

タングステン合金リング事典

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

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP

の紹介

CHINATUNGSTEN ONLINE が設立した、独立した法人格を持つ完全子会社である 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 www.chinatungsten.com（中国初の一流タングステン製品ウェブサイト）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。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

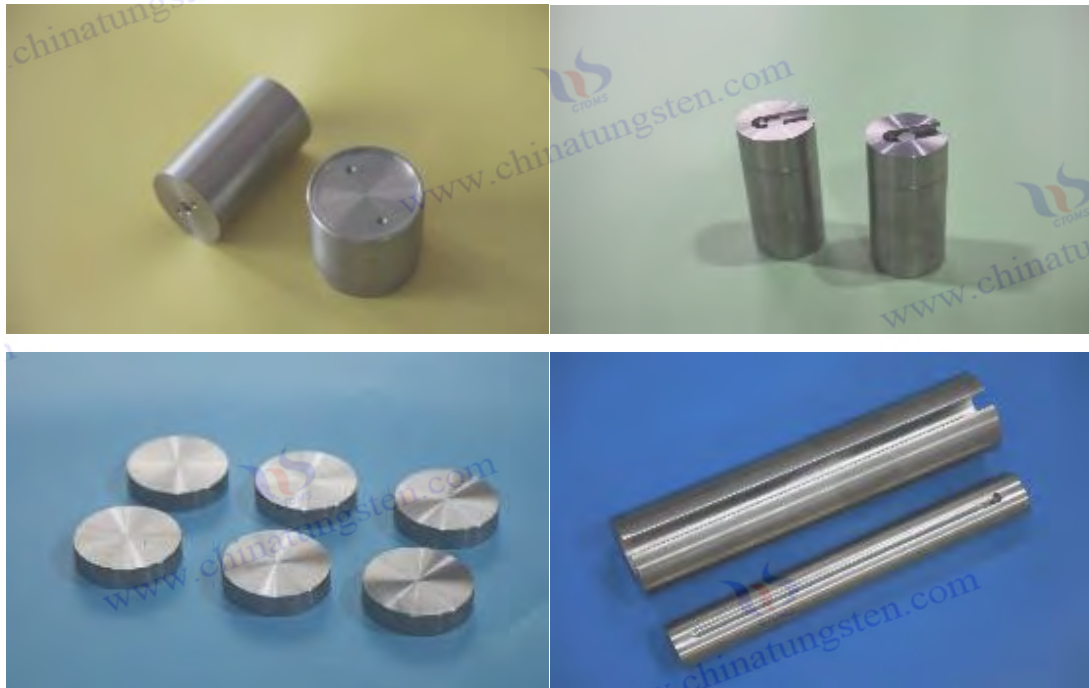
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

目次

第1章 タングステン合金リングの概要

- 1.1 タングステン合金リングの定義と開発の歴史
- 1.2 タングステン合金リングの分類と主な特性
- 1.3 タングステン合金リングの応用分野の概要

第2章 タングステン合金リングの材料基礎と特性

- 2.1 タングステン合金リングの化学組成と微細構造
- 2.2 タングステン合金リングの物理的特性
- 2.3 タングステン合金リングの機械的特性
- 2.4 タングステン合金リングの耐食性と耐高温性

第3章 タングステン合金リングの製造技術

- 3.1 タングステン合金リング原料の製造と粉末冶金の基礎
- 3.2 タングステン合金リングの成形技術（モールドイング、等方圧プレスなど）
- 3.3 タングステン合金リングの焼結技術
- 3.4 タングステン合金リングの精密加工
- 3.5 タングステン合金リングの表面処理と性能向上技術

第4章 タングステン合金リングの品質検査と特性評価方法

- 4.1 タングステン合金リングの寸法および形状精度検査
- 4.2 タングステン合金リングの組成分析方法
- 4.3 タングステン合金リングの機械的特性試験
- 4.4 タングステン合金リングの微細構造と欠陥検出

第5章 タングステン合金リングの応用技術と事例

- 5.1 航空宇宙におけるタングステン合金リングの応用
- 5.2 エネルギー産業および原子力産業におけるタングステン合金リングの応用
- 5.3 機械製造および軍事機器におけるタングステン合金リングの応用
- 5.4 電子機器および医療機器におけるタングステン合金リングの応用

第6章： タングステン合金リングの国際規格と業界規格

- 6.1 タングステン合金リングの主な国際規格
- 6.2 タングステン合金リングの国内規格および試験仕様
- 6.3 CTIA GROUP 製タングステン合金リングの品質基準

第7章 タングステン合金リングの市場と経済分析

- 7.1 タングステン合金リングの世界市場構造
- 7.2 タングステン合金リングの主要生産国とサプライチェーンの分析
- 7.3 タングステン合金リングの価格動向とコスト構造

第8章 タングステン合金リングの今後の開発動向

- 8.1 タングステン合金リング用の新材料と合金系
- 8.2 タングステン合金リングの高度な製造技術（積層造形など）
- 8.3 タングステン合金リングのリサイクル・再利用技術
- 8.4 最先端技術におけるタングステン合金リングの潜在的用途

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

付録

付録 1: タングステン合金リングの一般的な物理化学データ

付録 2: タングステン合金リングの国際規格比較表

付録 3: タングステン合金リングの用語と英語略語集



第1章 タングステン合金リングの概要

1.1 タングステン合金リングの定義と開発の歴史

1. タングステン合金リングの定義

タングステン合金リングは、主にタングステン（W）を主成分とし、粉末冶金、真空焼結、熱間静水圧プレスなどのプロセスによって、ニッケル（Ni）、鉄（Fe）、銅（Cu）などの金属元素が一定量添加された環状構造部品です。タングステン合金リングは、通常、質量比で **85～98%のタングステン**を含み、非常に高い密度（16.5～19.3 g/cm³）、優れた耐腐食性、耐熱性、そして良好な加工性を備えています。

タングステン合金リングは、純タングステンに比べて、合金化により靱性や耐衝撃性が向上しています。また、従来の鋼材に比べて密度が約2倍高いため、**高密度カウンターウェイト、精密機械バランス、高速回転慣性部品、航空宇宙慣性制御システム**などの分野でかけがえのない利点を持っています。

さらに、タングステン合金リングは、さまざまな用途環境に応じて次のタイプに分類できます。

1. **重量タングステン合金リング**（W-Ni-Fe/W-Ni-Cu）：カウンターウェイト、振動低減、慣性制御に使用されます。
2. **耐高温タングステン合金リング**（W-Re シリーズ、W-HfC シリーズ）：航空宇宙エンジンや原子炉などの極限環境で使用されます。
3. **耐食性タングステン合金リング**（W-Cu 系）：化学装置のシーリング、深海探査装置などの分野で使用されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

2. タングステン合金リングの起源と初期の発展

世紀初頭にまで遡りますが、環状タングステン合金構造部品が本格的に登場したのは1940年代から1950年代になってからです。これは主に、第二次世界大戦と冷戦初期における軍事産業と航空産業の急速な発展によるもので、高密度で耐熱性の高い金属材料の需要が急増しました。

- **1940年代～1950年代:** 欧米諸国は、鉛や鋼鉄に代わって、大砲の銃口ブレーキ、回転フライホイール、バランスリングに**高密度タングステン合金**を初めて使用しました。
- **1960年代:** NASA とソビエト宇宙機関は、ロケット エンジンと衛星姿勢制御システムにタングステン合金リングを導入し、その高密度を利用してジャイロ スコープと慣性ホイールの運動エネルギー貯蔵容量を強化しました。
- **1970年代～1980年代:** 日本やドイツなどの工業国では、高速回転機器の振動と騒音を低減するために、精密機械スピンドルのバランスウェイトとしてタングステン合金リングを使用していました。

この時期、タングステン合金リングの製造工程は依然として比較的原始的で、主に**圧縮成形+液相焼結法**が採用されていました。製品の性能は粉末の粒子サイズと焼結密度によって制限されていました。

3. 現代のタングステン合金リングの開発段階

末から21世紀初頭にかけて、粉末冶金技術、ナノ材料技術、真空焼結、熱間静水圧プレス（HIP）装置の成熟に伴い、タングステン合金リングは急速な発展段階に入りました。

1. 高度な精製と均質化

- タングステン粉末の純度は99.8%から99.95%以上に向上し、酸素、炭素、窒素などの不純物の含有量が効果的に削減され、材料の延性と疲労寿命が大幅に向上しました。
- 粉末の粒子サイズを1~3 μm に制御することで、焼結後の微細構造がより均一かつ緻密になります。

2. 複合合金化

- 高温クリープ特性と耐摩耗性を向上させるために、希土類元素（La、Ce、Y）と強化相（HfC、TiC）が導入されています。
- 当社は、過酷な作業条件のニーズを満たすために、W-Ni-Fe-Co や W-Cu-Re などの多成分合金リングを開発しました。

3. 精密機械加工と表面工学

- CNC 旋削、研削、放電加工（EDM）を使用し、寸法公差は $\pm 0.01\text{ mm}$ 以内に制御できます。
- PVD、CVD、レーザークラディングを導入し、耐食性と耐摩耗性をさらに向上させます。

4. カスタマイズとモジュール設計

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 航空、宇宙、深海機器メーカーは、荷重要件に応じて、異なる密度、断面形状、壁厚のタングステン合金リングをカスタマイズして、構造の最適化と重量分散を実現できます。

4. タングステン合金リングの今後の発展動向

今後 10～20 年で、タングステン合金リングは、**高性能、軽量、インテリジェントの 3 つ**の方向に発展するでしょう。

1. **高性能:** ナノタングステン粉末、真空熱間静水圧プレス、複合焼結などの技術により、タングステン合金リングの曲げ強度は 1200MPa を超え、密度は理論値の 19.3g/cm³に近くなります。
2. **軽量化と構造の最適化:**有限要素解析 (FEA) とトポロジー最適化を使用して、応力がかかっていない領域の材料を削減し、慣性性能と構造強度の比率を向上させます。
3. **インテリジェンスと機能の統合:**センサーと加熱要素がタングステン合金リングに埋め込まれており、リアルタイムの監視と環境適応を実現します。これは、宇宙船の姿勢制御システムに特に適しています。

1.2 タングステン合金リングの分類と主な特性

タングステン合金リングは、構造部品、機能材料、特殊用途など、幅広く使用されています。その分類と特性は、その用途シナリオと性能を直接的に決定します。タングステンは高密度、高融点、優れた機械的特性を備えているため、高温、激しい腐食、強い衝撃といった過酷な環境下でも優れた性能を発揮するだけでなく、合金系によって多様な特性を発揮します。

1.2.1 合金系による分類

タングステン合金リングは、合金系の違いにより以下のカテゴリに分類できます。

1. 重量タングステン合金リング (W-Ni-Fe / W-Ni-Cu 系)

- タングステンを母材としてニッケル、鉄、銅などを添加したもので、密度は 16.8～18.8g/cm³である。
- 純タングステンよりも高い強度、良好な延性、優れた加工性を特徴としており、カウンターウェイト、バランスリング、フライホイールなど、高い慣性と高いエネルギー吸収能力が求められる用途に適しています。

2. タングステン銅合金リング (W-Cu 系)

- 銅の浸透により、タングステンの高い融点と銅の高い電気・熱伝導性を兼ね備えています。
- 電気接点リング、耐高温導電リング、熱管理コンポーネントによく使用されます。

3. タングステン-モリブデン合金リング (W-Mo 系)

- タングステンに適切な量のモリブデンを添加すると、材料の脆さが低減され、高温可塑性が向上します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- o 真空炉の加熱リングや耐熱支持体などの高温部品に主に使用されます。

4. 炭化タングステン合金リング（WC-Co / WC-Ni 系）

- o 極めて高い硬度（HRA85 以上）と優れた耐摩耗性を持つ超合金リングです。
- o シーリングリング、耐摩耗ライニングリング、鉱山機械部品などによく使用されます。

1.2.2 製造工程による分類

- 粉末冶金タングステン合金リング：粉末プレス、焼結、その後の機械加工によって製造され、大量生産に適しており、均一な材料構造を持っています。
- 鍛造タングステン合金リング：高温での塑性変形により微細構造を改善し、より高い密度と機械的特性を実現します。
- 焼結浸透複合タングステン合金リング：W-Cu、W-Ag リングなどは、まずタングステン骨格を焼結し、次に低融点金属を浸透させます。

1.2.3 タングステン合金リングの主な特性

1. 高密度、高比重
 - o タングステンの密度は最大 19.3 g/cm³ であり、これによりタングステン合金リングは小さな容積でより大きな慣性とカウンターウェイト効果を提供できます。
2. 優れた高温性能
 - o タングステンの融点は 3,422°C であり、高温環境でも構造的な安定性を維持するため、クリープや軟化の影響を受けにくくなります。
3. 優れた耐摩耗性と耐腐食性
 - o 摩擦、衝撃、酸、アルカリ環境での長期作業に適しており、長寿命です。
4. カスタマイズ可能なパフォーマンス
 - o 合金比率とプロセスパラメータを調整することで、強度、硬度、熱伝導率、電気伝導率の異なる製品を得ることができます。
5. 耐放射線性と防護性能
 - o リングへの応用が重要です。

タングステン合金リングは、その物理的および機械的特性に影響を与えるだけでなく、航空宇宙、軍事、エネルギー、機械製造、電子機器などの産業における用途を決定づけます。実際のエンジニアリングでは、タングステン合金リングの性能上の利点を最大限に引き出すために、作業環境の温度、負荷、腐食性媒体、および処理要件に基づいて適切な合金系と製造プロセスを選択する必要があります。

1.3 タングステン合金リングの用途の概要

タングステン合金リングは、高密度、高硬度、優れた耐摩耗性、そして卓越した高温性能により、現代産業において重要な役割を果たしています。その独自の物理的・化学的特性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

により、従来の機械製造用途だけでなく、過酷な環境下でも安定した性能を維持できます。そのため、航空宇宙、エネルギー、軍事、医療、エレクトロニクスなど、様々な分野で広く使用されています。以下では、主要産業の観点から、タングステン合金リングの用途を概観します。

（1）航空宇宙

航空宇宙機器において、タングステン合金リングは、ジャイロスコップローターのカウンターウェイトリング、航空機姿勢制御用カウンターウェイト、慣性航法システムの主要部品などによく使用されています。タングステン合金リングは密度が非常に高く（ 19g/cm^3 近く）、同一体積でより大きな慣性モーメントを実現できるため、部品サイズの小型化、システムの感度と安定性の向上に貢献します。さらに、優れた耐疲労性と熱安定性により、高速回転や高温環境下でも長期間安定して動作します。

（2）

タングステン合金リングは、射撃管制システムのジャイロスタビライザー、戦車砲管制システムの慣性部品、艦艇や潜水艦のバランスウェイトリングなど、軍事装備においても重要な役割を果たしています。弾薬やミサイル技術においては、タングステン合金リングは弾頭や尾翼の安定リングとして使用され、飛行精度を向上させるだけでなく、装甲貫通や高運動エネルギー衝撃時の構造健全性を維持します。

（3）エネルギー・原子力産業

原子力分野では、タングステン合金リングは原子炉制御部品、放射線防護リング、旋回機構のカウンターウェイトなどによく使用されています。高密度で原子番号が高いため、ガンマ線や X 線に対する優れた遮蔽特性を有し、放射線漏洩を効果的に低減します。風力タービンや海洋エネルギー装置では、高速回転部品のカウンターウェイトとしてタングステン合金リングを使用することで、振動を低減し、安定性を向上させることができます。

（4）医療・放射線防護

医療用画像診断装置および治療装置において、タングステン合金リングは CT スキャナ、直線加速器、ガンマナイフなどの装置のローターや遮蔽部品に使用されています。高密度であるため、放射線漏洩を低減するだけでなく、回転時のバランスを維持し、画像品質と治療精度を向上させます。さらに、タングステン合金リングは医療機器の運動バランスや精密な位置決めにも使用されます。

（5）精密機械・電子産業

高速精密工作機械、半導体製造装置、ハイエンド試験機器において、タングステン合金リングはフライホイール、慣性リング、カウンターウェイト部品として使用され、高速走行部品の安定化や振動低減に寄与します。また、電子産業においては、高密度と優れた熱伝導性を活かし、高周波機器やマイクロ波システムの安定化部品としても使用され、システムの長期にわたる信頼性の高い動作を保証します。

（6）特殊産業・科学研究設備

タングステン合金リングは、深海探査装置、地質探査装置、粒子加速器などの特殊な用途

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

にも使用されています。例えば、深海潜水艇では、タングステン合金リングを重りとして利用し、潜航と浮上時のバランスを維持します。また、粒子加速器では、イオンビーム制御装置に利用し、磁場分布を正確に調整します。

タングステン合金リングは、その総合的な性能上の利点により、様々な業界のハイエンド機器に欠かせない主要部品となっています。新たな製造技術と合金配合の継続的な開発により、その応用分野は拡大を続け、特に新エネルギー、ハイエンド製造、極限環境下での操業において、将来さらに重要な役割を果たすことが期待されます。

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

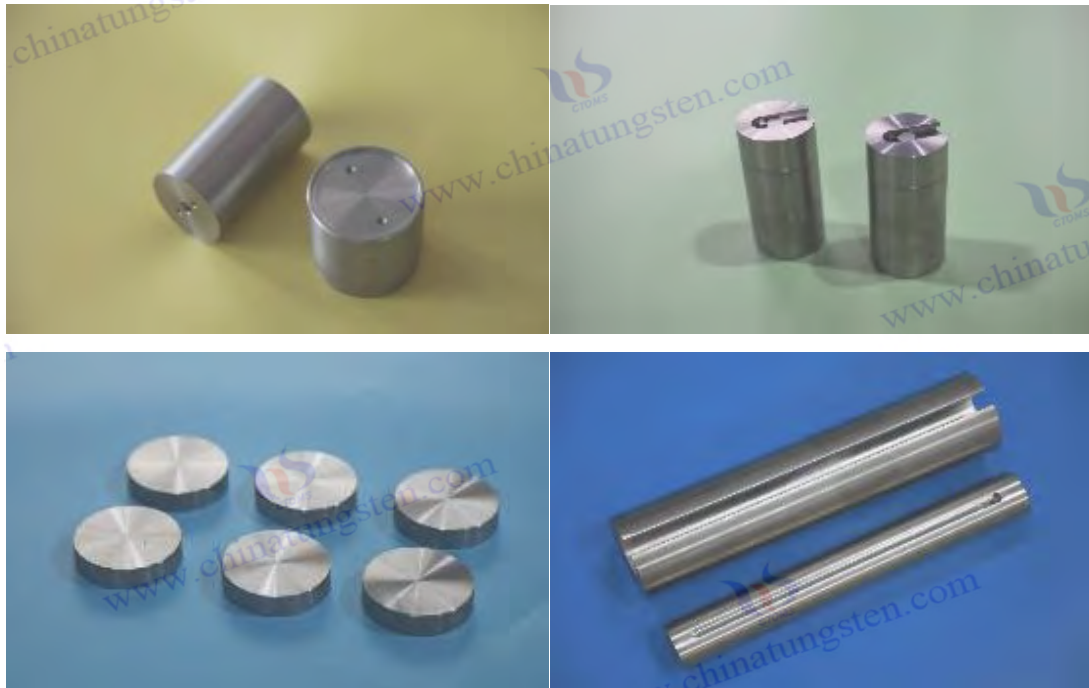
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

