定性

高温化学的安定性により、タングステン銅棒は高温ガスや溶融媒体中でも不活性な状態を維持します。タングステンの化学的不活性性は、不要な反応や分解を防ぎます。この安定性は炉内で安定力として作用し、高温反応器やセンサーの信頼性の高い動作を保証し、相変化による故障を防ぎます。冶金学やエネルギー学の分野では、この特性が高温での持続

著作権および法的責任に関する声明

的な動作を支え、材料の構造と機能を維持します。

4.3.3 タングステン銅棒と他の金属との適合性

他の金属との適合性も、タングステン銅棒の大きな利点の一つです。アルミニウム、銅、ニッケルと容易に安定した界面を形成し、界面剥離や腐食を防ぎます。この適合性は、異種材料を繋ぐ橋渡しとして機能し、電子コネクタなどの複合構造においてシステム全体の安定性を確保します。溶接や合金化においては、この特性によりプロセスが簡素化され、効率が向上します。

4.4 タングステン銅棒の微細構造と組織特性

微細構造は、タングステン銅棒の性能の「内部設計図」です。タングステン銅相の分布、結合、そして進化を明らかにします。これらの特性は、材料のDNAのように、マクロ的な特性の性能を決定づけます。

4.4.1 タングステン銅棒の結晶構造と相組成

結晶構造は主にタングステンの体心立方格子と銅の面心立方格子で構成され、それぞれが独立して存在することで擬似合金系を形成しています。この構造により、タングステンの剛性と銅の柔軟性を併せ持ち、顕微鏡で見ると調和のとれた二つの建築構造のように見えます。相構成は精密なパズルのようで、タングステン相が堅固な骨格を形成し、銅相が隙間を埋めることで全体のバランスを確保しています。

4.4.2 タングステンと銅の相の分布特性

タングステン相は、夜空に散りばめられた星のように銅マトリックス内に均一に分散しており、局所的な凝集や不均一性を排除しています。この分散により安定した性能が確保される一方、銅相は連続したネットワークを形成し、導電経路を強化します。この均一性は製造工程におけるプロセス制御によって実現され、ミクロレベルで完璧な調和を備えた材料となっています。

4.4.3 界面接合機構と微細構造解析

界面接合機構は主に機械的な連結と微視的拡散に依存しており、タングステンと銅合金の間には、顕著な干渉層を介さずに強固な接合が実現します。微細構造分析により、精密ギアの噛み合いに似た均一な構造を持つ滑らかで強固な界面が明らかになり、効率的なエネルギー伝達と応力伝達が確保されています。電子顕微鏡観察によってこの構造が明らかになり、材料本来の強度の源泉が明らかになりました。

著作権および法的責任に関する声明



第5章 タングステン銅棒の主な応用分野

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、タングステンの高強度・耐高温性と銅の優れた導電性・熱伝導性を兼ね備えており、様々なハイテク分野で広く使用されています。その独自の物理的・化学的特性により、厳しい動作環境下でも安定性と信頼性を維持し、電気・電子、航空宇宙・防衛、機械製造、熱管理などの業界の厳しい要件を満たしています。

本章では、タングステン銅棒の機能、利点、課題、技術要件に焦点を当て、電気・電子、航空宇宙・防衛、機械・金型、熱管理などの新興分野における応用について詳しく考察します。専門的で詳細な説明を通じて、現代産業におけるその重要な位置づけを明らかにします。

5.1 電気・電子工学

タングステン銅棒は、高い導電性、優れた耐アーク侵食性、そして優れた熱安定性により、電気・電子分野において重要な用途を有しています。これらの特性から、高電圧電気接点、スイッチ部品、電極などに最適な材料として、送電・配電、マイクロエレクトロニクス実装など幅広い用途で使用されています。

著作権および法的責任に関する声明

高電圧電気機器では、タングステン銅棒が電気接点材料としてよく使用されます。銅相は低抵抗の電流経路を提供し、効率的な電流伝送を確保する一方、タングステン相の高い融点と硬度は、アーク放電による高温アブレーションや機械的摩耗に効果的に抵抗します。高電圧遮断器や配電装置では、タングステン銅棒接点は頻繁な開閉操作に耐え、長期にわたる性能安定性を維持します。例えば、配電システムでは、タングステン銅棒接点は迅速な開閉動作をサポートし、アーク放電によるエネルギー損失と表面損傷を低減し、機器の寿命を延ばします。さらに、タングステン銅棒接点は耐凝着性を備えているため、高電流ショック下でも接点が溶着せず、システムの安全性が向上します。

エレクトロニクス分野では、タングステン銅棒はマイクロエレクトロニクスパッケージの電極やコネクタとして広く使用されています。その熱膨張係数は半導体材料（シリコンやガリウムヒ素など）とほぼ一致しており、熱サイクル中の膨張差によって引き起こされる応力集中や亀裂形成を効果的に低減します。この特性は、高出力集積回路やパワーアンプのパッケージングにおいて特に重要です。基板または電極材料として使用されるタングステン銅棒は、チップと基板間の信頼性の高い接続を確保するとともに、銅相の高い導電性により効率的な信号伝送を可能にします。さらに、優れた熱伝導性により急速な熱放散が促進され、過熱によるチップの故障を防ぐことができるため、レーダーシステムや通信モジュールなどの高性能電子機器に適しています。

タングステン銅棒は、放電加工（EDM）電極としても注目されています。高い硬度と耐摩耗性により、加工中の電極形状精度を維持し、優れた導電性により安定した放電性能を実現します。これらの特性により、精密金型製造や複雑形状部品の加工に優れ、チタン合金や超硬合金などの高硬度材料の加工を可能にします。

5.2 航空宇宙・防衛産業

タングステン銅棒は、高密度、耐高温性、耐衝撃性を備え、過酷な環境下でも構造的完全性と機能的信頼性を維持できるため、航空宇宙産業および防衛産業で使用されています。これらの特性により、ロケットエンジン部品、ミサイルシーカー、装甲貫通材などに最適な材料となっています。

航空宇宙分野では、タングステン銅棒はロケットエンジンノズルのスロートライナーや熱保護部品の製造によく使用されています。その高い融点と熱安定性は、燃焼室内の高温高圧ガスによる侵食に耐え、材料の溶融やアブレーションを防ぎます。銅相の高い熱伝導率は、高温領域から熱を素早く放散させ、局所的な過熱を防ぎ、長期運転中のノズルの安定性を確保します。さらに、タングステン銅棒は高密度であるため、宇宙船のカウンターウェイトシステムにおいて独自の利点があり、航空機の重心を調整し、打ち上げおよび軌道操作の精度を確保するために使用されます。例えば、衛星姿勢制御システムでは、タングステン銅棒のカウンターウェイトは安定した慣性バランスを提供し、高精度の動的要件を満たすことができます。

防衛産業において、タングステン銅棒は徹甲弾の弾芯や電気接点部品の製造に使用されて

著作権および法的責任に関する声明

います。高密度で高硬度であるため、強固な装甲材を貫通することが可能です。また、銅相の靱性により、弾芯の耐衝撃性が向上し、破損リスクが低減します。さらに、タングステン銅棒は軍用電子機器の電極材料としても使用され、高出力パルス条件下でも安定性を維持するため、レーダーや電子対抗システムに適しています。さらに、耐腐食性と高温安定性により、高温、高湿度、塩水噴霧などの過酷な戦場環境においても信頼性を確保しています。

5.3 機械・金型産業

機械・金型業界におけるタングステン銅棒の応用は、主にその高い硬度、耐摩耗性、優れた加工性能に基づいています。高精度金型、切削工具、耐摩耗部品の製造に適しています。これらの特性により、高負荷・高摩擦環境でも優れた性能を発揮し、設備・工具の耐用年数を延ばします。

金型製造において、タングステン銅棒は放電加工やプレス金型の製造によく使用されます。高い硬度により、加工中の摩耗や変形に強く、寸法精度と表面品質を確保します。銅相の導電性は効率的な放電加工を可能にするため、航空宇宙部品や医療機器などの複雑な形状の加工に適しています。さらに、この棒は高い熱伝導性を有しており、迅速な放熱を促進し、金型の連続運転中の熱疲労割れを低減し、生産効率を向上させます。

切削工具業界では、タングステン銅棒が工具材料や工具インサートとして使用されています。耐摩耗性と耐衝撃性に優れているため、ステンレス鋼やチタン合金などの高硬度材料の切削に対応し、工具の切れ味と寿命を維持します。さらに、銅相の靱性により脆性破壊のリスクが低減されるため、高速切削や重負荷加工において競争力が高まります。射出成形やダイカスト金型においては、タングステン銅棒の高温強度と耐熱衝撃性により、加熱と冷却の繰り返しサイクルにおいても金型の安定性が確保され、表面の割れや変形が低減されます。

5.4 熱管理および放熱デバイス

高出力電子機器やヒートシンク材料として最適です。現代の電子機器の密度は放熱性能に対する要求を高めており、タングステン銅棒はこの分野で優れた能力を発揮しています。

高出力電子機器では、タングステン銅ロッドがヒートシンク基板やヒートシンク材料としてよく使用されます。高い熱伝導率により、チップやレーザーから発生する熱を外部環境に素早く放出し、性能低下やデバイスの故障につながる過熱を防ぎます。例えば、レーザーダイオードやパワーアンプでは、タングステン銅ロッドヒートシンクが動作温度を効果的に下げ、デバイスの信頼性と寿命を向上させます。また、熱膨張係数が低く、半導体材料との互換性があるため、熱応力が低減し、長期動作時の構造的完全性を確保します。

著作権および法的責任に関する声明

新エネルギー車や5G通信機器においては、タングステン銅棒がバッテリー管理システムや基地局冷却モジュールの製造に使用されています。その優れた熱伝導性は効率的な熱管理をサポートし、バッテリーの過熱や信号処理装置の熱故障を防止します。さらに、高い強度と耐腐食性により、湿度の高い環境や高温環境でも長期間の使用が可能で、屋外機器の要求を満たしています。ヒートパイプや熱交換器の製造においては、その熱伝導性と機械的安定性によりシステム効率がさらに向上し、データセンターや産業用冷却システムに適しています。

5.5 その他の応用分野

上記の主要分野に加え、タングステン銅棒は多くの新興分野や専門分野でも潜在力を発揮しており、その汎用性により、その応用範囲は継続的に拡大しています。

医療分野では、タングステン銅棒は放射線治療装置の遮蔽部品やコリメータの製造に使用されています。高密度であるため、X線やガンマ線を効果的に遮蔽し、患者や医療従事者を放射線障害から保護します。また、加工性に優れているため、複雑な形状の製造も可能です。さらに、タングステン銅棒は医療用画像装置の電極やヒートシンクとしても使用され、性能と安定性を向上させています。

再生可能エネルギー分野では、タングステン銅棒が太陽光発電システムや風力発電システムの電気接点部品として使用されています。高い導電性と耐摩耗性により効率的な電流伝送が可能になり、耐腐食性により屋外環境における長期的な信頼性を確保します。例えば、太陽光発電インバータでは、タングステン銅棒はコネクタ材料として使用され、高電流と頻繁なスイッチングといった厳しい条件にも耐えることができます。

科学研究において、タングステン銅棒は高温実験装置や粒子加速器の部品としてよく使用されています。その耐高温性と耐衝撃性は、高温プラズマ環境や高エネルギー粒子の衝突といった過酷な実験条件に耐えることを可能にします。さらに、その電気伝導性と熱伝導性は、精密実験装置における信号伝送や熱管理を支えています。

スポーツ・エンターテインメント分野では、タングステン銅棒はゴルフクラブのウェイトなど、高精度なスポーツ用品の製造に使用されています。高密度であるため、小さな容積内で理想的な重量配分が可能になり、器具のバランスと操作性が向上します。この用途はニッチですが、非産業用途におけるタングステン銅棒の可能性を示すものです。

まとめると、タングステン銅棒は、その優れた総合特性により、電気・電子、航空宇宙・防衛、機械・金型、熱管理といった新興分野において幅広い応用可能性を示しています。高い導電性、耐高温性、そして機械的強度を兼ね備えているため、複雑で厳しい動作環境にも耐えることができ、現代の産業と技術の発展を確かな形で支えています。材料科学の進歩に伴い、タングステン銅棒の応用分野はさらに拡大し、より多くの産業に革新的なソ

著作権および法的責任に関する声明

リューションをもたらすことが期待されています。



第6章 タングステン銅棒の製造設備と工程管理

タングステン銅棒の製造は、粉末調製、成形、焼結、真空浸透、後処理、品質検査など、複数の主要ステップを含む複雑な粉末冶金プロセスです。各ステップでは、材料特性の安定性と一貫性を確保するために、高度な生産設備と厳格なプロセス管理が必要です。生産設備の設計と運用は、タングステン銅棒の微細構造、物理的特性、最終製品の品質を直接決定し、プロセス管理は、正確なパラメータ管理を通じて高効率と低不良率を実現します。本章では、タングステン銅棒の製造プロセスに関係する主要な設備とその機能を詳しく説明します。プロセス管理の要点と併せて、設備の選定、運用要件、最適化戦略を分析し、工業生産のための技術ガイダンスを提供します。