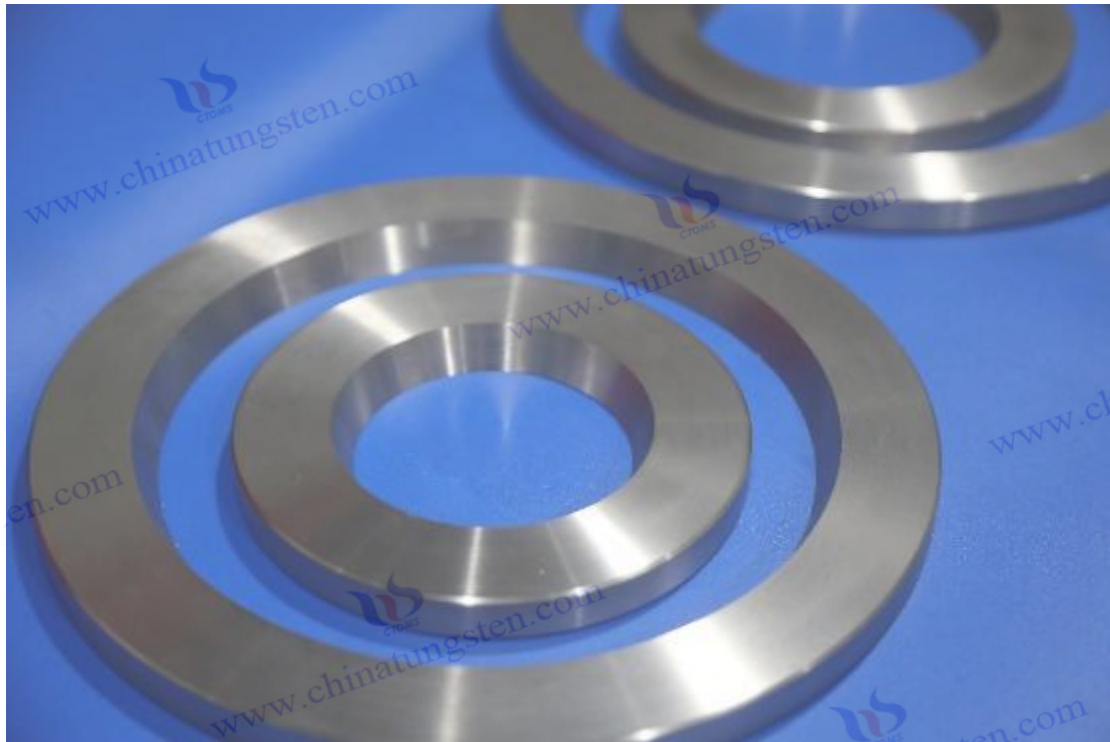
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



第2章 タングステン合金リングの材料基礎と特性

合金リングの化学組成と微細構造

タングステン合金リングの強度は、主に化学組成と微細構造によって決まります。これら2つの要素は、材料の密度、硬度、耐摩耗性を決定するだけでなく、耐食性、延性、高温特性にも直接影響を与えます。タングステン合金リングは、通常、高密度、高強度、優れた加工性を実現するように設計されており、組成比と微細構造の制御には厳しい要求が課せられます。

1. 化学組成特性:

タングステン (W) が主成分であり、質量分率は通常 85% から 97% の範囲で、合金の大部分を占めます。タングstenは融点 (3422°C) が非常に高く、密度 (19.25g/cm³) が高く、耐食性に優れているため、タングステン合金リングに高密度と高硬度を与える上で重要な要素となっています。靱性の向上、加工性の向上、あるいは特殊機能の付与を目的として、通常、以下の合金元素が一定量添加されます。

1. **ニッケル (Ni)** - 最も一般的な強化元素で、鉄または銅と併用することで延性結合相を形成します。ニッケルは通常 3~7% 添加され、合金の可塑性と耐衝撃性を大幅に向上させます。
2. **鉄 (Fe)** - 多くの場合ニッケル (W-Ni-Fe 合金) と組み合わせて使用され、靱性が向上するとともに、材料の強度と耐摩耗性も強化されます。
3. **銅 (Cu)** - 鉄 (W-Ni-Cu 合金) に代わる強化剤として、主に高い導電性と非磁性特性が求められる用途に使用されます。
4. **コバルト (Co)** - 耐熱性と耐クリープ性を向上させるために一部の特殊合金の結

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

合相として使用されますが、コストが比較的高くなります。

5. **炭素 (C)、モリブデン (Mo)、クロム (Cr)** – 合金の耐摩耗性、耐腐食性、または高温環境での構造安定性を向上させるために使用されます。

タングステン合金リングの用途によって、比率の設計は異なります。例えば、航空宇宙用途のリング材料は高温強度と耐酸化性を重視しますが、精密機器用途のリング材料は密度安定性と寸法精度を重視します。

2. 微細構造特性

タングステン合金リングの微細構造は、通常、二相または多相構造を呈します。

1. **タングステン粒子相 (W 相)** は、薄い灰色または白色で、顕微鏡で見ると均一に分散した球状または多面体の粒子として観察されます。合金の主要な耐荷重相であり、材料に高い密度と高い硬度を与えます。
2. **バインダー相 (金属マトリックス相)** – ニッケル、鉄、銅などの元素で構成され、タングステン粒子間に分散され、接続、応力伝達、脆性破壊の緩衝の役割を果たします。
3. **粒界と気孔** – 焼結プロセス中に必然的に気孔が形成されますが、高品質のタングステン合金リングでは、高温液相焼結または熱間静水圧加圧 (HIP) 処理によって気孔率を極めて低いレベルまで低減できるため、強度と靱性が向上します。

タングステン合金リングの全体的な性能は、微細構造の均一性に大きく左右されます。タングステン粒子が大きすぎたり、不均一に分布していると、応力集中部で早期に亀裂が進展する可能性があります。バインダー相の連続性が不十分だと延性が低下し、加工中にリングが割れやすくなります。そのため、製造工程では、粉末の粒度分布、混合の均一性、焼結工程における温度プロファイルと保持時間を厳密に管理する必要があります。

3. 構成と組織がパフォーマンスに与える影響

- **密度:** 主にタングステン含有量によって決まります。タングステン含有量が高いほど、密度は理論限界に近づきます。
- **強度と靱性:** タングステン粒子の分布とバインダー相の比率に依存します。適切な Ni/Fe 比または Ni/Cu 比は、衝撃靱性を大幅に向上させます。
- **耐摩耗性と耐腐食性:** タングステン含有量が高く、微細構造が緻密なので、摩耗や化学腐食に耐えます。
- **高温性能:** タングステンは融点が高く、安定性が高いため、高温でも構造強度を維持できますが、バインダー相の熱安定性も同様に重要です。

要約すると、タングステン合金リングの化学組成と微細構造は、その性能を決定する基礎となります。科学的な合金設計と精密な微細構造制御は、ハイエンドの産業用途のニーズを満たすための中核的な技術的アプローチです。

2.2 タングステン合金リングの物理的性質

タングステン合金リングは、多くの産業分野で広く採用されている主な理由の一つです。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

これらの特性は、タングステン自体の独特な原子構造だけでなく、合金元素の最適な比率と製造プロセスの精密な制御にも起因しています。タングステン合金リングは、密度、融点、熱安定性、熱伝導率、電気伝導率、耐放射線性において大きな利点を有しており、過酷な条件下でも安定した構造と性能を維持できます。

2.2.1 高密度特性

タングstenは自然界で最も密度の高い金属の一つです（約 19.3 g/cm^3 ）。タングsten合金リングの密度は通常 $17.0 \sim 18.5 \text{ g/cm}^3$ で、鋼や銅合金などの一般的な構造用金属よりも大幅に高くなっています。この高い密度により、タングsten合金リングは優れた慣性特性と運動エネルギー吸収能力を備えており、バランス調整、カウンターウェイト、振動低減が必要な構造物に特に効果的です。また、高密度であるため、一定の質量であればタングsten合金リングを小型化できるため、スペースが限られた構造物におけるコンパクトな設計が可能になります。

2.2.2 高融点と高温安定性

タングstenの融点は $3,422^\circ\text{C}$ で、金属の中で最も高い。タングsten合金リングの融点は合金化後にわずかに低下するものの、 $1,000^\circ\text{C}$ を超える高温でも、著しい軟化や変形を生じることなく、安定した構造と強度を長期間維持することができる。この特性により、高温金型、真空熱処理治具、ホットランナーシステムなどの用途において、独自の利点が得られる。

2.2.3 低熱膨張係数

タングsten合金リングの熱膨張係数は、通常 $4.5 \sim 6.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ で、鋼やアルミニウムなどの金属に比べて大幅に低くなっています。この低膨張率により、リングは急激な温度変化のある環境でも正確な寸法を維持し、熱膨張と収縮によるギャップの変動を最小限に抑えることができます。これは、精密機器、高温シールリング、熱サイクル条件にさらされる構造部品にとって特に重要です。

2.2.4 優れた熱伝導性

タングstenの熱伝導率は銅や銀よりも低いものの、高密度構造金属の中では比較的高い値（約 $160 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）を誇ります。タングsten合金リングは熱を効果的に伝導し、局所的な過熱を防ぎ、熱衝撃が頻繁に発生する高出力用途において安定した性能を確保します。これは、高温加熱装置や電子機器の冷却構造にとって極めて重要です。

2.2.5 電気特性

タングsten合金リングの抵抗率は $(5.0 \sim 6.0) \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$ で、ほとんどの高温合金や耐熱金属よりも優れています。高温下でも導電性を維持する必要がある特殊な電気接点において、タングsten合金リングは耐熱性と導電性という二つのニーズを満たすことができます。

2.2.6 高硬度と耐摩耗性

タングsten合金リングの硬度は一般的に $300 \sim 500\text{HV}$ ですが、熱処理や表面硬化によっ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

てさらに高めることができます。この高い硬度により優れた耐摩耗性が得られ、回転シー
ル、ベアリング支持部、耐衝撃カウンターウェイトなどの用途において長寿命を実現しま
す。

2.2.7 耐放射線性

タングステンは原子番号（74）が大きく密度が高いため、X線やガンマ線に対する遮蔽性
能は鉛よりもはるかに優れています。医療用防護具、原子力産業、航空宇宙の放射線遮蔽
構造において、安全で環境に優しい材料として認識されています。

2.2.8 高い強度と剛性

タングステン合金リングは、通常、700～1,200MPaの引張強度、高い降伏強度、そして適
度な塑性を有しており、構造的な不安定性なく高い荷重や衝撃に耐えることができます。
この強度レベルは室温と高温の両方で比較的安定しており、複雑な応力環境にさらされる
重要な部品に適しています。

2.3 タングステン合金リングの機械的特性

タングステン合金リングの性能は、様々な産業用途やハイエンド用途における信頼性と寿
命に直接関係しています。機械的特性には、主に引張強度、降伏強度、破壊靱性、弾性係
数、疲労強度、衝撃靱性が含まれます。これらの性能指標は、タングステン合金リングの
変形能力、耐荷重性、そして外力を受けた際の損傷に対する耐性を反映しています。

2.3.1 引張強度と降伏強度

タングステン合金リングの引張強度は、合金組成、製造プロセス、熱処理によって異なり
ますが、通常 700～1200 メガパスカル（MPa）です。この高い引張強度により、リングは
高荷重下でも破損や過度の変形を生じることなく、構造的完全性を維持できます。降伏強
度は引張強度よりわずかに低く、通常 550～950MPa の範囲で、材料が弾性変形後に塑性
変形段階に入る応力レベルを反映しています。タングステン合金リングは高い降伏強度を
有するため、応力下でも永久変形しにくく、正確なサイズと形状を維持できます。

2.3.2 破壊靱性

破壊靱性は、タングステン合金リングの亀裂伝播および破損に対する抵抗力を示す重要な
指標です。タングステン合金リングは、高密度かつ高硬度であるため本質的に脆い性質が
ありますが、マイクロアロイ化、ナノ構造強化、そして熱処理の最適化によって大幅に改
善できます。タングステン合金リングの典型的な破壊靱性は $10\sim 25\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ です。こ
の優れた靱性により、動的荷重や衝撃下でも高い破壊抵抗が得られ、破損リスクを低減し
ます。

2.3.3 弾性係数

410GPaの弾性率を有し、非常に高い剛性を有しています。そのため、応力を受けても弾
性変形が最小限に抑えられ、優れた寸法安定性と形状保持性を実現します。そのため、高
精度な機械構造や複雑な嵌合部品への使用に適しています。この高い弾性率は、構造の応

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

答速度と耐振動性の向上に貢献します。

2.3.4 疲労強度

タングステン合金リングの繰り返し荷重に対する耐久性は、その耐用年数に極めて重要です。プロセスの最適化と材料設計により、タングステン合金リングは高い疲労限度（通常、引張強度の 40%～60%）を示すことができます。この優れた疲労強度により、機械振動、熱サイクル、衝撃荷重がかかる環境下でもタングステン合金リングの安定性が確保され、疲労破壊による機器の故障を防止します。

2.3.5 衝撃靱性

タングステン合金リングの耐衝撃性は、その靱性と密接に関連しています。タングステン系材料はやや脆いものの、適切な合金設計と熱処理によって衝撃エネルギーの吸収能力を高めることができます。タングステン合金リングは高い衝撃靱性を備えているため、急激な荷重、機械的衝撃、高エネルギー粒子の衝突に対しても高い破壊抵抗を維持でき、保護・緩衝構造材料としての使用に適しています。

2.3.6 破壊挙動と破壊モード

タングステン合金リングは、一般的に脆性破壊を示し、特に低温および応力集中部では顕著です。破壊靱性を向上させるために、合金元素比の調整、粉末冶金プロセスの最適化、多段階の熱処理などがしばしば用いられ、均一な微細組織を実現し、内部応力と欠陥源を低減します。破壊モードとしては、主に亀裂伝播、ミクロ細孔の合体、界面剥離などが挙げられます。これらのメカニズムを理解することは、材料設計とプロセス制御の改善に役立ちます。

要約すると、タングステン合金リングは優れた機械的特性を備えています。高強度と高剛性を両立し、プロセスの改善により靱性と疲労寿命が効果的に向上しているため、複雑で要求の厳しい産業用途に適しています。今後、ナノテクノロジー、マイクロアロイ、インテリジェント製造プロセスの発展により、タングステン合金リングの機械的特性はさらに向上するでしょう。

2.4 タングステン合金リングの耐食性と耐高温性

タングステン合金リングは、数多くのハイエンド産業分野や過酷な環境において重要な役割を果たしています。耐食性と耐高温性は、長期にわたる安定した動作と耐用年数を保証する重要な性能指標です。タングステン合金リングは優れた耐酸化性と耐化学腐食性を備え、高温条件下でも良好な機械的特性と構造安定性を維持するため、原子力、航空宇宙、軍事産業、化学産業など、幅広い分野で使用されています。

2.4.1 タングステン合金リングの耐食性

タングステン自体は非常に高い化学的安定性を有し、様々な酸性およびアルカリ性媒体において卓越した耐食性を示します。タングステン合金リングでは、通常、タングステン含

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

有量が合金の大部分を占め、優れた耐食性の基盤となっています。ニッケルや鉄などのバインダー金属の選択と割合は、合金の耐食性に大きく影響します。適切な合金設計により、全体的な耐食性を最大限に高めることができます。

- **耐酸化性:** タングステン合金リングは、空気中および酸化環境下において、表面に緻密で安定した酸化タングステン (WO_3) 保護膜を形成します。この膜は、さらなる酸化や腐食を効果的に防止し、材料の耐久性を向上させます。また、この膜の自己修復能力により、特に低温および中温環境において、長期的な酸化防止効果を発揮します。
- **耐薬品性:** タングステン合金リングは、ほとんどの酸性およびアルカリ性溶液において高い耐腐食性を示し、特に硫酸や塩酸などの強酸性環境において低い腐食速度を維持します。そのため、厳しい腐食保護要件が求められる化学産業や原子力産業での使用に適しています。ただし、高温の熔融アルカリ金属塩や強力な酸化剤が存在する特定の環境では、耐腐食性が低下する可能性があり、保護レベルを高めるために表面コーティングや特殊処理が必要になります。
- **局部腐食防止:** タングステン合金リングは、低多孔性と緻密な構造により、孔食や隙間腐食を効果的に防止します。スプレー塗装、PVD コーティング、化学不動態化処理などの表面処理により、耐食性がさらに向上し、特に海洋環境や高湿度環境において耐用年数を延長します。

2.4.2 タングステン合金リングの耐高温性

タングステン合金リングは、高温条件下でも優れた物理的特性と機械的特性を維持できるため、高温構造部品や機能部品の製造に重要な材料です。

- **高い融点と熱安定性:** タングステンの融点は 3422°C と高く、ほとんどの金属の融点をはるかに上回っています。そのため、タングステン合金リングは極めて高い耐熱性を備えています。高温環境下でもリングの微細構造は安定しており、粒成長や構造劣化の影響を受けにくく、材料の高温機械特性を確保します。
- **熱膨張特性:** タングステン合金リングの線膨張係数は低く、通常 $4.5 \sim 5.5 \times 10^{-6} / \text{K}$ の範囲にあり、熱サイクルや高温変動環境でも寸法安定性を確保し、熱膨張と収縮による応力集中や構造損傷を回避します。
- **高温酸化挙動:** 高温酸化環境下ではタングステン合金リングに形成される酸化膜はある程度の保護効果を発揮しますが、温度が約 500°C を超えると、特に酸素含有量の多い雰囲気下では酸化速度が著しく加速します。そのため、高温用途では酸化損傷を抑制するために、保護雰囲気、真空、または表面コーティングが必要となることがよくあります。
- **熱疲労および高温クリープ耐性:** タングステン合金リングは、高温・長期応力条件下で優れたクリープ耐性を示し、塑性変形および破壊を遅延させます。適切な合金設計と熱処理の最適化により、熱疲労寿命を効果的に延長し、航空機エンジンや原子炉などの過酷な環境における使用要件を満たすことができます。

2.4.3 耐食性と耐高温性の協調最適化

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

実用用途において、タングステン合金リングは優れた耐食性と耐高温性を備えていることがしばしば求められます。以下の方法により、これら 2 つの性能を相乗的に向上させることができます。

- **合金組成制御:** タングステン、ニッケル、鉄などの元素の比率を調整し、微量の希土類元素や強化相を追加して、高温安定性と耐酸化性を向上させ、全体的な耐食性を高めます。
- **表面改質:** 高温酸化防止コーティング（セラミックコーティングなど）、化学不動態化、イオン注入などの技術により、タングステン合金リングの表面耐腐食性と耐熱性が大幅に向上します。
- **高度な準備技術:** 真空焼結や熱間静水圧プレスなどの高密度化プロセスを利用して、材料の多孔性を低減し、腐食性媒体の浸透を抑制し、組織の安定性と耐高温性を向上させます。

要約すると、タングステン合金リングは、その優れた耐食性と耐高温性により、高温保護、原子力遮蔽、航空宇宙、化学産業においてかけがえのない役割を果たしています。材料科学と表面工学技術の進歩に伴い、タングステン合金リングの耐食性と耐高温性はさらに向上し、将来的にさらに厳しい用途要件を満たすことができるでしょう。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



第3章 タングステン合金リングの製造技術

3.1 タングステン合金リングの原料の準備と基本的な粉末冶金

タングステン合金リングの優れた性能と安定した品質を確保するための重要なステップは、原料の準備と粉末冶金プロセスです。原材料の準備と粉末冶金プロセスは、製造プロセス全体の基盤となります。高品質のタングステン合金粉末と科学的かつ合理的な粉末冶金技術は、タングステン合金リングの密度、微細構造、機械的特性、表面品質に直接影響を与えます。

3.1.1 タングステン合金リング原料の選択と準備

タングステン合金リングは、主に高純度タングステン粉末と合金バインダー（通常はニッケル、鉄、銅などの金属粉末）で構成されています。原材料の純度、粒度分布、形態、化学組成は、最終製品の性能に大きな影響を与えます。

- **タングステン粉末の製造:** タングステン粉末はタングステン合金リングの主成分です。一般的な製造方法には、還元法と化学沈殿法があります。還元法では、タングステン酸ナトリウムを用いて均一な粒径のタングステン粉末を製造します。粒子形状は球形または亜球形であることが多く、その後の成形と焼結が容易になります。化学沈殿法では、高性能タングステン合金リングの製造に適した超微細タングステン粉末を製造できます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **合金バインダー粉末：** ニッケル粉末と鉄粉末は主要なバインダー材料であり、高純度で均一な粒度分布を有する必要があります。ニッケル粉末は優れた機械的特性と耐食性を提供し、鉄粉末は合金の硬度と強度を高めます。銅粉末は、特殊なタングステン銅合金において熱伝導性を向上させるためによく使用されます。
- **粉末前処理：** 原料粉末は、使用前にふるい分け、乾燥、混合を行い、均一な粒子径を確保し、粉末の凝集や過剰な水分含有量を防ぐ必要があります。タングステン粉末とバインダー粉末も、ボールミルなどの機械的方法によって均一に混合され、最適な分散と焼結緻密化を促進します。

3.1.2 基本的な粉末冶金プロセス

タングステン合金リングは主に粉末冶金技術に依存しており、粉末の混合、成形、焼結、熱間静水圧成形などの工程が含まれます。これらの工程が組み合わさって、タングステン合金リングの微細構造とマクロ特性を決定します。

- **粉末混合：** タングステン粉末は、ボールミルまたは機械混合により、ニッケルや鉄などのバインダーと均一に分散されます。混合の均一性は、タングステン合金リングの密度と性能に決定的な影響を与えます。粉末の過度の酸化や汚染は避けなければなりません。
- **成形プロセス：** 成形とは、均一に混合された粉末を所望の形状にプレスするプロセスです。一般的な方法には、圧縮成形と静水圧成形があります。圧縮成形は単純なタングステン合金リングに適しており、静水圧成形はより高密度で複雑な形状のリングを製造できます。
- **焼結：** 焼結は粉末冶金プロセスにおいて最も重要な工程です。加熱により粉末粒子間の拡散と結合が促進され、緻密な全体構造が形成されます。タングステン合金リングは通常、真空中で 1400～1600℃ の高温焼結されます。これにより不純物が効果的に低減され、合金の密度と機械的特性が向上します。
- **熱間等方圧成形（HIP）：** タングステン合金リングの緻密化と機械的特性をさらに向上させるため、焼結タングステン合金リングは熱間等方圧成形（HIP）を受けることがよくあります。HIP プロセスは、高温高压を利用することで材料の緻密化を促進し、内部の気孔や欠陥を除去し、材料の均一性と強度を向上させます。

3.1.3 粉末冶金によるタングステン合金リングの特性への影響

粉末冶金の基本プロセスは、タングステン合金リングの性能に大きな影響を与えます。適切なプロセスパラメータの設計と制御により、材料の総合的な性能を大幅に向上させることができます。

- **密度と強度：** 高密度粉末冶金製品は、より高い機械的強度と靱性を備えています。最適な緻密化効果を得るには、焼結温度と保持時間を正確に制御する必要があります。
- **微細構造の均一性：** 均一な粉末混合および焼結プロセスにより、成分の偏析や構造の不均一を回避し、亀裂や穴などの欠陥を減らすことができます。
- **表面品質と加工性能：** 高品質の粉末と合理的な成形プロセスにより、滑らかな表面と安定した寸法を備えたタングステン合金リングが得られ、その後の機械加工や表面処理に便利です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

要約すると、タングステン合金リングの原料調製と粉末冶金プロセスは、その高性能と長寿命を保証する鍵となります。ナノ粉末技術、高度な成形装置、そしてインテリジェントなプロセス制御の発展により、タングステン合金リングの製造技術は、より複雑で要求の厳しい用途のニーズを満たすために最適化され続けるでしょう。

3.2 タングステン合金リング成形プロセス（成形、等方圧プレスなど）

タングステン合金リングの成形は、最終的な形状、寸法精度、内部密度を決定する上で非常に重要です。成形方法の適切な選択と最適化は、材料の機械的特性と耐用年数に影響を与えるだけでなく、生産効率とコスト管理にも直接影響します。現在、タングステン合金リングの成形には、圧縮成形と静水圧成形の 2 つの成形技術が最も一般的に使用されています。

3.2.1 圧縮成形プロセス

圧縮成形は、特殊な金型を用いてタングステン合金粉末を金型キャビティ内に圧縮する方法です。このプロセスは主に、粉末充填、予備加圧、最終加圧、そして脱型で構成されます。

- **粉末充填：** あらかじめ混合されたタングステン合金粉末を金型キャビティに充填し、粉末が均一に分散されるようにして、完成品の密度が不均一にならないようにします。
- **予備圧縮段階：** 低圧で粉末の予備圧縮を実行し、粉末の安定性を向上させ、成形欠陥を減らします。
- **主圧縮段階：** 粉末を完全に圧縮するために、より高い圧力を加えます。通常、圧力は数百 MPa に達し、成形体の密度を高めます。
- **脱型：** プレス加工が完了したら、ブランクの割れや変形を防ぐため、金型を慎重に脱型する必要があります。成形されたタングステン合金リングブランクは、次の焼結工程に入ります。

圧縮成形の利点は、設備投資が比較的少なく、操業プロセスが成熟していることです。そのため、構造が単純で大量生産可能なタングステン合金リングの製造に適しています。しかし、成形圧力の不均一性により密度勾配が生じ、機械的特性に影響を与えるという欠点があります。さらに、複雑な形状や薄肉のリングの成形はより困難です。

3.2.2 等方圧プレスプロセス

冷間等方圧成形（CIP）は、液体またはガスを用いて、密閉された柔軟な金型内で粉末を全方向から均一な圧力で圧縮成形する方法です。このプロセスは、粉末の袋詰め、等方圧成形機への設置、加圧、そして解凍で構成されます。

- **粉末の袋詰め：** 均一に混合されたタングステン合金粉末をゴムまたはプラスチックの柔軟な袋に入れ、袋の中に気泡や粉末の流れがないことを確認します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **等方圧成形:** 袋詰めされた粉末を等方圧成形チャンバーに入れ、油圧システムを用いて粉末に均一な圧力を加えます。圧力範囲は通常 100~400MPa です。
- **脱袋:** 加圧成形後、柔軟な袋が取り外され、形成されたグリーンボディは高密度で均一な密度を有します。

静水圧プレスの大いなる利点は、均一な成形圧力によって均一な密度分布を持つ高密度ビレットが得られることです。このプロセスは、複雑な形状や肉厚のばらつきが大きいタングステン合金リングに特に適しています。また、成形欠陥を効果的に低減し、その後の焼結および機械加工の効率を向上させ、完成品の品質を向上させます。

タングステン合金リングの特性に対する成形プロセスパラメータの影響

タングステン合金リングは多くのパラメータの影響を受けます。

- **成形圧力:** 圧力が高いほど成形体の密度は高くなりますが、圧力が高すぎると金型が損傷したり、粉末の流れが悪くなる可能性があります。
- **粉末の粒子サイズと分布:** 細かく均一に分散された粉末は、高密度の成形を実現し、気孔やひび割れを減らすのに役立ちます。
- **金型設計:** 合理的な金型構造と粉末排出設計により、均一な粉末充填が保証され、応力集中と密度勾配が回避されます。
- **成形速度:** 成形工程中のプレス速度が速すぎると粉末の凝集や亀裂が発生する可能性があるため、プレス速度を適切に制御する必要があります。

3.2.4 その他の補助成形技術

- **ホットプレス:** 加熱と圧力を組み合わせて粉末粒子間の拡散と結合を促進し、成形体の密度と機械的特性を向上させる成形方法。
- **圧延成形:** タングステン合金粉末を圧延装置を使用して成形します。管状またはリング状の製品の製造に適しています。
- **射出成形 (MIM) :** 金属射出成形技術とプラスチック射出成形プロセスを組み合わせた技術は、複雑な形状のタングステン合金リングの高精度バッチ生産に適していますが、設備とプロセスに対する要件が高くなります。

3.3 タングステン合金リングの焼結技術

タングステン合金リングの焼結は、粉末の緻密化、機械的特性の向上、そして構造的完全性の向上を実現する上で重要なプロセスステップです。焼結プロセスでは、タングステンおよびその合金粉末が高温にさらされ、粒子間の拡散結合が起こり、連続した緻密な金属マトリックスが形成されます。これにより、タングステン合金リングは優れた強度、硬度、耐摩耗性を備えています。高品質の焼結プロセスは、タングステン合金リングの微細構造と性能安定性に影響を与えるだけでなく、最終製品の耐用年数と信頼性を決定づけます。

3.3.1 焼結プロセスの基本原則

焼結は、粉末粒子を材料の融点未満の温度で拡散・結合させ、強固で緻密な焼結体を形成する熱処理プロセスです。タングステン合金リングは、通常、固相焼結法を用いて焼結さ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

れます。固相焼結法では、高温下で固体拡散と粒子間の物理的・化学反応によって粉末粒子が結合します。このプロセスには、粒子表面の活性化、ネック形成、粒子成長、気孔閉塞などの段階が含まれます。

タングステンは融点が高いため（約 3422℃）、1800℃以上の焼結温度が必要であり、通常は 1500℃～1800℃の範囲です。具体的な温度は合金組成と求められる性能要件によって異なります。焼結温度、時間、雰囲気などのパラメータは、密度と微細構造に決定的な影響を与えます。

3.3.2 一般的な焼結方法

- **真空焼結は、**
高真空環境を利用することで酸化や不純物ガスによる汚染を防ぎ、材料の純度を維持し、表面欠陥を低減します。真空焼結はタングステン合金リングの密度と機械的特性を向上させるため、工業生産において広く用いられている焼結技術です。
- **水素還元雰囲気中での焼結は、**
水素雰囲気の還元特性を利用して粉末表面の酸化層を除去し、粒子間の拡散結合を促進し、焼結温度を低下させ、合金組織と特性を向上させることができます。しかし、水素脆化などの有害現象を防止するため、水素の純度と流量を厳密に管理する必要があります。
- **不活性雰囲気焼結は、**
アルゴンや窒素などの不活性ガスを使用することで、焼結環境を保護し、酸化を防ぎ、合金の表面品質を向上させます。これは、雰囲気に対する要求が高い複雑なタングステン合金リングに適しています。
- **熱間等方圧焼結（HIP）**
は、高温と等圧焼結を組み合わせ、加圧することで気孔の閉鎖と微細構造の均質化を促進し、タングステン合金リングの密度と機械的特性を大幅に向上させます。HIP 技術は、高性能で信頼性の高いタングステン合金リングの製造に適しています。

焼結プロセスパラメータがタングステン合金リングの特性に与える影響

- **温度管理:**
温度が低すぎると拡散が不十分になり、密度と強度が低下します。一方、温度が高すぎると結晶粒が粗大化し、靱性と耐磨耗性が低下します。適切な温度管理は焼結品質を確保する鍵となります。
- **保持時間は**
粒子間の十分な拡散と細孔の閉鎖を保証しますが、保持時間が長すぎると粒成長と構造劣化につながる可能性があります。
- **加熱速度と冷却速度**
適切な加熱速度は熱応力と変形を軽減し、ブランクの割れを防ぐことができます。一方、冷却速度は構造の安定性と内部応力の解放に影響します。
- **雰囲気の選択と純度**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

：適切な雰囲気保護により酸化と脱炭を防ぎ、材料の純度と表面品質を維持します。

3.3.4 焼結欠陥と品質管理

焼結欠陥には、気孔、クラック、焼結欠陥介在物、結晶粒の不均一性などがあり、これらの欠陥はタングステン合金リングの機械的特性と耐久性を低下させる可能性があります。粉末品質の最適化、焼結パラメータの厳格な管理、補助焼結技術（HIP 焼結や温間加圧焼結など）の採用により、欠陥を効果的に低減し、製品の均一性を向上させることができます。

3.4 タングステン合金リングの精密加工

タングステン合金リングの加工は、焼結タングステン合金ブランクを設計要件を満たす完成形状・サイズへと加工する上で重要な工程です。タングステン合金材料は、密度、硬度、融点が高く、可塑性が低いため、加工は困難を極め、品質の確保、生産効率の向上、工具寿命の延長には特殊な加工技術とプロセスパラメータが必要となります。

3.4.1 タングステン合金リングの加工における課題

- **タングステン合金リングは焼結後に硬度が高くなる**
ため、工具の摩耗や破損が発生しやすくなります。同時に、非常に脆いため、加工中に割れや刃先欠損が発生しやすくなります。過度の切削抵抗や熱応力は避けなければなりません。
- **高密度は加工負荷の増加につながります**
。タングステン合金の高密度（通常 $17\sim 19\text{ g/cm}^3$ ）は切削負荷を増加させるため、加工装置や工具には高い剛性と耐久性が求められます。
- **熱伝導率が低く、熱が蓄積しやすい**
タングステン合金は熱伝導率が低いため、加工中に発生した熱を速やかに放散させることが難しく、ワーク表面や工具の過熱につながりやすく、加工時の変形や表面品質の低下を引き起こします。

3.4.2 タングステン合金リングの主な加工工程

- **粗加工と仕上げ加工**
は最初の実施され、余分な材料の大部分が除去されます。その後、仕上げ加工が行われ、必要な寸法精度と表面仕上げが達成されます。粗加工では効率性を確保するためにより大きな切削パラメータが使用されますが、仕上げ加工では切削抵抗と熱の影響を低減するためにパラメータを微調整する必要があります。
- **旋削加工**
はタングステン合金リング加工において一般的に用いられる加工方法で、内径および外径の円周加工に適しています。超硬工具またはダイヤモンド工具を冷却・潤滑油と組み合わせて使用し、切削速度と送り速度を制御することで、理想的な

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

表面品質と寸法精度が得られます。

- **研削は**
、タンクステン合金リングの高精度なサイジングと表面処理に用いられます。特に、機械加工が困難な複雑な曲面や小さな寸法に適しています。ダイヤモンド砥石は、ワークピースの過熱を防ぐための効率的な冷却システムと組み合わせて、研削工具としてよく使用されます。
- **放電加工（EDM）は、**
複雑な形状や難加工部を持つタンクステン合金リングに適しています。高精度で良好な表面品質を実現でき、材料の硬度への依存度が低いという利点があります。ただし、加工速度が遅いため、補助的な加工技術としての使用に適しています。
- **研磨は**
、タンクステン合金リングの表面仕上げを向上させるための重要な工程です。耐食性と表面外観を向上させるためによく使用されます。機械研磨、化学研磨、電解研磨など、さまざまな研磨方法を適用できます。ワークピースの要件に応じて適切な方法が選択されます。

3.4.3 主要な処理パラメータとプロセス最適化

- **切削速度は**
通常、工具の摩耗とワークピースの温度を低減するために、30～100 m/分の範囲内の低い切削速度に制御されます。
- **切削送りと切削深さ**
切削力が過剰にならないように、送り速度は適度に抑える必要があります。切削深さは通常、ワークの表面品質と寸法安定性を確保するために浅く設定します。
- **冷却および**
潤滑プロセスでは、大量の冷却剤または冷却ガスを使用して放熱効率を高め、熱応力と工具摩耗を減らし、工具寿命を延ばします。
- **工具材料の選択では、**
切削効果を確保するために硬度と靱性の両方を考慮し、主にダイヤモンド工具、立方晶窒化ホウ素 (CBN) 工具、または超硬工具を使用します。

3.4.4 品質管理と加工検査

- **寸法精度テスト**
では、三座標測定機 (CMM)、内径ゲージ、外径マイクロメータなどの高精度測定機器を使用して、寸法と同軸度が設計要件を満たしていることを確認します。
- **表面品質検査**
では、表面粗さ計と顕微鏡を使用して表面の質感と欠陥を検出し、加工面にひび割れや欠けがなく、必要な滑らかさが達成されていることを確認します。
- **内部欠陥検出では、**
非破壊検査技術 (超音波、X 線など) を組み合わせて、処理プロセス中に新しい亀裂や内部欠陥を検出し、構造の完全性を確保します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3.5 タングステン合金リングの表面処理と性能向上技術

タングステン合金リングは、高密度、高強度、耐高温性といった優れた特性を持つため、航空宇宙、軍事、原子力、ハイエンド機械などに広く使用されています。タングステン合金リングの総合的な性能、特に耐摩耗性、耐腐食性、耐用年数をさらに向上させるには、表面処理技術が重要なステップとなっています。適切な表面改質プロセスを施すことで、タングステン合金リングの表面品質を向上させるだけでなく、機械的特性や環境適応性も向上させることができます。

3.5.1 タングステン合金リング表面処理の主な目的

- **耐摩耗性の向上:**

タングステン合金リングは、高摩擦・高衝撃環境下では表面が著しく摩耗します。

ハードコーティングや表面硬化技術を用いることで、耐用年数を効果的に延ばすことができます。

- **耐食性の向上**

原子力・化学環境下では、タングステン合金リングは酸化、腐食、放射線による損傷を受ける可能性があります。表面保護層は安定した保護バリアを形成し、母材の損傷を防ぎます。

- **表面粗さと寸法安定性を向上させ、**

表面仕上げの向上、摩擦係数の低減、シール性能と組み立て精度の向上を実現します。

- **接着力と界面の結合強度を**

向上 表面前処理によりコーティングと基材の結合が強化され、コーティングの剥がれやひび割れを防ぎます。

3.5.2 典型的なタングステン合金リング表面処理技術

- **機械研磨と研削は、研削ホイールを用いた**

研磨などの機械的な方法によって表面の酸化物や欠陥を除去し、均一で滑らかな表面を実現します。表面粗さを改善し、後続の加工の準備を整えるのに適しています。

- **化学研磨と酸洗いで**

は、特定の化学試薬を使用して表面の酸化物と不純物を除去し、均一で高密度の表面層を形成するとともに表面の清浄度を向上させます。

- **電気めっき技術:**

タングステン合金リングは、耐摩耗性と耐腐食性を向上させるために、ニッケルや電気めっきクロムなどの金属でコーティングされることがよくあります。寸法公差に影響を与えないようにするには、コーティングの厚さと均一性を制御することが非常に重要です。