6.1 粉末調製および成形装置

粉末調製・成形装置は、タングステン銅棒の製造に不可欠な設備です。高純度タングステン粉末と電解銅粉末を調製し、それらをプレスして予備成形品を作製するために使用されます。これらの装置は、粉末の純度、粒度分布、成形品の均一性を確保し、その後の焼結および浸透工程の基礎を築く必要があります。

粉末製造設備は、主に水素還元炉と電解精製システムから構成されます。水素還元炉は、タングステン酸塩または三酸化タングステンから高純度タングステン粉末を製造するために使用されます。通常、管状炉または回転炉を採用し、精密温度制御システムと水素供給装置を備えています。炉内の温度は明確に区分されており、一次還元と二次還元は異なる温度帯で行われるため、粉末の粒子径が均一で、酸素含有量が低く抑えられます。電解精製システムは、電解銅粉末の製造に使用され、電解セル、陰極板、電流制御装置で構成

著作権および法的責任に関する声明

されています。電解液循環システムにより、銅粉末の高純度と均一性が確保されます。さらに、気流分級機と振動篩を用いて粉末の粒度分布を制御します。異なるサイズの粒子は高速気流または篩によって分離され、タングステン粉末と銅粉末の粒子径がプロセス要件を満たすことを保証します。

成形装置には、主に一軸プレスと静水圧プレスが含まれます。一軸プレスは、油圧または機械駆動で、鋼製金型内でタングステン粉末（少量の銅粉末またはバインダーと混合可能）を成形体に圧縮します。圧力センサーと自動制御システムを備えており、正確な圧力印加と保持時間制御が可能です。一方、静水圧プレスは、液体または気体の媒体を介して均一な圧力を印加するため、大型または複雑な形状の成形体に適しています。高圧ポンプと柔軟な金型を備えているため、成形体の密度均一性が大幅に向上します。成形プロセスにおいては、金型設計と脱型システムが非常に重要です。表面欠陥や固着を防ぐため、耐摩耗性材料と潤滑装置が必要です。

プロセス制御の観点から、粉末調製においては、還元雰囲気、温度勾配、電解質組成を厳密に監視し、粉末純度99.95%以上、粒度分布1～5 μmを確保することが求められます。成形工程においては、成形体のひび割れや密度勾配の発生を防ぐため、圧力、バインダー添加量、脱型速度を精密に調整する必要があります。また、粉末の品質に影響を与える可能性のある不純物の混入や装置の摩耗を防ぐため、装置のメンテナンスと洗浄も不可欠です。

6.2 真空焼結およびプリフォーム製造装置

真空焼結およびプリフォーム作製装置は、加圧成形されたグリーン体を適切な多孔度と強度を有する多孔質タングステン骨格へと変換し、その後の真空含浸のための構造基盤を形成するために使用されます。これらの装置は、焼結プロセスの安定性と骨格の均一性を確保するために、高精度の温度制御および雰囲気管理機能を備えていなければなりません。

真空焼結炉は中核設備であり、通常は抵抗加熱または誘導加熱を利用し、マルチゾーン温度制御システムと真空ポンプシステムを備えています。炉体は耐熱材料（ステンレス鋼や石英など）で作られており、グラファイトまたはモリブデンの発熱体が装備されており、1200～1600°Cの高温焼結が可能です。機械式ポンプと拡散ポンプの両方で構成される真空ポンプシステムは、炉内の真空度を 10^{-3} Pa未満に維持し、酸化を防ぎ、ガス排出を促進します。一部の焼結炉は水素雰囲気焼結をサポートし、表面酸化物を減らして粒子結合効率を高めるために水素供給および排気ガス処理システムを備えています。マルチゾーン加熱設計は均一な温度場を保証し、グリーン体の変形と局所的な過燃焼を最小限に抑えます。

脱脂炉や造孔剤処理装置などの補助設備が必要になる場合もあります。脱脂炉は、成形されたグリーン体からバインダー（ポリビニルアルコールなど）を除去します。保護雰囲気下で低温（400～600°C）で加熱することで有機物を分解し、プリフォームの品質に影響を与える可能性のある残留炭化物の発生を防ぎます。造孔剤処理装置は、一時的な造孔剤

著作権および法的責任に関する声明

（重炭酸アンモニウムなど）の添加と除去、そして正確な計量と熱処理による気孔率の制御に使用されます。

プロセス制御においては、焼結温度、保持時間、加熱速度が重要なパラメータとなります。成形体の熱応力による割れを防ぐため、温度は徐々に上昇させる必要があります。保持時間は2～4時間の範囲で制御し、粒子間の強固なネック接続を確保します。真空度または水素流量をリアルタイムで監視することで、酸化や不純物の混入を防ぎます。気孔率は、粉末の粒度比と焼結パラメータを最適化することで制御し、後続の銅浸透を促進するために20～40%の連結気孔率を目指します。

6.3 真空浸透装置

真空浸透装置はタングステン銅棒製造の中核を担い、多孔質のタングステン骨格に溶融銅を浸透させて緻密な複合材料を形成する役割を担っています。この装置は、均一な銅充填と欠陥防止を実現するために、高い真空性能、精密な温度制御、そして安定した動作環境を備えていなければなりません。

真空浸透炉は通常、真空チャンバー、加熱システム、真空ポンプアセンブリ、および冷却システムで構成されます。真空チャンバーは耐熱材料で作られており、タングステンプリフォームと銅ブロックを保持するためのグラファイトるつぼが内蔵されています。加熱システムでは通常、中周波誘導加熱が使用され、温度を急速に1100～1300℃まで上昇させ、溶融銅の完全な溶解と適切な流動性を確保します。ルーツポンプと分子ポンプを含む真空ポンプアセンブリは、 10^{-3} Pa未満の真空圧を維持し、ガス抵抗を排除して銅の自然浸透を促進します。冷却システムでは、水冷または空冷を使用して冷却速度を制御し、熱応力による割れを防止します。一部の高度な機器には、高圧ガスアシストシステムが装備されており、不活性ガス（アルゴンなど）を使用して追加の圧力をかけて浸透深度を高めます。

浸透炉の運転プロセスは、予熱、溶融、浸透、冷却の4段階から構成されます。予熱段階では、タングステンプリフォームを1000～1100℃に加熱し、表面に吸着したガスを除去します。溶融段階では、銅ブロックを融点以上に加熱し、毛細管現象と真空圧によって溶融銅がスケルトンに浸透できるようにします。保持段階では、溶融銅が細孔を完全に充填するようにします。冷却段階では、プログラム冷却により構造欠陥を回避します。プロセスパラメータに関するリアルタイムフィードバックを提供するために、装置には高精度温度センサーと真空監視システムを備える必要があります。

プロセス制御においては、銅の溶浸温度、真空度、保持時間が非常に重要です。銅の揮発や骨格粒子の粗大化を防ぐため、温度は銅の融点以上、かつタングステンの再結晶温度以下に維持する必要があります。気泡の発生や酸化反応を防ぐため、真空度は一定に維持する必要があります。溶浸挙動は細孔径と濡れ性に左右されるため、プリフォームの設計や濡れ剤（微量クロムなど）の添加によって最適化する必要があります。装置のメンテナンスに関しては、材料の汚染や熱効率の低下を防ぐため、るつぼと加熱素子の定期的な点検が不可欠です。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

6.4 後処理および加工装置

後加工・機械加工設備は、製造工程における残留応力の除去、材料特性の調整、そして精密な寸法成形を実現するために用いられます。これらの設備は、タングステン銅棒の高い硬度と複合特性に対応するため、高い精度と耐摩耗性を備えていなければなりません。

後処理設備には、主に熱処理炉と焼鈍炉が含まれます。熱処理炉は水素または真空雰囲気下で、800℃～1000℃の温度を1～3時間維持することで、浸透および冷却時に発生する残留応力を除去し、材料の靱性を向上させます。焼鈍炉は、多段階の加熱と徐冷により結晶構造を最適化し、内部欠陥を低減します。この設備は、熱処理工程中の均一性と安全性を確保するために、精密な温度制御システムと雰囲気循環装置を備えています。

加工設備には、CNC旋盤、フライス盤、グラインダー、放電加工機などがあります。CNC旋盤とフライス盤は、タングステン銅棒の高硬度に適応するためにダイヤモンド工具または超硬工具を装備し、荒加工と仕上げ加工に使用されます。切削速度と送り速度は、過熱や表面損傷を避けるため、厳密に制御する必要があります。グラインダーは、高い表面仕上げ（ $Ra < 0.2 \mu m$ ）を実現し、多軸リンケージにより複雑な形状を加工するために使用されます。放電加工機は、精密金型や微細な形状の加工に適しており、タングステン銅棒の固有の導電性を利用して効率的な放電加工を実現します。加工工程では、クーラント循環システムと工具摩耗監視装置が、加工精度と設備寿命の確保の鍵となります。

熱処理工程においては、銅の析出や強度低下につながる過熱を防ぐために、温度プロファイルと保持時間を最適化する必要があります。機械加工においては、寸法公差を0.01mm以内に維持するために、CNCプログラミングとオンライン測定が不可欠です。工具の選定と切削パラメータの適合は、微小亀裂や表面粗さの低減に不可欠です。

6.5 試験および品質管理装置

試験・品質管理装置は、タングステン銅棒の性能と一貫性を評価し、製品が設計要件を満たしていることを確認するために使用されます。これらの装置は、製造プロセス全体を通じて、物理的、化学的、および微細構造的な分析を網羅しています。

アルキメデス密度計やX線密度スキャナーなどの密度測定装置は、材料の密度と多孔度を評価し、浸透後に未充填領域がないことを確認するために使用されます。熱伝導率試験装置は、レーザーフラッシュ法または熱流法を用いてタングステン銅棒の熱伝導率を測定し、熱管理能力を検証します。電気伝導率試験装置は、4点プローブ法を用いて抵抗率を測定し、材料が電気用途の要件を満たしていることを確認します。万能試験機や硬度試験機などの機械的特性試験装置は、それぞれ引張、圧縮、曲げ、硬度試験に使用され、材料の強度と耐摩耗性を評価します。

微細構造分析装置には、走査型電子顕微鏡（SEM）、X線回折装置（XRD）、エネルギー分散型分光法（EDS）などがあります。SEMは、タングステンと銅の相分布や界面結合を観察し、

著作権および法的責任に関する声明

亀裂や未浸透領域を検出するために使用されます。XRDは結晶構造と相組成を分析し、不純物相が存在しないことを確認します。EDSは元素分布を調べ、材料の純度と均一性を検証します。超音波探傷装置やX線CTスキャナーなどの非破壊検査装置は、気泡や介在物などの内部欠陥を検出し、製品の品質を確保します。

プロセス管理では、原材料から半製品、そして完成品に至るまで、プロセス全体を網羅した試験を実施する必要があります。粉末段階では、粒度分析装置と化学分析装置を用いて品質を確保します。焼結段階と浸透段階では、オンライン温度・真空監視によってプロセスの安定性を確保します。完成品段階では、多次元試験によって性能の一貫性を検証します。データ管理システムは試験結果を記録・分析し、統計的プロセス管理（SPC）手法を用いて生産パラメータを最適化し、不良率を低減します。



第7章 タングステン銅棒の品質検査および評価方法

高性能複合材料であるタングステン銅棒の品質検査と評価は、電気、電子、航空宇宙、熱管理などの用途における安定性と信頼性の確保に不可欠です。品質検査には、外観や寸法の予備検査だけでなく、物理的、機械的、化学的、微細構造的特性の包括的な評価が含まれます。これらの検査方法は、高度な機器と標準化されたプロセスを用いて、タングステン銅棒が設計要件を満たしていることを完全に検証し、潜在的な欠陥を特定し、プロセス最適化の基礎を提供します。本章では、タングステン銅棒の品質検査と評価方法を体系的に説明し、技術原理、操作手順、機器要件、および各検査ステップの重要管理点を詳細に説明します。また、一般的に使用されている国際規格との比較も行い、製造とアプリケーションに関する専門的なガイダンスを提供します。

著作権および法的責任に関する声明

7.1 タングステン銅棒の外観および寸法検査

外観検査と寸法検査は、タングステン銅棒の品質管理の最初のステップであり、材料の表面品質と形状精度が設計仕様を満たしていることを確認し、その後の性能試験の基礎を築くことを目的としています。外観検査は、材料の表面の完全性に焦点を当て、亀裂、気孔、介在物、銅のブール、焼けなどの欠陥がないかチェックします。これらの欠陥は、準備プロセス中の不均一なプレス、焼結欠陥、または不十分な浸透によって引き起こされる可能性があります。検査は通常、拡大鏡または低倍率顕微鏡を組み合わせた目視検査によって行われます。作業者は、肉眼で見える欠陥がないことを確認するために、明るく均一な光源の下で棒の表面を観察する必要があります。複雑な形状のタングステン銅棒の場合、工業用内視鏡を使用して内部の表面や手の届きにくい部分を検査できます。