- **物理蒸着法（PVD）と化学蒸着法（CVD）は、真空環境下での蒸発または化学反応蒸着技術を用いて、硬質セラミックコーティング（**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

TiN など）を形成する。CrN、タングステン合金リングの表面にTiCなどの微粒子を塗布することで、表面硬度と耐摩耗性を大幅に向上させます。

- **レーザー表面クラディングおよび溶融改質**

では、高エネルギーレーザービームを使用してタングステン合金リングの表面を局所的にクラディングまたは急速に凝固させ、高密度の耐摩耗層を形成し、それによって表面の結合強度と耐腐食性を向上させます。

- **プラズマ噴霧は**

、高温プラズマを使用して金属またはセラミック粉末を噴霧して機能性コーティングを調製し、耐高温性、耐腐食性、耐摩耗性など、さまざまな性能の向上を実現します。

3.5.3 表面改質技術の性能向上メカニズム

- **硬度の向上:**

ハードコーティングまたは表面合金化により、タングステン合金リングの表面硬度が大幅に向上し、耐傷性と耐疲労性が向上します。

- **耐腐食バリア**

コーティングは、緻密で安定した保護膜を形成し、酸素、湿気、腐食性媒体を隔離し、基板の腐食を遅らせます。

- **摩擦防止効果により、**

表面粗さとコーティング摩擦係数が最適化され、可動部品間の摩擦と摩耗が低減され、機械効率が向上します。

- **強化された熱安定性:**

高温耐摩耗コーティングと表面改質により、高温環境におけるタングステン合金リングの安定性と耐用年数が向上します。

3.5.4 表面処理工程管理と品質検査

- **プロセスパラメータの最適化**

には、コーティング材料の選択、堆積温度、圧力、時間、後処理プロセスが含まれ、コーティングの均一性、接着性、物理的特性、化学的特性が要件を満たすことが保証されます。

- **表面粗さ試験では、**

粗さ計や走査型電子顕微鏡 (SEM) などの機器を使用して、表面の平坦性や欠陥を評価します。

- **コーティングの厚さと接着性のテスト**

では、マイクロ断面分析、スクラッチテスト、引張接着テストを通じてコーティングの品質を保証します。

- **耐摩耗性・耐腐食性試験**

では、摩擦摩耗試験機、塩水噴霧試験などを用いて実際の使用状況をシミュレートし、表面処理効果を検証します。

3.5.5 将来の開発動向

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **グリーンで環境に優しい表面処理技術は、**
環境保護規制に準拠した、低公害、低エネルギー消費の無害な表面処理プロセスを採用しています。
- **インテリジェントで精密なプロセス**
では、デジタル制御とオンライン監視を活用して、表面処理プロセスのインテリジェントな最適化と品質トレーサビリティを実現します。
- **機能傾斜コーティング技術は、**
接着強度と表面機能性の両方を考慮し、基材から表面にかけてコーティング性能を段階的に変化させます。
- **複合ナノコーティングの開発では、**
複数のナノ材料を組み合わせ、より厳しいサービス要件を満たす高性能の複合コーティングを準備します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

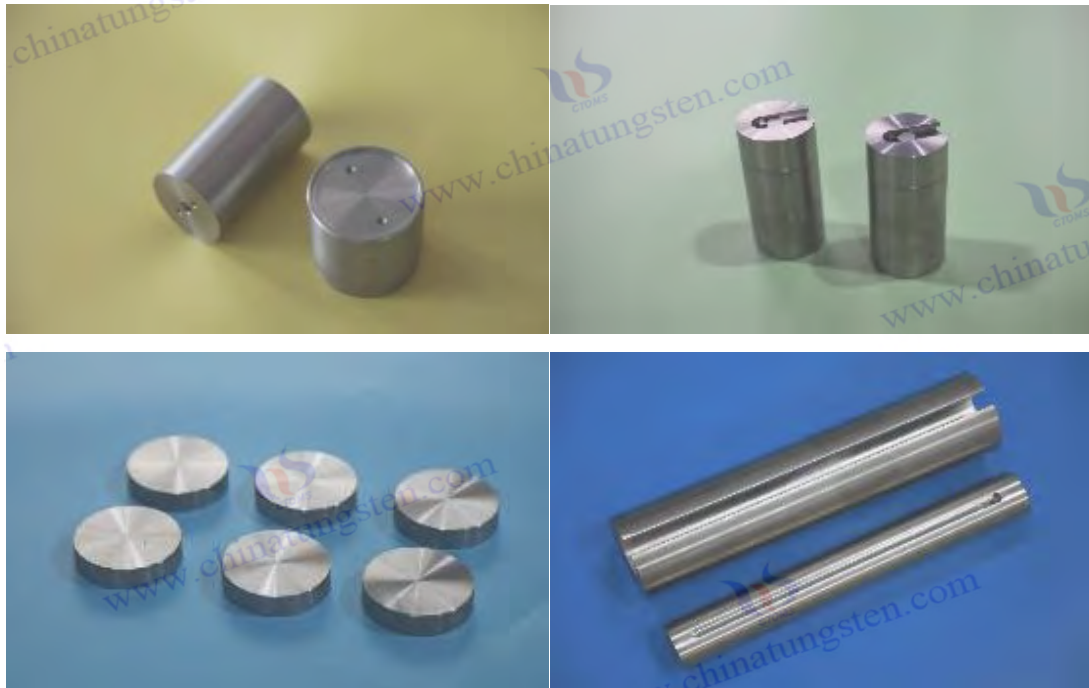
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



第 4 章 タングステン合金リングの品質検査と特性評価方法

4.1 タングステン合金リングの寸法および形状精度試験

高性能な構造・機能部品であるタングステン合金リングは、設計要件を満たし、実用用途において安定した性能を維持するために、寸法精度と形状精度を厳密に管理することが重要です。タングステン合金は高密度、高硬度、そして難加工性という特性を持つため、正確な寸法・形状検査はプロセスの最適化と品質管理に不可欠です。

4.1.1 寸法検査の重要性

- **タングステン合金**
リングは、ハイエンド機械、原子力、航空宇宙分野でよく使用されています。正確な内径・外径、リングの厚さ・幅は、組立精度と動作安全性に直接影響します。
- **製造誤差と変形の制御**
タングステン合金は加工中に応力や変形を受けやすい傾向があります。寸法検査は、偏差を適時に検出・修正し、後工程における品質問題の発生を防ぎます。
- **製品の一貫性と安定性を向上**
標準化された寸法テストを通じて、大量生産において制御可能で一貫した製品品質を実現します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.1.2 幾何精度試験の内容

- **内径と外**
径は、寸法が設計公差を満たしていることを確認するために、高精度の内径ゲージ、外部マイクロメータ、または座標測定機 (CMM) を使用して測定されます。
- **壁厚均一性は**
、リング壁厚を測定して、壁厚が設計範囲内で均一に分布していることを確認し、局所的な厚さの不均一性による強度不足や応力集中を防止します。
- **真円度および同心度試験**
では、真円度計と三次元座標測定機を使用して、タングステン合金リングの内径と外径の真円度と同心度を評価し、リングの円形精度と構造的安定性を確保します。
- **平坦度および端面の垂直度**
テストでは、リングの両端面が平行であるかどうか、および端面とリング本体の軸間の垂直度が取り付けとシール性能を確保するための要件を満たしているかどうかを確認します。

4.1.3 主な試験装置と技術

- 、三次元座標測定により、タングステン合金リングのあらゆる寸法と形状を高精度に測定できます
。データはデジタル形式で保存できるため、品質追跡が容易です。
- **光学式表面形状測定装置とレーザースキャナーは、**
非接触測定技術を使用してタングステン合金リングの表面形状と形態を取得します。これは、複雑な表面や小さな変形の測定に適しています。
- **内径ゲージと外径マイクロメータは、**
日常的なサイズ測定に適した伝統的な精密測定ツールです。操作が簡単で、工場での迅速な検査に適しています。
- **真円度試験機および形状測定器は、**
タングステン合金リングの幾何学的精度を確保するために、真円度、同心度、平坦度を試験するために特別に使用されます。

4.1.4 テストプロセスと品質管理

1. **ワークピースの準備**
：測定精度に影響を与えないように、タングステン合金リングの表面を清掃して油や不純物を取り除きます。
2. **測定計画設計:**
設計図面に基づいて検査計画を作成し、主要な寸法と許容範囲の要件を決定します。
3. **データ収集**
適切な測定機器を使用して寸法と形状を測定し、詳細なデータを収集します。
4. **データ分析と判断:**
測定結果に対して統計分析を実行し、設計およびプロセス仕様を満たしているかどうかを判断します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

5. 品質フィードバックと調整:

テスト結果に基づいて生産ラインにフィードバックし、処理パラメータを調整して製造プロセスを最適化します。

4.1.5 よくある問題と解決策

- **加工変形による寸法偏差は、**
合理的な治具支持と段階的加工を採用し、加工ストレスを軽減することで解決します。
- **測定誤差の原因**
測定環境温度が安定していることを確認し、測定機器を校正し、適切な測定方法を選択します。
- **表面粗さは測定精度に影響します**
。表面を研磨・洗浄することで測定精度が向上します。

4.2 タングステン合金リングの組成分析方法

タングステン合金リングは、その主要な物理的・機械的特性、そして耐食性を直接的に決定します。そのため、安定した品質と優れた性能を確保するには、正確かつ包括的な組成分析が不可欠です。本稿では、タングステン合金リングに一般的に用いられる組成分析手法とその応用特性を体系的に紹介します。

4.2.1 成分分析の重要性

- **の正確性を確保してください。** タングステン合金リングの性能は、タングステン (W)、ニッケル (Ni)、鉄 (Fe) などの元素の適切な比率に依存します。正確な組成分析は、合金配合の正確さを検証するのに役立ちます。
- **不純物の管理:**
酸素 (O)、炭素 (C)、硫黄 (S) などの不純物元素の含有量が過剰になると、材料の密度や機械的特性に深刻な影響を及ぼします。組成分析は、不純物レベルの検出と管理に役立ちます。
- **プロセスの最適化をガイドし**
、粉末の準備、焼結、熱処理などのプロセスパラメータの調整をガイドしてパフォーマンスの向上を実現します。

4.2.2 一般的に使用される構成分析手法

1. 誘導結合プラズマ発光分光法 (ICP-OES)

- **原理:**
サンプルを溶解した後、プラズマを使用して元素を励起し、特徴的なスペクトルを放出し、スペクトルの強度を分析して元素含有量を決定します。
- **利点:**
検出感度が高く、複数の元素を同時に測定できるため、微量不純物や主要元素の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

正確な分析に特に適しています。

- **用途:**
タングステン合金リング内のタングステン、ニッケル、鉄、不純物元素の定量検出に適しており、品質管理や配合検証に広く使用されています。

2. 蛍光 X 線分析計 (XRF)

- **原理:**
X 線を使用してサンプルを励起し、元素から放出される特性蛍光 X 線の強度を測定することで、元素の種類と含有量を決定します。
- **利点**
: サンプルを溶解する必要がなく、検出が速く、固体サンプルの非破壊分析に適しています。
- **用途:**
タングステン合金リングの主な合金元素とそのおよその含有量を迅速に検出するために使用され、現場または生産ラインでの迅速な分析に適しています。

3. 酸素・窒素・水素分析装置 (ONH)

- **原理:**
高温燃焼または熱分解法を使用して、サンプル内の酸素、窒素、水素の含有量を測定します。
- **利点:**
制御が難しい不純物元素を正確に判定し、合金の純度と安定した性能を確保できます。
- **用途**
: タングステン合金リング内の酸素、窒素、水素などの不純物の含有量を検出し、不純物による材料性能の低下を防止します。

4. 電子プローブマイクロ分析 (EPMA)

- **原理:**
電子ビームで試料を励起し、放出される特性 X 線を分析して微小領域における元素分布や含有量の情報を得ます。
- **利点:**
高い空間解像度、局所的な構成と不均一な元素分布を検出できます。
- **用途:**
タングステン合金リング内の合金元素の微視的分布と合金化度を研究するために使用されます。

5. 質量分析法 (ICP-MS など)

- **原理:**
試料元素をイオン化しイオン質量を測定することで、極めて高感度に元素含有量を定量分析します。
- **利点**
: 極めて低濃度の元素を検出し、微量不純物分析に適しています。
- **用途:**
高純度タングステン合金リングの微量元素検出に使用し、材料の純度を確保しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。

4.2.3 コンポーネント分析プロセス

1. サンプルの準備

試験方法の要件に従って、タングステン合金リングのサンプルは、サンプルが均一であり、分析基準を満たしていることを確認するために、切断、研磨、溶解、または粉碎によって前処理されます。

2. 機器の校正では、

標準サンプルまたは校正溶液を使用して機器を校正し、正確で信頼性の高いテスト結果を確保します。

3. データ収集

標準テスト手順に従って、要素の定量的または定性的なデータを収集します。

4. データ処理と結果分析は、

収集されたデータを修正および計算し、合金設計要件に基づいて組成が仕様を満たしているかどうかを評価するために使用します。

5. レポート生成と品質フィードバック

生産調整と品質管理の基礎として詳細なテスト レポートを出力します。

4.2.4 成分分析の課題と検討事項

- サンプルの代表性:

タングステン合金リングの材料組成は地域によって異なる可能性があるため、分析結果の代表性を確保するには、複数ポイントのサンプリングが必要です。

- 検出限界と感度

: 微量不純物元素の検出には、データの逸脱を避けるために高感度の機器が必要です。

- サンプル準備が結果に与える影響

サンプルの不完全な溶解や汚染は結果の精度に影響を与えるため、準備プロセスは厳密に管理する必要があります。

4.3 タングステン合金リングの機械的特性試験

タングステン合金リングは、様々な高強度・過酷な環境下における信頼性と寿命に直接関係しています。そのため、体系的かつ包括的な機械的特性試験は、タングステン合金リングの品質と性能を評価する上で重要なステップです。本セクションでは、タングステン合金リングに一般的に使用される機械的特性試験項目、試験方法、および規格に焦点を当てます。

4.3.1 タングステン合金リングの機械的特性の重要性

タングステン合金リングは、原子力産業、軍事産業、航空宇宙産業、ハイエンド機械製造などの分野で一般的に使用されています。これらの用途では、強度、靱性、硬度など、材料の機械的特性に対する要求が非常に高くなっています。機械的特性試験を行うことで、以下のことが可能になります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- タングステン合金リングが設計条件を満たしているかどうかを確認します。
- さまざまな環境における材料の変形および破壊挙動を理解する。
- 材料準備プロセスの最適化をガイドし、総合的なパフォーマンスを向上させます。
- 製品の安全性と安定性を確保します。

4.3.2 主な機械的性質の試験項目

1. 引張強度は、

引張荷重を受けた材料の最大支持力を測定し、タングステン合金リングの破損に対する抵抗力を反映します。

- 試験方法: ASTM E8 または GB/T 228 などの規格に準拠した標準引張試験機を使用します。
- サンプルの準備: 環状構造の特性に応じて、サンプルを曲げたり伸ばしたり、リングセグメントを切断したりしてサンプルを準備することがよくあります。

2. 降伏強度は

、材料が塑性変形を開始する応力値を示します。これは、設計上の安全余裕の計算に使用される重要な指標です。

- 試験規格は引張強度と同じで、引張曲線における降伏点によって決定されます。

3. 破壊靱性は、

タングステン合金リングが亀裂の伝播に抵抗する能力を測定し、材料の靱性と破壊挙動を反映します。

- 試験方法: 破壊靱性試験は、ASTM E399 に従って 3 点曲げ試験片またはコンパクト引張試験片を使用して実行されます。
- 用途: 衝撃や亀裂が存在する場合のタングステン合金リングの安全性能を評価するのに特に適しています。

4. 硬度は

、材料表面の塑性変形に対する抵抗力を表すもので、通常はロックウェル硬度 (HR)、ピッカース硬度 (HV)、ブリネル硬度 (HB) を使用してテストされます。

- 試験装置: 硬度計または微小硬度計。
- 高硬度の合金リングは通常、耐摩耗性と耐傷性に優れています。

5. 衝撃靱性は

、衝撃荷重下での材料のエネルギー吸収能力をテストし、衝撃による損傷に対する材料の耐性を評価します。

- 試験規格: シャルピー衝撃試験 (ASTM E23) が使用され、適切な試験片を特別に設計する必要があります。

6. 疲労強度は、

繰り返し周期荷重を受けるタングステン合金リングの耐久性を評価します。

- 試験方法: 疲労試験機を使用して、回転曲げまたは引張圧縮疲労試験を実施します。
- 環境で使用される合金リング。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.3.3 機械的特性試験プロセス

1. サンプルの準備: タングステン合金リングは特殊な形状をしているため、試験結果の妥当性と比較可能性を確保するために、試験項目に応じて標準サイズの試験片に切断または加工する必要があります。
2. 機器の校正と状態管理
では、基準を満たす試験機器を使用し、環境要因が結果に影響を与えないように室温または指定された温度で試験を実施します。
3. データの取得と処理により、
応力-ひずみ曲線、衝撃エネルギーなどのデータがリアルタイムで記録され、標準的な方法を使用してパフォーマンス指標が計算されます。
4. 結果の評価とレポート

: テスト データを分析して、設計または業界標準の要件を満たしているかどうかを判断し、詳細なテスト レポートを発行します。

4.3.4 標準と仕様

タングステン合金リングの規格は、主に以下の国際規格と国内規格を指します。

- ASTM 規格
 - o ASTM E8（引張試験）
 - o ASTM E23（衝撃試験）
 - o ASTM E399（破壊靱性）
- GB/T 規格
 - o GB/T 228（金属材料の引張試験方法）
 - o GB/T 229（衝撃試験方法）
 - o GB/T 6396（破壊靱性試験）
- ISO 規格
 - o ISO 6892（金属の引張試験）
 - o ISO 148-1（衝撃試験）

4.3.5 機械的特性試験の特別な課題

- サンプルの準備は困難です。
タングステン合金リングは形状が複雑で硬度が高いため、標準サンプルに加工するには高精度な設備と工程が必要です。
- 高密度材料の試験装置では、
タングステン合金の高密度と高い試験荷重が要求され、装置は十分な機械的特性を備えている必要があります。
- 高温性能テスト
タングステン合金リングは高温環境で使用されることが多いため、高温での機械的性能テストには特殊な加熱および制御システムが必要です。

4.4 タングステン合金リングの微細構造と欠陥検出

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金リングの微細構造と欠陥は、その機械的特性、耐食性、および耐用年数に影響を及ぼす重要な要因です。微細構造の観察と欠陥検出は、材料の内部構造特性と潜在的な品質問題に関する洞察を提供し、プロセスの最適化と品質管理に役立ちます。以下では、タングステン合金リングの微細構造分析方法と欠陥検出技術について詳しく説明します。

4.4.1 タングステン合金リング微細構造の重要性

タングステン合金リングは、高密度のタングステン粒子とニッケルや鉄などの結合金属で構成されています。微細構造の均一性、粒子サイズ、界面の結合品質は、その機械的強度と耐久性に直接影響します。良好な微細構造は、以下の特徴によって現れます。

- タングステン粒子は小さく均一に分布しています。
- 結合相は連続的かつ強固に結合されています。
- 穴やひび割れなど、明らかな内部欠陥はありません。

微細構造分析は、焼結緻密化の程度、熱処理効果、材料の安定性を評価するのに役立ちます。

4.4.2 微細構造分析法

1. 光学顕微鏡（OM）観察

- 研削、研磨、腐食処理後のサンプルスライスの観察を実施しました。
- タングステン粒子、バインダー相の均一性および多孔性を識別することができます。
- 多くの場合、予備的なマクロ組織評価に使用されます。

2. 走査型電子顕微鏡（SEM）分析

- タングステン合金リングの微細構造の詳細を高解像度で観察します。
- 粒子の境界、界面の結合状態、小さな欠陥を観察できます。
- エネルギー分散分光法（EDS）は、成分分布を分析し、不純物や第 2 相を識別するために使用できます。

3. X 線回折（XRD）試験

- 物質の結晶構造と相組成を分析するために使用されます。
- 元素の固溶体状態と相変化を決定します。
- 材料の熱処理および焼結の効果を判断するのに役立ちます。

4. 透過型電子顕微鏡（TEM）

- ナノスケール構造と粒界。
- リングの微細欠陥や格子歪みの研究に適しています。

4.4.3 欠陥検出技術

1. 光学検査

- 表面や表面付近の亀裂や穴などのマクロ欠陥は顕微鏡を通して発見されます。

2. 超音波検査（UT）

- 超音波は材料を貫通して、毛穴や亀裂などの内部欠陥を検出することができます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- リングの非破壊検査に適しています。
- 3. X線/コンピュータ断層撮影（CT）
 - 材料内部の細孔、含有物、亀裂を高感度に検出します。
 - 3次元の欠陥画像化を実現し、欠陥のサイズと位置を正確に特定できます。
- 4. 磁性粒子試験（MT）
 - 表面および表面下の亀裂の検出。
 - 磁性タングステン合金リングの欠陥スクリーニング。
- 5. 浸透探傷試験（PT）
 - 特に非磁性材料の表面の微小亀裂や穴を検出します。
 - シンプルで高速ですが、表面の欠陥にのみ適しています。

4.4.4 微細構造と欠陥が性能に与える影響

- **気孔と亀裂:** 材料の密度が低下し、応力集中点となり、疲労破壊や強度低下につながりやすくなります。
- **粒子の凝集と不均一な分布:** 局所的な機械的特性の不均一性につながり、全体的な性能の一貫性が低下します。
- **結合が不十分:** 荷重伝達効率に影響し、強度と靱性が低下します。
- **不純物や第二相の沈殿:** 腐食や性能低下を引き起こす可能性があります。

4.4.5 品質管理とプロセス最適化の推奨事項

- 粉末の準備と混合プロセスを最適化して、均一な組成を確保します。
- 焼結温度と時間を制御して、密度レベルを向上させます。
- 適切な熱処理プロセスを使用して、微細構造と界面の結合を改善します。
- 非破壊検査を強化して、欠陥を適時に検出し、排除します。



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第5章 タングステン合金リングの応用技術と事例

5.1 航空宇宙におけるタングステン合金リングの応用

タングステン合金リングは、高密度、高強度、優れた耐熱性により、航空宇宙産業において不可欠な材料となっています。その独特な物理的・化学的特性により、航空機の安全性、安定性、性能を確保する上で、様々な主要部品やシステムにおいて重要な役割を果たしています。

5.1.1 高密度カウンターウェイトリングの応用

航空宇宙分野では、カウンターウェイト材料に対する要求が非常に高く、精密な重量制御と優れた耐熱性および耐腐食性が求められます。タングステン合金リングは比重が高いため理想的なカウンターウェイトであり、以下の分野で広く使用されています。

- タングステン合金リングは、**慣性計測装置 (IMU) のローターバランスウェイト**として使用することができます。
、ジャイロスコープや加速度計の精度を確保し、航空機のナビゲーションの安定性と信頼性を向上させます。
- **飛行制御システムのバランスブロック**
、航空機の操縦面、およびサーボ内のカウンターウェイトリングは、重量配分を効果的に調整し、操縦面の感度と応答速度を確保し、飛行性能を向上させます。

5.1.2 高温耐摩耗リング

航空機エンジンなどの高温環境では、部品の耐熱性と耐摩耗性に極めて高い要求が課せられます。タングステン合金リングは優れた高温安定性と耐摩耗性を備えており、以下の用途に適しています。

- **ガスタービンエンジンの高温軸受用**
タングステン合金リングは、軸受およびシールとして使用されます。高温・高速運転環境に耐え、摩耗を低減し、部品寿命を延ばします。
- エンジンのエアフローガイドシステムには、**高温ガイドリングとシーリングリング**が採用されています。タングステン合金リングは、シール性能とエアフローの安定性を効果的に確保し、エンジン効率を向上させます。

5.1.3 放射線防護および遮蔽リング

宇宙船や衛星はしばしば強力な宇宙放射線にさらされます。タングステン合金リングは、以下の用途で広く使用されています。

- **宇宙船の放射線遮蔽リングは、**
電子機器や精密機器を高エネルギー粒子や放射線による損傷から保護し、機器の安定した動作を確保します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **原子力システムの構造リング**

原子力宇宙船では、システムの安全性を高めるために、タングステン合金リングが中性子吸収体や放射線遮蔽リングとして使用されています。

5.1.4 構造接合部と高強度ファスナー

タングステン合金リングは、高い強度と高い弾性率の機械的特性を備えているため、次のような主要な構造接続部品に適しています。

- **高負荷接続リングは**

極端な機械的負荷に耐え、航空機の全体的な強度を保証します。

- **防振バッファリングは**

振動の伝達を低減し、飛行の安全性と乗り心地を向上させます。

5.1.5 典型的なケース分析

- **ある種の軍用衛星カウンターウェイト システム**

では、タングステン合金リングを中核カウンターウェイト部品として使用し、衛星の姿勢を正確に制御し、軌道調整の効率を向上させます。

- **、特定の種類のジェットエンジンの高温シーリングリングの**

従来の材料の代わりに使用され、シーリング温度耐性を向上させ、エンジンメンテナンスサイクルを延長します。

- **宇宙船の放射線防護装置は、**

タングステン合金リングと複合材料を組み合わせ、多層防護構造を構築し、宇宙放射線を効果的に遮蔽します。

5.2 エネルギー産業および原子力産業におけるタングステン合金リングの応用

タングステン合金リングは、高密度、高強度、優れた耐放射線性、耐高温性により、エネルギー産業および原子力産業において不可欠な重要材料となっています。原子炉構造物、中性子吸収体、放射線遮蔽といった重要分野への広範な使用により、原子力施設の安全性、安定性、耐用年数が大幅に向上しています。

5.2.1 原子炉の中性子吸収リング

タングステン合金リングは強力な中性子吸収能力を持ち、原子炉の制御システムや安全システムによく使用されます。

- **原子炉制御棒や安全棒の製造において、タングステン合金**

リングは、核反応速度を効果的に制御し、原子炉運転の安定性と安全性を確保する重要な吸収材料です。

- **放射線遮蔽リングは、**

中性子やガンマ線の漏洩を防ぎ、周囲の機器や人員を放射線の危険から守るために、原子炉の炉心領域の周囲に使用されます。

5.2.2 高温構造リング

原子力産業の多くの機器は、高温環境で長期間稼働します。タングステン合金リングは、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

以下の用途で広く使用されています。

- **原子燃料集合体支持リング**は
、原子燃料棒を支持・固定し、放射線や熱応力に耐え、燃料集合体の構造的完全性を確保するために使用されます。
- **高温ガイドリングとシール**は、
原子炉冷却システムや補助機器に使用され、流体ガイドとシール性能を確保し、機器の効率と安全性を向上させます。

5.2.3 放射性廃棄物処理設備の保護リング

タングステン合金リングは、放射性廃棄物の処理および保管装置において重要な保護の役割を果たします。

- **放射線防護遮蔽リング**は、
放射性物質から放出される高エネルギー粒子を効果的に遮断し、環境の安全を確保するために、さまざまな放射線遮蔽構造になっています。
- 廃棄物貯蔵容器の重要な部分には、腐食や放射線による材料の劣化を防ぐために**耐腐食保護リング**が使用されています。

5.2.4 原子力システムの主要コンポーネント

タングステン合金リングは、原子力潜水艦や原子力航空母艦の電力システムなど、原子力発電所の主要部品の製造にも使用されています。

- **ダイナミックバランスウェイト**は、
高速で回転する機械部品の安定した動作を保証します。
- **高強度の接続部とシーリング リング**は、
強い機械的ストレスと放射線環境に耐え、システムの安全性と安定性を確保します。

5.2.5 典型的な適用例

- **原子力発電所のタングステン合金リング**は、
高純度のタングステン合金リングを使用して制御棒の中核部品を製造しており、核反応の正確な制御を実現し、発電所の安全で安定した運転を確保できます。
- **核廃棄物貯蔵タンクの放射線遮蔽リング**は
タングステン合金リングで作られており、多層保護構造を形成して放射線を効果的に遮断し、貯蔵タンクの耐用年数を延ばします。
- **原子力船の高温シーリングリング**は、
高温環境下でも優れたシーリング性能を維持し、電力システムの効率的かつ安全な運用を保証します。

5.3 機械製造および軍事機器におけるタングステン合金リングの応用

タングステン合金リングは、高密度、高強度、優れた耐摩耗性により、機械製造や軍事機

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

器に広く使用されています。構造支持、カウンターウェイト、保護において重要な役割を果たし、複雑な動作条件下での材料性能に対する厳しい要件を満たしています。

5.3.1 機械製造におけるタングステン合金リングの応用

- **高強度機械軸受**
リングは、高負荷機械軸受の主要部品の製造に使用されます。優れた耐摩耗性と高密度により、軸受の耐久性と安定性を効果的に向上させ、高負荷・高速運転条件にも適応します。
- **精密機械式カウンターウェイトリングは、**
タングステン合金の高い比重を利用して機械装置のカウンターウェイトリングを製造し、機械の動的バランスを実現し、振動を減らし、装置の動作の精度と安定性を向上させます。
- **耐摩耗性ブッシングとシーリング**
タングステン合金リングは、耐摩耗性に優れているため、機械設備の脆弱な部分のブッシングやシーリングリングの製造によく使用され、設備のメンテナンスサイクルが延長され、運用コストが削減されます。
- **合金リングは、高精度工作機械の部品をサポートおよびガイドするために使用され**
、工作機械の加工精度と安定性を確保し、精密製造に求められる高い材料性能基準を満たします。

5.3.2 軍事装備におけるタングステン合金リングの応用

- **徹甲弾コア、**
タングステン合金リングは、硬度と密度が高く、貫通力と破壊力を向上させることができるため、現代の防衛兵器の中核材料です。
- **慣性ミサイルカウンターウェイトリングは、**
ミサイル慣性航法システムに使用されます。タングステン合金リングは、飛行安定性と誘導精度を確保するための精密カウンターウェイトとして使用されます。これらは、高性能軍事装備に不可欠な主要部品です。
- **防護装甲およびシールドリング**
タングステン合金リングは、軍用車両や装備の装甲構造に広く使用されており、効率的な侵入防止および衝撃防止保護を提供し、装備の生存性を向上させます。
- **弾頭および射撃管制システムの機械部品は**
、射撃管制システムの精密機械リングの製造に使用され、極限環境における高強度および高精度の要件を満たし、兵器システムの信頼性の高い動作を保証します。

5.3.3 タングステン合金リングの典型的な軍用ケース

- **ある種類の徹甲弾のタングステン合金リングコアは、**
高硬度のタングステン合金リング材料を採用し、徹甲弾の貫通力と運動エネルギー変換効率を向上させ、戦闘効率を効果的に高めます。
- **慣性航法システム用タングステン合金リングカウンターウェイト。タングステン**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

合金リングは精密に加工されており、カウンターウェイトの均一性と寸法精度を実現し、ミサイル誘導システムの精度を確保します。

- **合金リングは装甲車両の防護構造**
の主要部品として使用され、装甲の防護性能と耐久性を大幅に向上させます。

5.4 電子機器および医療機器におけるタングステン合金リングの応用

タングステン合金リングは、その高い密度、優れた機械的特性、そして優れた耐放射線性により、電子機器や医療機器の重要な機能部品材料となりつつあります。製品の性能向上に重要な役割を果たすだけでなく、現代のハイテク用途における材料の安定性と安全性に対する厳しい要件も満たしています。

5.4.1 電子機器におけるタングステン合金リングの応用

- **タングステン合金シールドリング**は、優れた耐放射線性と電磁シールド性能を備えているため、電子機器のシールド材としてよく使用されています。特に高周波・高出力機器においては、電磁干渉（EMI）を効果的に低減し、機器の安定した動作を確保します。
- **タングステン合金リング**は優れた熱伝導性を有し、電子機器の放熱構造に最適です。効率的な熱伝導率と熱容量により、主要部品の熱を素早く放散し、電子システムの信頼性と寿命を向上させます。
- **精密電子機器**
の機械構造に使用され、位置決め、支持、カウンターウェイト機能を果たし、機器の動作精度と長期安定性を保証します。

5.4.2 医療機器におけるタングステン合金リングの応用

- **タングステン合金リング**は、その高密度と優れた放射線遮蔽性能により、放射線治療装置に広く使用されています。放射線の漏洩を防ぎ、医療従事者と患者の安全を確保するために使用されます。
- **医療用画像機器のカウンターウェイトと安定化リング**
CT や X 線装置などの医療用画像機器では、タングステン合金リングを使用して機器の機械的バランスと安定性を実現し、画像精度と動作感度を向上させます。
- **タングステン合金リング**は、高精度医療機器の機械部品に使用され、**耐摩耗性と耐腐食性を備え、医療環境における材料の衛生と耐久性の 2 つの要件を満たします。**
- **放射性同位元素の包装および保護部品**
タングステン合金リングは、放射性同位元素容器の保護リングとして機能し、遮蔽および機械的保護において重要な役割を果たし、医療用途における同位元素の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

安全性と安定性を確保します。

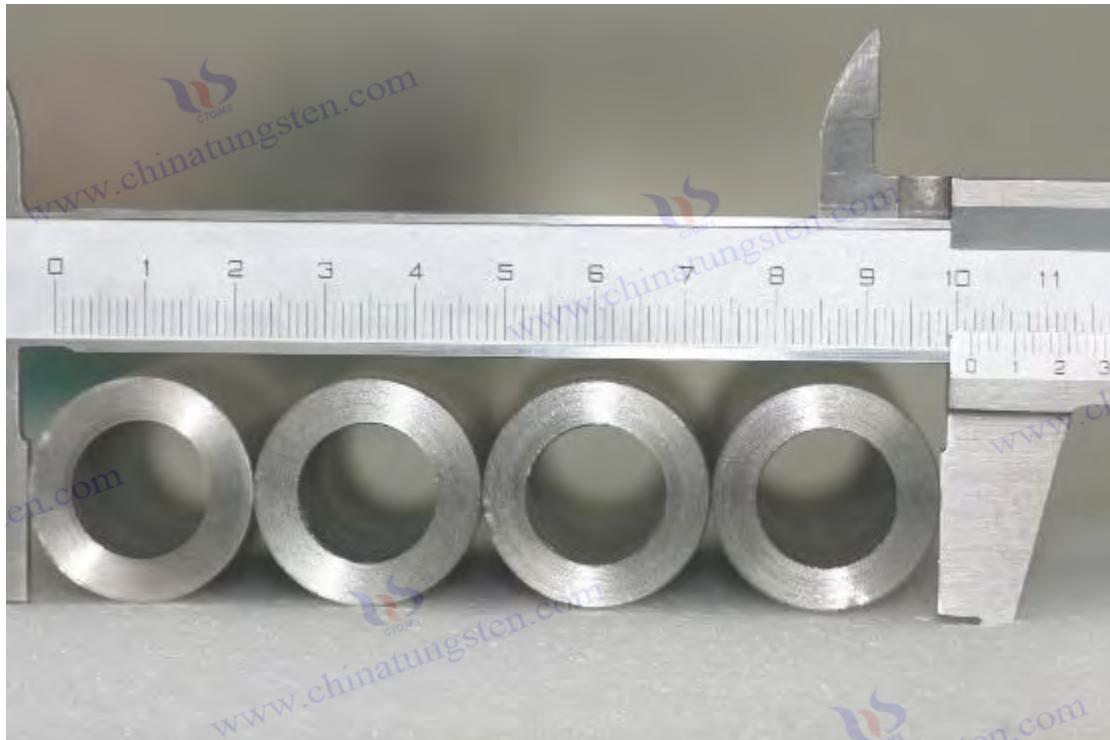
5.4.3 典型的な事例と開発動向

- **放射線治療装置のタングステン合金遮蔽リングは、**
高密度タングステン合金リングを使用して、放射線漏れを効果的に低減し、装置の保護レベルを向上させます。
- **医療用電子機器用タングステン合金カウンターウェイトリング**
精密機械加工されたタングステン合金リングは、安定した動作と測定精度を確保するために機器に使用されています。
- **新しいタングステン合金機能性リング**
タングステン合金リングは、表面コーティングと微細構造設計を組み合わせることで、抗菌性、耐腐食性、耐高温性など、電子機器や医療機器における多機能適応性を高めています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



第 6 章 タングステン合金リングの国際規格と業界規格

6.1 タングステン合金リングの主な国際規格

タングステン合金リングは、製品の品質、性能、安全性が世界市場のニーズを満たすことを保証するために、一連の国際規格および業界仕様に準拠する必要があります。以下は、現在のタングステン合金リング分野における主要な代表的な国際規格の概要です。

6.1.1 ASTM（米国材料試験協会）規格

- **ASTM B777** — タングステン及びタングステン合金製品の標準規格
。この規格は、タングステン合金材料の組成、特性、製造工程、試験方法を規定しています。タングステン合金リング等の製品の機械的特性、密度、寸法精度等の技術要件を規定しています。米国及び国際的に広く採用されています。
- **ASTM E3** - 金属試験片の準備では、
金属組織分析および微細構造観察のためのタングステン合金リングのサンプル準備仕様をカバーし、正確で一貫した材料性能評価を保証します。
- **ASTM E8/E8M** — 金属材料引張試験規格は、タングステン合金
リングの機械的特性試験に適用され、引張強度、降伏強度、破壊後の伸びなどの主要な指標の測定方法を規定しています。