寸法検査では、タングステン銅棒の幾何学的パラメータ（直径、長さ、真円度など）が許容誤差要件を満たしているかどうかを確認します。これには通常、高精度測定ツールが使用されます。マイクロメータとノギスは、基本寸法を最大0.01 mmの精度で測定するために使用されます。より高い精度が求められる場合は、座標測定機（CMM）が多点接触プローブを使用して棒の3次元プロファイルをスキャンし、許容誤差が0.005 mm以内であるかどうかを確認します。レーザースキャナーは非接触方式で表面プロファイルデータを迅速に取得できるため、大規模生産における迅速な検査に適しています。寸法検査では、熱処理や機械加工後に発生する可能性のある小さな変形も考慮する必要があるため、製造のさまざまな段階で複数回の測定が必要になります。

プロセス管理においては、目視検査において標準化された欠陥分類システムが必要です。例えば、欠陥のサイズと種類に基づいて基準を設定する必要があります（例：亀裂長さ0.1mm未満は許容範囲）。寸法検査では、再現性と精度を確保するために校正済みの測定機器が必要であり、同時に熱膨張の影響を補正するために周囲温度の記録も必要です。欠陥の早期発見は、製造工程における特定の工程、例えばプレス圧力不足や浸透温度過多などに起因する可能性があり、プロセス最適化のためのデータサポートとなります。

7.2 タングステン銅棒の物理的特性試験

物理特性試験では、タングステン銅棒の密度、熱伝導率、電気伝導率、熱膨張特性を評価します。これらの特性はすべて、熱管理および電気アプリケーションにおける性能に直接影響します。密度試験では、アルキメデスの原理に基づき、高精度電子天秤を用いて空気中および液体中の棒の質量を測定します。算出された密度を理論値と比較することで、浸透の完全性と多孔性を評価します。一般的なタングステン銅棒の密度は、タングステン含有量（50～90重量%）に応じて11.8～17.0 g/cm³の範囲です。密度の偏差は、未充填領域または銅の分布の不均一性を示している可能性があります。

熱伝導率試験は、レーザー熱伝導率計とサンプル加熱装置からなるレーザーフラッシュ法を用いて行われます。棒状のサンプルはレーザーパルスによって加熱され、赤外線検出器が裏面の温度変化を経時的に測定することで熱伝導率を算出します。タングステン銅棒の熱伝導率は、銅含有量と微細構造の均一性に応じて、通常180～250 W/m・Kの範囲です。電気伝導率試験は、4点プローブ法を用いて定電流源と電圧計を用いて抵抗率を測定し、

著作権および法的責任に関する声明

それを電気伝導率（通常30～50% IACS）に変換します。高い電気伝導率は電気接点用途に不可欠であり、熱伝導率はヒートシンクの性能を決定します。

（TMA）を用いて行います。サンプルは制御された温度（20～1000℃）で加熱され、線膨張を測定します。タングステン銅棒の熱膨張係数は通常 $6\sim 10\times 10^{-6}/K$ で、半導体材料との適合性が高く、電子パッケージングに適しています。試験では、熱応力が結果に影響を与えないように、制御された加熱速度（5～10℃/分）が必要です。

プロセス管理においては、物理的特性試験において、表面の平坦性や寸法の標準化など、サンプル調製の一貫性を確保する必要があります。試験環境は、外部からの干渉を防ぐため、湿度と温度を管理する必要があります。結果は統計的手法（平均値や標準偏差など）を用いて分析され、バッチの一貫性を評価します。外れ値は、過剰な多孔性や銅相の分布の不均一性など、プロセス上の欠陥を示唆する可能性があります。

7.3 タングステン銅棒の機械的特性試験

機械試験では、タングステン銅棒の硬度、強度、靱性、耐摩耗性を評価し、機械的ストレスのかかる環境における信頼性を確保します。硬度試験では、ピッカース硬さ試験機またはブリネル硬さ試験機を用い、棒の表面に所定の荷重を加え、圧痕の大きさを測定します。タングステン銅棒の硬度はタングステン含有量に応じて増加し、通常は100～250HVの範囲であるため、金型や電極などの耐摩耗性が求められる用途に適しています。

強度試験には、引張試験、圧縮試験、曲げ試験があり、いずれも万能試験機を用いて実施されます。引張試験では、引張強度と伸びを測定します。タングステン銅棒の引張強度は通常500～800MPaで、伸びは1～5%と低く、これは延性が限られていることを反映しています。圧縮試験は圧縮強度を評価するもので、カウンターウェイトや高圧部品に適しており、通常は800～1200MPaの範囲です。3点曲げ試験では、曲げ強度と破壊靱性を測定し、動的荷重下における材料の性能を反映します。この試験では、正確な結果を得るために、標準サンプル（ASTM E8に規定された引張試験片など）を使用し、荷重速度を制御する必要があります。

耐摩耗性試験では、トライボメータを用いて、サンプルを標準研磨材（酸化アルミニウムなど）に対して所定の荷重下で滑らせることで、質量減少または摩耗傷の深さを測定します。耐衝撃性試験では、落重試験またはシャルピー衝撃試験機を用いて、材料の衝撃エネルギー吸収能力を評価します。タングステン銅棒の耐摩耗性と耐衝撃性は、タングステンの硬度と銅の靱性に由来しており、高速切削や振動環境に適しています。

プロセス管理においては、機械試験によってサンプル表面に欠陥がないことを確認する必要があります。試験装置は定期的に校正する必要があります。試験結果は微細構造分析と組み合わせることで、性能低下の原因が界面接合不良なのか、それとも気孔なのかを評価する必要があります。バッチ間の機械的特性の一貫性は、統計的プロセス管理（SPC）によって監視され、製品品質の一貫性が確保されます。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

7.4 タングステン銅棒の化学的性質試験

化学性能試験では、タングステン銅棒の耐酸化性、耐腐食性、高温化学安定性を評価し、過酷な化学環境における信頼性を確保します。耐酸化性試験は、熱重量分析装置（TGA）を用いて行います。サンプルを空気または酸素中で加熱（200～1000℃）し、質量変化を測定することで酸化速度を評価します。タングステン銅棒は、安定した酸化タングステン層によって高温における銅相の酸化傾向が抑制されるため、優れた耐酸化性を示します。

耐食性試験には、浸漬試験と電気化学試験のいずれかが用いられます。浸漬試験では、サンプルを酸性（硫酸など）、アルカリ性（水酸化ナトリウムなど）、または塩水噴霧環境に置き、表面腐食の程度と質量減少を観察します。電気化学試験では、電位動分極を用いて腐食電位と腐食電流密度を測定し、腐食性媒体における材料の安定性を評価します。タングステン銅棒は、様々な化学環境において優れた耐食性を示すため、海洋用途や化学用途に適しています。

高温化学安定性試験は、高温炉内で実施されます。試料を特定のガス（窒素、水素、二酸化炭素など）に曝露し、相変化または化学反応の発生の有無を検出します。タングステン銅棒は高温不活性であるため、高温反応器やセンサー内で安定して機能します。

プロセス管理において、化学性能試験では、再現性の高い結果を得るために、環境条件（温度、湿度、ガス純度など）を管理する必要があります。試験に影響を与える可能性のある汚染を防ぐため、サンプル表面は清浄でなければなりません。結果分析は、不純物や界面欠陥が化学性能の低下に寄与しているかどうかを評価するために、微細構造分析と組み合わせる必要があります。

7.5 タングステン銅棒の微細構造と構造解析

微細構造解析は、タングステン銅ロッドの微視的特性を深く解明し、タングステン銅相の分布、界面結合、欠陥を評価し、性能最適化の基盤を提供します。走査型電子顕微鏡（SEM）は、タングステン銅相の分布と形態を観察し、未浸透領域、亀裂、介在物の存在を検出するために用いられる主要なツールです。後方散乱電子（BSE）モードを備えたSEMは、タングステン（原子番号が高く明るい領域）と銅（暗い領域）を区別し、相分布の均一性を明確に示します。

X線回折計（XRD）は、結晶構造と相組成の分析に用いられ、タングステンの体心立方（BCC）構造と銅の面心立方（FCC）構造を検証し、不純物相（酸化物など）の形成を検出します。エネルギー分散型分光法（EDS）と走査型電子顕微鏡（SEM）を組み合わせることで、元素分布を分析し、タングステンと銅の比率と不純物含有量を評価し、材料の純度を確保します。さらに、電子後方散乱回折（EBSD）は、結晶粒の配向と界面特性に関する情報を提供し、タングステンと銅の結合メカニズムを明らかにします。

実体顕微鏡および光学顕微鏡は、低倍率観察によりマクロ的な構造の均質性と表面欠陥を評価するために使用されます。X線コンピュータ断層撮影（CT）は、非破壊的な内部構造検査に使用され、隠れた気泡、亀裂、または不均一な領域を特定します。気孔率分析は、

著作権および法的責任に関する声明

水銀圧入法または画像解析ソフトウェアを用いて行われ、気孔の分布と連結性を定量化します。

プロセス管理においては、微細構造分析においてアーティファクトを回避するため、標準的なサンプル前処理手順（研磨やエッチングなど）を用いる必要があります。試験結果を物理的特性および機械的特性と組み合わせることで、微細構造がマクロ特性に与える影響を分析する必要があります。異常な構造（銅の塊や気孔など）は、浸透または焼結工程における欠陥に起因する可能性があり、最適化の根拠となります。

7.6 一般的に使用されている国際試験規格と方法の比較

タングステン銅棒の国際試験は、試験結果の比較可能性と信頼性を確保するために、一連の標準化された仕様に従っています。以下は、主要な国際規格とその適用範囲の比較です。

1. ASTM規格

- ASTM B702: この規格は、電気接点およびヒートシンクの試験に適したタングステン-銅複合材料の化学組成、物理的特性、および機械的特性の試験方法を規定しています。密度、導電率、硬度、引張試験の仕様が含まれており、一貫したサンプル調製と試験条件を重視しています。
- ASTM E8: タングステン銅棒の強度および延性試験に適用可能な引張試験規格で、試験片のサイズと荷重速度を指定します。
- ASTM E384: ビッカース硬度試験規格。特に圧子の選択と荷重制御を重視し、タングステン銅棒の硬度を評価するのに適しています。

2. ISO規格

- ISO 4499-2: タングステン銅棒に部分的に適用される超合金の硬度試験規格で、ブリネル硬度とビッカース硬度の測定方法を規定しています。
- ISO 3369: アルキメデスの原理を使用した、タングステン銅棒の密度評価に適した密度試験規格。
- ISO 6892-1: 金属材料の引張試験規格。高温および室温での機械的特性試験に適用されます。

3. 中国国家規格（GB/T）

- GB/T 3458-2006: タングステン粉末の技術的条件。タングステン粉末の純度、粒径、不純物の検出方法を規定し、間接的にタングステン銅棒の原料品質に影響を与えます。
- GB/T 8320-2017: 導電性、耐摩耗性、耐アーク性の試験要件を網羅したタングステン銅合金電気接点材料規格。
- GB/T 26038-2020: 密度、熱伝導率、微細構造分析方法を規定するタングステンベースの複合材料規格。

4. その他の基準

- JIS H 0502（日本）: 金属材料の耐摩耗性を試験するための規格で、タングステン銅棒の摩擦および摩耗性能の評価に適用されます。

著作権および法的責任に関する声明

- DIN EN 623-4（欧州）：電子材料の電気伝導率試験規格。タングステン銅棒の抵抗率測定に適用されます。

方法の比較:

ASTM規格は、電気および熱管理アプリケーションの試験に重点を置いており、電気伝導性と熱伝導性を重視しています。ISO規格はより汎用的で、さまざまな金属複合材料に適用できます。中国の規格は、国の状況に合わせて調整されており、原材料と接触用途に関する詳細な規定が含まれています。密度試験の場合、アルキメデス法（ASTM、ISO）はシンプルで効率的ですが、内部の気孔を検出するにはX線CT（GB / T）の方が適しています。機械試験の場合、ASTM E8とISO 6892-1は引張試験方法が似ていますが、ISOは高温試験を重視しています。顕微鏡分析の場合、SEMとXRDは国際的な中核手法ですが、ASTMではEBS Dがより広く使用されており、界面分析に適しています。

プロセス管理においては、アプリケーションシナリオに基づいて適切な規格を選択する必要があります。例えば、電気接点にはGB/T 8320が推奨され、ヒートシンク材料にはASTM B702が推奨されます。試験装置の校正とオペレーターのトレーニングは、規格の一貫した運用を確保する上で重要です。複数の規格を比較することで、試験プロセスを最適化し、結果の国際的な受容性を高めることができます。



著作権および法的責任に関する声明

第8章 タングステン銅棒の規格

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、その性能と品質に関して、世界中で厳格な規格と規制の対象となっています。これらの規格は、材料の化学組成、物理的・機械的特性、製造プロセス、試験方法を網羅しており、電気、電子、航空宇宙、熱管理などの用途における製品の信頼性と一貫性を確保しています。各国・地域の規格体系は、産業状況や用途要件によって異なりますが、いずれもタングステン銅棒の製造、試験、応用に関する統一的な技術ガイダンスを提供することを目的としています。本章では、中国、国際、米国、欧州、日本におけるタングステン銅棒の関連規格を体系的に解説し、それぞれの要件、適用範囲、相違点を分析し、適用性を比較評価します。

8.1 中国のタングステン銅棒に関する国家規格および業界規格

中国の国家規格および業界規格は、国内産業の特性を統合し、原材料、製造工程、性能試験、品質管理を網羅するタングステン銅棒の製造および応用に関する詳細な技術仕様を規定しています。主な関連規格は以下のとおりです。