6.1.2 ISO（国際標準化機構）規格

- **ISO 9001** — 品質管理システム
。この規格は、タングステン合金リングメーカーに広く採用されており、設計、調達、生産、納品に至るまでの製品品質プロセス全体が管理され、国際的な顧客

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

の品質要件を満たしていることを保証します。

- **ISO 6507** - 金属硬度試験は、タングステン合金リングのビッカース硬度の測定をカバーし、正確で再現性のある硬度試験を保証します。
- **ISO 6508** - 金属のブリネル硬さ試験この規格は、タングステン合金リングの硬度の試験にも使用され、特に厚いリングの試験に適しています。

6.1.3 MIL（米国軍用規格）

- **MIL-STD-810** - 環境工学上の考慮事項と実験室試験方法
タングステン合金リングは軍事および航空宇宙分野で広く使用されており、高温や低温、衝撃や振動、腐食などの極端な環境条件に対する耐性に関するこの規格の厳格な試験要件を満たす必要があります。
- **MIL-STD-883** — マイクロエレクトロニクスデバイスおよび材料試験
高精度電子部品構造にタングステン合金リングを使用する場合、この軍事規格に従って関連する性能試験を実施する必要があります。

6.1.4 中国国家規格（GB/T）

- **GB/T 3877** — タングステン及びタングステン合金材料
これは、国内におけるタングステン合金リングの製造及び検査の基本規格です。組成、機械的特性、寸法公差などの技術指標を網羅し、国内のタングステン合金リングの品質向上を促進します。
- **GB/T 14654** — 金属材料の引張試験方法は、
タングステン合金リングの機械的特性試験に関する技術要件と試験手順を規定し、製品の性能が設計基準を満たしていることを保証します。

6.1.5 業界標準と技術仕様

- **航空宇宙材料業界の規格**
航空宇宙分野で使用されるタングステン合金リングは、通常、材料の安全性と信頼性を確保するために、AS9100 品質システム要件および関連する業界規格 (SAE 規格など) に準拠する必要があります。
- **原子力産業の材料仕様**
タングステン合金リングを原子炉保護構造物に使用する場合は、関連する放射線防護性能試験規格など、原子力産業固有の材料仕様にも準拠する必要があります。

6.1.6 環境保護および安全に関する規制と基準

- **RoHS 指令**(EU 有害物質制限指令)
タングステン合金リング製品は、EU 市場に参入する際に RoHS 環境保護要件に準拠する必要があり、鉛や水銀などの有害元素の使用が制限されています。
- タングステン合金リング製造業者は、製品の化学組成の適合性と安全性を確保するために、**REACH 規制**(EU 化学物質の登録、評価、認可および制限)に準拠する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.2 タングステン合金リングの国内規格および試験仕様

中国のタングステン合金リング産業の急速な発展に伴い、国の実情に適合した規格体系の確立と整備は、技術進歩の促進、製品品質の確保、市場規制の促進のための重要な施策となっています。本セクションでは、中国におけるタングステン合金リングに関する国家規格（GB）、業界規格（YS）、および主要な試験規格に焦点を当て、製造および検査の技術的基礎を提供します。

6.2.1 タングステン合金リングの国家規格（GB）

- **GB/T 3877—タングステン及びタングステン合金材料**
この規格は、タングステン合金リング材料の化学組成、機械的特性、物理的特性、その他の技術指標を規定しています。タングステン含有量、密度、硬度、引張強度といった主要なパラメータを網羅し、材料性能の安定性と一貫性を確保しています。これは、中国におけるタングステン合金リング材料の試験および受入試験の基本規格です。
- **GB/T 14654 - 金属材料の引張試験方法**この規格は、タングステン合金リングの機械的特性試験方法を詳細に規定し、引張強度、降伏強度、破壊後の伸びなどの性能指標の正確で均一な試験を保証します。
- **GB/T 10561—金属材料硬度試験ピッカース硬度法**は、タングステン合金リングの硬度測定に適用され、硬度試験の科学的性質と比較可能性を確保するための試験条件、測定手順、およびデータ処理方法を規定しています。
- タングステン合金リングの内部欠陥を超音波で検査するための技術仕様を規定しています。
。リング材料内部の気孔や亀裂などの隠れた欠陥を検出するのに適しており、製品の品質管理レベルを向上させます。

6.2.2 タングステン合金リングの業界標準（YS）

- **YS/T 200 シリーズ - タングステン合金およびその製品の業界標準**は、国家非鉄金属業界によって制定されています。タングステン合金リングの材料規格、性能要件、試験方法を網羅し、用途に応じたタングステン合金リングの技術指標を精緻化しています。軍事・航空などの主要産業に適しています。
- **YS/T 415 - タングステン合金リングの寸法および許容差規格**
では、製品の加工精度と組み立て性能を確保するために、タングステン合金リングの幾何学的寸法、壁厚の均一性、同軸度の試験要件を規定しています。

6.2.3 主な試験仕様と技術要件

- **化学組成分析**
では、スペクトル分析（ICP-OES など）、蛍光 X 線分光法（XRF）、元素分析装置（ONH 分析）を使用して、タングステン合金リング内のタングステン、ニッケル、鉄、不純物元素の含有量が標準要件を満たしていることを確認します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **物性試験は**
密度測定器、微細構造分析（光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡 SEM）などによって行われ、材料の密度および内部構造を評価します。
- **機械的性能試験に**
は、引張試験、硬度試験（ビッカース、ロックウェル、ブリネル硬度）、衝撃試験が含まれ、これらは関連する GB/T 規格に従って厳密に実施され、タングステン合金リングが必要な強度と靱性を備えていることが保証されます。
- **非破壊検査技術**
では、超音波検査、X 線検査、磁性粒子検査などの手段を使用して、タングステン合金リングの内部および表面の欠陥を評価し、製品の完全性と信頼性を確保します。
- **表面品質検査**
では、3 次元プロファイロメーターと粗さ計を使用して表面粗さとコーティングの付着性をテストし、表面処理プロセスが設計要件を満たしていることを確認し、リング材料の耐久性と機能性を向上させます。

6.2.4 品質管理システムと認証

- **ISO 9001 品質管理システム**
国内のタングステン合金リング製造業者のほとんどは ISO 9001 認証に合格しており、標準化された製造プロセスと品質管理を確保し、ソースから製品の品質を保証しています。
- **業界固有の認証**
は、航空産業や軍事産業といった特殊な応用分野を対象としています。企業は、厳格な安全性と信頼性の要件を満たすために、航空分野における AS9100 認証など、対応する品質管理規格に準拠する必要があります。

6.3 CTIA GROUP 製タングステン合金リングの品質基準

中国のタングステン合金業界をリードする CTIA グループは、タングステン合金リングの研究開発と製造において豊富な経験と高度な技術を誇ります。国および業界の規制に厳密に準拠し、タングステン合金リングの品質基準を策定・実施しています。長年の技術的専門知識と顧客ニーズを融合させ、包括的で競争力のある品質管理システムを構築しています。

6.3.1 材料組成とプロセス基準

- **CTIA GROUP は、高純度タングステン粉末と高品質のニッケル、鉄などの合金元素を使用する**
ことで、タングステン合金リングの化学組成の安定性を確保しています。不純物含有量は業界最高水準で厳密に管理されており、材料性能の均一性と信頼性を確保しています。
- **組成テストでは、**
ICP-OES や XRF などの高度な分析機器を使用して合金元素を正確に検出し、各

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

バッチの材料が設計された比率を満たし、製品のパフォーマンス要件を満たしていることを確認します。

- **プロセス仕様では、**
独自に開発された粉末冶金技術、焼結技術、精密機械加工プロセスを採用し、タングステン合金リングの密度、機械的特性、寸法精度が国際先進レベルに達することを保証します。

6.3.2 パフォーマンス指標基準

- **密度とコンパクト性** タングステン合金リングの実際の密度は理論密度の 98% 以上に近く、高密度化のレベルが高いため、製品は優れた機械的強度と安定した物理的特性を備えています。
- **中東社製のタングステン合金リング インテリジェント**
製造は、GB および YS 業界規格を満たすか、さらに上回ります。硬度は理想的な範囲内に制御され、高荷重・高強度用途の要件を満たします。
- **寸法と許容差:**
製品の寸法精度は $\pm 0.01\text{mm}$ 以内に厳密に管理されており、壁の厚さの均一性と同軸度はハイエンド機器の精密組み立て要件を満たしています。

6.3.3 表面品質と欠陥制御

- **表面粗さ** タングステン合金リングの内面と外面は複数の研磨および加工工程を経て、表面粗さ Ra 値が $0.2\mu\text{m}$ 以内に制御され、良好な接触性能と耐摩耗性が保証されます。
- **欠陥検出では**
、超音波、X 線、CT スキャンなどのさまざまな非破壊検査技術を使用して、気孔、亀裂、介在物などの内部および外部の欠陥がないことを確認し、製品の信頼性と耐用年数を向上させます。

6.3.4 品質管理システム

- **全工程にわたる品質管理**
CTIA GROUP は、原材料の受入検査、工程品質監視、完成品の出荷検査からなる 3 段階の品質管理システムを導入しています。最新の試験機器と自動監視装置を備え、製品の品質をリアルタイムで確保しています。
- **認証システム**
当社は ISO 9001、AS9100 などの国際品質マネジメントシステム認証を取得しています。一部の製品は RoHS および REACH の環境保護要件に準拠しており、世界市場のコンプライアンス基準を満たしていることを保証しています。

6.3.5 顧客のカスタマイズと特別なリクエストへの対応

- **カスタマイズサービスは、**
航空宇宙、原子力、軍事産業といったハイエンド分野を対象としています。CTIA GROUP は、お客様の特別なニーズに合わせて合金組成、プロセスパラメータ、品

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

質指標を調整し、パーソナライズされたタングステン合金リングソリューションを提供します。

- **技術サポート**

当社には専門的な研究開発および品質管理チームがあり、実際の用途におけるタングステン合金リング製品の性能安定性と安全性を確保するために、お客様に技術コンサルティング、テストサポート、アフターサービスを提供しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

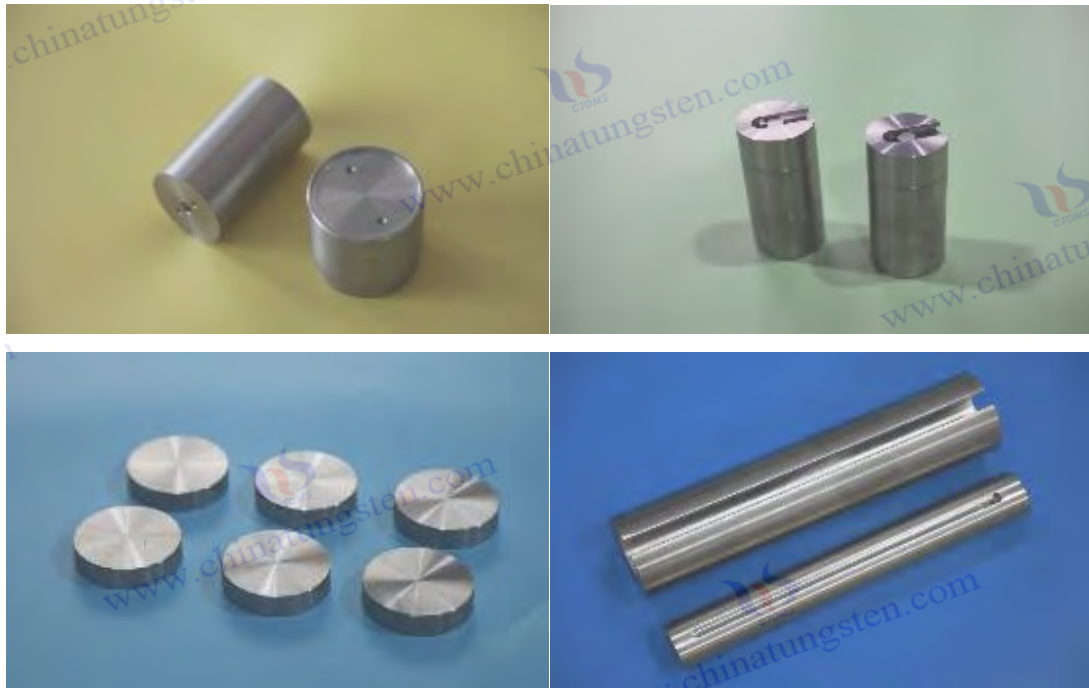
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

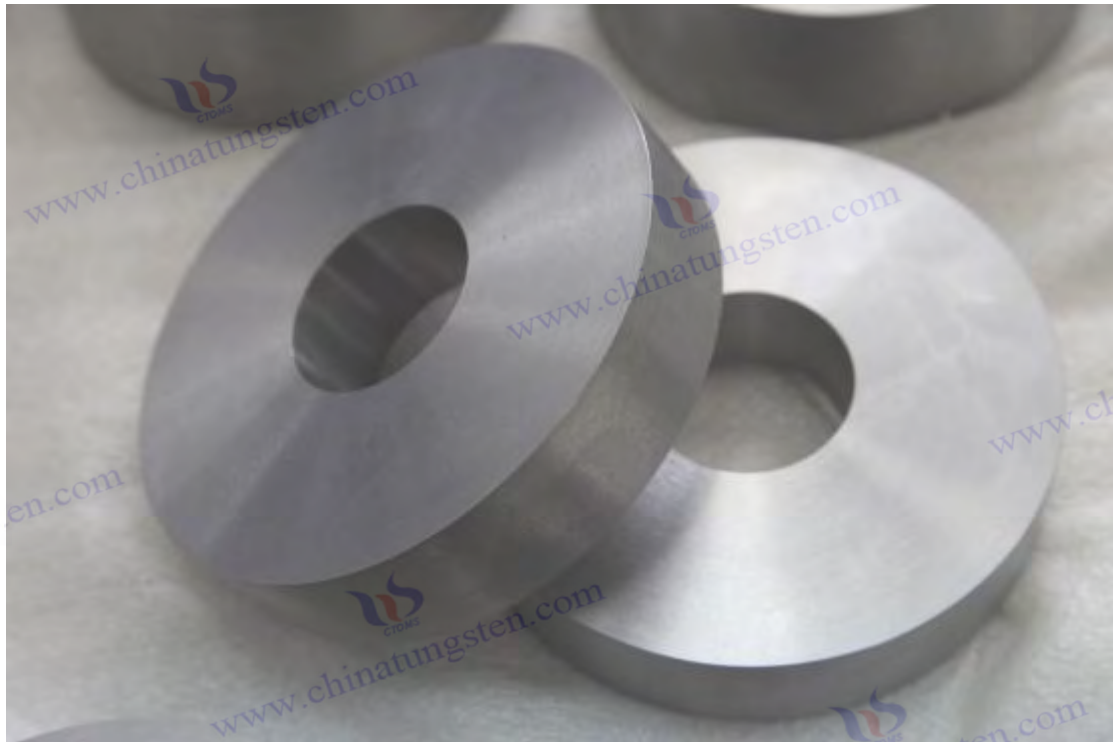
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



第7章 タングステン合金リングの市場経済分析

7.1 タングステン合金リングの世界市場の状況

タングステン合金リングは、優れた密度、強度、耐高温性により、航空宇宙、軍事、原子力、医療などのハイエンド分野で広く使用されています。世界的なハイテク製造業の急速な発展に伴い、タングステン合金リング市場は多層的かつ多地域的なパターンを示しており、これは主に以下の側面に反映されています。

7.1.1 世界のタングステン資源の分布とサプライチェーンへの影響

世界のタングステン資源は、主に中国、ロシア、ベトナム、カナダ、オーストリアなどの国に集中しています。世界最大のタングステン鉱石生産国である中国は、世界のタングステン市場を支配しており、世界の生産量の80%以上を占めています。中国の豊富なタングステン資源は、世界のタングステン合金リング生産にとって確固たる原料基盤となっています。

同時に、資源の地理的分布はタングステン合金リングのサプライチェーンに大きな影響を与えています。タングステン鉱石資源の集中は原材料価格の変動と供給リスクをもたらし、各国はタングステン資源の戦略的備蓄とリサイクルを加速させ、タングステン合金リング産業チェーンの安定的な発展を促進しています。

7.1.2 主要生産地域と産業集積地

タングステン合金リングは、中国の広東省、江蘇省、湖南省、江西省などの省に加え、欧州、米国、日本、韓国の厳選されたハイエンド製造企業にも供給されています。これらの地域では、タングステン粉末の準備、合金製錬、粉末冶金、精密機械加工に至るまで、包

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

括的なタングステン合金生産産業チェーンが形成され、効率的な製造システムが確立されています。

中国企業は、資源の優位性とコスト管理能力を活かし、中低価格帯のタングステン合金リング市場を支配しています。一方、欧州、米国、日本、韓国は、技術革新と品質管理を重視し、高級タングステン合金リングの研究開発と製造に注力しており、差別化された競争環境を形成しています。

7.1.3 市場需要構造とターミナル産業の分布

タングステン合金リングは主に以下の主要分野から来ています。

- **航空宇宙:** 極めて高い材料性能と信頼性が求められる高強度カウンターウェイト、慣性航法装置、高温構造部品などに使用されます。
- **軍事産業:** タングステン合金リングは、徹甲弾の芯、ミサイル尾部部品、高強度機械部品に広く使用されており、高性能兵器システムにおけるその重要性を反映しています。
- **原子力産業:** タングステン合金リングは遮蔽材や構造部品として使用され、優れた放射線防護特性と耐高温特性を備えています。
- **医療機器:** 放射線治療装置の保護および位置決め構造の需要が急速に高まっており、タングステン合金リング市場の拡大を促進しています。
- **精密機械・電子:** タングステン合金リングは高精度機械部品や電子放熱構造に使用され、電子産業の高度化とともに成長を続けています。

7.1.4 競争環境と市場集中

タングステン合金リング市場は高度に集中しており、CTIA GROUP や中国モリブデン株式会社（CMOC）といった中国の大手企業が市場シェアをリードし、産業チェーンの上流部門と下流部門の緊密な連携を促進しています。国際的に著名な企業は、その技術的優位性とブランドの影響力を活かし、ハイエンド市場セグメントを席巻しています。

技術障壁の改善と環境保護要件の強化に伴い、市場参入のハードルは徐々に上昇しています。新興企業は、激しい競争の中で勝ち残るために、研究開発投資と品質管理を強化する必要があります。

7.1.5 市場開発の動向と課題

- **グリーン製造と環境圧力:** タングステン合金リングの製造プロセスはエネルギー消費量が多く、環境負荷も大きいため、企業はグリーンプロセスとリサイクル技術の研究開発を加速させています。
- **革新の推進:** 新材料や新プロセス（ナノ強化や付加製造など）が継続的に登場し、タングステン合金リングの性能向上と用途拡大を促進しています。
- **世界的なサプライチェーンの調整:** 地政学や貿易政策の変化がタングステン資源の供給や製品の輸出に影響を与え、企業はレイアウトの多様化を迫られています。
- **末端需要の向上:** ハイエンド製造業界では、タングステン合金リングの精度、強度、特殊性能に対する要件がさらに高まり、市場は高付加価値の方向に発展しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

7.2 タングステン合金リングの主要生産国とサプライチェーンの分析

高性能タングステンベース材料の主要部品であるタングステン合金リングの生産とサプライチェーンは、タングステン資源の世界的な分布、技術の進歩、そして産業チェーン全体に深く影響されます。本セクションでは、主要なタングステン合金リング生産国とそのサプライチェーンの特徴を詳細に分析します。

7.2.1 主要生産国の概要

- 中国

は世界最大のタングステン資源保有国および生産国であり、タングステン鉱石埋蔵量の 80%以上を保有しています。中国のタングステン合金リングの生産技術と生産量は世界トップクラスです。中国のタングステン合金リングメーカーは、主に河南省洛陽、江西省贛州、広東省東莞に集中しており、原料採掘、タングステン粉末製錬、合金粉末調製、成形・焼結、精密機械加工、表面処理までを網羅する包括的な産業チェーンを形成しています。

資源の優位性とコスト管理を活かし、中国企業は中低価格帯市場で優位な地位を築いています。また、国際的な先進技術との差を縮めるため、ハイエンド技術の研究開発も積極的に推進しています。

- ロシアは

豊富なタングステン鉱石資源と、タングステン系材料の製錬・合金製造技術にお

いて大きな優位性を誇っています。タングステン合金リングの生産は主に軍事・航空宇宙分野に特化しており、高性能と信頼性を重視した製品を提供しています。ロシア企業は通常、輸入タングステン粉末を加工に使用していますが、近年は独自の研究開発能力も強化しています。

- 米国は

タングステン資源が限られており、タングステン合金リングの原材料は主に輸入に依存しています。しかし、米国はハイエンド合金の設計と精密製造技術において世界をリードしています。米国のメーカーは、主に軍事、航空宇宙、原子力産業などのハイエンド市場に製品を提供しており、洗練された製品の性能と信頼性を重視しています。米国は、対外依存度を低減するため、タングステン合金管産業チェーンの現地化を積極的に推進しています。

- ドイツ、フランス、オーストリアなどの

国はタングステン資源が限られているものの、高度な材料科学研究と高精度な製造能力を有しています。ドイツとフランスのタングステン合金リングメーカーは、主に航空宇宙および医療機器分野における高付加価値製品の製造に注力しています。オーストリアはタングステン合金材料の主要供給国として、高品質のタングステン粉末と半製品も欧州市場に供給しています。

- 日本と

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

韓国は、資源に乏しいにもかかわらず、強固な産業基盤と技術研究開発力を活かし、独自のタングステン合金リング製造産業を発展させてきました。これらの製品は主に電子機器、通信機器、ハイエンド機械に使用され、微細組織制御と機能性複合材料の性能が重視されています。

7.2.2 サプライチェーン構造分析

タングステン合金リングのサプライチェーンは、主に次の主要なリンクをカバーします。

- サプライチェーンは、
タングステン鉱石の採掘とタングステン粉末の生産から始まります。世界のタングステン資源は集中しており、タングステン鉱石の品質と純度はタングステン粉末の性能に直接影響を及ぼします。一部の国では、戦略的備蓄や資源協力を通じて原材料の安定供給を確保しています。
- タングステン粉末の製造と合金粉末の製造。
タングステン粉末の粒子径、純度、形態を制御することが、合金の特性を決定する基礎となります。その後、ニッケル、鉄、銅などのバインダー金属と均一に混合し、配合を調整することが、粉末冶金製造の中核となる工程です。
- 成形
技術（ダイプレスや静水圧プレスなど）と焼結プロセスは、タングステン合金リングの密度、微細構造、性能を直接決定します。各メーカーは、市場の需要に基づいて製品品質を最適化するために、異なるプロセスルートを選択しています。
- タングステン合金リングは、寸法と表面品質を確保するために、精密旋削、研削、研磨加工が施されることが多いです。
。電気めっきや PVD コーティングなどの表面処理により、耐腐食性と耐摩耗性をさらに高めることができます。
- タングステン
合金リングは、多くの場合、高価値で技術集約型の商品であり、輸送および保管中に厳格な保護、耐湿性、耐酸化性が求められます。国際貿易においては、輸出規制や認証遵守もサプライチェーンの効率性に影響を与えます。

7.2.3 サプライチェーンの利点と課題

- 利点
 - 大規模生産のニーズを満たす完全なサプライチェーンを備えています。
 - ロシアやアメリカなどは、豊富な技術蓄積とハイエンド製品の製造能力を持っています。
 - 欧州、日本、韓国の国々は、ハイエンドの製造と材料の革新をリードし、技術の進歩を推進しています。
- チャレンジ
 - タングステン資源は供給リスクをもたらし、それは国際貿易が緊張しているときに特に顕著になります。
 - サプライチェーンにおけるエネルギー消費量の増加と環境への圧力が高まっており、グリーン製造には早急な突破口が必要です。
 - 技術的な障壁やハイエンドアプリケーション市場では熾烈な競争があり、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

製品の差別化が不十分だと利益率に影響する可能性があります。

7.3 タングステン合金リングの価格動向とコスト構造

タングステン合金リングは、原材料市場の変動、製造プロセスの複雑さ、最終用途のアプリケーション要件の変化など、様々な要因の影響を受けます。企業が合理的な生産戦略と市場計画を策定するには、タングステン合金リングの価格動向とコスト構造を理解することが不可欠です。

7.3.1 タングステン合金リングの価格動向分析

- **原材料価格の変動は**

タングステン合金リングの価格に影響を与えます。タングステン粉末はタングステン合金リングの主要原料であり、タングステン鉱石価格の変動はタングステン粉末のコストに直接影響を及ぼします。近年、世界のタングステン資源は、採掘政策、環境規制、地政学的影響などの要因の影響を受けており、タングステン鉱石価格の周期的な変動につながっています。例えば、供給が逼迫する時期にはタングステン鉱石価格が高騰し、タングステン粉末や合金製品の価格が上昇します。逆に、市場の供給が豊富な時期には価格は下落します。

さらに、ニッケルや鉄などの合金元素の価格変動も、特に国際金属市場で価格変動が著しい時期には、コストに影響を与えます。

- **技術とプロセスのアップグレードの影響:**

タングステン合金リングの製造技術は継続的に進歩しており、高度な焼結、熱処理、表面改質プロセスを採用した製品の性能は大幅に向上しましたが、それに伴い製造コストも上昇しました。高級タングステン合金リングの価格は、技術内容と付加価値の向上を反映して、概ね上昇傾向にあります。

- **エンドマーケットの需要は、航空宇宙、原子力、軍事、医療分野における高性能**

タングステン合金リングの需要増加を牽引しています。これにより、高品質製品への需要が高まり、価格上昇につながっています。これは特に、価格がより柔軟で成長の余地がある、ハイエンドのカスタムリングや特殊性能合金リング市場で顕著です。

- **国際貿易および政策の影響も**

、タングステン合金リングの市場価格をある程度押し上げています。輸出規制と環境保護コストの転嫁は、価格変動の一般的な要因です。

7.3.2 タングステン合金リングのコスト構造分析

タングステン合金リングは主に以下の部品で構成されています。

- **原材料費（約 60%～75%を占める）は、**

タングステン合金リングのコストの中で最も大きな要素です。これには、タングステン粉末、ニッケル、鉄、その他の合金元素の調達コストが含まれます。タングステン粉末の純度、粒径、供給安定性は、全体のコストに直接影響します。タングステンの採掘は希少で困難であるため、原材料費は大きく変動します。

- **加工製造コスト（約 15～25%を占める）**

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

には、粉末冶金成形、焼結、熱処理、機械加工などが含まれます。高精度加工には高額な設備投資と技術者人件費が必要であり、複雑な形状や特殊な特性を持つ製品の場合はさらに製造コストが高くなります。

- **表面処理および試験費用（約5%～10%）：** タングステン合金
リングの耐食性と機械的特性を確保するには、通常、表面研磨、電気めっき、PVDコーティングなどの処理が必要です。さらに、厳格な品質検査、非破壊検査、性能検証もコストを増加させます。
- **管理・物流コスト（約5%を占める）**

には、生産管理、環境コンプライアンス費用、梱包、輸送、倉庫保管が含まれます。タングステン合金リングは、高価値で技術集約型の素材であることが多く、厳しい物流・輸送要件が求められます。さらに、梱包や保護対策にも追加コストがかかります。

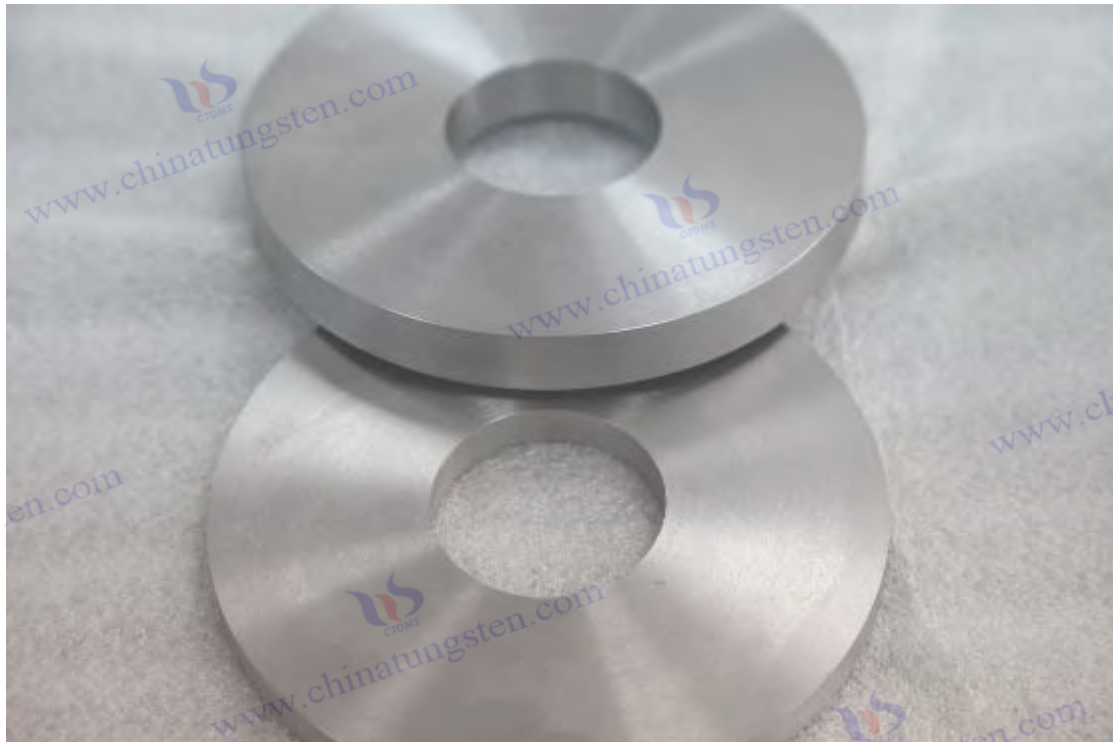
7.3.3 価格動向のまとめと今後の見通し

全体として、タングステン合金リングの価格は、世界的なタングステン資源の需給、製造技術の進歩、そして最終市場の需要といった複合的な影響により、構造的な上昇傾向にあります。原材料価格が主な要因であり、特にタングステン粉末価格の変動は、タングステン合金リング市場に大きな影響を与えています。

今後、タングステン資源開発技術の進歩と代替材料研究の進展に伴い、原材料コストは安定化すると予想されます。同時に、製造プロセスのインテリジェント化と自動化により、加工コストが削減され、生産効率が向上します。特に新エネルギー、航空宇宙、ハイエンド機器分野において、高性能タングステン合金リングの市場需要が高まっていることから、タングステン合金リングの価格は引き続き相応な成長余地を維持すると考えられます。

企業は原材料市場の動向を注意深く監視し、コスト構造を最適化し、技術革新と製品の差別化を強化して、激しい市場競争の中で価格優位性と利益率を維持する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



第 8 章 タングステン合金リングの今後の発展動向

8.1 タングステン合金リング用の新材料と合金系

科学技術の継続的な進歩と用途ニーズの多様化に伴い、タングステン合金リング材料は高性能、高機能、多様化へと発展を遂げています。新材料および合金系の研究開発は、タングステン合金リングの将来の発展を促進する重要な要素となっており、具体的には以下の点に現れています。

1. 高性能多元素合金システムの開発。

従来のタングステン合金リングは、主にタングステン-ニッケル-鉄またはタングステン-ニッケル-銅合金システムをベースとしています。より高い強度、靱性、そして特殊な物理的特性に対する要求を満たすため、研究者たちはモリブデン、チタン、ニオブ、クロムなどの追加元素を組み込んだ多元素合金システムの研究を始めています。これらの新しい合金は、タングステン合金の全体的な機械的特性を向上させるだけでなく、耐熱性、耐腐食性、耐放射線性も向上させ、過酷な作業条件におけるタングステン合金リングの適用範囲を拡大します。

2. ナノ構造および傾斜機能合金システムは、

ナノ粒子強化と微細構造設計により、タングステン合金リングの性能を大幅に向上させます。ナノ構造合金は、結晶粒を微細化し、亀裂伝播を抑制することで、強度と靱性を向上させます。さらに、傾斜機能合金は、表面の高硬度層と強靱なコア層の統合など、材料特性の空間的变化を実現します。これにより、複雑な使用環境における多様な性能要件を満たし、タングステン合金リングの耐久性と信頼性を大幅に向上させます。

3. 複合材料と多相合金システム：

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

新しいタングステン合金リングは、セラミック相（炭化物や窒化物など）やその他の金属相を組み込むことで、金属-セラミック複合構造を形成します。この多相合金システムは、金属の靱性とセラミックの高い硬度および耐摩耗性を兼ね備えています。高強度、高耐摩耗性、高温安定性が求められる過酷な用途に適しており、タングステン合金リングの全体的な性能を向上させます。

4. 高熱伝導性、高電気伝導性、耐磁性合金設計:

電子機器冷却や航空宇宙分野などの機能性材料の需要に応えるため、新しいタングステン合金リング材料システムは、熱特性、電気特性、磁気特性の最適化にも重点を置いています。合金組成と微細構造を合理的に制御することで、高い熱伝導性、優れた電気特性、そして特定の磁気応答性を実現し、特殊用途における多様な材料性能要件を満たします。

5. グリーンで環境に優しい合金材料:

環境規制がますます厳しくなる中、環境への影響が少なく、リサイクルが容易で、RoHS および REACH 規則に準拠したタングステン合金リング材料の開発が重要な焦点となっています。新しい合金システムは、性能向上だけでなく、材料のライフサイクル管理と持続可能な開発にも重点を置いており、タングステン合金リング業界のグリーン変革を推進しています。

8.2 タングステン合金リングの高度な製造技術（添加剤 製造業等）

製造技術の継続的な革新に伴い、従来のタングステン合金リングの製造プロセスは革新的な変化を遂げています。特に、積層造形（3D プリント）、精密熱間等方圧成形、粉末射出成形といった先進的な製造技術は、タングステン合金リングの設計と製造にかつてない柔軟性と効率性をもたらしています。以下は、現在および将来のタングステン合金リング製造技術の主な発展方向と応用特性です。

1. タングステン合金リングへの積層造形技術の応用

付加製造技術、特に選択的レーザー溶融（SLM）や電子ビーム溶融（EBM）といった粉末床溶融技術は、複雑な幾何学形状のタングステン合金リングを直接成形することができ、従来の加工における材料の無駄とプロセスの複雑さを大幅に削減します。具体的な利点は以下のとおりです。

- **複雑な構造の一体成形:** 層ごとに積み重ねることで、従来のプロセスでは処理が困難だった複雑な内部チャンネル、多孔質構造、軽量設計を実現し、タングステン合金リングの機能統合を向上させます。
- **迅速な反復とカスタマイズされた生産:** 小ロット、多品種の生産ニーズに適応し、顧客のカスタマイズに基づいて迅速な設計変更と生産をサポートし、パーソナライズされた製造を実現します。
- **高い材料利用率:** タングステン合金粉末が直接形成されるため、廃棄物の発生と処理コストが大幅に削減され、明らかなグリーン製造効果が得られます。

しかし、タングステン合金粉末は融点、密度、熱伝導率が高いため、積層造形装置とプロセスには厳しい要求が課せられます。プロセスパラメータの最適化とその後の熱処理は、依然として研究の焦点となっています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. 精密熱間等方圧加圧（HIP）技術の最適化

熱間等方圧加圧（HIP）は、高温高压ガスの均一な作用によりタングステン合金リングの高密度化を実現し、内部の気孔や欠陥を排除することで、機械的特性と耐久性を大幅に向上させます。近年、HIP プロセスは粉末冶金技術および熱処理技術と組み合わせることで、タングステン合金リングの性能、特に高温耐久性と疲労寿命において継続的な飛躍的進歩を遂げています。

3. 粉末射出成形（PIM）技術の普及

粉末射出成形（PIM）は、粉末冶金とプラスチック射出成形（PIM）技術を組み合わせたもので、複雑で高精度なタングステン合金リングの製造に適しています。PIM は、高い成形効率、優れた表面品質、最小限の後処理工程などの利点があり、高級タングステン合金リングの大量生産に徐々に採用されつつあります。

4. 複合材料製造および多材料統合技術

将来、タングステン合金リングの製造は、多材料複合材の統合へと発展していくでしょう。積層造形と従来の機械加工を組み合わせることで、傾斜機能構造や表面改質コーティングを共同で製造することが可能になります。この複合製造技術は、タングステン合金リングに優れた総合性能をもたらし、航空宇宙、原子力、医療といった過酷な環境下での用途のニーズを満たすことができます。

5. インテリジェント製造とデジタルプロセス制御

インダストリー4.0 の進展に伴い、インテリジェント製造技術はセンサー監視、リアルタイムデータフィードバック、AI 最適化アルゴリズムを統合し、タングステン合金リングの製造プロセスにおける精密な制御と品質追跡を実現しています。また、デジタル設計およびシミュレーション技術は、新しいタングステン合金リングの開発サイクルとプロセス最適化を加速させています。

8.3 タングステン合金リングの回収・リサイクル技術

タングステン資源の希少性が高まるにつれ、環境規制も厳格化され、タングステン合金リングのリサイクルと再利用は、持続可能な資源利用と生産コストの削減における重要な鍵となっています。タングステン合金リングのリサイクルは、戦略的金属資源の保全に役立っただけでなく、環境汚染の低減とグリーン製造の発展にも貢献します。以下は、タングステン合金リングのリサイクルと再利用における主要な技術とトレンドです。

1. タングステン合金リングの回収の重要性

- タングステンは埋蔵量が限られており、分布も不均一な希少金属です。リサイクルと利用は、タングステン資源の供給圧力を効果的に緩和することができます。
- タングステン合金リングは一般的にタングステン元素を多く含んでいます。廃棄後にリサイクルされなければ、大量の貴金属が無駄になります。
- リサイクルは、タングステン合金の製造における鉱石採掘および製錬の環境負荷