GB/T 3458-2006 タングステン粉末技術要求事項：この規格は、タングステン粉末の化学組成、粒度分布、見かけ密度、不純物含有量を規定しています。タングステン銅棒の製造における原材料管理に適用されます。この規格では、粉末がプレス成形および焼結工程に適していることを保証するため、純度99.95%以上、酸素含有量0.05重量%未満、粒径1~5 μmの範囲が要求されています。また、不純物の蛍光X線分析（XRF）やレーザー粒度分析などの試験方法も規定されています。

GB/T 8320-2017 タングステン銅合金電気接点材料：この規格は、電気接点材料として使用されるタングステン銅棒を対象としており、化学組成、導電性、耐摩耗性、耐アーク性に関する要件を網羅しています。タングステン含有量は50~90重量%、導電性は30% IACS以上、硬度は100~250 HVと規定されています。試験方法には、四探針式抵抗率測定、ピッカーズ硬度試験、アーク浸食試験が含まれます。高電圧開閉器および遮断器の接点に適用可能です。

GB/T 26038-2020 タングステン基複合材料技術要求事項：この規格は、タングステン銅棒を含むタングステン基複合材料に適用され、密度（11.8~17.0 g/cm³）、熱伝導率（180~250 W/ m・K）、熱膨張係数（6~10×10⁻⁶ / K）などの性能要件を規定しています。また、微細構造分析の要件も含まれており、タングステン銅相の均一な分布と顕著な多孔性の欠如を重視しています。試験方法には、アルキメデス密度試験、レーザーフラッシュ熱伝導率試験、走査型電子顕微鏡（SEM）観察などがあります。

YS/T 649-2016 非鉄金属産業向けタングステン銅合金規格：この業界規格は、タングステン銅棒の化学組成と切削性を規定し、異なるタングステン銅比（例：W70Cu30およびW80Cu20）の性能パラメータを規定しています。電極およびヒートシンク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

この規格では、表面粗さRa < 0.2 μm、寸法公差±0.01 mmが要求されています。また、化学分析および機械試験方法も規定されています。

中国規格は、実用性と生産操作性を重視し、国内のタングステン資源の利点を考慮し、原料の純度と電気性能を重視しています。電気接点や熱管理に適しています。厳格な工程管理要件と詳細な試験方法は、大規模生産のための明確なガイドラインを提供します。

8.2 タングステン銅棒の国際規格（ISO、ASTM、IECなど）

国際規格は、タングステン銅棒の世界的な取引と応用のための統一規格です。主に国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）などによって策定され、材料特性や試験方法を網羅しています。

ISO 4499-2:2020 超硬合金の硬さ試験：この規格は主に超硬合金を対象としていますが、タングステン銅棒の硬さ試験にも部分的に適用されます。ピッカーズ硬さおよびブリネル硬さの測定方法を規定し、試験荷重範囲は5~100 kgfとし、正確な圧痕寸法を確保します。この規格は機器の校正とサンプル表面処理に重点を置いており、タングステン銅棒の耐摩耗性評価に適しています。

ISO 3369:2006 金属材料の密度：この規格は、アルキメデス法による密度測定を規定しており、タングステン銅棒の密度評価に適用できます。測定精度を確保するため、試験液（例：脱イオン水）は高純度で、20±0.5℃に温度管理されている必要があります。この規格は、浸透プロセスの完全性を検証するのに適しています。

ISO 6892-1:2019、金属材料の引張試験：この規格は、タングステン銅棒の引張強度および伸び試験に適用可能な、室温および高温における引張試験方法を規定しています。試験片は標準寸法（例：直径6~12 mmの円筒形試験片）に適合し、荷重速度は0.5~2 mm/分でなければなりません。この規格は、機械的応力下における材料の性能評価に適しています。

IEC 60468:1974 電気接点材料試験方法：この規格は、電気接点材料の導電率と耐アーク性について規定しており、配電装置に使用されるタングステン銅棒に適用されます。抵抗率試験（四探針法）とアーク浸食試験を規定しており、最低30% IACSの導電率が必要です。アーク抵抗は繰り返し試験によって検証されます。

国際規格は普遍的であり、複数の国における互換性を重視しています。試験方法は科学的かつ厳格であるため、輸出製品やハイエンド用途に適しています。ISO規格は材料特性の一般的な試験に重点を置いているのに対し、IEC規格は電気性能に重点を置いており、世界中の電気機器におけるタングステン銅棒の信頼性を確保しています。

8.3 タングステン銅棒の米国規格（ASTM、ANSI、SAE）

米国規格は、その厳格さと応用指向で知られています。主に米国材料試験協会（ASTM）、米国規格協会（ANSI）などによって策定されており、北米市場や航空宇宙分野で広く利用されています。

著作権および法的責任に関する声明

ASTM B702-93 (2019) タングステン-銅複合材料: この規格は、タングステン-銅複合材料向けに策定されており、化学組成、物理的特性、および機械的特性に関する要件を網羅しています。タングステン含有量は50~90重量%、密度は11.8~17.0 g/cm³、電気伝導率は30~50% IACS、熱伝導率は180~250 W/ m・Kと規定されています。試験方法には、アルキメデス密度試験、四探針抵抗試験、レーザーフラッシュ熱伝導率試験が含まれます。電気接点およびヒートシンク材料に適用可能です。

-ASTM E8/E8M-21 金属材料の引張試験: この規格は、引張試験における試料調製、試験条件、およびデータ処理方法を規定しています。タングステン銅棒の引張強度（500~800MPa）および伸び試験に適用されます。試験片表面には欠陥がなく、試験温度は23±2℃に制御され、荷重速度は0.015~0.05mm/sとする必要があります。

-ASTM E384-17 ピッカース硬さ試験: この規格はタングステン銅棒の硬さ試験に適用され、荷重範囲は0.1~100 kgf、押し込み測定精度は±0.5 μmと規定されています。正確な結果を得るには、試験面をRa < 0.1 μmに研磨する必要があります。

-ANSI C63.2-2016 電磁両立性試験: 主に電磁機器を対象としていますが、この規格は、低抵抗とアーク耐性を重視した電極材料としてのタングステン銅棒の導電性試験にも部分的に適用され、レーダーや通信機器に適しています。

米国規格は、電気および熱管理アプリケーションの試験要件に重点を置いており、詳細な試験方法と厳格な機器校正を備えており、高精度・ハイエンド市場に適しています。ASTM規格は航空宇宙産業やエレクトロニクス産業で広く使用されており、タングステン銅棒が厳しい性能要件を満たしていることを保証しています。

8.4 タングステン銅棒の欧州規格 (EN、DIN、BS)

欧州規格は、材料性能と環境保護要件に重点を置いて、欧州標準化委員会 (EN)、ドイツ工業規格 (DIN)、英国規格協会 (BS) によって策定されており、EU市場におけるタングステン銅棒の製造と応用に適しています。

-EN 623-4:2004 電子材料の電気伝導率試験: この規格は、タングステン銅棒を電極および接点として使用する用途に適用可能な、金属複合材料の抵抗率試験方法を規定しています。試験には、4探針法、最低30% IACSの導電率、および周囲温度20~25℃が必要です。

DIN EN ISO 6507-1:2018 ピッカース硬さ試験: ASTM E384と同様に、この規格はタングステン銅棒の硬さ試験に適用されます。荷重範囲は0.2~100 kgf、高い表面平坦度、および±0.5 μmの圧痕測定精度が要求されます。この規格は試験の再現性を重視しており、耐摩耗性の評価に適しています。

EN ISO 6892-1:2019 金属材料の引張試験: この規格はISO規格に準拠しており、タングステン銅棒の引張強度および伸びの試験方法を規定しています。機械的特性の評価に適して

著作権および法的責任に関する声明

います。試験片加工には高い精度が求められ、試験機の校正はISO 7500-1に準拠する必要があります。

-BS EN 1011-1:2009 溶接材料の適合性: この標準部分は、タングステン銅棒とその他の金属の溶接性能試験に適用され、界面の結合強度と耐腐食性の試験方法を規定し、複合構造用途に適しています。

欧州規格は環境保護と安全性を重視しており、試験方法は国際規格との互換性が高いため、EUに輸出されるタングステン銅棒製品に適しています。DIN規格とEN規格は機械・電子産業で広く使用されており、材料性能の信頼性と一貫性を重視しています。

8.5 タングステン銅棒の日本規格（JIS）

日本工業規格（JIS）は、電子機器や金型産業に適した日本の製造業の高精度要件と組み合わせられたタングステン銅棒の製造および応用に関する技術仕様を提供します。

-JIS H 0502:1986 金属材料の耐摩耗性試験: この規格は、金型または電極として使用されるタングステン銅棒の耐摩耗性を評価するための摩擦摩耗試験方法を規定しています。標準研磨剤（酸化アルミニウムなど）を使用し、5~50Nの試験荷重で質量減少または摩耗傷の深さを測定します。

-JIS Z 2241:2011 金属材料の引張試験: この規格は、引張試験における試料作製及び試験条件を規定しています。タングステン銅棒の引張強さ及び伸びの試験に適用されます。試験片の寸法は規格に適合する必要があるため、引張速度は0.5~2mm/分とする必要があります。

-JIS G 0557:2006 硬さ試験方法: この規格はピッカース硬さおよびブリネル硬さ試験に適用され、タングステン銅棒の硬さ測定プロセスを規定し、試験面は研磨する必要があるため、荷重範囲は0.1~100kgfです。

-JIS C 2520:1999 電気用銅合金: この規格は主に銅合金に関するものですが、タングステン銅棒の導電率試験にも部分的に適用され、抵抗率測定方法を規定し、導電率が電気接点用途の要件を満たすことを要求しています。

JIS規格は、高精度製造および電子機器用途の試験要件に重点を置いています。その簡素で効率的な試験方法は、日本市場の精密機械加工および電子機器産業に最適です。信頼性の高い試験結果を確保するために、機器の校正と標準化された操作を重視しています。

8.6 タングステン銅棒規格の比較と適用性分析

タングステン銅棒の性能要件と試験方法には、国や地域によって規格の類似点と相違点があります。比較分析は、適切な仕様を選択し、生産と用途を最適化するのに役立ちます。

著作権および法的責任に関する声明

共通点:

- 化学組成: すべての規格において、タングステン銅棒は高純度かつ低不純物含有量であることが求められています。例えば、GB/T 3458およびASTM B702では、タングステンの純度は99.95%以上、銅の純度は99.99%以上であることが規定されています。
- 物理的特性: 密度、電気伝導率、熱伝導率は主要な試験項目です。ISO 3369、ASTM B702、GB/T 26038では、いずれもアルキメデス法とレーザーフラッシュ法が採用されており、試験範囲はほぼ同様です（密度11.8~17.0 g/cm³、熱伝導率180~250 W/m·K）。
- 機械的特性: 引張試験と硬度試験は共通の要件です。ISO 6892-1、ASTM E8、JIS Z 2241は、試験片の設計と荷重速度に関して高い一貫性があります。
- 試験方法: SEM、XRD、4点プローブ法は、結果の比較可能性を確保するために国際的に認められた微細構造および導電性の試験方法です。

違い:

- 焦点: 中国規格 (GB/T 8320) は電気接触性能を重視し、ASTM B702 は熱管理と航空宇宙用途に重点を置き、IEC 60468 は電気性能に重点を置き、JIS H 0502 は耐摩耗性を重視しています。
- 試験条件: ASTM規格およびISO規格では高温試験に対する要件が厳しく（例: 引張試験温度は1000℃に達する）、中国規格では室温での性能に重点を置いています。JIS規格では表面粗さの要件がより高く（Ra < 0.1 μm）、精密加工に適しています。
- 環境保護要件: 欧州規格 (EN) では、材料の環境適合性とリサイクル性を重視し、有害物質の制限を規定していますが、他の規格ではそれほど重視されていません。
- 適用範囲: ASTM 規格と ISO 規格は国際貿易に適しており、GB/T 規格は国内の大規模生産に適しており、JIS 規格は高精度の電子アプリケーションに適しています。

適用性分析:

- 電気接点: 導電性とアーク耐性に重点を置き、高電圧スイッチや回路ブレーカーに適した GB/T 8320 または IEC 60468 が推奨されます。
- ヒートシンク材料: ASTM B702 および GB/T 26038 がより適用可能で、熱伝導率と熱膨張係数の一致を重視しており、マイクロエレクトロニクス パッケージングに適しています。
- 金型製造: JIS H 0502 および DIN EN ISO 6507-1 が推奨され、耐摩耗性と硬度に重点が置かれ、EDM およびスタンピング金型に適しています。
- 航空宇宙: ASTM B702 および EN 623-4 は高温強度と互換性を重視しており、ロケットノズルやカウンターウェイト部品に適しています。
- 国際貿易: ISO および ASTM 規格はより普遍的であり、国境を越えた認証と市場アクセスを容易にします。

実際には、メーカーはターゲット市場とアプリケーションシナリオに基づいて規格を選択し、複数の規格を統合することでプロセスを最適化する必要があります。例えば、EUに輸出されるタングステン銅棒はEN規格の環境要件に準拠する必要がありますが、一方、国内の電気接点ではGB/T 8320を優先します。規格間の試験は製品の競争力を高めることができますが、同等の結果を得るためには、機器の校正と試験条件の一貫性に注意を払う必要があります。

著作権および法的責任に関する声明

ます。



第9章 タングステン銅棒の性能最適化

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、優れた電気伝導性と熱伝導性、高い強度、そして耐高温性を備えており、電子機器、航空宇宙、発電などの産業で広く使用されています。しかし、用途によってタングステン銅棒に求められる性能は異なります。そのため、合金組成比、熱処理プロセス、微細組織、耐摩耗性、耐腐食性を最適化することで、特定の環境における性能を大幅に向上させることができます。本章では、これらの最適化手法の原理、手法、そして実用的な効果について詳しく説明します。

9.1 合金比が特性に与える影響

タングステン銅棒は、粉末冶金法によりタングステン（W）と銅（Cu）から製造されます。その特性は、タングステンと銅の比率に直接影響されます。タングステンの含有量は通常50%から90%で、銅の含有量はそれに応じて変化します。比率の違いは、材料の物理的、機械的、熱的特性に大きな影響を与えます。

9.1.1 タングステン銅比と電気伝導率および熱伝導率

銅は優れた電気伝導性と熱伝導性を持つのに対し、タングstenは電気伝導性と熱伝導性が低いです。タングステン銅棒の電気伝導性と熱伝導性は、銅含有量が増えるにつれて大幅に増加します。たとえば、銅含有量が30%のタングステン銅棒（W70Cu30）の電気伝導率は約45% IACS（国際軟銅規格）ですが、銅含有量が10%のタングステン銅棒（W90Cu10）では、導電率は約20% IACSまで低下します。熱伝導率も同様の傾向を示し、W70Cu30では約200 W/(m・K)に達するのに対し、W90Cu10では約150 W/(m・K)まで低下します。そのため、電子パッケージや電極材料など、高い電気伝導性と熱伝導性が求められる用途では、銅含有量の多いタングステン銅棒が選ばれることが多いです。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm ³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

9.1.2 タングステン-銅比と機械的性質

タングステンは硬度と密度が高く（19.25 g/cm³）、銅は硬度が低い（ブリネル硬度約50 HB）。タングステン含有量を増やすと、タングステン銅棒の硬度、圧縮強度、耐摩耗性が大幅に向上します。例えば、W80Cu20は200 HBを超える硬度に達することができますが、W60Cu40の硬度は約120 HBに過ぎません。しかし、銅含有量を増やすと、材料の靱性と耐衝撃性が向上します。したがって、高い硬度と耐摩耗性が求められる用途（金型材料など）ではタングステン含有量を高くすることが推奨され、ある程度の靱性が求められる用途（電気接点など）では銅含有量を適切に増やすことが推奨されます。

9.1.3 タングステンと銅の比と熱膨張係数

タングステンの熱膨張係数は低く（約 $4.5 \times 10^{-6} / K$ ）、銅の熱膨張係数は高くなります（約 $16.5 \times 10^{-6} / K$ ）。タングステン銅棒の熱膨張係数は、銅含有量の増加に伴って大きくなります。例えば、W80Cu20の熱膨張係数は約 $8.0 \times 10^{-6} / K$ であり、電子パッケージング用のセラミックスや半導体材料（SiCやAlNなど）とのマッチングに適しています。タングステンと銅の比率を最適化することで、高温環境下でも寸法安定性を確保し、熱応力による故障を低減します。

9.1.4 最適化戦略

需要に応じた比率の選択：用途要件に基づいて適切なタングステン-銅比を選択します。例えば、電子パッケージング用途では、熱伝導率と熱膨張率のバランスをとるためにW70Cu30またはW75Cu25が推奨されます。一方、EDM電極用途では、高い硬度と耐摩耗性を確保するためにW80Cu20が選択されます。

微量元素ドーピング：銀（Ag）やニッケル（Ni）などの微量の元素を添加することで、導電性や機械的特性をさらに最適化できますが、耐熱性が低下しないようにドーピング量を慎重に制御する必要があります。

プロセスの相乗効果の最適化：材料特性の均一性と安定性を確保するには、合金比率の最適化をその後の焼結および熱処理プロセスと組み合わせる必要があります。

9.2 熱処理と性能向上

熱処理は、タングステン銅棒の性能を向上させる重要な手段です。加熱、断熱、冷却のプロセスを制御することで、材料の微細構造を改善し、内部応力を除去し、性能を向上させることができます。

9.2.1 アニーリング

焼鈍処理は、通常、不活性雰囲気（窒素やアルゴンなど）中で800～1000℃で行われ、粉末冶金プロセス中に誘起される内部応力を除去し、材料の延性を向上させます。例えば、W80Cu20タングステン銅棒を900℃で2時間焼鈍処理すると、引張強度が600MPaから650MPaに向上し、延性も約10%向上します。また、焼鈍処理は銅相の均一性を向上させ、電気伝導性と熱伝導性を向上させます。

著作権および法的責任に関する声明

9.2.2 溶体化処理と時効処理

微量添加剤を含むタングステン銅棒の場合、溶体化処理（1000℃以上に急速加熱した後、急冷する）と時効処理（400℃～600℃で数時間保持する）を組み合わせることができます。溶体化処理により、ニッケルなどの添加剤が母材全体に均一に分散し、時効処理により析出相の形成が促進されるため、硬度と強度が向上します。例えば、ニッケルを0.5%添加したW75Cu25は、溶体化処理後、硬度が15%向上し、耐摩耗性が大幅に向上します。

9.2.3 熱間等方圧加圧（HIP）

熱間等方圧加圧（HIP）は、高温高圧（約1000℃、100MPa）処理により、タングステン銅棒内の気孔率を大幅に低減し、密度を高めるプロセスです。例えば、HIP処理によりW80Cu20の密度は95%から99%以上に向上し、熱伝導率は約10%、圧縮強度はおよそ20%向上します。HIPは、特に高性能電子パッケージング材料の製造に適しています。

9.2.4 注記

温度制御：熱処理温度が高すぎると、銅相が溶融または揮発し、材料特性が低下する可能性があります。温度と保持時間の正確な制御が必要です。

雰囲気保護：熱処理中は酸化を防ぐために不活性雰囲気または還元雰囲気（水素など）が必要です。

プロセスコスト：HIPなどの高度な熱処理プロセスは比較的高価であり、アプリケーションの要件に基づいてコストとパフォーマンスを比較検討する必要があります。

9.3 微細組織と特性の関係

タングステン銅棒の性能は、タングステン粒子のサイズと分布、銅相の連続性、界面の結合状態などの微細構造と密接に関係しています。

9.3.1 タングステンの粒子サイズと分布

10 μmです。粒子が細くなるほど材料の強度と靱性は向上しますが、電気伝導性と熱伝導性はわずかに低下します。タングステンの粒子径は、粉末冶金プロセスにおける粉末サイズと焼結条件を制御することで最適化できます。例えば、1 μmの超微粒子タングステン粉末を用いて製造されたW70Cu30は、700MPaの引張強度を達成できます。これは、5 μmのタングステン粉末を用いて製造された材料よりも約15%高い値です。

9.3.2 微細構造と特性の関係

銅相はタングステン銅棒内部に連続したネットワークを形成し、その電気伝導性と熱伝導性に直接影響を与えます。焼結温度と圧力は、銅相の連続性に影響を与える重要な要素です。例えば、W75Cu25を1350℃で焼結すると、より均一な銅相ネットワークが形成され、電気伝導性が約8%向上します。さらに、液相焼結は銅の浸透を促進し、相間結合を強化しますが、銅相の損失につながる過焼成は避けなければなりません。

9.3.3 界面結合状態

タングステンと銅の界面の品質は、材料性能にとって極めて重要です。界面欠陥（気孔や亀裂など）は、熱伝導率と機械的強度を低下させる可能性があります。焼結プロセス（真

著作権および法的責任に関する声明

空焼結や微量界面活性剤の添加などを最適化することで、界面結合を強化できます。例えば、0.1%のCoを添加すると、タングステンと銅の界面の濡れ性が向上し、界面抵抗が減少し、熱伝導率が約5%向上します。

9.3.4 微細構造解析技術

走査型電子顕微鏡 (SEM): タングステン粒子の分布と銅の相ネットワークを観察するために使用されます。

X 線回折 (XRD): 結晶構造と相組成を分析します。

電子後方散乱回折 (EBSD): 界面の結合と粒子の配向を調べます。

これらの技術により、微細構造が性能に与える影響を正確に評価することができ、プロセス最適化の基盤が提供されます。

9.4 耐摩耗性と耐腐食性の最適化

タングステン銅棒は、高温、高圧、または腐食性環境において優れた耐摩耗性と耐腐食性を備えていることが求められます。これらの特性を最適化することで、材料の耐用年数を延ばし、信頼性を向上させることができます。

9.4.1 耐摩耗性の最適化

タングステンは高い硬度を有し、耐摩耗性に優れていますが、銅相の柔らかさにより、高摩擦環境では摩耗が激しくなる可能性があります。最適化戦略には以下が含まれます。

タングステン含有量の増加: W85Cu15 は W70Cu30 よりも耐摩耗性に優れており、EDM 電極に適しています。

表面強化: イオン窒化またはレーザー表面クラディングにより、硬い表面層 (WCまたはTiNなど) を生成でき、耐摩耗性が2~3倍向上します。

硬質相の追加: タングステン銅棒に少量の炭化タングステン (W) または酸化アルミニウム (Al_2O_3) を追加すると、耐摩耗性が大幅に向上しますが、導電性が低下しないように注意する必要があります。

9.4.2 耐食性の最適化

タングステン銅棒は、湿度の高い環境や酸性環境において銅相の腐食により故障する可能性があります。最適化手法には以下のものがあります。

表面コーティング: ニッケル電気めっきまたは化学蒸着 (CVD) を使用して耐腐食層 (CrN、DLCなど) を塗布し、銅相の電気化学的腐食を効果的に防止します。

合金組成の変更: 微量の銀またはクロムを添加することで、銅相の耐食性を向上させることができます。例えば、W75Cu24Ag1の塩水噴霧試験における耐食時間は、約30%延長されます。

微細構造の最適化: 密度を高め、多孔性を減らすことで、腐食性媒体の浸透経路を減らし、耐腐食性を向上させることができます。

著作権および法的責任に関する声明

9.4.3 包括的最適化ケース

航空宇宙分野では、タングステン銅棒が高温電気接点によく使用されています。W80Cu20比率、HIP処理、表面CrNコーティングを採用することで、以下の性能向上が実現します。

耐摩耗性：摩擦係数が20%減少し、摩耗が50%減少します。

耐腐食性：高温多湿の環境では、耐用年数が2倍に延長されます。

導電率：40% IACS 以上を維持し、電気性能要件を満たします。

9.4.4 注記

パフォーマンスのバランス：耐摩耗性と耐腐食性を最適化すると電気伝導性が低下する可能性があるため、アプリケーションのニーズに基づいて検討する必要があります。

コスト管理：表面コーティングと添加剤のプロセスは高価であり、その経済的実現可能性を評価する必要があります。

環境適応性：さまざまな腐食環境（酸性、アルカリ性、高温など）には、ターゲットを絞った最適化ソリューションが必要です。

要約する

タングステン銅棒は、合金比率、熱処理プロセス、微細組織、耐摩耗性および耐腐食性を最適化することで、多様な用途要件を満たすことができます。合金比率の調整には、導電性、熱伝導性、機械的特性のバランスが不可欠です。熱処理プロセスは密度と強度を大幅に向上させます。微細組織の最適化は性能向上の基盤となり、耐摩耗性および耐腐食性の向上は材料の耐用年数を延ばします。実際の用途では、性能要件、プロセスコスト、環境要因を総合的に考慮し、最適な最適化ソリューションを選択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

第10章 タングステン銅棒の選定と使用ガイド

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、電子機器、航空宇宙、発電、金型製造などの業界で広く使用されています。その性能は最終製品の品質と寿命に直接影響します。適切なタングステン銅棒を選択し、安全な保管と輸送を確保し、適切な使用とメンテナンスを行い、使用中に発生する一般的な問題を効果的に解決することが、その性能を最大限に発揮するための鍵となります。

10.1 適切なタングステン銅棒の選び方

適切なタングステン銅棒を選択するには、用途シナリオ、性能要件、コスト予算、サプライヤーの信頼性を総合的に考慮する必要があります。以下では、複数の視点から選定する方法について詳しく説明します。

10.1.1 アプリケーションシナリオとパフォーマンス要件を明確にする

タングステン銅棒の性能は、タングステンと銅の比率、製造プロセス、およびその後の処理によって左右されます。用途シナリオによって性能要件は大きく異なります。以下は、一般的な用途シナリオと推奨されるタングステン銅棒の仕様です。

電子パッケージングには、高い電気伝導性と熱伝導性に加え、セラミックまたは半導体材料の熱膨張係数に適合することが求められます。推奨される材料としては、導電率が約40~45% IACS、熱膨張係数が約 $7.5\sim 8.5 \times 10^{-6} / K$ 、熱伝導率が約190~200 W / (m · K)であるW70Cu30またはW75Cu25が挙げられます。これらの仕様は、パワーモジュール、マイクロ波デバイス、チップヒートシンクに適しています。

放電加工（EDM）用電極：これらの電極は、アーク浸食に耐えるため、高い硬度、耐摩耗性、高温耐性が求められます。推奨される選択肢としては、200HBを超える硬度と優れた耐摩耗性を備えたW80Cu20またはW85Cu15があり、複雑な金型の加工に適しています。

電気接点：導電性と耐アーク腐食性のバランスが求められ、同時に機械的衝撃に耐える一定の靱性も維持する必要があります。W75Cu25は、導電性（約40% IACS）と引張強度（約650 MPa）の両方を備えています。

航空宇宙部品：高温強度と低熱膨張係数が求められます。W90Cu10は熱膨張係数が $6.5 \times 10^{-6} / K$ と低く、高温環境におけるノズルやコネクタに適しています。

医療機器：X線ターゲットなど、高密度と耐摩耗性が求められる用途。密度約15.5 g/cm³で耐摩耗性に優れたW80Cu20が推奨されます。

選択する際には、ユーザーは次のパラメータを指定する必要があります。

電気伝導性と熱伝導性の要件：電気および熱管理の要件に基づいて、銅含有量の多い材料を選択します。

機械的特性：硬度、強度、靱性を優先します。

熱膨張のマッチング：熱応力による破損を避けるために、熱膨張係数が隣接する材料と類似していることを確認します。

サイズと形状：バーの直径、長さ、加工精度が設計要件を満たしているかどうかを確認します。

著作権および法的責任に関する声明

CTIA GROUP LTD
Tungsten Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

10.1.2 タングステン銅棒の仕様と規格を理解する

タングステン銅棒は通常、タングステン含有量によって分類されます（例：W70Cu30、W80Cu20）。一般的な直径は3～100mm、長さは100～300mmです。具体的な仕様については、サプライヤーが提供する製品カタログに基づいて選択してください。国際規格（ASTM B702など）および国内規格（GB/T 8320など）では、タングステン銅棒の化学組成、密度、導電性、および機械的特性について明確な要件が定められています。例えば、

W70Cu30: 密度は約13.8～14.2 g/cm³、導電率は約40～45% IACSです。

W80Cu20: 密度は約15.1～15.5 g/cm³、硬度は約200～220 HBです。

ユーザーは、製品の適合性を確認するために、サプライヤーに材料試験報告書を要求する必要があります。さらに、精密加工の要件を満たすために、公差要件（例：直径公差±0.05 mm）にも注意する必要があります。

10.1.3 サプライヤーの信頼性の評価

信頼できるサプライヤーを選ぶことが、タングステン銅棒の品質を確保する鍵となります。サプライヤーを評価する主な基準は次のとおりです。

生産能力: サプライヤーが真空焼結炉や熱間等方圧プレス（HIP）装置などの高度な粉末冶金装置と熱処理施設を備えているかどうかを確認します。

品質認証: ISO 9001 または航空宇宙向けの AS9100 などの業界固有の認証を取得したサプライヤーが優先されます。

供給能力: プロジェクトのスケジュールが満たされるように、サプライヤーの在庫レベルと納品サイクルを評価します。

技術サポート: 質の高いサプライヤーは、材料選択のアドバイス、カスタム処理、アフターサービスを提供する必要があります。

価格と費用対効果: 品質を確保するという前提で、複数のサプライヤーの見積りを比較し、最も費用対効果の高いサプライヤーを選択します。

現地調査、サンプルテスト、顧客レビューの確認などを通じて、サプライヤーの信頼性を確認することをお勧めします。例えば、導電性と硬度の試験のために、サプライヤーにW80Cu20のサンプル提供を依頼することもできます。

10.1.4 カスタマイズされた要件

特殊な用途では、特定の直径、表面コーティング、微量元素ドーピングなど、カスタマイズされたタングステン銅棒が必要となる場合があります。カスタマイズの際は、以下の要件を指定する必要があります。

カスタマイズサイズ: 直径50mm、長さ500mmなどの非標準仕様。

表面処理: 耐腐食性や表面仕上げを向上させるためのニッケルメッキや研磨など。

添加剤: 強度を高めるために 0.5% の Ni を追加したり、導電性を向上させるために Ag を追加したりします。

著作権および法的責任に関する声明

カスタマイズには、サプライヤーとのプロセスパラメータの交渉が必要になることが多く、コストと納期の増加につながる可能性があります。契約書には、パフォーマンス指標と受入基準を明確に定義することをお勧めします。

10.1.5 コストとパフォーマンスのバランス

タングステン銅棒の価格は、タングステン含有量に応じて上昇します。例えば、W90Cu10はW70Cu30よりも30～50%高くなる場合があります。さらに、熱間等方圧成形（HIP）や表面コーティングなどのプロセスによってコストがさらに上昇する可能性があります。ユーザーは、予算と性能要件に基づいて適切な仕様を選択する必要があります。例えば、予算が限られている場合、耐磨耗性がそれほど重要でない用途では、W80Cu20ではなくW75Cu25を選択できます。

10.1.6 購入プロセスの推奨事項

需要分析：アプリケーション シナリオとパフォーマンス要件を明確にし、主要なパラメータ（導電性や硬度など）をリストします。

市場調査：複数のサプライヤーから見積もりと製品情報を収集し、仕様と品質を比較します。

サンプル テスト：パフォーマンス テスト用に少量のサンプルを購入し、要件を満たしているかどうかを確認します。

契約書の締結：仕様、数量、納期、品質基準を明確にします。

受入とフィードバック：商品を受け取った後、品質検査を実施し、パフォーマンスデータを記録し、改善点をサプライヤーに伝えます。

10.2 保管および輸送上の注意事項

タングステン銅棒の保管と輸送は、その性能と耐用年数に直接影響します。以下では、保管環境、梱包要件、輸送上の注意事項について詳しく説明します。

10.2.1 ストレージ環境

タングステン銅棒の銅相は湿気、酸化、腐食環境の影響を受けやすいため、保管環境を厳密に管理する必要があります。

温度と湿度：保管環境は、温度15～25℃、相対湿度60%未満を維持する必要があります。高温多湿は銅相の酸化を引き起こし、酸化銅（CuO）を形成して導電性を低下させる可能性があります。

乾燥・防湿：保管場所に乾燥剤（シリカゲルなど）を入れるか、密封包装を使用することをお勧めします。長期保管の場合は、タングステン銅棒を真空密封袋に入れて保管してください。

化学腐食を避ける：銅相の電気化学的腐食を防ぐため、酸性、アルカリ性、または塩分を含む物質から遠ざけて保管してください。例えば、海に近い倉庫では、塩水噴霧の影響に特に注意する必要があります。

防塵と清掃：ほこりや粒子がバーの表面に付着してその後の加工精度に影響を与えない

著作権および法的責任に関する声明

ように、保管環境は清潔に保つ必要があります。

長期間保管されるタングステン銅棒については、6 か月ごとに表面状態を確認し、必要に応じて清掃して再梱包することをお勧めします。

10.2.2 梱包要件

タングステン銅棒は密度が高く（13～17 g/cm³）、脆く、衝突によって損傷を受けやすいため、梱包時には以下の点にご注意ください。

保護材：ロッド同士が直接接触しないように、発泡プラスチック、気泡緩衝材、または木箱を使用してください。ロッドは1本ずつ個別に包むことをお勧めします。

銅の酸化を防ぐために、包装に防湿剤や真空シールを追加します。

明確なラベル表示：パッケージには、タングステンと銅の比率（W80Cu20 など）、仕様（直径、長さ）、バッチ番号、保管上の注意事項が明確に記載されており、管理と追跡が容易です。

耐圧縮設計：大量輸送の場合は、積み重ねた際にバーが潰れないよう、耐圧縮性のある木箱や金属フレームを使用します。

10.2.3 輸送上の注意事項

輸送中、タングステン銅棒は振動、衝突、環境の変化から保護する必要があります。

振動対策：輸送中にバーが動かないように、衝撃吸収パッドまたはスプリング固定装置を使用します。

温度管理：熱ストレスや低温脆化を防ぐため、極端に高温（>50° C）または低温（<-10° C）の環境での輸送は避けてください。

輸送手段：短距離輸送には道路輸送が適していますが、長距離輸送や国際輸送には海上輸送または航空輸送が推奨されます。梱包は国際輸送規格（ISTAなど）に準拠していることを確認してください。

輸送保険：高価なタングステン銅棒の場合、紛失のリスクを軽減するために輸送保険を購入することをお勧めします。

受入プロセス：受領時にパッケージの完全性をチェックし、仕様と数量を確認し、損傷や酸化が見つかった場合は、タイムリーにサプライヤーに連絡します。

10.2.4 特殊な状況での保管と輸送

航空宇宙用タングステン銅棒：ほこりのない作業場で保管し、帯電防止材で梱包し、一定の温度と湿度に保たれた容器で輸送する必要があります。

医療機器用タングステン銅棒：汚染を避けるため、保管および輸送は医療機器規格（ISO 13485 など）に準拠する必要があります。

高温環境での輸送：熱帯地域へ輸送する場合は、追加の断熱および防湿対策が必要です。

標準化された保管および輸送管理により、タングステン銅棒の保存期間を効果的に延長し、その性能が損なわれないことを保証できます。

著作権および法的責任に関する声明

10.3 使用中のメンテナンスと手入れ

タングステン銅棒は、性能を維持し、耐用年数を延ばすために、使用中に定期的なメンテナンスとケアが必要です。以下では、加工、操作、保管の3つの段階から詳細なガイダンスを提供します。

10.3.1 処理中のメンテナンス

タングステン銅棒は、旋削、フライス加工、穴あけ、放電加工など、様々な加工方法があります。加工工程では、以下の点に注意する必要があります。

工具の選定: 一般的な鋼製工具の硬度不足による摩耗を防ぐため、超硬工具またはダイヤモンド工具を使用してください。HRC 60以上の工具硬度を推奨します。

クーラントの使用: 切削温度を下げ、銅相の軟化やタングステン粒子の脱落を防ぐため、加工中は水性または油性のクーラントを使用してください。腐食性不純物の混入を防ぐため、クーラントは清潔に保ってください。

処理パラメータ: 過度の応力によってバーに亀裂が生じるのを防ぐため、切断速度（例：100 ~ 200 m/分）と送り速度（例：0.05 ~ 0.2 mm/回転）を制御します。

表面保護: 加工後は、表面に残ったクーラントや金属片をすぐに拭き取り、化学腐食を防止してください。アルコールまたは中性洗剤で拭くことをお勧めします。

10.3.2 運転中のメンテナンス

タングステン銅棒は、使用シナリオ（電極、電気接点、ラジエーターなど）に応じて定期的に検査およびメンテナンスを行う必要があります。

表面検査: バーの表面に酸化、摩耗、アーク侵食の兆候がないか定期的に点検してください。例えば、EDM電極の表面に明らかな侵食ピットが現れた場合は、速やかに交換する必要があります。

清掃とメンテナンス: 表面の汚れは超音波洗浄機または柔らかい布で拭き取ってください。酸性またはアルカリ性の洗剤の使用は避けてください。清掃頻度は使用環境に応じて決定してください（例：月に1回）。

温度監視: 高温環境（電気接点など）では、性能低下を防ぐために動作温度が銅の軟化点（約 800° C）を超えないように監視します。

腐食防止対策: 湿気や腐食性の高い環境では、銅相を保護するために防錆油または一時的なコーティング（薄いシリコン オイルの層など）を定期的に塗布します。

10.3.3 保管と再利用

使用しなかったタングステン銅棒や加工後の残り物は適切に保管する必要があります。

短期保管: 湿気を防いだ密封袋に入れて、乾燥した換気の良い場所に保管してください。

長期保管の場合: 真空包装または窒素充填包装を使用し、定期的に表面状態を確認してください。

残留材料のリサイクル: 処理済みの残留材料はリサイクルして、要件の低いシナリオ（実験サンプルなど）で使用できますが、そのパフォーマンスをテストして、要件を満たして

著作権および法的責任に関する声明

いるかどうかを確認する必要があります。

10.3.4 保守記録

点検、清掃、交換の実施時期、状況、処置内容を記録するメンテナンス記録を作成することをお勧めします。例えば、

日付：2025年8月20日

検査内容：W80Cu20電極表面検査

状態：わずかにアブレーション、導電性が5%低下

対策：超音波洗浄、来月交換予定

標準化されたメンテナンスとケアにより、タングステン銅棒の耐用年数を大幅に延ばし、故障率を低減することができます。

10.4 よくある問題と解決策

タングステン銅棒は使用中に様々な問題が発生する可能性があります。以下に、よくある問題とその解決策をまとめ、ユーザーが迅速に対処できるよう支援します。

10.4.1 表面酸化

タングステン銅棒の表面に緑色または黒色の酸化物層（CuOまたはCu₂O）が現れ、導電性が低下します。

原因：保管または使用環境が湿気が多い、または高温の酸化雰囲気さらされている。

解決：

表面を希酢酸（5%）またはクエン酸溶液で拭いて酸化物層を除去し、アルコールですすいで乾燥させます。

保管環境を最適化し、湿度を 60% 以下に保ち、密封されたパッケージを使用してください。

高温アプリケーションでは、不活性ガス保護（窒素やアルゴンなど）を追加します。

10.4.2 アーク浸食

問題の説明：EDM 電極または電気接点の表面にアブレーション ピットが発生し、加工精度または接触性能に影響を及ぼします。

原因：アークエネルギーが高すぎるか、タングステン銅棒の耐摩耗性が不十分です。

解決：

EDM の放電エネルギーを削減し、パルス幅と電流を最適化します（例：パルス幅 50 ~ 100 μs）。

耐摩耗性を向上させるには、タングステン含有量の多い材料（W85Cu15 など）を選択します。

定期的に電極表面を点検し、適時に修理または交換してください。

10.4.3 ひび割れの処理

問題の説明：加工中にタングステン銅棒に微小な亀裂が生じ、強度が低下します。

著作権および法的責任に関する声明

原因：切削速度が速すぎる、工具の摩耗、または材料の内部欠陥。

解決：

切削速度を下げ（例：80～150 m/分）、新しい工具を使用してください。

材料の品質を確認し、サプライヤーに非破壊検査レポート（超音波検査など）の提供を依頼します。

加工時のストレスを軽減するために、予熱処理（200～300℃）を施します。

10.4.4 導電性の低下

問題の説明：タングステン銅棒の導電性は、一定期間使用すると大幅に低下し、電気性能に影響を与えます。

原因：銅相の酸化、微細構造の変化、または表面汚染。

解決：

表面の汚れを落とすには、超音波洗浄機やアルコールワイプを使用してください。

動作環境を確認し、高温や腐食性雰囲気を避けてください。

導電性が低下し続ける場合は、ロッドを新しいものに交換するか、熱処理を行って性能を回復することを検討してください。

10.4.5 熱膨張の不一致

問題の説明：タングステン銅棒と隣接する材料（セラミックなど）が高温で剥がれたり割れたりします。

理由：熱膨張係数の差が大きすぎる。

解決：

タングステンと銅の比率は、セラミック（AlNなど、熱膨張係数は約 $4.5 \times 10^{-6} / K$ ）に合わせて、W80Cu20（熱膨張係数は約 $8.0 \times 10^{-6} / K$ ）のように再選択されます。

熱応力を軽減するために、インターフェースにバッファ層（Ni または Mo の薄い層など）を追加します。

動作温度を最適化し、600° C 未満に保つようにしてください。

10.4.6 保管時の変形

問題の説明：長期間保管されたタングステン銅棒がわずかに曲がったり変形したりしています。

原因：保管中に不均一な力がかかった、または梱包が不適切だった。

解決：

保管方法を確認し、積み重ねによる圧力を避けるためにバーが水平に保管されていることを確認します。

専用のスタンドや木箱などを利用して重量を分散させてください。

軽微な変形の場合は、低温焼鈍（約 600° C）により応力を緩和できます。

10.4.7 ケース分析

事例1：電子機器パッケージング工場で使用されていたW70Cu30タングステン銅棒は、高温下で熱伝導率が低下することが判明しました。検査の結果、表面が著しく酸化されていることが判明しました。解決策：保管時に真空包装し、使用前に超音波洗浄を実施した結果、

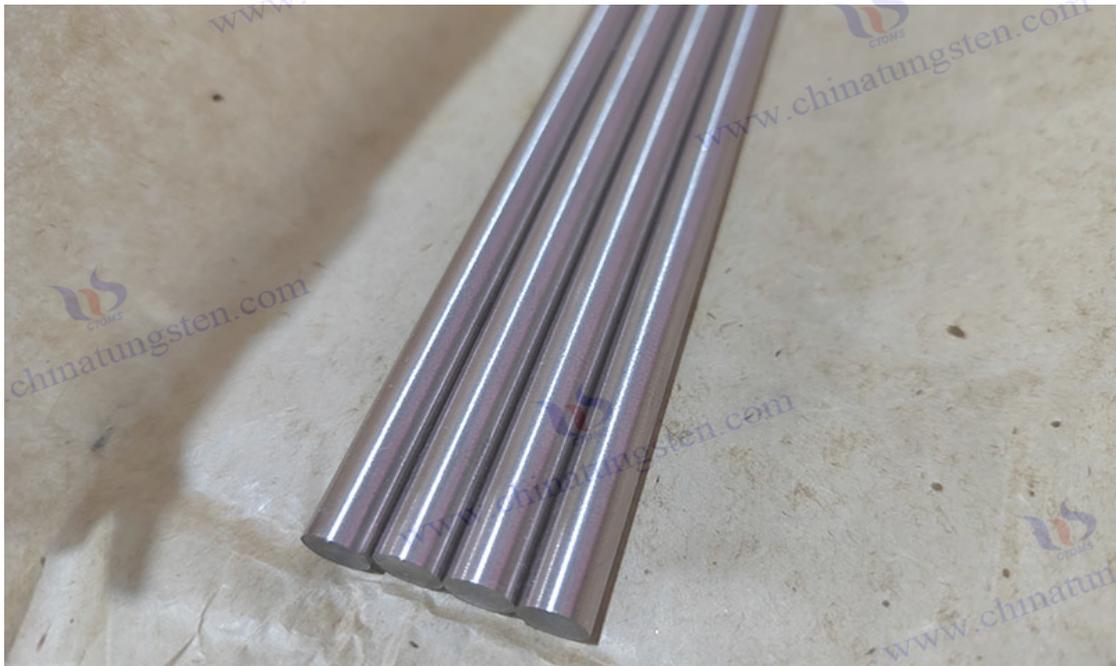
著作権および法的責任に関する声明

熱伝導率は95%以上に回復しました。

事例2：金型メーカーのW80Cu20電極は、放電加工中に急速に摩耗しました。分析の結果、放電エネルギーが過剰であることが判明しました。解決策：電流を50A、パルス幅を80 μ sに下げることによって、電極寿命が2倍になりました。

要約する

タングステン銅棒の選定と使用は、ニーズ分析、サプライヤー選定、保管・輸送、メンテナンス、問題解決など、複数のステップを踏む体系的なプロセスです。適切なタングステン銅棒を選定するには、用途シナリオに基づいて性能要件を明確にし、仕様とサプライヤーの信頼性に基づいて包括的な評価を行う必要があります。保管・輸送においては、酸化や物理的損傷を防ぐため、厳密に管理された環境条件が必要です。使用中の標準化された処理とメンテナンスは、棒の寿命を延ばし、性能を維持するのに役立ちます。一般的な問題に対処するための的確な対策を迅速に実施することで、故障率を効果的に低減できます。科学的な管理と運用を通じて、タングステン銅棒は様々な厳しい状況下で最適な性能を発揮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 Copper Rod Introduction

1. Overview of Tungsten Copper Rod

Tungsten copper rod is composite materials produced by infiltrating high-purity tungsten powder with copper through a vacuum infiltration process. It possesses a unique microstructure that combines the high strength and high melting point of tungsten with the excellent electrical and thermal conductivity of copper. This results in a high-performance material with outstanding thermal stability, wear resistance, and electrical conductivity.

2. Characteristics of Tungsten Copper Rod

High Thermal Conductivity: The excellent thermal conductivity of copper ensure s rapid heat dissipation, making it suitable for high-power devices and laser s ystems.

High Strength and High-Temperature Resistance: The stable mechanical propertie s of tungsten allow the material to remain reliable under extreme high-temperat ure conditions.

Resistance to Arc Erosion: The tungsten-copper composite structure provides ex ceptional resistance to arc erosion in electrical applications, significantly e xtending electrode service life.

Low Thermal Expansion Coefficient: Effectively reduces thermal stress and impr oves structural stability.

Excellent Machinability: Can be precisely fabricated into electrodes, heat sin ks, or complex parts to meet diversified application requirements.

3. Performance Parameters of Tungsten Copper Rod

Product Name	Chemical Composition (%)		Physical and Mechanical Properties			
	Impurities ≤	W	Density (g/cm³)	Hardness (HB)	Resistivity (mΩ · cm)	Tensile Strength (MPa)
W50Cu	0.5	Balance	11.85	115	3.2	—
W60Cu	0.5	Balance	12.75	140	3.7	—
W70Cu	0.5	Balance	13.8	175	4.1	790
W80Cu	0.5	Balance	15.15	220	5	980
W90Cu	0.5	Balance	16.75	260	6.5	1160

4. Procurement Information

Email: sales@chinatungsten.com

Phone: +86 592 5129595; 592 5129696

Website: tungsten-copper.com

著作権および法的責任に関する声明

第11章 タングステン銅棒の市場と開発動向

高性能複合材料であるタングステン銅棒は、優れた導電性、熱伝導性、耐高温性、機械的強度を備えているため、電気、電子、航空宇宙、熱管理などの分野で広く使用されています。世界的な産業技術の進歩と新興産業の急速な発展に伴い、タングステン銅棒の市場需要は拡大を続け、産業チェーンは改善を続け、技術革新は性能の最適化と用途拡大を推進しています。本章では、世界のタングステン銅材料産業チェーンの構造、市場需要の分布と特徴、そして高性能、グリーン製造、新興アプリケーションをカバーする主要な将来の開発動向を詳細に分析します。

11.1 世界のタングステン・銅材料産業チェーンの概要

タングステン・銅材料産業チェーンは、原料採掘から最終製品の応用に至るまで、資源抽出、材料準備、加工・製造、試験・認証、そして最終用途への応用といった複数のプロセスから構成されています。産業チェーンの上流工程は、主にタングステン鉱石と銅鉱石の採掘と精製です。タングステン資源は主に中国、ロシア、オーストラリア、カナダに集中しています。中国は世界のタングステン埋蔵量の約80%、生産量の約60%を占め、タングステン粉末の主要供給国となっています。銅資源は広く分布しており、チリ、ペルー、オーストラリアが主な産地です。電気銅の生産技術は成熟しており、十分な供給が確保されています。

ミッドストリームセグメントには、タングステン銅棒の製造・加工が含まれます。タングステン粉末は、タングステン酸塩または三酸化タングステンから水素還元によって抽出され、電解銅は電気化学的精錬によって得られます。製造工程では、プレス、焼結、真空浸透などの粉末冶金技術が活用されます。真空焼結炉や浸透炉などのコア設備は、製品の品質を確保するために高精度な制御が求められます。加工工程では、様々な用途シナリオにおけるサイズや性能要件を満たすために、精密機械加工、熱処理、表面改質などが行われます。ミッドストリーム企業は、主に専門の材料メーカーです。

下流セグメントは、タングステン銅棒の最終用途を網羅しており、電気接点、電子パッケージ、航空宇宙部品、ヒートシンク、金型製造などが含まれます。流通チャンネルには、シーメンスやGEなどの機器メーカーへの直接供給と、トレーダーを通じた国際市場へのアクセスが含まれます。試験と認証はサプライチェーンの重要な要素であり、国際市場における製品競争力を確保するためには、ASTM B702やGB/T 8320などの国際規格への準拠が求められます。

産業チェーンは高度にグローバル化しており、中国が原材料と製造を支配し、欧州、米国、日本はハイエンドアプリケーションと精密加工において技術的優位性を有しています。産業チェーンの連携は、サプライチェーンの安定性と技術統合を重視しており、原材料価格

著作権および法的責任に関する声明

の変動と環境規制が主要な課題となっています。

11.2 市場需要構造とアプリケーションシェア分析

世界的な工業化の進展、電子産業の発展、そして新エネルギー技術の発展に伴い、タングステン銅棒の市場需要は多様化しています。市場の需要構造は、主に以下の領域に分けられます。

- 電気・電子（市場シェア約45%）：タングステン銅棒は、高電圧スイッチ、遮断器、放電加工機（EDM）電極などの用途で市場を席卷しています。高い導電性と耐アーク侵食性により、特に送配電設備における電気接点や電極に最適な材料です。例えば、世界的な電力網のアップグレードやスマートグリッドの導入は、高性能接点材料の需要を牽引しています。さらに、マイクロエレクトロニクスパッケージのヒートシンクや電極として使用されるタングステン銅棒の需要は、特に5G通信、パワー半導体、レーダーシステムにおいて急速に増加しています。

- 航空宇宙・防衛（市場シェア約20%）：ロケットエンジンのノズル、カウンターウェイト部品、徹甲弾のコアなどへのタングステン銅棒の応用は、航空宇宙・防衛産業によって牽引されています。SpaceXやBlue Originによる商業宇宙計画など、世界的な航空宇宙産業の急速な発展により、高耐熱性・高密度材料の需要が高まっています。高性能電極や熱管理材料の需要も防衛分野、特にレーダーや電子戦機器において高まっています。

熱管理・放熱デバイス（市場シェア約20%）：レーザーやIGBTモジュールなどの高出力電子機器や新エネルギー車の普及に伴い、タングステン銅棒のヒートシンクや放熱基板としての利用が急速に拡大しています。高い熱伝導性と半導体材料との熱膨張適合性により、データセンター、電気自動車のバッテリー管理システム、5G基地局などには欠かせない存在となっています。効率的な放熱ソリューションに対する世界的な需要が、この分野の急速な成長を牽引しています。

- 機械・金型産業（市場シェア約10%）：タングステン銅棒は、高い硬度と耐摩耗性から、放電加工機用金型、スタンピング金型、切削工具などに使用されています。世界的な自動化と精密製造への流れを受け、特に自動車や医療機器の製造において、高性能金型材料の需要が高まっています。

- その他の分野（市場シェア約5%）：これらの分野には、医療用放射線遮蔽材、太陽光発電インバータ用電気接点部品、ゴルフクラブウェイトといった新興用途が含まれます。これらの分野は市場シェアこそ小さいものの、特に新エネルギー産業や医療産業において大き

著作権および法的責任に関する声明

な成長の可能性を秘めています。

市場需要の地域別分布を見ると、アジア太平洋地域（主に中国）が世界市場の50%以上を占め、北米とヨーロッパがそれぞれ約20%を占めています。残りは南米、アフリカ、中東に分布しています。需要増加の原動力としては、世界的なエネルギー転換、エレクトロニクス産業の高度化、航空宇宙投資の増加などが挙げられます。課題としては、原材料価格の変動（例えば、タングステンの価格は需給に大きく左右されます）や環境規制による生産コストへの圧力などが挙げられます。

11.3 タングステン銅棒の今後の開発動向

タングステン銅棒の将来の発展は、技術革新、市場需要、そして持続可能な開発の要件によって推進されます。以下では、高性能、環境に優しい製造、そして新たな用途という3つの側面から、その発展動向を分析します。

11.3.1 高性能とナノテクノロジー

高性能化はタングステン銅棒技術開発の中核方向であり、次世代の高出力電子機器や極限環境用途のニーズを満たすために、材料の電気伝導性、熱伝導性、強度、耐摩耗性を向上させることを目指しています。ナノテクノロジーは高性能を実現するための重要な道です。ナノスケールのタングステンと銅の粉末を使用することで、材料の微細構造が大幅に改善されます。ナノ粒子の比表面積が大きいほど、粒子間の結合が強化され、焼結温度が低下し、タングステン銅棒の密度と均一性が向上します。例えば、ナノタングステン粉末（粒子サイズ<100 nm）は、より微細な骨格構造を形成し、銅相の浸透効率を高め、熱伝導性と機械的強度を向上させることができます。

高性能化に向けたもう一つの方向性は、傾斜機能材料（FGM）の開発です。タングステン銅ロッド内のタングステンと銅の比率を傾斜分布させることで、特定の領域の性能を最適化することができます。例えば、表面のタングステン含有量が高いと耐摩耗性が向上し、ロッド内の銅含有量が高いと熱伝導性が向上するため、複雑な動作条件下での電極やヒートシンクに適しています。さらに、微量元素（ジルコニウムやクロムなど）を添加することで、タングステンと銅の界面の濡れ性が向上し、材料性能がさらに向上します。プラズマ焼結（SPS）やマイクロ波焼結などの高度な製造技術により、処理時間が短縮され、微細構造の均一性が向上し、高性能タングステン銅ロッドの産業化が推進されています。

11.3.2 グリーン整備と持続可能な開発

グリーン製造と持続可能な開発は、タングステン銅棒業界の長期的なトレンドであり、環境保護と資源効率に対する世界的な需要に応えています。従来の粉末冶金プロセスは、多くのエネルギーを消費し、廃ガスと廃液を生成します。グリーン製造は、プロセスと設備を最適化することで環境への影響を低減します。たとえば、低温焼結技術では、活性剤の添加やナノパウダーの使用により焼結温度を20~30%低下させ、エネルギー消費を削減します。真空浸透プロセスの排ガス回収システムは、揮発性銅蒸気を捕捉し、排出量を削減できます。廃棄物リサイクル技術もますます重要になっています。化学精製と再処理により、生産中の廃棄タングステン銅棒を高純度粉末に戻し、資源リサイクルを実現できま

著作権および法的責任に関する声明

す。

持続可能な開発におけるもう一つの重要な焦点は、原材料の持続可能な供給です。希少金属であるタングステンは資源不足に直面しており、グリーン採掘技術や代替材料（モリブデン系複合材料など）の研究への注目が高まっています。メーカーは、EUのRoHS指令やREACH規則といった、有害物質の使用を制限し、タングステン銅棒が環境基準を満たすことを保証するための国際的な環境規制にも準拠する必要があります。リアルタイム監視とデータ分析を通じてプロセスパラメータを最適化するインテリジェント生産システムの導入は、エネルギー効率と製品品質のさらなる向上につながります。

11.3.3 新たなアプリケーションの方向性

タングステン銅棒の将来的な応用分野は、技術の進歩に伴い拡大しており、新エネルギー、ヘルスケア、積層造形といった新興産業を包含しています。新エネルギー分野では、太陽光発電インバータや風力発電コンバータの電気接点部品として、タングステン銅棒の需要が高まっています。高い導電性と耐腐食性は、効率的なエネルギー変換を支えています。電気自動車のバッテリー管理システムでは、タングステン銅棒は放熱基板として機能し、高出力バッテリーの熱を効果的に管理し、バッテリー寿命を延ばします。

医療分野では、タングステン銅棒の優れた放射線遮蔽特性を活かし、CT装置のコリメータや放射線治療装置の遮蔽部品など、X線・ガンマ線防護装置への応用が期待されています。高い密度と加工性能により、複雑な形状の製造が可能で、医療機器に求められる高精度要件を満たします。

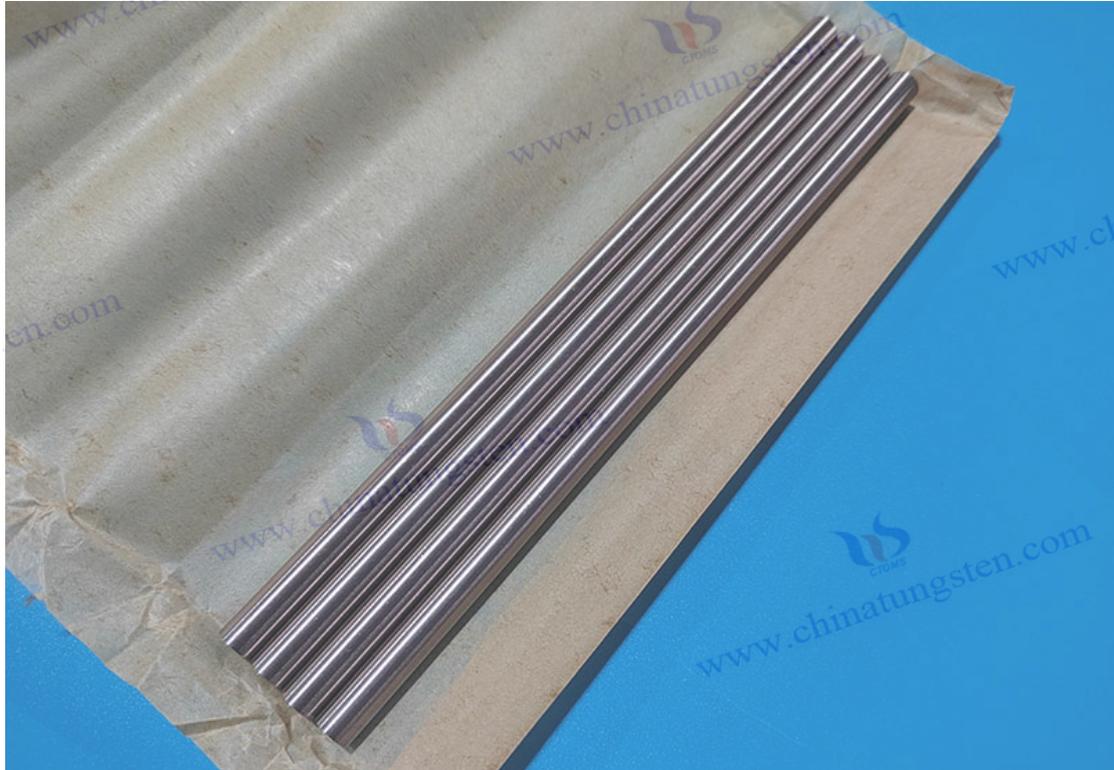
積層造形（3Dプリンティング）もまた、新たな分野の一つです。レーザーまたは電子ビーム溶融堆積技術を用いてタングステンの骨格を印刷し、真空浸透プロセスと組み合わせることで、複雑な形状のタングステン銅部品を製造することができます。この方法は従来の製造工程の限界を克服し、航空宇宙産業やエレクトロニクス産業における小ロットのカスタム生産に適しています。例えば、3Dプリントされたタングステン銅ヒートシンクは、内部にマイクロチャネル設計を実装することで、放熱効率をさらに向上させることができます。

さらに、量子コンピューティングや6G通信機器におけるタングステン銅棒の潜在的な応用も注目に値します。量子コンピューティングでは、極低温環境下でも高い熱伝導率を持つ材料が求められており、タングステン銅棒は低熱膨張と高い熱伝導率を特徴としており、有望な候補材料となっています。6G基地局の高電力密度化に伴い、放熱性能と電気接点材料への要求はますます高まっていますが、タングステン銅棒の総合的な性能はこれらの要求を満たすことができます。

要約すると、タングステン銅棒の市場と開発動向は、世界的な産業の高度化と新興技術によって牽引されています。サプライチェーンの改善と技術革新は、従来型セクターと新興セクターの両方でタングステン銅棒の広範な採用を促進しています。高性能、グリーン製

著作権および法的責任に関する声明

造、そして新興アプリケーションの協調的な開発は、タングステン銅棒の市場競争力をさらに高め、将来の産業発展に不可欠な基盤を提供するでしょう。業界は、市場の課題に対処し、成長機会を捉えるために、原材料供給、環境コンプライアンス、そして技術研究開発に注力する必要があります。



www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatun

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

著作権および法的責任に関する声明

付録

A. 用語集

タングステン銅合金: タングステンと銅からなる金属マトリックス複合材料で、銅の含有量は通常 10% ~ 50% の範囲です。

真空浸透法: 真空環境下でタングステン骨格に銅を浸透させてタングステン銅棒を製造する方法。

金属発汗効果: 高温下（3000 °C以上など）では銅が液化・蒸発し、熱を吸収して素材の表面温度を下げます。

電気伝導率 (%IACS): 材料の電気伝導率を測定するために使用される、焼きなまし銅の国際標準伝導率。

熱膨張係数: 温度が変化したときの物質の体積または長さの変化率。

耐アーク侵食性: アークの作用によるアブレーションによる損傷に耐える材料の能力。

ニアネットシェーピング: プロセスを最適化し、後続の加工を減らすことで最終形状に近い形状を直接得る製造技術。

抵抗溶接電極: 抵抗溶接に使用する電極で、高温や摩耗に耐える必要がある。

EDM電極: 放電加工に使用する電極で、電気侵食率が高く、摩耗率が低い。

電子パッケージング材料: 高い熱伝導性と低い熱膨張特性を持つ半導体デバイスのパッケージングに使用される材料。

高周波燃焼赤外線吸収法: タングステン銅合金中の炭素含有量を測定するために使用される分析方法。

シンコニン重量法: タングステン銅合金中のタングステン含有量を決定するために使用される化学分析方法。

熱伝導率: 物質の熱伝導能力。通常は W / m・Kで表されます。

硬度 (HB/HV): ブリネル硬度 (HB) またはピッカース硬度 (HV) は、材料の変形に対する抵抗を測定するために使用されます。

B. 参考文献

- [1] パドヴァ大学、材料とデザイン、2023年
- [2] AEMメタル、タングステン銅合金
- [3] 中国タングステン、低温焼結および浸透法によるタングステン銅合金棒の製造、2024 高性能タングステン-銅複合材料の製造と特性に関する研究の進歩。鑄造技術、2023年。
- [5] 我が国におけるタングステン基重合金の開発に関するレビュー。レアメタルズ、2021年。
- [6] 核融合炉ダイバータ用ヒートシンク材料の研究現状と展望。Materials Science, 2022.
- [7] Chinatungsten Online、タングステン銅の製造工程
- [8] Chinatungsten Online、タングステン銅棒加工
- [9] 耐火金属、銅タングステン接点材料の製造方法
- [10] チナタングステン、低温焼結および浸透法によるタングステン銅合金棒の製造、2024

著作権および法的責任に関する声明

- [11] ScienceDirect、高硬度タングステン-銅ナノ複合体の超高速処理、2016年
ゾルゲル法とin-situ反応によるタングステンナノ粒子強化銅複合材料、2019
- [13] PMC、メカニカルアロイングと焼結を用いたナノ構造銅マトリックス複合材料におけるタングステンカーバイドのその場形成、2022
- [14] ScienceDirect、ステンレス鋼中間層を備えたタングステン-銅合金バイメタル構造のマルチマテリアル積層造形と関連する接合メカニズム、2022
- [15] ScienceDirect、真空溶融浸透技術がタングステン/銅接合界面の特性に与える影響に関する研究、2024年
- [16] 金属AM、核融合エネルギー革命を可能にする：PBF-EB付加製造によるタングステンの製造、2024年
- [17] MDPI、W-Cu複合材料の付加製造に関するレビュー、2025年
- [18] Confer、「Wスケルトンの浸透によるW-CU複合材料の製造 - レビュー」、2021年