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

を軽減するのに役立ち、持続可能な開発の概念にも合致しています。

2. タングステン合金リングの主なリサイクル方法

- **メカニカルリサイクルは、廃棄タングステン合金**
リングを切断、粉碎、その他の機械的方法で処理し、再利用可能なタングステン合金粒子または粉末を得るプロセスです。この方法は、構造が損なわれておらず、汚染が少ないタングステン合金リング廃棄物に適しています。
- **ケミカルリサイクルは、**
酸浸出やアルカリ溶融などの化学的手法を用いてタングステン合金リングからタングステン元素を溶解し、沈殿と精製プロセスを経て高純度のタングステン化合物または金属タングステンを得る方法です。この方法は複雑な混合廃棄物のリサイクルに適しており、不純物を効果的に除去できます。
- **熱処理リサイクルは、**
高温での製錬と焙焼によりタングステン合金リングからタングステンと合金元素を回収し、金属回収と合金再生を実現する方法です。この方法では、廃棄物の高純度化が求められ、大規模な設備投資が必要となります。

3. タングステン合金リング回収技術の課題

- タングステン合金リングには、ニッケルや鉄などの合金元素が含まれています。リサイクルプロセスでは、リサイクル材料の純度と性能を確保するために、タングステンを他の金属から効果的に分離する必要があります。
- スクラップのタングステン合金リングにはコーティング、不純物、汚染物質が含まれている場合があります、リサイクルプロセスの複雑さとコストが増加します。
- 二次汚染を避けるために、リサイクルプロセスの環境への影響を厳密に管理する必要があります。

4. 先進リサイクル技術の開発動向

- **グリーンリサイクルプロセスは**
、バイオリッチング技術などの低エネルギーで無害な化学リサイクル技術を推進し、有害な化学物質の使用を削減し、環境に優しいリサイクルを実現します。
- **高効率分離技術は**
、磁気分離、浮上分離、電気化学分離などの複数の技術を組み合わせ、タングステンおよび合金元素の分離効率と回収率を向上させます。
- **によって回収されたタングステン合金粉末は、積層造形や粉末射出成形などの高度な製造技術に直接使用することができ**
、材料の閉ループ利用を実現します。
- **インテリジェントリサイクル管理は**
、モノのインターネットとビッグデータ技術を使用して、廃棄タングステン合金リングのリサイクルプロセス全体の追跡、選別、品質管理を実現し、リサイクルシステムの科学的管理レベルを向上させます。

8.4 最先端技術におけるタングステン合金リングの潜在的用途

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

材料科学と高度な製造技術の継続的な進歩により、タングステン合金リングは、その優れた物理的・化学的特性により、多くの最先端科学技術分野において幅広い応用の可能性を示しています。以下では、いくつかの重要な科学技術分野におけるタングステン合金リングの潜在的な革新的な用途について考察します。

1. 高性能航空宇宙および深宇宙探知機器

タングステン合金リングは、高密度、高強度、優れた耐高温性を備えているため、宇宙船の慣性質量ブロック、姿勢制御用ウェイト、高温環境におけるシーリングおよび接続部品などに適しています。将来の深宇宙探査ミッションでは、極限環境への適応性がさらに高い材料が求められており、タングステン合金リングは宇宙船にとって重要な構造的および機能的サポートを提供できます。

2. 核融合と高性能原子力機器

核融合炉や先進的な原子力装置では、材料は強力な放射線、極度の温度、そして腐食環境に耐えなければなりません。優れた放射線遮蔽能力と熱安定性を備えたタングステン合金リングは、原子炉内の構造部品、遮蔽リング、中性子吸収体などに使用でき、核融合技術の制御された開発に貢献します。

3. 量子コンピューティングと高精度機器への応用

量子コンピュータや高精度計測機器では、電磁シールド、熱膨張係数、機械的安定性といった材料に対する要求が極めて高いです。タングステン合金リングは、低い熱膨張係数と優れた電磁シールド性能を備えており、量子デバイスのシールド構造や機械的支持部に最適な材料です。システムの安定性と計算精度を効果的に向上させます。

4. マイクロエレクトロニクスおよび半導体製造装置

タングステン合金リングは、高密度で安定したカウンターウェイトや、マイクロエレクトロニクス製造装置における高温・耐摩耗部品として使用され、精密な動作制御と長期にわたる安定した動作を支えています。さらに、タングステンの耐腐食性は主要部品の耐用年数を延ばし、生産ライン全体の効率向上にも寄与します。

5. 高性能医療機器および放射線治療システム

タングステン合金リングは、精密位置決め装置や放射線治療装置の放射線遮蔽リングに適しており、治療の安全性と精度を確保します。医療技術が低侵襲かつ精密な治療へと発展するにつれ、タングステン合金リングは医療機器においてより大きな役割を果たすようになるでしょう。

6. 新しいエネルギーとエネルギー貯蔵システム

水素エネルギー、燃料電池、先進的なエネルギー貯蔵システムにおいて、タングステン合金リングは構造強度部材や電磁シールド部品として使用され、システムの安全性と耐久性

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

を向上させます。また、耐高温性と耐腐食性にも優れており、新エネルギー設備の長期安定稼働を保証します。

7. 積層造形とインテリジェント製造装置

タングステン合金リングは、積層造形（3D プリント）装置の主要部品に適しており、複雑な部品の精密製造をサポートします。インテリジェント製造分野における材料への迅速な応答性と高性能の要求により、自動化装置におけるタングステン合金リングの幅広い応用が進んでいます。

CTIA GROUP LTD

High-Density Tungsten Alloy Customization Service

CTIA GROUP LTD, a customization expert in high-density tungsten alloy design and production with 30 years of experience.

Core advantages: 30 years of experience: deeply familiar with tungsten alloy production, mature technology.

Precision customization: support high density (17-19 g/cm³), special performance, complex structure, super large and very small parts design and production.

Quality cost: optimized design, optimal mold and processing mode, excellent cost performance.

Advanced capabilities: advanced production equipment, RMI, ISO 9001 certification.

100,000+ customers

Widely involved, covering aerospace, military industry, medical equipment, energy industry, sports and entertainment and other fields.

Service commitment

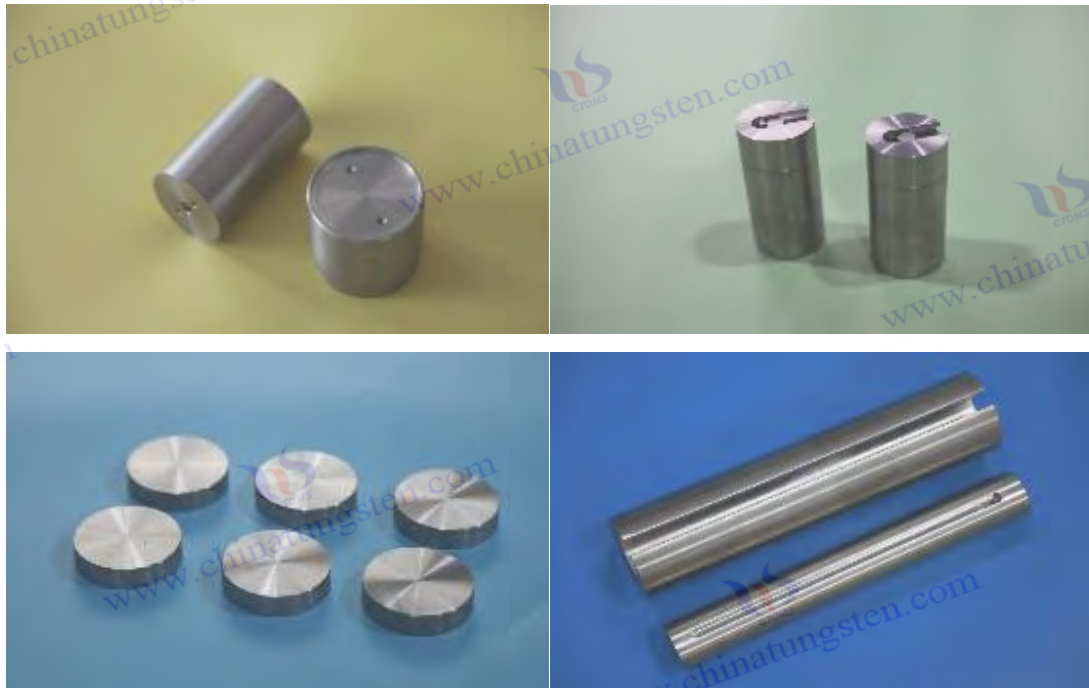
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: sales@chinatungsten.com

Tel: +86 592 5129696

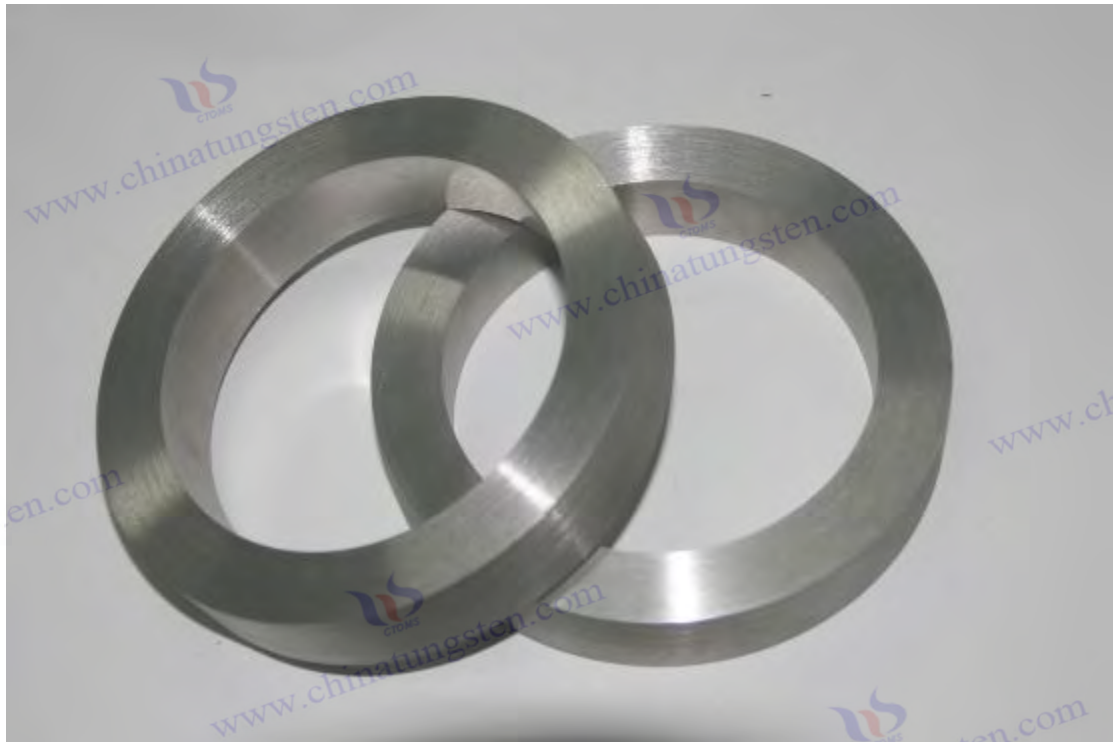
Official website: www.tungsten-alloy.com



COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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



付録

付録 1: タングステン合金リングの一般的な物理化学データ

この付録では、タングステン合金リングの設計、製造、応用で一般的に使用される物理的および化学的特性のデータをまとめており、エンジニア、技術者、研究者が材料の選択、プロセスの最適化、性能評価を容易にするために参考として利用できます。

パラメータカテゴリー	プロジェクト	典型的な値の範囲	述べる
物理的特性	密度 (g/cm ³)	17.0 – 18.8	タングステン含有量と合金組成に応じて
	割合	17.0 – 18.8	密度に相当する
	融点 (°C)	3422	タングステンの融点
	熱膨張係数 (×10 ⁻⁶ / K)	4.5~6.0	異なる合金システムにはわずかな違いがある
	熱伝導率 (W/ m· K)	100~150	合金組成によって異なる
	導電率 (% IACS)	5~15 歳	ニッケルと鉄含有量の影響
機械的特性	引張強度 (MPa)	500~900	合金比率と熱処理プロセスによって異なります
	降伏強度 (MPa)	300~700	
	破壊靱性 (MPa·m ^{1/2})	10~25 歳	
	硬度 (HV)	200~350	異なる材料とプロセスに応じて

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

化学組成	タングステン含有量（W、％）	85～98 歳	異なる合金の種類
	ニッケル含有量（Ni、％）	1～12	
	鉄含有量（Fe、％）	1～12	
	その他の合金元素	0～3	銅、モリブデンなど
	酸素含有量（O、ppm）	100 未満	脆さと機械的特性に影響する
	炭素含有量（C、ppm）	50 未満	
表面特性	さ（Ra, μm ）	0.1～1.0	加工技術に応じて
	表面コーティング厚さ（ μm ）	1～50	コーティングの種類に応じて

述べる:

- 上記のデータは代表値です。合金組成、製造プロセス、熱処理、使用環境などの要因によって性能は変動します。
- 物理的な性能パラメータは室温条件に適用され、実際の使用環境に応じて調整する必要があります。
- 化学組成中の不純物含有量はタングステン合金リングの性能に大きな影響を与えるため、厳密に管理する必要があります。
- 表面特性パラメータは主に加工またはコーティング後の状態を指し、耐用年数や機能性能に影響します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

付録 2: タングステン合金リングの国際規格比較表

リングに関連する主要な国際規格をまとめ、材料仕様、性能試験、品質管理、アプリケーション仕様を網羅し、技術者と品質管理担当者の参考として提供します。

標準システム	規格番号	標準名（中国語）	標準名（英語）	適用範囲と内容の簡単な説明
中国国家規格（GB）	GB/T 1234-xxxx	タングステン合金材料の技術要件	タングステン合金材料の技術的条件	タングステン合金リングおよび関連製品
	GB/T 5678-xxxx	タングステン合金リングの機械的特性試験方法	タングステン合金リングの機械的特性試験方法	タングステン合金リングの機械的性質の試験規格
アメリカ材料試験協会（ASTM）	ASTM B777-xxxx	タングステン合金材料仕様	タングステン合金材料の標準規格	タングステン合金リングの組成、特性および製造工程の規格
	ASTM E8/E8M-xxxx	金属材料の引張試験規格	金属材料の引張試験のための標準試験方法	タングステン合金リング引張特性試験方法
米国軍事規格（MIL）	MIL-DTL-xxxx	軍用タングステン合金リングの技術要件	タングステン合金リングの軍事詳細仕様	タングステン合金リング軍事製品の性能と品質要件
国際標準化機構（ISO）	ISO 11945:xxxx	タングステン合金材料の一般技術仕様	タングステン合金材料 - 一般技術仕様	国際的に認められたタングステン合金材料の仕様
	ISO 6507-1:xxxx	ピッカース硬さ試験方法	金属材料 - ピッカース硬さ試験 - パート 1	タングステン合金リングの硬度試験の標準方法
欧州規格（EN）	EN 12502-xxxx	タングステン合金材料の特性と試験	タングステン合金の性能と試験	EU における合金リングの性能試験および品質管理仕様
環境コンプライアンス基準	RoHS 指令 2011/65/EU	有害物質の使用制限に関する指令	有害物質制限指令	タングステン合金リングと環境コンプライアンス要件
	REACH 規則（EC）No.1907/2006	登録、評価、認可および制限（REC）	化学物質の登録、評価、認可および制限に関する規制	タングステン合金リング材料における化学物質の適合要件

述べる:

- 規格番号の「xxxx」はバージョンや年が異なります。実際の適用にあたっては最新バージョンをご確認ください。
- タングステン合金リングに対する標準要件は国や地域によって異なります。具体的なプロジェクトは、対象市場に基づいて選択する必要があります。
- 一部の規格は性能試験に重点を置っていますが、他の規格は材料の化学組成と環境コンプライアンスに重点を置いており、両方を組み合わせて適用する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ります。

- 企業は、実際の生産と応用のニーズに基づいて、国際基準と国内基準を満たす品質管理システムを確立する必要があります。

付録 III：タングステン合金リング用語集と英語略語

この付録では、タングステン合金リングの分野でよく使用される用語とそれに対応する英語表現、および関連する略語の説明をまとめ、技術者、研究開発担当者、管理者間の理解とコミュニケーションを促進します。

中国語の用語	英語の用語	略語	説明
タングステン合金リング	タングステン合金リング	—	タングステン系合金材料で作られた環状構造部品は、ハイエンド分野で広く使用されています。
粉末冶金	粉末冶金	首相	粉末プレスと焼結のプロセスを通じて金属材料を製造する技術。
焼結	焼結	—	粉末粒子を高温で結合して高密度の固体を形成するプロセス。
微細構造	微細構造	—	顕微鏡で観察される物質の内部構造特性。
密度	密度/コンパクトさ	—	材料の密度は、その機械的特性と物理的特性に影響を与えます。
抗張力	抗張力	TS	材料が引張破壊に抵抗する最大応力。
降伏強度	降伏強度	ワイエス	材料が塑性変形し始める応力値。
破壊靱性	破壊靱性	—	ひび割れの成長に抵抗する材料の能力。
硬度	硬度	—	局所的な変形や傷に対する耐性は、通常、ビッカース硬度 (HV) で表されます。
粒度	粒度	—	材料の微細構造における粒子のサイズは、材料特性に影響を与えます。
真空包装	真空包装	—	材料は酸化や汚染を防ぐために真空状態で包装されます。
積層造形	積層造形	午前	3D プリントなど、材料を層ごとに積み上げて部品を作成する技術。
表面粗さ	表面粗さ	—	物質の表面における微細な波動の度合い。
超音波検査	超音波検査	ユタ州	超音波を使用して材料の内部欠陥を検出する非破壊検査方法。
X線検査	X線検査	XRT	X線を使用して材料の非破壊検査を実行し、内部の欠陥を検出します。
誘導結合プラズマ質量分析法	誘導結合プラズマ質量分析法	ICP-MS	物質中の微量元素組成を検出するために使用される分析技術。
電子顕微鏡	電子顕微鏡	EM	材料の微細構造を観察するための高解像度顕微鏡。
RoHS 指令	有害物質制限指令	RoHS	有害物質の使用制限に関する EU 環境規制。
REACH 規則	化学物質の登録、評価、認可および制限	到着	EU の化学物質の登録、評価、認可および制限に関する規制。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

ビッカース 硬度	ビッカース硬度	HV	金属の硬度を測定するために一般的に使用される方法。
粉末粒子	粉末粒子	—	タングステン合金リングの製造に使用される原料粒子の 粒度分布は、完成品の品質に影響します。
マイクロア ロイ	マイクロアロイ	—	マトリックスに微量の合金元素を添加して性能を向上さ せる技術。
ナノ粒子強 化	ナノ粒子強化	—	ナノ粒子の分散により材料の機械的特性を改善する技術。
同軸度	同心	—	タングステン合金リングの内径と外径の同心度はフィッ ティング精度に影響します。
防錆コーテ ィング	防錆コーティング	—	物質の表面を化学腐食から保護するコーティング。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT