

タングステン合金ウェイトとは

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促進に尽力しています。CHINATUNGSTEN ONLINE は、1997 年に www.chinatungsten.com（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）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

目次

第 1 章 タングステン合金分銅の基礎知識

- 1.1 タングステン合金分銅の定義と分類
 - 1.1.1 タングステン合金の重量の定義
 - 1.1.2 タングステン合金分銅の精度等級による分類
 - 1.1.3 用途別タングステン合金重量の分類
- 1.2 タングステン基合金の組成システムと特性の基礎
 - 1.2.1 タングステン合金分銅の組成
 - 1.2.2 タングステン合金分銅の基本特性に対する組成の影響
 - 1.2.3 タングステン合金錘の一般的な成形プロセスの特性の違い
- 1.3 分銅と計量伝達システムの精度等級
 - 1.3.1 タングステン合金分銅の国内および国際精度規格の比較
 - 1.3.2 タングステン合金重量の値を転送する基本的なプロセス
 - 1.3.3 異なるグレードのタングステン合金重量の転送要件

第 2 章 タングステン合金分銅の基本特性

- 2.1 タングステン合金分銅の密度と体積特性
 - 2.1.1 高密度タングステン合金錘のパラメータ範囲
 - 2.1.2 タングステン合金製ウェイトの利点：小型で高重量容量
 - 2.1.3 タングステン合金分銅の体積と重量のマッチング比特性
- 2.2 タングステン合金分銅の機械的特性と耐久性
 - 2.2.1 タングステン合金錘の高硬度の発現
 - 2.2.2 タングステン合金錘の高強度
 - 2.2.3 タングステン合金錘の長期耐摩耗性
 - 2.2.4 タングステン合金分銅の耐腐食性に対する環境適応性
- 2.3 タングステン合金分銅の計量安定性特性
 - 2.3.1 タングステン合金分銅の質量値の長期安定性に寄与する要因
 - 2.3.2 タングステン合金分銅の測定精度に対する表面状態の影響
 - 2.3.3 磁気干渉に対するタングステン合金分銅の計量保証特性
- 2.4 タングステン合金分銅の環境特性と安全特性
 - 2.4.1 タングステン合金分銅の環境特性
 - 2.4.2 タングステン合金重り製造プロセスの低公害特性
 - 2.4.3 廃棄後の処理が容易なタングステン合金製分銅の環境に優しい特性
- 2.5 タングステン合金錘の適応特性
 - 2.5.1 タングステン合金錘の多様な環境への適応性
 - 2.5.2 タングステン合金製分銅の複数のデバイスとの互換性
 - 2.5.3 タングステン合金分銅の多様な産業への応用と適応性
- 2.6 CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト MSDS

第 3 章 タングステン合金分銅の試験基準

- 3.1 タングステン合金分銅の密度と体積安定性試験

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 3.1.1 タングステン合金分銅の密度試験の標準方法
- 3.1.2 タングステン合金分銅の体積安定性試験プロセス
- 3.2 タングステン合金分銅の機械的特性と耐久性試験
 - 3.2.1 タングステン合金分銅の硬度試験方法
 - 3.2.1 タングステン合金分銅の強度試験方法
 - 3.2.2 タングステン合金錘の耐摩耗性試験方法
 - 3.2.3 タングステン合金分銅の耐食性を評価するための標準プロセス
- 3.3 タングステン合金分銅の計量性能安定性の試験
 - 3.3.1 タングステン合金分銅の質量値の安定性のための標準モニタリングサイクル
 - 3.3.2 タングステン合金重量表面状態の検出方法
 - 3.3.3 タングステン合金分銅の磁気干渉検出方法
- 3.4 タングステン合金分銅の環境試験
 - 3.4.1 タングステン合金分銅の環境試験方法
 - 3.4.2 タングステン合金重量生産における環境保護指標の試験仕様
 - 3.4.3 廃棄タングステン合金分銅の処分に関する適合試験要件

第4章 タングステン合金分銅の産業応用と技術応用

- 4.1 計測と校正におけるタングステン合金分銅の応用と適応
 - 4.1.1 電子天秤校正用タングステン合金分銅の適合性要件
 - 4.1.2 プラットフォームスケール、フロアスケール、その他の計量機器の校正に使用されるタングステン合金分銅の精度マッチング
 - 4.1.3 動的計量機器の校正におけるタングステン合金分銅の安定性の適応
- 4.2 精密製造におけるタングステン合金分銅の応用と適応
 - 4.2.1 自動車部品計量におけるタングステン合金分銅の精度適合
 - 4.2.2 半導体ウェーハ用タングステン合金錘の小型化への応用
 - 4.2.3 チップ支持用タングステン合金ウェイトの小型化
 - 4.2.4 自動化生産ラインにおけるオンライン計量モジュール用タングステン合金分銅の適合性と適応性
- 4.3 特殊環境用途におけるタングステン合金分銅の適応
 - 4.3.1 高温環境におけるタングステン合金分銅の耐熱性
 - 4.3.2 放射線防護設計と放射線環境へのタングステン合金重りの適応
 - 4.3.3 深海環境用タングステン合金錘の耐圧シールの適応
 - 4.3.4 湿潤/腐食環境での使用に向けたタングステン合金製分銅の耐腐食性適合
- 4.4 貿易決済におけるタングステン合金分銅の応用と適応
 - 4.4.1 輸入・輸出商品計量におけるタングステン合金分銅の適合性と適応性
 - 4.4.2 貴金属取引計量用タングステン合金分銅
 - 4.4.3 工業原料沈殿用タングステン合金分銅の安定性適応
- 4.5 科学研究実験におけるタングステン合金分銅の応用と適応
 - 4.5.1 材料力学実験で使用されるタングステン合金分銅の標準重量の適応
 - 4.5.2 天体物理学実験におけるタングステン合金分銅の高精度応用
 - 4.5.3 環境シミュレーション実験におけるタングステン合金錘の安定性適応

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 4.6 医療機器におけるタングステン合金分銅の応用と適応
 - 4.6.1 医療用秤の校正におけるタングステン合金分銅の衛生的適応
 - 4.6.2 放射線治療装置のカウンターウェイトとして使用されるタングステン合金ウェイトの放射線防護
 - 4.6.3 精密医療機器部品におけるタングステン合金分銅の微小応用

第5章 タングステン合金分銅の選択、校正およびライフサイクル管理

- 5.1 タングステン合金錘の選択に関する技術ガイドライン
 - 5.1.1 計量範囲に基づくタングステン合金の分銅選択の原則
 - 5.1.2 環境条件に基づくタングステン合金重量選択の考慮事項
 - 5.1.3 精度要件に基づくタングステン合金重量の選択
- 5.2 タングステン合金分銅の検証と校正プロセス
 - 5.2.1 タングステン合金分銅の検定に必要な基本項目と要件
 - 5.2.2 タングステン合金分銅の校正周期設定の基準
 - 5.2.3 不適格タングステン合金分銅の処理手順
- 5.3 タングステン合金分銅の日常メンテナンスと故障判定
 - 5.3.1 タングステン合金分銅の洗浄および保管仕様
 - 5.3.2 タングステン合金製分銅の一般的な損傷の特定
 - 5.3.3 タングステン合金分銅の破損判定に関する技術基準
- 5.4 タングステン合金分銅のトレーサビリティシステム
 - 5.4.1 タングステン合金重量トレーサビリティの階層分類
 - 5.4.2 タングステン合金重量のトレーサビリティ記録の管理要件
 - 5.4.3 タングステン合金重量の地域間トレーサビリティのための協力メカニズム

第6章 タングステン合金の重量の基礎知識と横比較

- 6.1 タングステン合金分銅の基礎知識
 - 6.1.1 タングステン合金製ウェイトの使用に関するよくある誤解とその回避方法
 - 6.1.2 タングステン合金分銅の日常保管および取り扱いに関する注意事項
 - 6.1.3 タングステン合金の重量精度低下の一般的な原因と予防策
- 6.2 鋳鉄製ウェイトの性能比較
 - 6.2.1 タングステン合金製分銅と鋳鉄製分銅の密度比較
 - 6.2.2 鋳鉄製分銅の体積比較
 - 6.2.3 鋳鉄製分銅の耐荷重性の比較
 - 6.2.4 鋳鉄製分銅の耐摩耗性の比較
 - 6.2.5 鋳鉄分銅の耐食性の比較
 - 6.2.6 鋳鉄製分銅の耐用年数の比較
 - 6.2.7 鋳鉄分銅の測定精度と安定性の比較
 - 6.2.8 鋳鉄分銅の環境適応性の比較
- 6.3 ステンレス鋼製分銅の性能比較
 - 6.3.1 ステンレス鋼製分銅の材料費と費用対効果の比較
 - 6.3.2 ステンレス鋼分銅の反磁性の比較
 - 6.3.3 ステンレス鋼製分銅の耐衝撃性の比較

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

6.3.4 ステンレス鋼分銅の応用シナリオと産業適応性の比較

6.4 タングステン合金分銅と鉛合金分銅の性能比較

6.4.1 タングステン合金分銅と鉛合金分銅の環境性能の比較

6.4.2 タングステン合金と鉛合金の分銅の密度均一性と測定安定性の比較

6.4.3 タングステン合金と鉛合金の重量の廃棄コストと環境影響の比較

付録

付録 1 中国タングステン合金重量規格

付録 2 国際タングステン合金重量規格

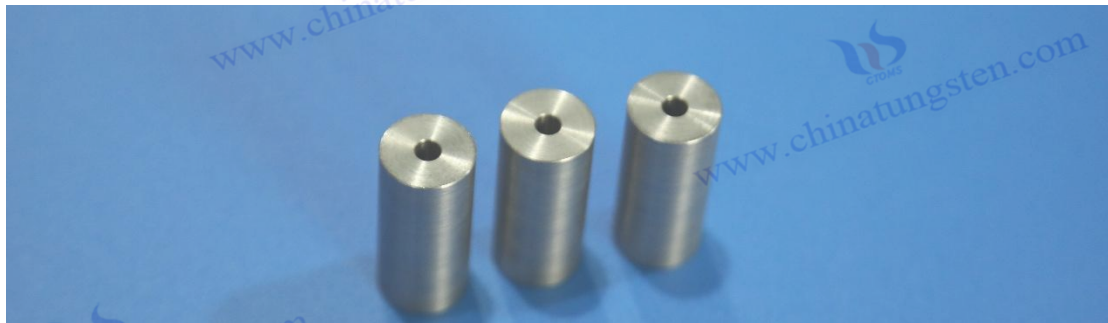
付録 3 ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国およびその他の国におけるタングステン合金の重量規格

付録 4 タングステン合金分銅の材料用語

付録 5 タングステン合金分銅の技術用語

付録 6 タングステン合金分銅の性能条件

付録 7 タングステン合金分銅の適用条件



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト

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

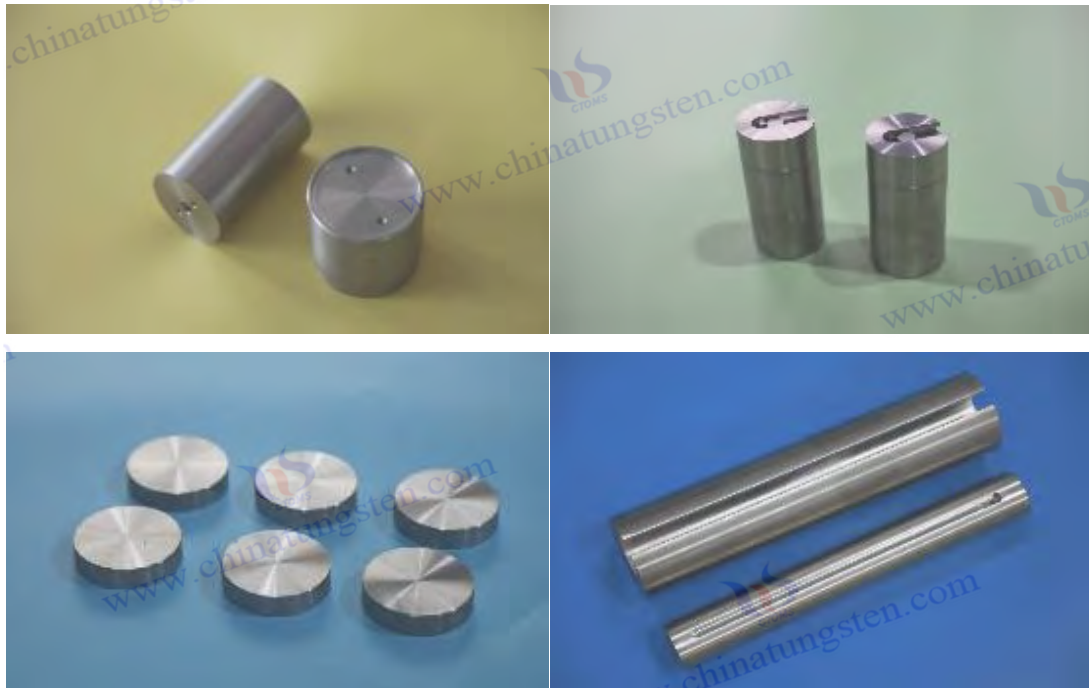
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

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

第 1 章 タングステン合金分銅の基礎知識

タングステン合金製の分銅は、多くの分野で重要な役割を果たしています。その独特な物理的・化学的特性により、産業、科学研究、商業用途において非常に好まれています。

1.1 タングステン合金分銅の定義と分類

タングステン合金分銅は、主にタングステンを原料とし、他の金属元素（ニッケル、鉄、銅など）と組み合わせた標準質量計です。天秤や秤の校正に使用され、測定結果の精度と信頼性を確保します。高い密度、耐腐食性、機械的強度により、精密測定において大きな利点があります。タングステン合金分銅は、用途、精度レベル、形状に基づいて様々なカテゴリーに分類されており、多様な測定ニーズに対応します。

1.1.1 タングステン合金の重量の定義

タングステン合金分銅は、組成、機能、用途という 3 つの観点から理解することができます。まず、材料組成の観点から見ると、タングステン合金分銅は、主にタングステン（通常 90% 以上）を主成分とする合金製品であり、加工性と機械的強度を高めるためにニッケル、鉄、銅などの元素が添加されています。タングステンは高密度（約 19.25 g/cm^3 ）であるため、小さな体積で大きな質量を実現できます。これは、ステンレス鋼や真鍮などの他の金属分銅とは異なる重要な特性です。また、タングステン合金は化学的に安定しているため、長期使用においても酸化や腐食に強く、安定した品質を保証します。

機能面から見ると、タングステン合金製分銅は、計量機器の校正および品質検証に使用される標準化された機器です。計量学においては、校正プロセスにおける信頼性を確保するために、分銅の品質は国際規格または国家規格（OIML 規格や JJG 規格など）に準拠する必要があります。タングステン合金製分銅は高密度で体積が小さいため、実験室用分析天びんや微量天びんなど、高精度が求められる小型天びんの校正に特に適しています。さらに、タングステン合金製分銅は優れた耐摩耗性を備えており、頻繁な使用においても表面仕上げと質量安定性を維持し、摩耗による誤差を低減します。

用途の観点から見ると、タングステン合金分銅は、研究室、工業生産、そして商業計量において広く使用されています。例えば、製薬業界では、タングステン合金分銅は高精度秤の校正に使用され、薬剤処方精度を確保しています。宝飾業界では、その高精度特性が貴金属計量のニーズを満たしています。また、科学研究では、タングステン合金分銅は高精度実験のための信頼性の高い質量基準を提供しています。タングステン合金分銅の用語定義は、物理的特性にとどまらず、標準化された計量システムにおける機能的役割をも包含しており、現代の計量技術に不可欠な要素となっています。

タングステン合金分銅は、製造工程と標準化要件を考慮することで、さらに明確に定義できます。製造工程では、タングステン合金分銅は通常、粉末冶金法を用いて製造されます。粉

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

末冶金法では、タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、圧縮成形した後、高温焼結と精密機械加工を行います。この工程により、分銅の高密度と均一性が確保され、研磨と表面処理によって耐腐食性と美観がさらに向上します。標準化に関しては、タングステン合金分銅は、OIML R111 規格の E1、E2、F1 等級など、国際計量標準機関の精度等級要件を満たす必要があります。各等級は、異なる誤差範囲と使用シナリオに対応しています。

タングステン合金分銅の用語と定義は静的なものではなく、材料科学と計測技術の進歩とともに常に進化していることに留意することが重要です。例えば、新しいタングステン系合金の開発により、分銅の性能がさらに向上し、密度の向上や環境干渉への耐性が向上する可能性があります。将来的には、タングステン合金分銅の定義に、リアルタイム品質監視のための埋め込みセンサーなどのインテリジェント要素が組み込まれる可能性もあります。つまり、タングステン合金分銅の用語と定義は多次元的であり、材料、機能、用途、標準化といった側面を網羅しており、現代の計測技術における重要な位置づけの基盤を築いています。

タングステン合金分銅の分類

タングステン合金分銅は、精度グレード、形状、目的、製造プロセスなど、さまざまな観点から分類できます。

精度等級に

分類されています。E1 等級の分銅は最高の精度を誇り、分析化学実験における微量計量など、高精度な実験室用天秤の校正に適しています。E2 および F1 等級は、一般的な実験室および産業用途に適しています。F2 および M1 等級は、商業および産業現場での日常的な測定によく使用されます。各精度等級の分銅には、材料の純度、加工精度、校正に関する厳格な製造要件があり、質量公差が許容範囲内に収まるようにしています。

は、使いやすさや適用シナリオに直接影響します。一般的な形状には、円筒形、シート形、ブロック形、フック形などがあります。円筒形の分銅は構造が簡単で積み重ねやすいため、実験室の天秤の校正によく使用されます。シート形の分銅は小型で持ち運びが簡単のため、微量天秤の校正に適しています。ブロック形の分銅は大型の工業用はかりの校正に適しており、フック形の分銅は吊り下げ式はかりでよく使用され、動的計量での使用に便利です。さまざまな形状の分銅を設計する際には、特定のシナリオのニーズを満たすために、重心の安定性、表面仕上げ、操作のしやすさを考慮する必要があります。

用途によって、

実験室用分銅、工業用分銅、業務用分銅に分類されます。実験室用分銅は高い精度と安定性が求められ、化学、物理、生物学実験における天秤の校正に広く使用されます。工業用分銅は耐久性と広い計量範囲を優先するため、生産ラインでの重量試験に適しています。業務用分銅は、携帯性と手頃な価格を重視し、市場、貿易、宝石の計量など、様々な分野で広く使用されています。さらに、航空宇宙用途の校正用分銅など、特定の特殊なタングステン合金製分銅には、振動や温度変動に対する耐性がさらに求められる場合があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

主流の

製造方法には、粉末冶金、精密鑄造、CNC 加工などがあります。粉末冶金は最も一般的に使用されるプロセスであり、高密度と均一性を実現できるため、高精度の分銅の製造に適しています。精密鑄造は比較的低コストで大型の分銅を製造するのに適しており、CNC 加工は複雑な形状やカスタマイズされた分銅の製造に使用されます。さらに、表面処理プロセス（電気メッキ、研磨、コーティングなど）も分銅の分類に影響を与えます。例えば、ニッケルメッキされたタングステン合金分銅は耐食性が高く、湿気の多い環境での使用に適しています。

1.1.2 タングステン合金分銅の精度等級による分類

タングステン合金製分銅は、国際計量標準規格に基づく精度等級に分類され、様々な用途の計量精度要件を満たすように設計されています。これらの精度等級は、主に分銅の質量許容差、製造工程、および校正要件によって決定されます。これらの等級は、高精度な実験室から日常的な商業計量まで、幅広い用途に適しています。

タングステン合金製の分銅は、通常、E1、E2、F1、F2、M1 のグレードに分類され、それぞれ異なる質量許容差と使用シナリオに対応しています。E1 グレードの分銅は最も精度が高く、質量許容差が非常に狭いため、高精度分析天秤の校正に適しています。例えば、化学実験室では、E1 グレードの分銅は微量天秤の校正によく使用され、医薬品製剤や化学試薬の計量誤差をマイクログラムレベルに制御しています。これらの分銅の製造プロセスは非常に厳格で、高純度タングステン合金の使用、精密機械加工、そして絶対的な質量精度を確保するために複数回の校正が必要です。E1 グレードの分銅の表面は、通常、表面の欠陥による質量偏差を低減するために高度に研磨されています。

E2 グレードの分銅の精度は E1 グレードよりわずかに劣りますが、それでもほとんどの高精度実験室のシナリオに適しています。たとえば、生物学実験では、E2 グレードの分銅を使用して分析天秤を校正し、サンプル計量の信頼性を確保できます。E2 グレードの分銅は E1 グレードより製造コストがわずかに低くなりますが、材料の選択、加工精度、環境適応性試験など、厳格な品質管理が必要です。F1 グレードの分銅は、物理実験や工業生産における品質検査など、一般的な実験室や産業シナリオに適しています。F1 グレードの分銅は許容範囲がわずかに緩いですが、高密度と安定性により、ほとんどの高精度測定のニーズを満たすことができます。

F2 および M1 の分銅は精度要件が比較的低く、商業用途および一般産業用途に適しています。例えば、食品加工業界では、F2 分銅は生産ラインの電子秤の校正に使用され、製品の包装が重量基準を満たしていることを確認します。M1 分銅は、ファーマーズマーケットなど、市場の秤の校正によく使用されます。F2 および M1 分銅は、製造時の材料純度と加工精度に対する要件が比較的低いため、コスト効率に優れています。しかし、耐久性と安定性は、真鍮や鋳鉄などの他の材料で作られた分銅よりも優れています。

タングステン合金分銅は、用途に応じて異なる精度グレードのものを選択する必要があります。例えば、極めて高い精度が求められる用途では E1 または E2 グレードの分銅が適してお

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

り、コスト重視の商用用途では F2 または M1 グレードの分銅が有利です。さらに、タングステン合金分銅の精度グレードは、校正頻度や動作環境と密接に関連しています。高精度分銅（E1 や E2 など）は通常、品質の一貫性を確保するために定期的な検査が必要ですが、低精度分銅（M1 など）では耐久性と長期安定性が優先されます。

技術的な観点から見ると、タングステン合金製分銅の精度グレードは、その材料特性と製造プロセスに密接に関連しています。タングステン合金は高密度で熱膨張係数が低いため、温度や湿度の環境変化に関わらず安定した品質を維持できます。これは高精度分銅にとって特に重要です。さらに、製造工程で使用される粉末冶金技術や表面処理プロセス（電気めっきや研磨など）も、分銅の精度グレードに直接影響を与えます。例えば、E1 グレードの分銅は通常、滑らかな表面仕上げを実現するために複数回の研磨工程を必要としますが、M1 グレードの分銅では基本的な表面処理のみで済む場合があります。

1.1.3 用途別タングステン合金重量の分類

タングステン合金製分銅は、様々な業界や分野における実用性に基づき、応用シナリオによって分類されます。主な用途は、研究室、工業、商業の 3 つです。この分類は、分銅の機能の違いだけでなく、材料の選択、設計、製造プロセスの多様性も反映しています。以下では、研究室、工業、商業の 3 つの視点から、タングステン合金製分銅の応用シナリオと特性について考察します。

実験室では、タングステン合金の分銅は主に高精度分析天秤や微量天秤の校正に使用され、化学、生物学、物理学などの分野の実験で広く使用されています。たとえば、製薬研究室では、タングステン合金の分銅を使用して天秤を校正し、薬物製剤の精度を確保しています。材料科学では、分銅を使用して材料の品質特性をテストしています。実験室用のタングステン合金の分銅は、通常、高精度グレード（E1 または E2 など）です。高密度であるため、小さな容積で大きな質量を実現でき、限られたスペースでの操作が容易です。さらに、環境要因による質量偏差を回避するために、実験室の分銅には高い表面仕上げと耐腐食性が求められます。タングステン合金の分銅には、実験室での磁化率が低いという利点もあり、天秤の校正に対する磁場干渉の影響を効果的に低減します。

産業シナリオでは、タングステン合金の分銅は主に生産ラインのスケールや試験装置の校正に使用され、製造、食品加工、化学製造などの分野に適しています。たとえば、自動車製造では、タングステン合金の分銅を使用して部品の重量試験装置を校正し、製品の品質が基準を満たしていることを確認します。食品業界では、分銅を使用して包装ラインの計量システムを校正し、製品重量の精度を確保します。工業用タングステン合金の分銅は通常、さまざまなサイズのスケールの校正ニーズに対応するために、広い質量範囲（たとえば、数グラムから数キログラム）を備えています。さらに、産業シナリオでは、分銅に高い耐久性と耐磨耗性が求められます。タングステン合金の優れた機械的特性により、頻繁な使用や過酷な環境でも安定した状態を維持できます。形状設計の面では、工業用分銅はほとんどがブロック形状またはフック形状で、大型機器での操作が容易です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

商業用途では、タングステン合金の分銅は主に、電子秤や台秤など、市場で取引される計量機器の校正に使用されます。小売、宝石業界、物流の分野で広く使用されています。たとえば、宝石市場では、貴金属の正確な計量を確保するために、高精度スケールを校正するためにタングステン合金の分銅が使用されています。また、ファーマーズマーケットでは、日常の取引で使用される計量機器の校正に分銅が使用されています。商業用のタングステン合金の分銅は、通常、携帯性と手頃な価格を重視した F2 または M1 の精度評価を持っています。持ち運びや保管しやすいように、シート状または小型の円筒形設計にするなど、使いやすさを重視した設計になっています。さらに、商業用の分銅は、市場環境に存在する可能性のある湿度、ほこり、その他の条件に耐えるために、環境干渉に対してある程度の耐性を示さなければなりません。

タングステン合金製分銅は、用途に応じて設計と製造の重点が異なります。例えば、実験室用分銅は精度と表面仕上げを重視し、工業用分銅は耐久性と幅広い計量範囲を重視し、業務用分銅はコストと携帯性を重視します。さらに、特定の特殊な用途では、カスタマイズされたタングステン合金製分銅が必要になる場合があります。例えば、航空宇宙分野では分銅にさらなる耐振動性が求められる場合があり、海洋工学分野では分銅に特殊な耐腐食コーティングが必要な場合があります。こうしたカスタマイズされた要件により、タングステン合金製分銅の用途はさらに広がります。

開発動向を見ると、タングステン合金製分銅の応用シナリオは、インテリジェント技術の導入によりさらに拡大する可能性が高い。例えば、将来の分銅にはセンサーが組み込まれ、リアルタイムの品質監視が可能になったり、スマートバランスシステムと統合して校正効率が向上したりする可能性がある。こうしたインテリジェント化のトレンドは、タングステン合金製分銅の応用シナリオに新たな可能性をもたらすと同時に、材料と製造プロセスへの要求も高まるだろう。

1.2 タングステン基合金の組成システムと特性の基礎

タングステン基合金は、主にタングステンとその他の金属元素または非金属元素からなる複合材料です。その組成は、分銅の物理的特性、化学的安定性、および適用範囲を直接決定します。タングステン合金分銅は、高い密度、耐腐食性、そして機械的強度を備えており、高精度計測ツールに最適です。

1.2.1 タングステン合金分銅の組成

タングステン合金分銅は主にタングステン (W) で構成されており、通常、合金の質量の 90% 以上を占めます。ニッケル (Ni)、鉄 (Fe)、銅 (Cu)、コバルト (Co) などの他の金属元素が安定した合金系を形成します。これらの補助元素の選択と割合は、合金の性能に大きな影響を与えます。

タングステンはタングステン合金分銅の中核部品です。その高い密度 (約 19.25 g/cm^3) は、コンパクトなサイズでありながら高い質量を実現する鍵となります。タングステンは融点 (約

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

3422°C）が高く、化学的に安定しているため、様々な条件下でも質量の安定性を確保できます。これは、長期使用が求められる計測機器にとって特に重要です。さらに、タングステンは硬度が高いため、頻繁な使用による摩耗が少なく、分銅の寿命を延ばします。タングステン含有量が多いことで高密度が確保され、実験室および産業用途において、高精度かつコンパクトな分銅の要求を満たすことができます。

補助元素の選択は、タングステン合金製分銅の組成において重要な役割を果たします。ニッケルは、合金の加工性と靱性を向上させるため、最も一般的に使用される補助元素の一つです。ニッケルを添加すると、粉末冶金工程におけるタングステン合金の成形が容易になり、分銅の表面仕上げが向上し、その後の研磨が容易になります。鉄は、合金の機械的強度をさらに高めながら製造コストを削減するために、ニッケルと組み合わせて使用されることがよくあります。銅は、優れた延性と導電性を有するため、一部のタングステン合金配合において結合剤として使用され、合金の加工性を向上させることができます。コバルトは、高強度が求められる一部の分銅に使用され、合金の耐摩耗性と耐衝撃性を向上させます。

タングステン合金の分銅は、特定の用途要件に基づいて調整されることがよくあります。例えば、高精度の実験室用分銅に使用されるタングステン合金は、密度と安定性を最大限に高めるために、タングステンの割合を高く（95%以上）することがあります。一方、工業用または商業用の分銅では、性能とコストのバランスをとるために、ニッケルまたは銅の割合が高くなっている場合があります。さらに、特殊な用途向けのタングステン合金分銅には、耐腐食性や高温性能をさらに向上させるために、モリブデン（Mo）やクロム（Cr）などの微量元素が含まれている場合があります。これらの微量元素の添加は、分銅の質量精度に影響を与えないことを保証するために、厳格な試験を受けます。

タングステン合金製の分銅は、通常、粉末冶金法を用いて製造されます。この工程では、高純度のタングステン粉末を他の金属粉末と適切な割合で混合します。その後、圧縮、高温焼結、精密機械加工を経て最終製品が成形されます。焼結工程では、ニッケルや銅などの補助元素がバインダーとして作用し、タングステン粒子が均一な微細構造を形成するのを助け、合金の密度と強度を高めます。表面処理（研磨や電気めっきなど）も、組成にとって非常に重要です。例えば、ニッケルめっきは分銅の耐腐食性をさらに高め、湿気や化学薬品を含む環境における耐用年数を延ばします。

タングステン合金製の分銅は、環境適応性も考慮する必要があります。例えば、湿度の高い環境や酸性環境などでは、耐腐食性を高めるためにニッケルや銅の含有量を増やす必要がある場合があります。また、高温環境では、モリブデンなどの元素を添加することで熱安定性を向上させることができます。これらの組成調整は、製造工程において精密な管理を必要とし、分銅が国際計量標準（OIML R111 など）の精度要件を満たすようにする必要があります。

1.2.2 タングステン合金錘の基本特性に対する組成の影響

タングステン合金の分銅は、密度、機械的強度、耐食性、安定性といった基本的な特性に直

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

接的かつ大きな影響を与えます。様々な元素の選択と配合によって、分銅の物理的・化学的特性は大きく変化し、特定の用途への適合性が決まります。

密度: 密度はタングステン合金分銅の最も重要な特性の 1 つであり、小さな体積で大きな質量を実現する能力を直接決定します。タングステンの高い密度 (約 19.25 g/cm^3) がこの高密度の主な原因であり、ステンレス鋼 (約 7.9 g/cm^3) や真鍮 (約 8.5 g/cm^3) よりも大幅に高くなっています。タングステン含有量を調整することで、合金の密度を正確に制御できます。たとえば、タングステンが 95% 以上含まれる合金の密度は純粋なタングステンに近いので、高精度の研究室用分銅に適しています。タングステンが 80%~90% 含まれる合金の密度は若干低くなりますが、コストが低いため、工業用または商業用に適しています。ニッケルや銅などの補助元素の密度は低くなります (それぞれ 8.9 g/cm^3 と 8.96 g/cm^3)。それらの比率を増やすと合金の全体的な密度がわずかに低下するため、密度とコストのバランスを取ることが必要になります。

機械的強度と靱性: タングステン自体は硬度が高いものの、脆く、加工時や使用時に割れやすいという欠点があります。ニッケルや鉄などの補助元素を添加すると、合金の機械的強度と靱性が大幅に向上します。結合相としてのニッケルは、タングステン粒子間の結合力を高め、外力を受けても合金が破損しにくくなります。鉄を添加すると合金の引張強度がさらに向上し、頻繁な使用でも一定の機械的ストレスに耐えることができます。例えば、産業用途では、タングステン合金製の分銅は輸送中や積み重ね中の衝撃に耐える必要がある場合があり、ニッケルと鉄の適切な比率は分銅の構造的完全性を確保できます。さらに、コバルトを添加すると合金の硬度と耐摩耗性がさらに向上し、高い耐久性が求められる用途に適しています。

耐食性: タングステン合金分銅の耐食性は、その長期安定性にとって非常に重要です。タングステン自体は優れた化学的安定性を備えており、ほとんどの酸性およびアルカリ性環境で耐食性を発揮します。しかし、純粋なタングステンは、特定の条件下 (高温多湿など) でわずかに酸化される可能性があります。ニッケルと銅を添加することで、合金の耐食性が大幅に向上します。特に、表面のニッケルメッキは、分銅が外部環境と直接接触するのを効果的に防ぎ、酸化や腐食のリスクを軽減します。例えば、製薬研究室や海洋環境において、ニッケルメッキされたタングステン合金分銅は、長期にわたる品質安定性と表面仕上げを維持できます。補助元素の配合比率を厳密に管理する必要があることに注意することが重要です。銅の含有量が多すぎると、酸性環境における合金の耐食性が低下する可能性があります。

熱安定性: タングステン合金分銅の熱安定性は、温度変化下でも質量を一定に保つための鍵となります。タングステンは融点が高く、熱膨張係数が低い (約 $4.5 \mu\text{m/m}\cdot\text{K}$) ため、温度変化下でも安定した体積と質量を維持できます。ニッケルや鉄などの補助元素は、熱膨張係数がさらに高くなります ($13 \mu\text{m/m}\cdot\text{K}$ および $12 \mu\text{m/m}\cdot\text{K}$)。それぞれ) であるため、温度変動による重量精度への影響を最小限に抑えるには、これらの含有量を適切な範囲内に維持する必要があります。航空宇宙分野の校正など、特定の高温用途では、モリブデンなどの高融点元素を添加することで、熱安定性をさらに高めることができます。さらに、製造時の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高温焼結プロセスにより合金の微細構造が最適化され、熱応力が重量性能に与える影響が低減されます。

その他の特性： タングステン合金分銅の組成は、磁化率や表面仕上げといったその他の特性にも影響を与えます。タングステン合金は磁化率が低いため、電磁環境における干渉の影響を受けにくく、高精度電子天秤の校正に適しています。ニッケルを添加することで合金の加工性が向上し、分銅の表面仕上げが高品質になり、表面欠陥による質量偏差が低減します。さらに、特殊な用途向けのタングステン合金分銅の中には、屋外での使用を想定した耐紫外線性の向上など、特定の特性を最適化するために微量元素（クロムなど）が添加されているものもあります。

1.2.3 タングステン合金錘の一般的な成形プロセスの特性の違い

タングステン合金の重量は、密度、機械的強度、表面品質、コストなどの特性に大きな影響を与えます。一般的な成形プロセスには、粉末冶金、精密鑄造、CNC 加工などがあり、それぞれに異なるプロセスフロー、適用可能なシナリオ、性能特性があります。

タングステン合金分銅を製造する最も一般的なプロセスで、特に高精度で高密度の分銅の製造に適しています。このプロセスでは、高純度のタングステン粉末を他の金属粉末（ニッケル、鉄、銅など）と適切な割合で混合します。次に、分銅は圧縮、高温焼結、およびそれに続く精密機械加工によって形成されます。粉末冶金の利点は、非常に高い密度（理論密度の98%以上）を達成できることであり、分銅は小さな体積で高い質量を持つことが保証されます。さらに、このプロセスは均一な微細構造を作り出し、内部欠陥を減らすことで分銅の機械的強度と安定性を高めます。表面研磨後、粉末冶金分銅は非常に滑らかな表面仕上げになり、表面欠陥による品質のばらつきを減らすのに役立ちます。そのため、高精度の研究室用分銅（E1 グレードや E2 グレードなど）の製造に適しています。しかし、粉末冶金はプロセスコストが高く、設備と原料の純度に対する要件が厳しく、生産サイクルも長いため、高精度・小ロット生産に適しています。

タングステン合金の分銅は、溶かした金属を鑄型に流し込んで作ります。タングステンなどの金属元素を溶かして液体合金にし、精密な鑄型に流し込んで冷却することで合金を形成します。最後に、合金を機械加工し、表面処理します。精密鑄造の利点は、粉末冶金よりも低コストで、大型の分銅（工業用では数キログラムなど）を迅速に製造できることです。さらに、フックやブロックなど、より複雑な形状の分銅の製造にも適しています。ただし、鑄造工程で気孔や介在物が発生する可能性があるため、精密鑄造分銅の密度と均一性は粉末冶金分銅よりもわずかに低く、通常は F2 または M1 グレードが必要です。鑄造欠陥のために表面品質に追加処理が必要になる場合もあります。精密鑄造は、精度がそれほど要求されない工業用および商業用の分銅の大量生産に適しています。

CNC 加工では、高精度 CNC 工作機械を用いてタングステン合金のブランクを切断、研削、彫刻し、最終的な分銅を作ります。この工程は通常、粉末冶金や精密鑄造の後続工程として

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

行われますが、小型分銅やカスタマイズされた分銅を直接製造するために使用することもできます。CNC 加工の利点は、その高い柔軟性と精度にあり、特定の用途要件を満たす複雑な形状や非標準寸法の分銅を製造できます。例えば、特定の用途の分銅には特殊な形状や埋め込み構造が必要な場合がありますが、CNC 加工はこれらの設計を正確に実現できます。さらに、CNC 加工は表面仕上げと寸法精度を保证するため、高精度分銅の最終加工に適しています。ただし、CNC 加工では材料の無駄が多く、高い設備精度と操作スキルが必要となるため、比較的成本が高くなります。

密度、表面品質、生産効率、コストの面で、3つのプロセスには大きな違いがあります。粉末冶金は最高の密度と均一性を実現でき、高精度の分銅に適していますが、コストが高く、サイクルが長くなります。精密鑄造は、コストが低く、大質量の分銅を迅速に生産するのに適していますが、密度と精度はわずかに劣ります。CNC 加工は柔軟性と表面精度に優れ、カスタマイズされたニーズに適していますが、材料利用率は低くなります。実際のアプリケーションでは、分銅の精度レベルと使用シナリオに応じてプロセスの選択を検討する必要があります。たとえば、実験室用の高精度分銅は通常、品質と表面仕上げを確保するために粉末冶金と CNC 加工を組み合わせ使用します。工業用の大質量分銅は、コストを削減するために精密鑄造される傾向があります。カスタマイズされた分銅は、特別な設計要件を満たすために CNC 加工に完全に依存する場合があります。

1.3 分銅と計量伝達システムの精度等級

タングステン合金製分銅は、計量における応用の根幹を成すものです。精度等級によって分銅の質量許容差と適用範囲が決定され、値転送システムによって分銅の質量値が様々な計量システム間で一貫性とトレーサビリティが確保されます。

1.3.1 タングステン合金分銅の国内および国際精度規格の比較

タングステン合金分銅は計量において重要な規制であり、分銅の質量値が特定の許容範囲を満たすことを保証することで、測定結果の信頼性と一貫性を保証します。国際精度等級規格と国内精度等級規格は定義、分類、適用方法が異なりますが、いずれも国際計量機関（OIML など）または各国の計量規制に基づいています。以下では、タングステン合金分銅の精度等級規格に関する詳細な分析を行い、国際規格と国内規格、そしてそれらの相関関係に焦点を当てます。

国際計量機構（OIML）の R111 規格は、タングステン合金分銅の精度等級に関する主要な基準であり、世界中の計量において広く使用されています。この規格では、分銅を E1、E2、F1、F2、M1、M2、M3 の 7つの精度等級に分類しており、E1 が最も精度が高く、M3 が最も精度が低いです。E1 等級の分銅は許容誤差が非常に狭く（例えば、1kg の分銅の許容誤差は $\pm 0.5\text{mg}$ ）、化学や製薬の研究室における微量計量など、高精度分析天びんの校正に適しています。E2 等級の分銅は許容誤差がやや広く（1kg の分銅で $\pm 1.6\text{mg}$ ）、一般的な研究室の天びんの校正に適しています。F1 グレードと F2 グレードは、それぞれ高精度産業用途と一般産業用途向けに設計されており、許容誤差は段階的に広がっています（1kg の分銅でそれぞれ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

±5mg と±16mg)。M1 グレードから M3 グレードは、商業用途および低精度産業用途に使用され、許容誤差はより広がっています（M1 グレードの 1kg 分銅で±50mg）。OIML R111 規格では、分銅の材質、表面品質、および校正要件も明確に規定されています。例えば、E1 グレードと E2 グレードの分銅は、高密度で低磁性材料（タングステン合金など）で作られ、表面は非常に滑らかである必要があります。

中国国家計量検定規則（JJG 99-2006）は、タングステン合金製分銅の精度等級を決定する主要な基準です。分類に関しては OIML R111 規格と高い整合性を保っていますが、具体的な要件や用語には若干の違いがあります。JJG 99-2006 は、分銅を E1、E2、F1、F2、M1、M2、M3 の等級に分類し、許容誤差は OIML R111 とほぼ同一です。例えば、E1 1kg の分銅の許容誤差は±0.5mg、E2 は±1.6mg などです。国内規格にも、分銅の製造および校正に関する国際規格と同様の要件がありますが、国内の計量システムの固有の特性への適応に重点が置かれています。例えば、中国の多様な気候や産業環境に対応するため、国内規格には分銅の環境適合性に関するより詳細な規定が含まれています。さらに、JJG 99-2006 では、長期使用における重量値の安定性を確保するために、重量の校正サイクルと検証プロセスを規定しています。

OIML R111 と JJG 99-2006 は、精度等級と公差範囲の分類において類似しており、どちらも質量公差を中核指標として、同じシナリオに適用されています。例えば、E1 と E2 の等級は高精度実験室で使用され、F1 と F2 の等級は工業計量で使用され、M1 から M3 の等級は商業計量で使用されます。しかし、それぞれの適用には微妙な違いがあります。国際規格である OIML R111 は、世界的な適用性を重視し、分銅の材質と表面処理に関して比較的普遍的な要件を定めています。一方、JJG 99-2006 は、中国の特殊な状況に合わせて、分銅の環境適合性と検証手順に関するより具体的な要件を盛り込んでいます。

タングステン合金製分銅は、国内外の規格との互換性に優れています。高密度で磁化率が低いため、OIML R111 と JJG 99-2006（等級 E1 および E2 など）の両方の高精度要件を満たすことができます。国際貿易や多国籍研究所では、タングステン合金製分銅は通常、OIML R111 に準拠して製造・校正され、国際的なトレーサビリティを確保しています。しかし、国内用途では、国家計量標準システムへの登録にあたり、JJG 99-2006 の検証要件を満たす必要があります。さらに、特殊な用途では、国内外の規格の特定の要件を満たすカスタマイズされた分銅が必要になる場合があります。

国内外の精密等級規格の比較は、タングステン合金分銅のグローバルな適用の基盤となります。例えば、国際的な製薬業界では、E1 等級のタングステン合金分銅は、医薬品処方の世界的一貫性を確保するために、OIML R111 規格に準拠する必要があります。中国市場では、M1 等級の分銅は貿易決済のために JJG 99-2006 認証を取得する必要があります。将来的には、計測技術の進歩に伴い、より厳しい公差やインテリジェントな校正方法の導入などにより、精密等級規格がさらに精緻化される可能性があります。さらに、タングステン合金分銅の製造プロセス（粉末冶金や CNC 加工など）は、ますます厳格化する規格に対応するために、継続的に最適化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

1.3.2 タングステン合金重量の値を転送する基本的なプロセス

数量転送とは、標準化された一連の校正・検証プロセスを経て、国家または国際質量標準の値を実用分銅に転送するプロセスを指し、測定結果の精度と一貫性を確保します。タングステン合金製の分銅は、その高い密度と安定性から、高精度の数量転送システムによく使用されます。基本的なプロセスには、基準値の確立、校正チェーンの構築、検証と転送、そして使用と保守が含まれます。

測定値の転送の出発点は、国家または国際的な質量標準であり、通常は国際度量衡局 (BIPM) または国家計量標準機関 (中国国家計量研究院など) が管理する基準分銅を使用して実装されます。これらの基準分銅は通常、非常に安定した材料 (白金イリジウム合金など) で作られており、キログラム (kg) で測定された質量値は、国際キログラム原器またはプランク定数に基づいて再定義されたキログラムに直接トレーサブルです。タングステン合金の分銅は基準分銅として直接使用されることはありませんが、その高精度グレード (E1 や E2 など) は、基準分銅から転送された測定値を受け入れる二次標準として機能することがよくあります。ベンチマーク確立段階では、測定値の絶対精度を確保するために、高精度の環境制御 (恒温恒湿実験室など) と測定機器 (高精度質量コンパレータなど) が必要です。

校正チェーンは、測定値の転送における中核となるリンクです。複数の分銅を段階的に校正することで、基準分銅の値が実用分銅に転送されます。タングステン合金製の分銅は、通常、校正チェーンにおいて二次基準分銅 (E1 および E2 グレード) または実用分銅 (F1、F2、および M1 グレード) として使用されます。校正チェーンは厳格な階層構造に従っており、基準分銅が一次標準分銅 (通常は E1 グレード) を校正し、一次標準分銅が二次標準分銅 (E2 グレード) を校正するといった手順を経て、最終的に実用分銅に値が転送されます。タングステン合金製の分銅は、高密度で磁化率が低いため、校正プロセス中の環境干渉を低減し、正確な測定値転送を保証します。校正は通常、国際規格 (OIML R111 など) または国家規格 (JJG 99-2006 など) に準拠した研究所で、高精度の天秤を使用して重量を比較および校正して実行されます。

検証は測定値の転送における重要なステップであり、分銅の質量値が公称値と精度等級に適合しているかどうかを検証します。タングステン合金製分銅の場合、検証プロセスには質量比較、環境管理、および誤差評価が含まれます。質量比較では通常、マスコンパレータを使用して、タングステン合金製分銅を次に高いレベルの標準分銅と比較することにより、実際の質量値と偏差を決定します。環境管理では、環境要因が校正結果に影響するのを防ぐために、ラボで一定の温度、湿度、気圧を維持する必要があります。誤差評価では、質量偏差が分銅の精度等級に基づいて許容誤差範囲内であることを確認します (たとえば、E1 グレードの 1kg 分銅の許容誤差は $\pm 0.5\text{mg}$ です)。検証に合格したタングステン合金製分銅には、測定値の転送の証明となる、質量値と不確かさを記録した校正証明書が発行されます。移転プロセスには、国立計量標準機関から地方の計量標準機関、さらに地方の計量標準ステーション、そして最終的にはユーザーに至るまで、複数のレベルの計量標準機関が関与する場合があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

測定値の転送における最終段階は、校正済みのタングステン合金分銅を実際の計量現場、例えば実験室の天秤校正、工業生産ラインの試験、商業取引計量などに適用することです。使用中、タングステン合金分銅は、直接接触を避け、表面の汚染や摩耗を防ぐために特殊な治具を使用するなど、厳格な動作仕様に従う必要があります。メンテナンスの点では、分銅は定期的に検査して品質の安定性を確保する必要があります。特に高精度のシナリオ（E1 グレードや E2 グレードなど）では、校正サイクルは通常 1～2 年です。タングステン合金分銅は耐食性と機械的強度に優れているため、長期使用でも安定した質量値を維持できますが、耐用年数を延ばすためには、極端な環境（強酸や強アルカリ、高温など）への曝露を避ける必要があります。

タングステン合金分銅の計量転送における利点は、高密度と安定性にあり、少量で高精度の測定が可能で、さまざまな用途の校正ニーズに適しています。例えば、実験室では E1 グレードのタングステン合金分銅を使用して微量天秤を校正できます。また、産業界では F1 グレードの分銅を使用して生産ラインの電子秤を校正できます。計量転送プロセスではトレーサビリティと標準化が重視されており、タングステン合金分銅の品質値を国際基準または国家基準にまで遡って追跡できるようにすることで、世界的な測定結果の一貫性を確保しています。将来的には、インテリジェント計測技術の発展に伴い、計量転送プロセスは、センサーを使用して分銅の品質をリアルタイムで監視するなど、自動校正システムに統合され、転送効率と精度がさらに向上する可能性があります。

1.3.3 異なるグレードのタングステン合金重量の転送要件

タングステン合金製の分銅は、精度レベルに応じて、校正機器、環境条件、検証サイクル、使用条件など、測定値の転送に関する要件が異なります。これらの要件は、分銅の品質安定性と測定結果の信頼性に直接影響します。

E1 グレードのタングステン合金製分銅は、最も高精度で、許容誤差が非常に狭い（例えば、1kg の分銅で $\pm 0.5\text{mg}$ ）。主に化学分析や医薬品試験などに使用される高精度実験室用天秤の校正に使用されます。校正要件は非常に厳しく、校正は国家計量標準機関または認定された高品質実験室で、高精度マスコンパレータ（マイクログラム分解能）を用いて実施する必要があります。環境条件は、安定した温度 $20\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $50\pm 10\%$ 、気圧変動が最小限に抑えられた状態で厳密に管理する必要があります。校正プロセスでは、不確かさを低減するために、基準分銅に対して複数回の測定を行う多点比較法が採用されています。E1 グレードの分銅は、極めて高い表面仕上げが求められ、通常は粉末冶金と CNC 加工を組み合わせた技術を用いて製造され、耐腐食性を高めるためにニッケルメッキが施されています。検証サイクルは短く（通常 1 年）、手による汚染を防ぐために専用の治具を使用する必要があります。E1 グレードの分銅の転送は、主に二次標準を確立し、高精度計測システムのトレーサビリティを確保するために使用されます。

E2 グレードの分銅は、許容誤差がわずかに緩く（1kg の分銅で $\pm 1.6\text{mg}$ ）、生物学実験や材料試験など、一般的な研究室の天秤の校正に適しています。転送要件は E1 グレードの分銅よりもわずかに低いですが、それでも高精度の研究室で、通常は分解能 0.01mg の質量コ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ンパレータを使用して実行する必要があります。環境条件では、熱膨張と湿度が質量に及ぼす影響を最小限に抑えるために、温度を $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度を $40 \sim 60\%$ に管理する必要があります。校正では、質量を E1 または基準分銅と比較し、質量の偏差と不確かさを記録する標準的な比較法が使用されます。E2 グレードの分銅の製造プロセスは E1 と似ていますが、表面仕上げと材料の純度に関する要件がわずかに低いため、より経済的なコストになります。校正間隔は通常 $1 \sim 2$ 年で、分銅は機械的損傷や化学的腐食から保護する必要があります。E2 グレードの分銅は、値を二次標準または作業用分銅に転送するための一次標準分銅としてよく使用されます。

F1 グレードの分銅の許容誤差は $\pm 5\text{mg}$ (1kg 分銅) で、物理実験や生産ラインの品質検査など、高精度が求められる産業用途や一般的な実験室に適しています。転送要件は比較的緩やかで、省レベルの計量標準機関または認定された実験室で、分解能 0.1mg のマスコンパレータを使用して実施できます。環境条件としては、温度を $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度を $30 \sim 70\%$ に制御し、気圧変動の影響を受けにくいことが求められます。校正プロセスは主に高効率のシングルポイント比較法に基づいています。F1 グレードの分銅は通常、粉末冶金または精密鑄造プロセスを使用して製造され、表面を研磨またはコーティングすることで耐久性を高めることができます。校正サイクルは $2 \sim 3$ 年で、使用中は重力衝撃や湿気の多い環境に長期間さらされないように注意する必要があります。

F2 グレード (1kg 重量許容差 $\pm 16\text{mg}$) および M1 グレード ($\pm 50\text{mg}$) の分銅は、食品加工、貿易決済、物流計量などの商業および一般産業用途に適しています。転送要件はさらに緩和されており、 1mg 分解能の標準天びんを使用して、現地の計量ステーションまたはユーザーラボで実行できます。環境条件は比較的緩和されており、温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、湿度範囲 $20 \sim 80\%$ であるため、環境干渉に対する耐性が非常に高くなっています。校正プロセスは簡単で、通常は効率的で低コストの直接比較法を使用します。F2 グレードおよび M1 グレードの分銅は、多くの場合、低コストで大量生産に適した精密鑄造です。主な表面仕上げは基本的な研磨です。校正間隔は $3 \sim 5$ 年で、耐久性と携帯性を重視しています。F2 グレードおよび M1 グレードの分銅は、主に値の転送における日常的な作業用分銅の校正に使用され、商業計量の基本ニーズを満たしています。

タングステン合金分銅のグレードは、精度、コスト、そして用途シナリオのバランスを反映しています。E1 および E2 グレードの分銅は厳格な搬送要件を満たしており、高精度が求められる実験室に適しています。F1 グレードは工業用高精度アプリケーションに適しており、F2 および M1 グレードは経済性と耐久性を重視し、商業ニーズを満たしています。タングステン合金分銅は高密度で安定性に優れているため、あらゆるグレードの搬送において優れた性能を発揮しますが、特に高精度アプリケーションにおいてはその性能が顕著です。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト

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 タングステン合金分銅の基本特性

タングステン合金製分銅は、その独特な物理的・化学的特性により、計量において卓越した性能を発揮し、高精度の校正や秤量検証に最適な選択肢となっています。本章では、タングステン合金製分銅の基本的な特性、特に密度と体積特性に焦点を当て、様々な用途におけるその利点を決定づける要素について説明します。

2.1 タングステン合金分銅の密度と体積特性

タングステン合金製の分銅は、ステンレス鋼や真鍮などの他の材料製の分銅に比べて、その優れた特長を備えています。タングステンは高密度で優れた材料安定性を備えているため、小さな体積で大きな質量を実現できます。これは、高精度計測やスペースが限られた用途において特に重要です。

2.1.1 高密度タングステン合金重量のパラメータ範囲

タングステン合金製ウェイトの最も顕著な特性の一つは、その高い密度です。これは、タングステン本来の高い密度と最適化された合金化プロセスの両方によるものです。タングステンの密度は約 19.25 g/cm^3 で、金 (19.32 g/cm^3) に近く、ステンレス鋼 (約 7.9 g/cm^3) や真鍮 (約 8.5 g/cm^3) などの一般的な金属よりも大幅に高くなっています。タングステンベースの合金に補助元素（ニッケル、鉄、銅など）を添加することで、タングステン合金製ウェイトの密度を、合金の組成と製造プロセスに応じて、通常 $15 \sim 18 \text{ g/cm}^3$ の範囲で調整できます。

タングステン合金の分銅は、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合金（90%～97%）の密度は通常 $17 \sim 18 \text{ g/cm}^3$ で、純タングステンの理論密度に近いので、高精度の実験室用分銅（グレード E1 および E2 など）に適しています。例えば、タングステン含有量が 95% の合金は密度が $17.5 \sim 18 \text{ g/cm}^3$ に達し、非常に小さな体積で大きな質量を測定できるため、微量天秤の校正に最適です。タングステン含有量が低い合金（80%～90%）の密度は $15 \sim 16.5 \text{ g/cm}^3$ で、工業用または商業用の分銅（グレード F2 および M1 など）に適しており、高密度を維持しながら製造コストを削減できます。ニッケル（密度 8.9 g/cm^3 ）や銅 (8.96 g/cm^3) などの補助元素を添加すると、全体の密度はわずかに減少しますが、合金の加工性と靱性が向上します。

製造プロセスもタングステン合金分銅の密度に決定的な影響を与えます。粉末冶金は高密度タングステン合金分銅を製造するための主流のプロセスです。高温焼結とプレス成形により、合金密度は理論密度の 98% 以上に達することができます。例えば、最適化された焼結プロセスを使用したタングステン合金分銅は、純粋なタングステンのレベルに近い $17.8 \sim 18 \text{ g/cm}^3$ の安定した密度を実現できます。対照的に、精密鑄造プロセスでは、気孔や微細欠陥のために密度がわずかに低くなる可能性があり（約 $15 \sim 16.5 \text{ g/cm}^3$ ）、密度要件がわずかに低いシナ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

リオに適しています。CNC 加工は、精密切削によって分銅の寸法精度をさらに最適化しますが、密度にはほとんど影響せず、主に表面品質と形状精度の向上に使用されます。

タングステン合金分銅の高密度パラメータは、微量元素や表面処理の影響も受けます。例えば、少量のコバルトやモリブデンを添加すると、密度と機械的強度がわずかに向上しますが、コストが増加する可能性があります。表面めっき（ニッケルめっきなど）は、分銅表面に薄いコーティングを形成し、全体の密度をわずかに変化させますが、その影響は通常無視できます。さらに、密度パラメータの安定性は、タングステン合金分銅の重要な利点です。タングステンは熱膨張係数が低く（約 $4.5 \mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{K}$ ）、化学的に安定しているため、温度や湿度が変化しても一定の密度を維持でき、分銅の品質の長期的な安定性を保証します。

実用用途において、高密度パラメータ範囲の広さにより、タングステン合金分銅は多様な計量ニーズに対応できます。例えば、実験室では、高密度分銅（ $17\sim 18 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）は少量で $1\text{g}\sim 100\text{g}$ の質量を実現できるため、高精度分析天秤の校正に適しています。産業現場では、やや密度の低い分銅（ $15\sim 16.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）を使用して大質量天秤を校正することで、性能とコストのバランスをとることができます。タングステン合金分銅の高密度パラメータ範囲は、限られたスペース内で高精度な測定を実現する分銅が求められる航空宇宙工学や海洋工学などの特殊な用途にも応用できる可能性を秘めています。

2.1.2 タングステン合金製ウェイトの利点：小型で高重量容量

タングステン合金製の分銅は、その高密度性により、小さな容積で大きな重量を運ぶことができます。そのため、スペースが限られた用途や高精度計測用途において大きな利点となります。従来の材料（ステンレス鋼や鋳鉄など）と比較して、タングステン合金製の分銅は、同じ質量をより小さな容積で実現できるため、計測効率、携帯性、そして使いやすさが向上します。

大きな分銅を小さな容積で運搬できるという利点は、タングステン合金の高い密度に由来します。密度（ ρ ）は、質量（ m ）と体積（ V ）の比として定義されます（ $\rho = m/V$ ）。同じ質量であれば、タングステン合金は高密度であるため、密度の低い材料よりも大幅に小型化できます。例えば、 1kg のタングステン合金分銅（密度約 $17.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）の体積はわずか 57 cm^3 ですが、同じ質量のステンレス鋼製分銅（密度約 $7.9 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）の体積は約 126 cm^3 で、体積の差はほぼ 2 倍です。この体積の利点により、タングステン合金分銅は、スペースが限られた環境での校正作業をより効率的に完了できるだけでなく、天秤や計量トレイに必要なスペースも削減できます。

タングステン合金の分銅は、小さな容積で大きな重量物を運ぶことができるため、さまざまなシナリオで優れています。実験室環境では、高精度分析天びんは通常、より小さな計量皿を備えており、タングステン合金の分銅はサイズが小さいため、微量サンプル（例： $0.1\text{mg}\sim 10\text{g}$ ）の校正を容易にするために簡単に適応できます。たとえば、製薬研究室では、タングステン合金の分銅を使用して微量天びんを校正し、薬物製剤の精度を確保することができます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

産業シナリオでは、タングステン合金の分銅はサイズが小さいため、電子機器製造における小型計量装置の校正など、生産ライン上のコンパクトなスケールでの操作が容易です。さらに、商業分野（宝石業界など）では、タングステン合金の分銅はサイズが小さいため持ち運びや保管が容易で、貴金属計量装置の現場校正に適しています。

従来の材料で作られた分銅と比較して、タングステン合金分銅はサイズが小さいという大きな利点があります。従来のステンレス鋼製分銅は密度が低く、同じ質量でもサイズが大きいため、天びん皿に過負荷がかかったり、操作に不便が生じたりする可能性があります。鋳鉄製分銅は低コストですが、サイズが大きく、腐食しやすいため、品質の安定性に影響を与えます。タングステン合金分銅はサイズが小さいため、スペースの利用率が向上するだけでなく、輸送および保管コストも削減されます。たとえば、1g から 100g までのタングステン合金分銅セットを小さな校正ボックスに収めることができ、実験室や現場での使用に便利です。一方、同じ質量のステンレス鋼製分銅では、より大きな保管スペースが必要になる場合があります。さらに、タングステン合金分銅は磁化率が低く耐腐食性があるため、複雑な環境でも安定した性能を維持でき、その応用価値がさらに高まります。

タングステン合金製分銅は、その製造工程と密接に関係しています。粉末冶金法によって高密度で均一な構造を持つタングステン合金製分銅が製造されるため、コンパクトなサイズにもかかわらず、一貫した品質が保証されます。CNC 加工によって分銅の形状と寸法精度がさらに最適化され、様々な天秤の設計要件に適合します。例えば、円筒形または板状のタングステン合金製分銅は、スペースを最大限に活用できるため、積み重ねや組み合わせが容易です。表面処理（ニッケルメッキや研磨など）は、耐腐食性を高めるだけでなく、表面欠陥による品質のばらつきを低減し、これらのコンパクトな分銅の高精度を保証します。

2.1.3 タングステン合金分銅の体積と重量の一致比特性

タングステン合金製の分銅は、特定の体積範囲内で様々な質量を柔軟に測定できます。この特性は、タングステン合金の高い密度と製造工程の精密な制御に由来しています。この適応比により、タングステン合金製の分銅は、研究室、産業、商業施設において効率的かつ正確な測定を実現します。

タングステン合金の分銅の優れた点は、その高密度にあります。密度の公式 $\rho = m/V$ は、質量 (m) が一定であれば、密度 (ρ) が高いほど体積 (V) が小さくなることを示しています。タングステン合金の密度は通常 15 ~ 18 g/cm³ で、ステンレス鋼 (約 7.9 g/cm³) や真鍮 (約 8.5 g/cm³) よりも大幅に高くなっています。つまり、タングステン合金の分銅は、より小さな体積で同じ質量を実現できます。たとえば、100g のタングステン合金分銅 (密度約 17.5 g/cm³) の体積は約 5.7 cm³ ですが、同じ質量のステンレス鋼の分銅の体積は約 12.7 cm³ です。この高密度により、タングステン合金の分銅は体積と重量のバランスが優れており、アプリケーションの要件に合わせてさまざまな質量と体積の組み合わせの分銅を設計できます。タングステン合金製分銅の設計には、精度グレード、形状、製造工程を総合的に考慮する必要があります。高精度分銅 (E1 グレードや E2 グレードなど) は、通常、タングステン含有量の高い合金 (密度 17~18 g/cm³) を使用し、最小の体積で目標質量を実現するため、微量天秤

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

の校正に適しています。形状も整合比に影響を与えます。例えば、円筒形の分銅は積み重ねや取り扱いが容易で、シート状の分銅は微量質量の校正に適しており、ブロック状の分銅は大質量の工業用途に適しています。粉末冶金などの製造工程では、合金の密度と微細構造を最適化し、体積と質量の正確な整合を確保します。例えば、精密プレス加工と高温焼結により、分銅の密度を理論値に近づけることができ、体積変動が質量に与える影響を最小限に抑えることができます。表面処理（研磨やニッケルメッキなど）は、分銅の寸法精度をさらに最適化し、整合比の安定性を確保します。

タングステン合金分銅は、体積と重量の適応比により、さまざまなシナリオで優れた性能を発揮します。実験室では、高密度タングステン合金分銅は、小さな体積で 1mg~100g の質量を実現できるため、医薬品製剤の校正や化学実験などの小型分析天秤のトレイスペースに適しています。産業シナリオでは、タングステン合金分銅は、質量は大きい体積は中程度のブロック構造として設計でき、自動車製造や食品加工の計量装置など、生産ライン上の大型スケールの校正に適しています。商業分野では、タングステン合金分銅はサイズが小さいため、持ち運びや保管が容易で、たとえば、宝石業界で貴金属計量装置の校正に使用されます。適応比の柔軟性は、カスタマイズされたニーズにも反映されます。たとえば、航空宇宙分野では、コンパクトな校正装置に適応するために、特定の質量と体積の分銅が必要になる場合があります。

タングステン合金分銅は、体積と重量の比率が均衡しており、効率的な空間利用と柔軟な設計が可能です。小型で重量が大きいこと、天秤台や保管スペースの必要性が低減し、操作性と輸送効率が向上します。さらに、高密度であるため、高精度な計量においてより微細な質量分級が可能で、微小計測のニーズにも応えます。しかし、この特性は、タングステン含有量の高い合金の製造コストの高さや、加工設備と加工精度に対する厳しい要件など、いくつかの課題も抱えています。

2.2 タングステン合金分銅の機械的特性と耐久性

タングステン合金製分銅は、長期使用における安定した性能の鍵となります。高い硬度、耐摩耗性、耐衝撃性、耐腐食性など、優れた特性を備えています。これらの特性により、タングステン合金製分銅は、頻繁な操作や複雑な環境下でも質量精度と物理的完全性を維持できます。

2.2.1 タングステン合金錘の高硬度の発現

タングステン合金分銅は機械的特性の重要な現れであり、耐摩耗性と変形抵抗に直接影響を及ぼし、長期使用における品質の安定性と信頼性を保証します。

タングステン合金の分銅は、タングステン本来の特性から生まれます。純粋なタングステンのモース硬度は約 7.5 で、一部のセラミックの硬度に近く、ステンレス鋼 (約 5.5) や真鍮よりも大幅に高くなっています。ニッケル、鉄、コバルトなどの補助元素を加えることで、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金の硬度を特定の範囲（通常は合金の配合と製造プロセスに応じて、ビッカース硬度 (HV) で 250 ～ 400）に調整できます。この高い硬度により、タングステン合金の分銅は表面の傷や摩耗に耐えることができ、長期間の使用でも一貫した品質を維持できます。たとえば、分銅を頻繁に扱ったり積み重ねたりする状況では、高い硬度によって表面の損傷が効果的に軽減され、摩耗による品質の変動を防ぐことができます。

タングステン合金分銅の硬度は、その組成に直接影響されます。タングステン含有量の高い合金（90%～97%）は硬度が高く、純タングステンに近いので、高精度分銅（E1 グレードや E2 グレードなど）に適しており、実験室での頻繁な校正作業にも耐えることができます。ニッケルや鉄などの補助元素を添加すると、硬度はわずかに低下しますが、合金の靱性が大幅に向上し、硬度が高すぎるために生じる脆性破壊を防止できます。例えば、ニッケル 5%、鉄 3% を含むタングステン合金の硬度は約 HV 300 で、十分な耐衝撃性を備えながら高い硬度を維持します。コバルトを添加すると硬度がさらに上昇し（HV 400 以上）、極めて高い耐摩耗性が求められる工業用分銅に適していますが、コストは高くなります。クロムやモリブデンなどの微量元素を添加することでも、硬度を最適化し、耐腐食性を高めることができます。

タングステン合金製分銅の硬度は、製造工程によって大きく左右されます。高硬度分銅の製造では、粉末冶金法が主流です。高温焼結とプレス成形により、緻密な微細組織が形成され、硬度と強度が向上します。例えば、焼結工程を最適化することで、タングステン粒子と結合相（ニッケルなど）を強固に結合させ、理論値に近い硬度を実現できます。精密鑄造法で製造された分銅は、微細な気孔が存在する可能性があるため、硬度が若干低くなります（HV 250 ～ 300）。しかし、質量の大きい分銅の製造に適しています。CNC 加工は、精密切削と研磨により表面硬度と仕上げをさらに向上させ、表面欠陥による摩耗のリスクを低減します。ニッケルメッキや窒化処理などの表面処理により、さらに高い硬度の保護層を形成できます。例えば、ニッケルメッキの硬度は HV 500 を超えることもあり、分銅の耐摩耗性を大幅に向上させます。

タングステン合金製の分銅は、その高い硬度により、様々な用途で優れた性能を発揮します。実験室では、高硬度分銅は頻繁な締め付けや積み重ねにも耐え、表面仕上げと質量精度を維持します。例えば、微量天秤の校正に使用される E1 グレードの分銅などが挙げられます。産業用途では、高硬度分銅は生産ラインにおける機械的衝撃や摩耗にも耐え、食品加工や自動車製造における計量機器など、大型スケールの校正に適しています。商業用途では、高硬度分銅の耐摩耗性により、宝石の計量における安定した品質の維持など、市場取引における長期的な信頼性を確保します。さらに、高硬度は表面損傷による埃や汚染物質の付着リスクを低減し、測定精度の維持にも役立ちます。

タングステン合金製分銅の高い硬度は、優れた耐摩耗性と耐変形性に由来し、長寿命化と正確な測定を保証します。しかし、高硬度は CNC 加工における工具摩耗の増加など、加工の難易度を高め、製造コストの上昇を招く可能性があります。さらに、硬度が高すぎると分銅が脆くなる可能性があるため、補助元素の比率を最適化する（ニッケル含有量を増やすなど）ことで、硬度と靱性のバランスをとる必要があります。今後、新しいタングステンベースの複合材料の開発により、硬度をさらに高めると同時に、靱性と加工性も向上する可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ます。例えば、ナノスケールの強化材（炭化タングステン粒子など）を添加することで、優れた耐衝撃性を維持しながら HV 450 を超える硬度を実現でき、高耐久性分銅の製造に新たな道が開かれます。

2.2.2 タングステン合金錘の高強度

タングステン合金製分銅は、その機械的特性の重要な要素であり、頻繁な取り扱い、積み重ね、外部からの衝撃にも関わらず、構造的完全性と品質安定性を維持します。強度は、材料が変形や破損に抵抗する能力を表します。タングステン合金製分銅は、独自の材料組成と製造プロセスにより、様々な用途において卓越した強度を発揮します。

タングステンは本質的に非常に高い引張強度と圧縮強度を有しますが、脆く、衝撃を受けると破損しやすいという欠点もあります。この限界を克服するために、タングステン合金製の錘には、ニッケル、鉄、コバルトなどの補助元素が注入されることが多く、強度と靱性を兼ね備えた複合材料が作られています。これらの元素はバインダーとして機能し、タングステン粒子間の結合を強化し、外力を受けた際に合金が割れたり変形したりしにくくします。タングステン合金製の錘は高い強度を備えているため、工業生産ラインでの頻繁な取り扱いや実験室での繰り返し締め付けなど、高強度の動作環境にも耐えることができ、外力による構造的な損傷を引き起こすことはありません。

タングステン合金の分銅は、その組成によって大きく左右されます。タングステン含有量の高い合金（通常 90% 以上）は、タングステンの高い強度特性を維持し、高精度な実験室用分銅など、高い耐久性が求められる用途に適しています。ニッケルを添加すると合金の靱性が大幅に向上し、高い強度を維持しながら衝撃エネルギーを吸収し、脆性破壊を防止できます。鉄は支持元素として引張強度をさらに高め、積み重ねたり輸送したりする際に分銅がより大きな機械的ストレスに耐えられるようにします。コバルトの添加は、高強度が求められる特定の分銅において重要な役割を果たし、合金の耐疲労性を向上させ、長期にわたる高強度の使用に適したものにします。組成比を最適化するには、さまざまな精度レベルや用途シナリオのニーズを満たすために、強度、靱性、コストのバランスを取る必要があります。

タングステン合金製分銅の強度は、製造工程によって大きく左右されます。高強度分銅を製造する主流のプロセスは粉末冶金です。高圧プレスと高温焼結により、緻密な微細組織が形成され、タングステン粒子とバインダー相の結合が強化されます。このプロセスにより、合金の強度が最大限に高められ、気孔や亀裂などの内部欠陥が減少します。精密鑄造は、質量の大きい分銅の製造に適しています。粉末冶金に比べて強度はわずかに劣りますが、最適化された金型設計と冷却プロセスにより、高い引張強度を実現できます。CNC 加工は、精密切削と表面処理によって分銅の構造的完全性をさらに向上させ、高強度動作時の安定性を確保します。表面コーティング（ニッケルメッキなど）も表面強度をある程度高め、外力による局所的な損傷を軽減します。

タングステン合金製分銅は、様々な用途で優れた性能を発揮します。実験室では、高強度分銅は頻繁な締め付けや積み重ねにも耐えることができます。例えば、分析天秤の校正では、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

E1 または E2 グレードの分銅は、形状を維持しながら複数回の操作に耐えなければなりません。産業用途では、高強度分銅は、生産ラインの計量機器など、大型スケールの校正に適しており、取り扱い、積み重ね、さらには偶発的な落下による衝撃にも耐えることができます。商業用途では、高強度分銅の耐久性は、ファーマーズマーケットや宝飾業界で繰り返し使用される分銅など、市場取引における長期的な信頼性を保証します。また、高強度は、分銅の機械的損傷による品質変動のリスクを軽減し、測定精度を保証します。

2.2.3 タングステン合金錘の長期耐摩耗性

タングステン合金製の分銅は、その耐久性を示す重要な指標であり、長期にわたる頻繁な使用においても表面仕上げと品質の安定性を維持することができます。耐摩耗性は分銅の計量精度に直接影響を及ぼし、特に表面の摩耗が質量偏差や校正誤差につながる高精度アプリケーションにおいては顕著です。

タングステン合金製分銅は、タングステンの高い硬度と耐摩耗性に由来しています。タングステンはモース硬度が高く、表面の傷や摩耗に非常に強いです。ニッケルやコバルトなどの補助元素を添加することで、合金の耐摩耗性をさらに最適化します。ニッケルは表面の靱性を高め、摩擦による材料の損失を低減します。一方、コバルトは耐摩耗性を高め、高強度の使用に適しています。タングステン合金は摩擦係数が低いため、天秤皿や他の分銅との接触による摩耗が少なく、長期使用においても表面の完全性を維持します。この耐摩耗性により、分銅は繰り返し使用しても高い品質と精度を維持します。

製造工程はタングステン合金製分銅の耐摩耗性に大きな影響を与えます。粉末冶金法では、高温焼結によって緻密な微細構造が形成され、表面の気孔や欠陥が低減され、耐摩耗性が向上します。精密研磨は耐摩耗性向上の重要なステップです。研磨された分銅は滑らかな表面仕上げと低い摩擦係数を実現し、治具や天秤皿の摩耗を効果的に低減します。ニッケルやクロムなどの表面コーティングは耐摩耗性をさらに高めます。コーティングの高い硬度は、外部摩擦や小さな傷に対する保護層を形成します。タングステン合金製の分銅は、様々な用途で優れた性能を発揮します。研究室では、高精度分銅（E1 グレードや E2 グレードなど）は頻繁に取り扱いや設置が行われます。耐摩耗性により表面仕上げが損なわれず、摩耗による品質のばらつきを防ぎます。産業現場では、生産ラインで分銅が頻繁に取り扱いや積み重ねられることがあります。耐摩耗性により金属表面との繰り返し接触にも耐えられるため、大型スケールの校正に適しています。

タングステン合金製の分銅は優れた耐摩耗性を備えていますが、長期使用には適切なメンテナンスが必要です。例えば、専用の固定具を使用して直接手に触れないようにし、定期的に表面の汚れを除去することで、摩耗の進行を防ぐことができます。

2.2.4 タングステン合金分銅の耐腐食性に対する環境適応性

タングステン合金製の分銅は、環境適応性の重要な指標であり、湿度、酸性、アルカリ性、その他の過酷な環境下でも質量安定性と表面の完全性を維持します。耐腐食性は、分銅の長

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

期使用において極めて重要であり、特に高精度計測においては、腐食によって質量偏差や校正不良が発生する可能性があるため、非常に重要です。

タングステンは本質的に優れた化学的安定性を有し、ほとんどの酸性およびアルカリ性環境からの攻撃に耐えます。室温では、卓越した酸化および腐食耐性を示します。タングステン合金製分銅は、ニッケル、銅、クロムなどの補助元素を添加することで、耐腐食性をさらに高めます。ニッケルは安定した酸化層を形成し、合金を湿気や化学物質から効果的に遮断します。銅は湿気の多い環境における合金の安定性を高め、クロムは特定の特殊な配合で、酸およびアルカリ腐食に対する耐性を高めます。これらの特性により、タングステン合金製分銅は様々な環境において一貫した品質を維持し、腐食による表面損傷や重量減少を防ぎます。

タングステン合金の分銅の品質は、その組成と製造プロセスに深く関係しています。タングステン含有量の高い合金（90%以上）は、タングステンの耐食性を維持し、過酷な環境での使用に適しています。ニッケルと銅の比率がバランスが取れているため、沿岸地域や化学実験室などの湿気の多い環境、または弱酸性または弱アルカリ性の環境で合金の性能が最適化されます。製造プロセスでは、粉末冶金により高温焼結によって緻密な構造が形成され、多孔性や微細欠陥が減少し、腐食のリスクが軽減されます。表面処理は耐食性を向上させる鍵です。たとえば、ニッケルまたはクロムメッキは分銅の表面に保護層を形成し、湿気、酸、アルカリ、塩水噴霧による浸食に効果的に抵抗します。研磨により表面粗さが減少し、腐食性媒体の付着点が減るため、環境適応性がさらに高まります。

タングステン合金製の分銅は、様々な過酷な環境での使用に適しています。商業分野では、耐腐食性分銅は、農産物直売所における計量機器の校正など、屋外や湿度の高い市場環境に最適です。また、耐腐食性により、環境要因によるメンテナンスの必要性が軽減され、分銅の寿命が延びます。

2.3 タングステン合金分銅の計量安定性特性

タングステン合金分銅の核となる利点は、質量値の長期安定性、表面状態の精度、磁気干渉への耐性に反映され、高精度計測アプリケーションでの使用に最適です。

2.3.1 タングステン合金分銅の質量値の長期安定性に寄与する要因

タングステン合金分銅とは、長期間の使用および様々な環境条件下で公称質量を維持する能力を指します。この特性は、特に実験室での校正などの高精度アプリケーションにおいて、測定結果の精度とトレーサビリティを確保するために不可欠です。以下では、タングステン合金分銅の長期安定性に影響を与える主要な要因、すなわち材料特性、組成設計、製造プロセス、環境適応性について分析します。

タングステン合金分銅の主な利点は、タングステンの高い化学的安定性と低い熱膨張係数です。室温では、タングステンは酸化、酸、アルカリ、その他の化学物質に対して非常に耐性があり、腐食による質量減少を効果的に防ぎます。低い熱膨張係数は、温度変化による体積

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

変化を最小限に抑え、安定した品質を維持します。ニッケルや鉄などの補助元素を添加することで、合金の構造安定性がさらに向上し、長期使用による微細構造の変化を最小限に抑えます。これらの材料特性により、タングステン合金分銅は様々な環境下において、長期にわたって安定した品質を維持できます。

タングステン合金分銅の品質安定性は非常に重要です。タングステン含有量の高い合金（通常90%以上）はタングステンの安定性を最大限に高め、高精度分銅（E1グレードやE2グレードなど）に適しています。ニッケルは主要なバインダー相として、合金の靱性を高めるだけでなく、安定した酸化層を形成し、分銅を環境劣化から保護します。鉄やコバルトを添加すると、合金の機械的強度が向上し、外部からの衝撃や摩耗による品質のばらつきが減少します。安定性、コスト、加工性のバランスをとるには、構成比を正確に最適化する必要があります。例えば、ニッケル含有量を増やすと耐食性が向上しますが、補助元素の割合が高すぎると密度がわずかに低下する可能性があるため、設計時に慎重な検討が必要です。

製造工程は、タングステン合金製分銅の品質安定性に直接影響を及ぼします。高精度分銅の製造工程では、粉末冶金法が主流です。高圧プレスと高温焼結により、緻密な微細組織が形成され、内部の気孔や欠陥が低減され、長期的な品質安定性が確保されます。精密研磨や表面コーティング（ニッケルメッキなど）により、耐腐食性と耐摩耗性が向上し、表面損傷による品質変動を防ぎます。CNC加工は、寸法と表面仕上げを精密に制御することで、製造時に分銅の質量が公称値に達し、長期使用においても安定した品質を維持することを保証します。高品質な製造工程は、工程欠陥による品質変動を最小限に抑えます。

2.3.2 タングステン合金分銅の測定精度に対する表面状態の影響

タングステン合金製の分銅は、その計量精度に大きく影響します。表面仕上げ、平坦度、そして保護コーティングの品質は、分銅の質量安定性と校正の信頼性に直接影響を及ぼします。表面状態が悪いと、質量偏差、汚染物質の吸着、校正誤差が生じる可能性があり、特に高精度計量においては大きな影響を及ぼします。

タングステン合金製分銅は、主に平滑性、平坦性、そして表面保護層の完全性が求められます。高品質な表面は摩擦と摩耗を低減し、表面の傷による品質低下を防ぎます。平坦性は、分銅が天秤皿に接触する際に力を均等に分散させ、接触ムラによる測定誤差を回避します。表面保護層（ニッケルメッキやクロムメッキなど）は、分銅を外部の湿気や化学物質から保護し、品質に影響を与える腐食を防ぎます。タングステン合金製分銅は高い硬度と加工性を有しており、精密加工により高い平滑性と平坦性を実現し、高精度測定の要件を満たします。

表面状態は、タングステン合金製分銅の計量精度に様々な場面で大きな影響を与えます。実験室では、高精度分銅（E1グレードやE2グレードなど）は、表面の欠陥によって埃や湿気が吸着され、質量の誤差が生じるのを防ぐため、非常に滑らかな表面仕上げが求められます。例えば、微量天秤の校正では、表面の傷によって質量の不確かさが増大し、実験結果に影響を及ぼす可能性があります。産業現場では、分銅表面は頻繁に取り扱われ、接触するため、良好な表面状態は摩耗を軽減し、校正精度を確保します。商業分野では、表面の安定性が、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

商業計量で使用される分銅の信頼性に直接影響します。例えば、宝飾業界では、滑らかな表面を持つ分銅は長期にわたる計量精度の一貫性を維持します。計量精度の確保において表面状態が果たす役割を維持するために、タングステン合金製分銅には厳格なメンテナンストロトコルが必要です。専用の治具を使用することで、直接手で触れることを避け、汗や油による汚染を防ぎます。埃や化学残留物を除去し、滑らかな仕上げを維持するために、定期的な清掃が必要です。保管には専用の校正ボックスを使用し、硬い物体との接触による傷を防ぎます。表面コーティングの定期的な点検とメンテナンスは、分銅の耐腐食性を向上し、計量精度を確保します。将来的には、ナノコーティングなどの新しい表面処理技術により、表面状態の安定性がさらに向上し、メンテナンス頻度が低減する可能性があります。

2.3.3 磁気干渉に対するタングステン合金分銅の計量保証特性

タングステン合金分銅の磁気干渉耐性は、計量安定性を確保する上で重要な要素であり、特に高精度電子天秤の校正においては、磁気干渉が重大な計量誤差につながる可能性があるため、その重要性は増します。タングステン合金は磁化率が低いため、電磁環境下でも正確な質量値を維持し、高精度計量に信頼性の高いサポートを提供します。

タングステン合金は、タングステンの低い磁化率に由来します。純粋なタングステンは非磁性または弱常磁性であり、磁化率が極めて低く、銅やニッケルなどの強磁性材料の磁化率よりもはるかに低いです。補助元素の選択は、磁気干渉への耐性に大きく影響します。ニッケルはある程度の磁性を示しますが、タングステン合金中のその含有量は比較的低くなっています（通常5%～10%）。合金化プロセスにより均一な微細構造が形成され、全体的な磁化率が大幅に低下します。鉄は強力な磁性を持つため、添加は厳密に制御する必要があります。鉄の含有量が多すぎると磁化率が上昇し、測定精度に影響を与える可能性があります。タングステン合金分銅の磁化率が低いため、電磁場や電子天秤の磁気環境でも安定した質量を維持でき、磁気干渉による校正誤差を回避できます。

タングステン合金分銅は、最適化された組成と製造プロセスによって実現されます。タングステン含有量の高い合金（90%以上）は、タングステンの低い磁化率を最大限に引き出すため、高精度分銅に適しています。ニッケルと銅のバランスの取れた比率は、耐磁性と機械特性のバランスを保ち、補助元素による過度の磁化率の導入を回避します。粉末冶金プロセスは、高温焼結によって均一な微細構造を実現し、磁気不均一領域を最小限に抑えます。表面コーティングは、耐腐食性を確保しながら磁化率の上昇を防ぐために、厚さを制御する必要があります。CNC 加工と研磨により表面状態が最適化され、表面欠陥による磁気干渉を最小限に抑えます。

タングステン合金分銅は、耐磁性干渉性により、高精度測定において大きな利点を有します。実験室では、電子天秤が磁場の影響を受けやすいことがよくあります。高精度分銅（E1 グレードや E2 グレードなど）は磁化率が低いため、校正結果が電磁干渉の影響を受けず、化学実験や生物学実験に適しています。産業分野では、生産ラインの計量機器がモーターや電磁機器の近くにある場合があります。タングステン合金分銅の耐磁性は、校正精度を確保できます。商業分野では、耐磁性分銅は電子天秤の校正に適しており、環境磁場による計量誤差を

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

回避できます。また、耐磁性は、輸送中や保管中に磁場によって金属粒子が分銅に引き寄せられるリスクを低減し、測定の安定性を確保します。

2.4 タングステン合金分銅の環境特性と安全特性

タングステン合金製分銅は、現代の計量技術において重要な利点を有しています。その利点には、素材自体の環境への配慮、製造プロセスの低公害性、そして廃棄物処理の容易さなどが挙げられます。これらの特性により、タングステン合金製分銅は、持続可能な開発要件を遵守し、環境へ影響を最小限に抑えながら、高精度計量技術の要求を満たすことができます。

2.4.1 タングステン合金分銅の環境特性

タングステン合金製分銅は、その材料組成と化学的安定性により、使用中の環境や人体への影響を最小限に抑えることができます。タングステンを主成分とし、ニッケル、鉄、銅などの元素を添加することで、低毒性と高い安定性を実現し、様々な環境で安全に使用できます。以下の分析では、タングステン合金製分銅の環境特性を、材料特性、用途安全性、環境影響、持続可能性の観点から検証します。

タングステンは化学的に安定した金属であり、本質的に無毒で、環境物質と反応しません。鉛などの従来の分銅材料（毒性や環境リスクを伴う）と比較して、タングステン合金分銅は有害物質を放出せず、土壌、水、大気を汚染しません。合金に含まれるニッケルや銅などの補助元素の含有量は比較的低く、合金化プロセスによって安定した微細構造が形成されるため、元素の溶解や揮発の可能性が最小限に抑えられます。

タングステン合金製分銅の環境に優しい性質は、実用分野において、ユーザーと環境への影響の低さに反映されています。実験室、産業、商業の現場では、分銅を頻繁に取り扱うため、タングステン合金の低毒性は作業者の安全を確保します。例えば、製薬研究室では、タングステン合金製分銅は有害物質を放出しないため、実験環境やサンプルの汚染を防ぎます。食品加工や宝石の計量といった商業用途では、タングステン合金製分銅の安定性が、食品や貴金属との接触による化学反応を防ぎ、製品の安全性と環境への配慮を確保します。タングステン合金製ウェイトは、生態系への影響が少ないという点でも優れています。鉛などの従来の素材は、腐食や摩耗によって有毒物質を放出し、土壌や水を汚染する可能性があります。タングステン合金製ウェイトは高い化学的安定性を備えているため、この問題を回避できます。さらに、耐摩耗性が高いため、表面の損傷による粒子状物質の排出も抑えられ、環境汚染のリスクをさらに低減します。タングステン合金製ウェイトは屋外や高湿度環境でも安定した状態を保ち、周囲の生態系に悪影響を与えません。

2.4.2 タングステン合金製造プロセスの低汚染特性

タングステン合金製分銅は、原材料調達、製造工程、廃棄物処理における汚染レベルが低いいため、環境面で大きなメリットをもたらします。生産工程の最適化と先進技術の活用により、タングステン合金製分銅の製造は環境への影響を最小限に抑えます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金分銅は、主にタングステン粉末と補助金属（ニッケル、鉄、銅など）で構成されています。これらの材料は、採掘および加工において比較的環境に優しい材料です。タングステンの採掘は一定の環境影響を及ぼしますが、抽出プロセスでは鉛などの有毒金属よりも有害廃棄物が少なくなります。ニッケルや銅などの補助元素も比較的入手しやすく、最新の製錬技術により有害物質の排出を効果的に削減できます。さらに、タングステン合金分銅の製造に使用される原材料には、通常、高い純度が求められます。厳格な選別により不純物の混入が抑制され、製造工程における汚染リスクがさらに最小限に抑えられます。

タングステン合金製ウェイトは粉末冶金法で製造されており、従来の鑄造や化学処理よりも環境負荷が低いです。粉末冶金法では、タングステン粉末と補助金属粉末を混合し、圧縮成形した後、高温で焼結することでウェイトを製造します。このプロセスでは大量の化学試薬を使用する必要がなく、廃液や廃ガスの排出を削減できます。焼結プロセスは通常、制御された環境で行われ、発生する廃ガスはろ過・回収システムによって効果的に処理できます。

研磨やニッケル電気めっきなどの表面処理には少量の化学物質が使用されますが、現代の電気めっき技術では環境に優しい溶液を使用することで、有害な排出物を削減しています。CNC 加工は精密な切削加工によって材料の無駄を削減し、製造プロセスの環境への配慮をさらに高めます。

タングステン合金製分銅の製造における廃棄物管理は、その低公害性の重要な要素です。粉末冶金工程で発生する廃棄物（未焼結粉末や切削片など）はリサイクル・再利用が可能で、資源の無駄を削減できます。電気めっき工程で発生する廃水は、最新の廃水処理技術によって効果的に中和・リサイクルできるため、環境汚染リスクを低減できます。さらに、生産設備の定期的なメンテナンスと最適化により、エネルギー消費量と廃棄物排出量を削減できます。例えば、高効率焼結炉や低エネルギー処理設備の使用は、生産工程における二酸化炭素排出量を大幅に削減できます。

タングステン合金製分銅はエネルギー効率が非常に高く、特に粉末冶金プロセスにおいては、焼結温度と焼結時間を最適化することでエネルギー消費量を削減できます。最新の生産設備では、再生可能エネルギーや省エネ技術も活用し、環境への影響をさらに最小限に抑えています。将来的には、より効率的な焼結設備や化学薬品を使用しない表面処理の開発といったグリーン製造技術の導入を通じて、低公害性をさらに向上させることが可能です。これらの改善により、生産時の排出量がさらに削減され、タングステン合金製分銅の環境的利点がさらに強化されるでしょう。

2.4.3 廃棄後の処分が容易なタングステン合金製分銅の環境に優しい特性

タングステン合金製分銅は、廃棄後の環境負荷がリサイクル性、低毒性、そして環境への影響の少なさといった点で、環境への配慮において重要な要素となっています。タングステン合金製分銅は高い耐久性により長寿命を実現していますが、耐用年数が終了した場合やその

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

他の理由で廃棄された場合、その材料特性とリサイクルプロセスにより、環境への悪影響を最小限に抑えることができます。

タングステン合金製分銅は、リサイクル性に優れた高価値金属です。廃棄されたタングステン合金製分銅は、精錬・再処理によりタングステンとその他の補助元素（ニッケルや鉄など）を分離し、新しい分銅やその他の合金製品の製造に再利用することができます。リサイクルプロセスには通常、粉碎、精錬、化学精製が含まれます。現代のリサイクル技術は、異なる金属を効率的に分離し、資源の無駄を削減します。リサイクル不可能な、あるいは高価な材料（特定のプラスチックや複合材料など）と比較して、タングステン合金製分銅はリサイクル性に優れているため、廃棄物処理にかかる環境コストを大幅に削減し、循環型経済の要件を満たしています。

タングステン合金製分銅のリサイクルは比較的簡単で環境に優しい方法です。化学的に安定しているため、廃棄された分銅は長期保管中に有害物質を放出せず、土壌や水質の汚染を防ぎます。リサイクルは通常、専門の金属リサイクル施設で行われ、機械粉碎と高温精錬によってタングステンを他の金属から分離します。ニッケルなどの電気メッキコーティングは、環境に優しい化学プロセスを用いて除去され、廃水が適切に処理されます。リサイクルプロセス全体で発生する排気ガスと廃水は、最新のろ過技術と中和技術によって効果的に制御され、環境汚染を最小限に抑えます。さらに、廃棄された分銅は小型で高密度であるため、収集と輸送が容易になり、廃棄コストを削減できます。

タングステン合金製の分銅は、廃棄後の環境への影響が最小限に抑えられます。タングステンとその支持元素（ニッケルや銅など）は、自然環境において容易に分解したり、有害物質を放出したりしないため、重金属汚染を引き起こす可能性のある鉛製の分銅よりも安全に廃棄できます。過酷な条件下（酸性環境への長期曝露など）においても、タングステン合金の化学的安定性により有害物質の放出を防ぎます。さらに、廃棄された分銅の高い耐久性により、摩耗や腐食による粒子状汚染を防ぎ、生態系への潜在的な脅威を軽減します。

2.5 タングステン合金錘の適応特性

タングステン合金製分銅は、幅広い環境、機器、そして業界の要件に適応する能力を備えています。高い密度、耐腐食性、そして機械的強度により、様々な条件下で安定した性能を発揮します。この適応性は、最適化された材料と製造プロセスによって実現され、複雑な状況下でも信頼性の高い使用を保証します。

2.5.1 タングステン合金錘の多様な環境への適応性

タングステン合金製分銅は、多様な環境への適応性を備えており、幅広い用途に使用されています。高温・低温、湿度、乾燥など、過酷な環境下でも質量安定性と測定精度を維持しま

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

す。この適応性は、タングステン合金の優れた物理的・化学的特性に由来しており、実験室から屋外まで、幅広い環境に適しています。

タングステン合金製分銅の優れた点は、主に温度変化への耐性にあります。タングステンは熱膨張係数が低いため、温度変化の大きい環境でも体積変化を最小限に抑え、質量を一定に保ちます。例えば、実験室では空調による温度変化の影響を受ける可能性があり、産業現場では生産熱源にさらされる可能性があります。タングステン合金の熱安定性により、これらの条件下でも熱膨張や収縮による計量偏差が生じません。さらに、タングステン合金の機械的強度は低温環境でも著しく低下しないため、コールドチェーン物流や低温実験における校正作業に適しています。

タングステン合金製分銅が湿潤環境と乾燥環境の両方に適応できるもう一つの重要な点は、その適応性です。タングステン合金は耐腐食性に優れているため、高湿度環境下でも酸化や錆びの発生を防ぎます。ニッケルなどの補助元素を添加することで保護層が形成され、耐湿性をさらに高めます。例えば、沿岸地域や湿度の高い実験室などでは、タングステン合金製分銅は表面仕上げと安定した品質を長期間維持し、湿気による損傷を防ぎます。乾燥環境では、タングステン合金の静電吸着性が低いため、埃の付着が少なく、計量精度を維持できます。この適応性により、食品加工工場や砂漠地帯での計量作業に適しています。

タングステン合金製分銅は、化学環境への適応性も特筆すべき点です。タングステンは化学的に安定しているため、ほとんどの酸や塩基による攻撃に耐え、製薬や化学研究室での使用に適しています。例えば、タングステン合金製分銅は化学蒸気への曝露にも影響を受けないため、校正プロセスの安全性と精度を確保できます。粉塵や粒子状物質が多い産業環境においても、分銅の高い硬度と耐摩耗性により、構造的完全性を損なうことなく、軽微な衝撃や摩擦にも耐えることができます。表面コーティングなどの製造工程によって、この適応性はさらに高まります。例えば、ニッケルメッキは酸性環境における耐久性を向上させます。

多様な環境適応性は、実験室における高精度校正の信頼性に反映されています。例えば、分析天秤に使用される E1 グレードの分銅は、恒温恒湿槽や標準的な実験室環境で安定して動作します。産業分野では、分銅は生産ラインの高温や振動にも適応し、電子秤やコンベアベルト計量システムの校正に使用されます。商業分野では、分銅は市場や倉庫の湿度や埃にも耐えることができ、商業計量の校正に使用されます。この適応性により、環境要因が測定結果に与える影響が軽減され、全体的な効率が向上します。タングステン合金製ウェイトの多様な環境適応性は、最適化された製造技術によるものです。粉末冶金技術は高温焼結によって緻密な構造を形成し、内部欠陥が環境感度と与える影響を低減します。CNC 加工により、正確な形状と表面状態が確保され、様々な環境での使用を容易にします。

2.5.2 タングステン合金製分銅の複数のデバイスとの互換性

タングステン合金製の分銅は、幅広い機器と互換性があり、様々な天秤、秤、計測機器とシームレスに連携し、校正時の精度と利便性を確保します。この互換性は、標準化された設計

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

と高い安定性に由来しており、手動天秤から電子天秤まで、幅広い機器での使用に適しています。

タングステン合金製分銅の優れた点は、その高密度と均一な質量分布にあります。この高密度により、小さな容積に大きな質量を詰め込むことができ、マイクロ天秤やポータブル電子天秤など、スペースが限られた機器に適しています。この均一な質量分布により、様々な機器のトレイに分銅を安定して配置でき、重心移動による測定誤差を防ぎます。例えば、分析天秤では、タングステン合金製分銅の低い磁化率が電子部品への干渉を最小限に抑え、互換性を確保します。機械式天秤では、高い硬度により表面損傷を防ぎ、長期的な互換性を維持します。

設計上の特徴により、タングステン合金製分銅の複数機器への互換性がさらに向上します。円筒形やシート形などの標準化された形状は、ほとんどの天秤皿に適合します。円筒形の分銅は積み重ねや組み合わせが容易で、多段校正機器に適しています。シート形分銅はコンパクトで、マイクロスケールにも対応しています。フック形の分銅は吊り下げ式スケールに最適化されており、動的計測機器での使用に便利です。タングステン合金の滑らかな表面仕上げと耐腐食性により、機器との接触面が清潔に保たれ、互換性に影響を与える可能性のある汚染や摩耗を防ぎます。例えば、電子天秤の校正では、分銅の低摩擦表面が滑りのリスクを低減し、操作互換性を向上させます。

タングステン合金分銅は、様々な機器への適合性を備えています。実験室機器では、高精度分析天秤や微量天秤との互換性があり、精密校正に使用できます。産業機器では、電子天秤や生産ラインのコンベアシステムとの互換性があり、大規模な校正の精度を確保できます。業務用機器では、ベンチスケールや電子天秤との互換性があり、日常的な取引用途に使用できます。タングステン合金分銅は耐久性に優れているため、実験室天秤から産業用天秤への移設など、頻繁な機器交換においても、追加の調整を必要とせず、安定した性能を維持できます。

2.5.3 タングステン合金分銅の様々な産業への応用と適応性

タングステン合金製の分銅は、様々な業界で計量ツールとしての普遍的な価値を発揮しています。その設計と性能は、医薬品から物流まで、多様な計量要件に合わせてカスタマイズ可能です。この柔軟性は、材料の可塑性と製造の汎用性に由来し、高精度から高質量まで、あらゆる用途に使用できます。

タングステン合金分銅の適応性は、様々な業界の用途ニーズによって左右されます。製薬業界では、薬剤調合スケールの校正に高精度かつ小型の分銅が求められます。食品加工業界では、湿気の多い環境にも適応できるよう、耐腐食性と洗浄容易性を備えた分銅が求められます。宝石業界では、貴金属の計量にミクロレベルの精度が求められます。物流業界では、倉庫のスケールを校正するために大型の分銅が必要になる場合があります。タングステン合金は高密度で安定性に優れているため、組成や形態を調整することで、これらのニーズに柔軟

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に対応できます。例えば、タングステン含有量の高い合金は高精度が求められる産業に適しており、ニッケル含有量の多い合金は耐腐食性が向上し、食品業界に適しています。

適応メカニズムには、材料の最適化と設計調整が含まれます。タングステン合金の組成は、業界のニーズに合わせて調整できます。銅などの補助元素を添加することで熱伝導性が向上し、温度に敏感な産業に適しています。コバルトを添加することで強度が向上し、高負荷用途に適しています。柔軟な設計により、実験室用途では円筒形、産業用途ではブロック形状のカスタム設計が可能です。粉末冶金などの製造プロセスは、標準化された分銅の大量生産をサポートし、CNC 加工は特殊な形状のカスタムカスタマイズを容易にします。このメカニズムにより、多様な業界にわたる分銅のシームレスな適応が保証されます。

2.6 CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト MSDS

CTIA GROUP LTD は、タングステンおよびモリブデン製品の研究、開発、生産、販売を専門とする企業であり、計量分野で広く使用されているタングステン合金製分銅を提供しています。GB/T 16483 や GB/T 17519 などの国家規格に準拠した MSDS（安全データシート）は、実験室、産業、商業施設におけるタングステン合金製分銅の安全な使用を保証するための包括的な安全情報をユーザーに提供することを目的としています。

タングステン合金分銅は、主にタングステンを原料とし、ニッケルや鉄などの元素を添加することで、高密度で安定した計量ツールを実現しています。タングステン合金分銅の一般的な組成は、タングステン（W）が最も多く、通常 90%を超え、高密度で安定性に優れています。その他の元素としては、靱性を高めるニッケル（Ni、約 5~10%）、強度を高める鉄（Fe、約 2~5%）、加工性を向上させる微量の銅（Cu）またはコバルト（Co）が挙げられます。タングステン合金分銅の物理的特性は、MSDS（製品安全データシート）に記載されており、高密度（約 17 g/cm³）、高融点（3000°C 以上）、低溶解性で室温での安定性を確保しています。化学的特性としては、表面が不活性で水や空気とは反応しませんが、高温では酸化する可能性があります。

GHS 分類によれば、タングステン合金重りは一般に無害物質ですが、MSDS では特定のリスクが特定されています。物理的な危険性には、機械的損傷（エッジカットなど）や重量物の落下リスクが含まれます。

保管方法には、表面腐食を防ぐため、湿気を避け、乾燥した換気の良い倉庫に保管することが含まれています。MSDS では、重量のある物品を隔離するために専用の棚を使用し、製品情報を明記したラベルを貼付することを推奨しています。輸送には、UN 規格に適合した耐衝撃梱包材を使用してください。

廃棄物部分はリサイクルを第一に重視しており、タングステン合金は溶かしてリサイクルすることで環境負荷を軽減します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第3章 タングステン合金分銅の試験基準

タングステン合金製分銅には、品質の安定性と信頼性の高い使用を保証するために不可欠な試験基準が必要です。本章では、タングステン合金製分銅の試験基準を体系的に検討し、特に密度および体積安定性試験の方法とプロセスに焦点を当てます。これらの試験は、国際および国内の計量標準規格に準拠しているだけでなく、精密機器と標準化された手順を用いて様々な環境における分銅の性能を検証し、研究室、産業界、商業における分銅の応用を技術的にサポートします。

3.1 タングステン合金分銅の密度と体積安定性試験

タングステン合金製分銅は、品質管理の中核を成す要素です。高密度はタングステン合金製分銅の大きな利点であり、体積安定性は温度や湿度などの環境要因に左右されることなく、計量精度を保証します。これらの試験は通常、専門の計量研究所または製造工場で、OIML R111 や JJG 99 などの規格に準拠して実施され、結果のトレーサビリティと信頼性を確保しています。

3.1.1 タングステン合金分銅の密度試験の標準方法

タングステン合金分銅は、質量と体積の比を正確に測定し、合金の均質性と高密度性を検証することを目的としています。この試験は、分銅の製造と品質認証において不可欠なステップです。通常、アルキメデスの原理に基づく浸漬法またはガス置換法を用いて、結果が計量標準規格を満たしていることを確認します。以下では、タングステン合金分銅の密度試験の標準方法を、方法原理、機器の準備、操作手順、誤差制御、および適用検証の観点から包括的に分析します。

密度試験の基本原理は、アルキメデスの浮力の法則に基づいています。これは、物体が液体または気体に浸漬されると、その物体が受ける浮力は、その物体が押しのけられた媒体の質量に等しいというものです。空気中のおもりの重量と、それを浸漬した媒体の重量の差を測定することで、おもりの体積が計算され、密度が決定されます。タングステン合金のおもりは高密度であるため、小型で質量が大きいため測定誤差が少なく、この方法に特に適しています。タングステン合金の場合、浸漬法では媒体として水またはエタノールがよく使用され、ガス置換法は液体腐食を避ける場合に適しています。これらの方法は GB/T 1423 や ASTM B328 などの規格に準拠しており、科学的で再現性のある試験を保証します。

密度試験には、精密天秤と密度計が必要です。高精度天秤は、マイクログラム単位の分解能を持ち、E1 グレードの分銅の試験に適したものでなければなりません。密度計には、吊り下げブラケット、媒体容器、および温度制御装置が含まれます。媒体として水を使用する場合は、不純物の干渉を避けるため、蒸留水を使用する必要があります。ガス置換法では、ガスの純度を確保するために、ヘリウムまたは窒素発生器が必要です。補助装置には、恒温水槽（媒体温度を約 20°C に維持）と、環境変動による測定への影響を最小限に抑えるための風防

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

があります。試験精度を確保するために、すべての装置は、JJF 1001「計測機器の計量検定に関する規格」に従って定期的に校正する必要があります。

標準密度試験手順は、準備、測定、計算の 3 つの段階から構成されます。まず、準備段階では、超音波洗浄機を使用して分銅表面を洗浄し、汚染物質を除去し、表面に傷や堆積物がないことを確認します。天びんを校正し、標準分銅を使用してゼロ点および直線性誤差を検証します。容器に水またはエタノールを満たし、温度を制御し、初期条件を記録することで媒体を準備します。次に、測定段階が始まります。分銅を天びんに置き、空気中の質量 (m_1) を記録します。吊り下げブラケットを使用して、分銅を媒体に完全に浸し、気泡が付着しないようにしながら、浸水した質量 (m_2) を記録します。ガス置換法では、ガス発生器を使用して置換容器を満たし、置換されたガスの体積を記録します。信頼性を向上させるために、測定を複数回 (少なくとも 3 回) 繰り返し、平均値を取得します。最後に、計算段階が始まります。体積 $V = (m_1 - m_2) / \rho_{\text{medium}}$ 密度 $\rho = m_1 / V$ 。プロセス全体は一定の温度と湿度の環境で実行する必要があります、作業者は汚染を防ぐために手袋を着用する必要があります。

密度試験では、結果が許容範囲内であることを保証するために、誤差制御が不可欠です。系統誤差は主に媒体の温度変動と表面張力によって発生し、温度補正式を用いて補正されます。ランダム誤差は、複数回の測定と統計分析 (標準偏差を用いた再現性評価など) によって最小限に抑えられます。タングステン合金製分銅の表面コーティングは、浸漬時に浮力に影響を与える可能性があるため、コーティングの均一性を事前に検証する必要があります。気圧変化などの環境要因は、気圧計を用いて補正できます。試験後、GUM (測定における不確かさの表現に関するガイド) に従って不確かさ評価を実施し、レポートの完全性を確保します。

密度試験の結果は、タングステン合金分銅の品質分類と認証に直接適用されます。例えば、生産ラインでは、試験によって合金密度が均一であることが保証され、高精度な実験室用分銅として適しています。計量標準研究所では、検証結果を測定転送に使用して、分銅が OIML 規格に準拠していることを確認します。実際のケースでは、密度試験は、不均一な焼結による密度勾配などの製造欠陥を特定し、プロセスを最適化するのに役立ちます。この方法は、バッチ試験もサポートし、自動密度計による効率向上にも役立ちます。将来的には、レーザー体積スキャンの導入など、精密測定の進歩により、密度試験の精度はさらに向上し、タングステン合金分銅の性能保証をより強力にサポートできるようになります。

タングステン合金分銅の密度試験の標準法では、これらの手順と管理措置が連携して試験の信頼性と実用性を確保しています。厳格な運用を通じて、製造業者とユーザーは製品のコア特性を自信を持って検証し、計量技術の標準化を促進することができます。

3.1.2 タングステン合金分銅の体積安定性試験プロセス

タングステン合金製分銅は、環境条件下での体積変化特性を評価し、温度、湿度、機械的ストレスによる計量精度の影響を受けないことを確認します。この試験は長期的な性能検証において重要なステップであり、通常は ISO 376 および JJG 99 規格に準拠した静的試験と動的試験を組み合わせで行われます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

体積安定性の原理は、材料の熱膨張と機械的変形の定量分析に基づいています。タングステン合金は熱膨張係数が低いため、体積変化は最小限に抑えられますが、試験には温度サイクル（低温から高温）や湿度曝露といった実環境のシミュレーションが必要です。安定性は、初期体積と環境曝露後の体積の差を測定することで評価されます。静的試験は長期保管安定性を検証し、動的試験は動作条件をシミュレートします。これらの原理により、実験室や産業環境において重量に影響を与える潜在的な要因を試験でカバーすることが可能になります。

試験プロセスは、準備、初期測定、環境曝露、その後の測定、そして報告の 5 段階に分かれています。まず、準備段階では、サンプルの重量（異なるバッチを表す少なくとも 5 つ）を選択し、洗浄し、表面検査や環境記録を含む初期状態を記録します。すべての機器は、測定精度を確保するために校正されています。次に、初期測定段階では、座標測定機またはレーザースキャナーを使用して初期体積を記録し、直径や高さなどの幾何学的パラメータを計算します。密度の一貫性を確認するために、質量も測定します。最後に、環境曝露段階では、重量を環境シミュレーションチャンバーに入れ、温度サイクル（例えば、10°C から 40°C までの複数サイクル）と湿度曝露（低湿度から高湿度まで）にかけます。機械的ストレス試験では、軽度の振動または圧力シミュレーションが行われます。曝露時間は規格に従って設定され、通常は数時間から数日間です。最後に、その後の測定段階では、曝露直後に体積を再測定し、初期測定手順を繰り返し、変化を記録します。5 番目は、レポート段階です。ボリュームの変化率が計算され、グラフや結論を含むレポートが生成されます。

機器構成には高い精度と安定性が求められます。3D ボリュームスキャンには座標測定機（CMM）を使用し、ミクロンレベルの解像度を実現します。レーザースキャナーは非接触測定に適しており、表面へのダメージを最小限に抑えます。環境シミュレーションチャンバーには温湿度制御システムが搭載されており、 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ および $\pm 2\% \text{ RH}$ の精度を維持します。補助機器には、機械的応力をシミュレートするための振動台と、質量安定性を検証するための恒温天秤が含まれます。試験の信頼性を確保するため、すべての機器は国家規格にトレーサビリティが確保されている必要があります。動作環境は、外部からの干渉を最小限に抑えるため、一定温度に保たれたクリーンルームです。

体積安定性を評価するためのデータ分析には、統計的手法が用いられます。体積変化（ ΔV ）は、 $V_{\text{after}} - V_{\text{initial}}$ として計算され、変化率（ $\Delta V/V$ ）が算出されます。不確かさは標準偏差と信頼区間を用いて定量化されます。熱膨張試験では、線形回帰を用いて温度と体積の関係を分析し、タングステン合金の低膨張特性を検証します。湿度試験では、吸湿の影響を評価し、暴露前と暴露後のデータを比較することで潜在的な問題を特定します。異常なデータは、表面コーティングの欠陥などの原因まで遡って調査し、根本原因分析を実施する必要があります。報告書は計量仕様に準拠し、不確かさの推定値と安定性に関する結論を含める必要があります。

容積安定性試験の結果は、分銅の性能を認証し、使用上のガイドラインを提供するために使用されます。例えば、国立計量標準研究所では、E1 グレードの分銅の温度変動下における容積安定性を試験によって保証し、高精度天びんの校正に適しています。工業生産においては、検証結果は製造プロセスの最適化に活用され、例えば焼結パラメータを調整して容積変動を

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

低減します。実用化においては、このプロセスは湿度の高い環境における分銅の性能を予測し、メンテナンス計画の策定を支援します。将来的には、デジタルシミュレーションと AI 分析を組み合わせることで、プロセスを合理化し、試験効率を向上させることが期待されます。

3.2 タングステン合金分銅の機械的特性と耐久性試験

タングステン合金製分銅の試験は、その機械的強度、耐摩耗性、耐腐食性を評価するための重要なプロセスです。これらの試験により、分銅は頻繁な操作や過酷な環境下においても、構造的完全性と計量精度を維持できることが保証されます。これらの試験は通常、専門の研究所で、または製造品質管理の一環として、ASTM や GB/T などの規格に準拠して実施されます。

3.2.1 タングステン合金分銅の硬度試験方法

タングステン合金製分銅は、表面の変形抵抗を定量化し、長期使用における耐摩耗性と安定性を確保するように設計されています。この試験は機械的特性評価の基礎であり、精密機器を用いてインデンテーション試験またはスクラッチ試験のいずれかを用いて硬度を評価します。

硬度試験の基本原理は、材料の外部荷重に対する耐性に基づいています。インデンテーション法では、重りの表面に荷重を加えて圧痕をつけ、その大きさを測定することで硬度を計算します。スクラッチ法では、スタイラスで表面を削り、その傷の幅または深さを測定します。タングステン合金は高い硬度を有し、均一な微細構造により一貫した試験結果が得られるため、これらの試験方法に適しています。これらの原理は GB/T 230 や ASTM E18 などの規格に準拠しており、科学的で比較可能な試験を保証します。

硬度試験には、ビッカース硬度計やロックウェル硬度計などの機器が必要です。ビッカース硬度計は、ダイヤモンド圧子を用いて荷重を加えることでタングステン合金の精密測定に適しており、ロックウェル硬度計は球形または円錐形の圧子を用いて迅速な評価に適しています。補助機器としては、サンプルホルダー、圧痕観察用の顕微鏡、試験温度を一定に保つための環境制御チャンバーなどがあります。試験精度を確保するため、すべての機器は JJF 1059「計測機器の校正に関する規格」に従って定期的に校正する必要があります。重量サンプルの表面は、酸化物層や汚染物質を除去するために洗浄する必要があり、試験面は平坦でなければなりません。

硬度試験の標準的な操作は、準備、試験、分析の 3 段階に分かれています。まず、準備段階：側面や上面など、端面を避けた錘の代表的な表面を選択します。水平安定性を確保するために錘を試験台に固定します。荷重と保持時間を設定し、錘のサイズに応じてパラメータを調整します。次に、試験段階に入ります。機器を起動して荷重を加え、くぼみを形成します。顕微鏡を使用して、くぼみの対角線または深さを測定します。均一性を評価するために、複数のポイント（少なくとも 5 ポイント）で試験を繰り返します。スクラッチ法では、固定されたスタイラスで表面を引っ掻き、スクラッチ特性を記録します。このプロセス全体は振動のない環境で実行する必要があり、オペレーターは各測定値を記録します。最後に、分析段

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

階：平均硬度値を計算し、異なるポイントでの差を比較して材料の均一性を評価します。レポートには、試験条件と結果チャートが含まれます。

誤差管理は硬度試験の信頼性を確保します。主に荷重の不正確さや圧子の摩耗に起因する系統的誤差は、定期的な機器校正によって排除されます。ランダム誤差は、多点測定と統計的平均化（例えば、分散分析を用いた再現性評価）によって最小限に抑えられます。タングステン合金の表面コーティングは硬度の測定値に影響を及ぼす可能性があり、事前の剥離や試験深さの調整が必要になります。温度変動などの環境要因は、サーモスタットを使用して制御できます。試験後には、計量ガイドラインに従って不確かさの評価を実施し、客観的な報告書を作成します。

硬度試験の結果は、タングステン合金製分銅の品質分類と最適化に直接応用されます。例えば、製造工程では、耐摩耗性に優れた工業用分銅の硬度を均一に保つために試験が役立ちます。計量検証においては、測定値の転送をサポートし、分銅が規格を満たしていることを保証します。実務においては、硬度試験は、不均一な補助元素による硬度勾配など、合金配合上の欠陥を特定し、製造工程の改善に役立てることができます。また、この方法はバッチスクリーニングをサポートし、硬度試験の自動化によって効率性を向上させます。

3.2.1 タングステン合金分銅の強度試験方法

タングステン合金製分銅の強度試験は、引張、圧縮、または曲げ変形に対する耐性を評価することに重点を置いており、動作中に分銅が構造的な破損を起こさないことを確認します。この試験は耐久性評価の鍵となるため、通常は引張試験または圧縮試験を用いて実施され、強度特性を検証するための専用機器が用いられます。

強度試験は材料力学の法則に基づき、段階的に増加する荷重を加えて変形と破断点を測定します。引張試験はサンプルを引っ張ることで引張強度を測定し、圧縮試験は圧力を加えることで圧縮強度を測定します。タングステン合金は高い強度と靱性を兼ね備えているため、これらの試験方法に適しています。これらの原理は GB/T 228 や ASTM E8 などの規格に準拠しており、標準化された正確な試験を可能にします。

強度試験には、引張モードと圧縮モードの両方に対応できる万能材料試験機が必要です。この試験機には、サンプルの重量を固定するための治具と、荷重と変形を測定するセンサーが装備されています。補助装置には、微小変形を記録するためのひずみゲージと、リアルタイムモニタリングのためのデータ収集システムが含まれます。試験対象領域に欠陥がないことを保証するため、サンプルはロッドやブロックなどの標準形状に機械加工する必要があります。信頼性の高い結果を得るために、すべての機器は計量規格に従って校正する必要があります。

強度試験作業は、準備、試験、分析の 3 段階に分かれています。まず、準備段階では、重量サンプルを均一なサイズに加工し、サンプルを試験機の治具に固定して軸を調整し、試験速度と荷重範囲を設定します。次に、試験段階では、機械を始動して荷重を加え、荷重-変形曲

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

線を記録します。サンプルが変形または破損するまで試験を続け、複数のサンプルで試験を繰り返して一貫性を評価します。圧縮試験では、サンプルを破損させずに圧縮変形を観察します。振動干渉を避けるため、このプロセスは制御された環境で実行する必要があります。最後に、分析段階では、曲線から降伏強度や破壊強度などの強度値を抽出し、平均値と変動係数を計算します。レポートには、曲線グラフと結論が含まれます。

誤差管理は測定精度に重点を置いています。治具の位置ずれやセンサーのドリフトといった系統的誤差は校正によって排除され、ランダム誤差は複数サンプルの試験によって最小限に抑えられます。タングステン合金の微細構造の不均一性は結果に影響を与える可能性があり、事前に顕微鏡検査が必要となります。周囲温度は恒温槽を用いて制御可能です。不確かさの評価により、報告書の科学的完全性を確保します。

3.2.2 タングステン合金錘の耐摩耗性試験方法

タングステン合金製の分銅は、表面の摩擦摩耗に対する耐性を評価し、繰り返し使用においても一貫した品質を維持できるようにします。この試験では、摩擦試験または摩耗シミュレーションを用いて摩耗を機器で定量化します。耐摩耗性試験はトライボロジーに基づいており、接触摩擦をシミュレートすることで質量損失または体積変化を測定します。往復摩擦法は動作摩耗をシミュレートし、回転摩擦法は表面評価に適しています。これらの方法は、GB/T 12444 および ASTM G99 規格に準拠しています。

装置の準備には、摩耗プレートと荷重システムを備えたトライボメータが必要です。補助装置には、質量減少を測定するための電子スケールと、表面を観察するための顕微鏡が含まれます。試験片は、試験面が平坦であることを確認するために固定する必要があります。また、機器は仕様に合わせて校正する必要があります。

プロセスは準備、試験、分析に分かれています。まず準備として、サンプルを洗浄し、機械に固定し、荷重と摩擦距離を設定します。次に試験として、摩擦プロセスを開始し、その経過を記録し、プロセスを停止して質量減少を測定します。この試験を繰り返します。最後に分析として、摩耗率を計算し、表面写真を含むレポートを作成します。

エラー制御により、負荷変動と周囲湿度を制御します。複数回のテストによりランダムエラーを最小限に抑えます。不確実性評価により信頼性を確保します。アプリケーション検証は、分銅の耐久性を最適化するために使用されます。産業界では長期使用を保証し、研究室では設計をサポートし、プロセスの改善に役立ちます。将来的には、自動試験によって効率性が向上するでしょう。

3.2.3 タングステン合金分銅の耐食性を評価するための標準プロセス

タングステン合金製分銅は、環境曝露を模擬することで耐腐食性を評価し、湿度や化学薬品を含む環境における安定性を確保します。このプロセスでは、標準仕様に従い、浸漬試験または電気化学的手法のいずれかを採用します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

このプロセスは腐食速度論に基づいており、媒体への曝露によって腐食速度を測定します。塩水噴霧試験は湿度をシミュレートし、浸漬試験は化学的安定性を評価します。GB/T 10125 および ASTM B117 規格に準拠しています。

設計手順は、準備、曝露、測定、報告に分かれています。まず、サンプルを準備して洗浄します。次に、塩水噴霧チャンバーまたは浸漬溶液に曝露します。最後に、質量減少または表面変化を測定します。最後に、結論を報告します。

この装置は、環境を制御するための塩水噴霧チャンバーと腐食電流を測定するための電気化学ワークステーションを備えています。補助装置には pH メーターと顕微鏡が含まれます。

データ分析：腐食速度を計算し、統計を用いて不確実性を推定します。表面の変化を分析します。アプリケーション検証は環境適応に用いられます。医薬品においては、安定性を確保し、コーティングの最適化に役立ちます。将来的には、加速試験によって効率性が向上するでしょう。

3.3 タングステン合金分銅の計量性能安定性の試験

タングステン合金製分銅の試験は、経時変化や様々な環境条件下での計量精度の維持能力を評価するプロセスです。質量値、表面状態、磁気干渉といった主要な指標を含むこの試験は、通常、専門の計量機関、または OIML R111 や JJG 99 などの規格に準拠した製造品質管理の過程で実施されます。これらの試験は、高精度な実験室校正、産業用生産ラインの検証、そして商業取引における計量において、分銅の信頼性を確保します。

3.3.1 タングステン合金分銅の質量値の安定性のための標準監視サイクル

タングステン合金分銅とは、環境変化や使用状況にも関わらず質量値が安定していることを保証するために、定期的な校正と検証の間隔を指します。このモニタリングは、計量安定性試験の中核を成す要素です。体系的な周期設定と運用手順を通じて、分銅の長期的な信頼性を評価します。

質量値の安定性を監視するための監視原理は、トレーサビリティと再現性という計量原理に基づいています。基準分銅との定期的な比較により、分銅の質量偏差が許容範囲内にあるかどうかを検証します。タングステン合金製の分銅は化学的安定性が高く熱膨張率が低いので、質量値の変動は最小限に抑えられますが、監視においては温度、湿度、機械的摩耗などの環境要因の影響を考慮する必要があります。これらの原則は OIML R111 規格の安定性要件に準拠しており、科学的かつ一貫した監視を保証します。サイクル設定は、分銅の精度等級、使用頻度、および環境条件を考慮して行われます。高精度分銅は、計量精度を維持するために、より頻繁な監視が必要です。

監視周期は、分銅の精度レベルと適用シナリオに基づいて決定する必要があります。E1 や E2 などの高精度分銅は通常、実験室環境で使用され、環境からの干渉の可能性に対処するため

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に監視周期を短くする必要があります。F2 や M1 などの低精度分銅は、産業または商業のシナリオで使用され、周期は適切に延長できますが、使用頻度を考慮する必要があります。周期は環境要因の影響も受けます。例えば、高湿度または高温環境では、腐食や熱膨張の影響を評価するために監視頻度を増やす必要があります。標準仕様では、分銅の履歴データとリスク評価に基づいて周期を動的に調整し、的を絞った効果的な監視を確保することを推奨しています。

質量値安定性の監視操作プロセスは、準備、校正、記録、レビューの 4 段階に分かれています。まず、準備段階：監視分銅を選択し、表面を清掃し、周囲の温度と湿度を含む初期状態を記録します。機器の校正を確実にするために、基準分銅と精密天秤を準備します。次に、校正段階に入ります。質量比較法を使用して、分銅と基準を比較し、偏差を記録します。測定を複数回繰り返して、再現性を評価します。動的監視の場合、積み重ねや移動などの使用条件をシミュレートして再校正することができます。3 つ目、記録段階：偏差値や環境パラメータを含むすべてのデータを文書化し、スプレッドシートまたは専用ソフトウェアを使用して保存します。4 つ目、レビュー段階：現在のデータと履歴記録を比較して安定性の傾向を評価します。偏差が限度を超えた場合は、根本原因分析を行い、サイクルを調整します。プロセス全体は、恒温恒湿室で実行する必要があり、オペレーターは安全規制に従う必要があります。

データ評価では、統計的手法を用いて安定性を定量化します。質量偏差の平均と標準偏差を計算し、トレンドチャートをプロットして変化のパターンを特定します。評価では、天びんの分解能や環境変動の影響などの不確実性を考慮します。安定性は信頼区間分析によって評価されます。偏差が許容範囲内であれば、分銅は信頼できると判断されます。異常なデータは、表面汚染や磁気干渉などの原因まで追跡され、是正措置が実施されます。評価レポートには、データの概要と、継続的な監視と改善を確実にするための定期的な推奨事項が含まれています。

質量値の安定性を確保するための標準化されたモニタリングサイクルは、実用アプリケーションにおいて極めて重要です。研究室では、定期的なモニタリングによって高精度な校正の精度が確保され、科学研究の信頼性が支えられます。産業分野では、モニタリングサイクルは分銅の寿命を予測し、メンテナンス計画を最適化するのに役立ちます。商業分野では、安定したモニタリングによって取引計量における公平性が確保されます。また、定期的なモニタリングは、標準化された重量管理を促進し、質量ドリフトによる経済的損失を軽減します。これらの標準監視サイクルを通じて、タングステン合金分銅の質量値の安定性が効果的に保証され、様々な計量シナリオにおける長期的な性能が確保されます。このプロセスの標準化された実施は、分銅の信頼性を向上させるだけでなく、計量技術の継続的な発展のためのデータ基盤も提供します。

3.3.2 タングステン合金錘の表面状態の検出方法

タングステン合金分銅は、表面仕上げ、平坦度、および完全性を評価し、表面欠陥が計量精度に影響を与えないことを確認するために設計されています。この試験は安定性試験の重要

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

な要素であり、目視検査と機器測定を組み合わせることで、傷、腐食、汚染などの潜在的な問題を特定します。

表面状態試験は、光学のおよび接触測定原理に基づき、表面の特徴を観察または定量化することで、計量性能への影響を評価します。仕上げ試験では光の反射を利用して表面粗さを評価し、平坦度試験では均一な接触を確保するために幾何学的な偏差を測定します。タングステン合金製分銅の表面コーティングおよび研磨特性は、試験中に微細な欠陥に焦点を当てる必要があります。これらの原理は OIML R111 の表面品質要件に準拠しており、試験の客観性と包括性を保証します。

表面状態検査方法は、目視検査、接触測定、非接触測定に分類できます。目視検査では、拡大鏡または顕微鏡を用いて表面を観察し、傷や錆などのマクロ的な欠陥を特定します。接触測定では、表面粗さ計を用い、プローブの走査によって粗さパラメータを定量化します。非接触測定では、レーザースキャナまたは光学式プロファイラを用います。非接触測定は、接触による損傷を防ぐため、高精度の分銅に適しています。これらの方法の選択は分銅のグレードによって異なりますが、高精度の分銅では表面の完全性を維持するために非接触測定が推奨されます。

検査プロセスには、準備、検査、測定、および文書化が含まれます。まず、準備フェーズでは、分銅の表面を清掃し、無塵布と中性洗剤を使用して汚染物質を取り除きます。検査機器を準備し、粗さ計またはレーザースキャナを校正します。次に、検査フェーズでは、目視検査を実行し、目に見える欠陥の場所と種類を記録します。接触式測定の場合は、プローブパスを設定して表面をスキャンし、データを収集します。非接触式測定の場合は、分銅を固定してスキャンを開始し、3次元の表面画像を取得します。包括的なカバレッジを実現するために、複数の領域でこの操作を繰り返します。3番目は、測定フェーズです。粗さの平均や平坦度の偏差などのパラメータを定量化します。4番目は、文書化フェーズです。写真、データテーブル、結論を含むレポートを作成し、異常があれば記録します。

結果分析では、測定値を標準限界値と比較することで表面状態を評価します。粗さ指数を計算し、表面プロファイルをプロットして均一性を評価します。分析では、機器の分解能や操作上のばらつきなどの不確実性を考慮する必要があります。高い粗さなどの異常な結果が出た場合は、製造上の欠陥や摩耗などの原因分析が必要となり、改善策が提案されます。レポートでは、表面状態が計測精度に与える影響が強調表示されるため、実用的な分析が可能になります。表面状態検出手法は、分銅の設計とメンテナンスの最適化に活用できます。生産工程においては、検出によって研磨工程の改善が促され、表面品質が向上します。

3.3.3 タングステン合金分銅の磁気干渉検出方法

タングステン合金製分銅は、電子天秤の校正時に磁場の影響を受けないことを確認するため、磁化率と永久磁化の評価に重点を置いています。この試験は安定性試験の専門的な要素であり、磁気測定と環境シミュレーションを通じて磁気特性を定量化します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

磁気干渉試験は、電磁誘導と磁気天秤をベースとし、磁場に対する分銅の応答を測定することで、分銅の磁気特性を評価します。磁化率試験は、分銅の外部磁場に対する応答を計算し、永久磁化試験は内部磁場の強度を評価します。タングステン合金は磁化率が低いため、試験には高感度の計測機器が必要です。これらの原理は OIML R111 の磁気要件に準拠しており、正確で適切な試験を保証します。

磁気干渉検出方法には、磁化率測定と永久磁化試験があります。磁化率測定では、磁力計またはガウスメーターを用いて、既知の磁場における分銅の力の変化を観察します。永久磁化試験では、吊り下げ法またはホール効果プローブを用いて分銅の磁極の強さを検出します。これらの方法は、精度の異なる分銅に適していますが、E1 グレードの高精度分銅では、規格の限度値を満たすために、より高感度な測定が必要となります。

試験プロセスは、準備、測定、検証、そして報告から構成されます。まず、準備段階では、外部磁場からの遮蔽と非磁性試験室の使用、分銅サンプルの準備、初期状態の記録を行います。次に、測定段階では、磁化率を測定するために、分銅を均一な磁場内に置き、力の偏差を測定します。永久磁化を測定するために、プローブを用いて表面を走査し、磁場強度を記録します。均一性を評価するために、複数のポイントで測定を繰り返します。最後に、検証段階では、結果を標準閾値と比較し、適合性を確認します。最後に、報告段階では、磁場図や結論を含むデータの文書化、そして必要に応じて消磁に関する推奨事項の作成を行います。

データ処理では、計算モデルを用いて磁気特性を定量化します。永久磁化は、磁化率 $\chi = (\text{力の偏差}) / (\text{磁場強度} \times \text{体積})$ を計算することで推定されます。この処理では、機器ノイズや背景磁場などの不確実性を考慮する必要があります。複数のデータセットの統計解析を行い、平均値と分散を決定します。異常なデータは、合金不純物などの理由により分析し、修正する必要があります。磁気干渉検出法は、電子計量における精度を実際に保護します。実験室では、分銅が天秤の読み取り値に干渉しないことを保証し、産業界では、電磁環境における校正をサポートします。この方法の導入により、合金組成が最適化され、磁気リスクが低減されます。将来的には、自動化された磁場スキャナーによって検出効率が向上するでしょう。

3.4 タングステン合金分銅の環境試験

タングステン合金製分銅の環境性能評価は、製造および廃棄時の環境影響評価において重要なステップであり、材料毒性の低さ、製造時の汚染レベルの低さ、そして廃棄時のリサイクル性を確保します。これらの試験は、GB/T 27948 や ISO 14001 などの環境基準に準拠しており、通常は専門の研究所または製造工程で実施されます。化学分析と環境シミュレーション技術を組み合わせることで、分銅の環境性能を検証します。

3.4.1 タングステン合金分銅の環境試験方法

タングステン合金製分銅は、その材料組成と使用方法が環境および人体への潜在的な影響を評価し、環境規制および安全要件への適合性を確保するように設計されています。これらの

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

方法により、化学分析、毒性評価、排出物試験を通じて、分銅の低毒性と環境への配慮が検証されます。

環境試験は、材料の化学分析と環境影響評価に基づいています。化学組成分析では、分光法を用いて重量中の有害物質の含有量を特定します。毒性評価では、特定の条件下での材料の溶解性を試験し、有害物質の放出の有無を判断します。排出物試験では、使用シナリオをシミュレーションして、揮発性物質または粒子状物質の排出を評価します。これらの方法は、GB/T 26572（有害物質の限度）および REACH 規則に準拠しており、試験結果が国際環境基準と整合していることが保証されています。タングステン合金は、毒性が低く安定性が高いため、これらの試験において一般的に良好な結果を示します。

環境試験方法には、組成分析、溶出試験、環境曝露試験があります。組成分析では、誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）または蛍光 X 線分析法（XRF）を用いて、タングステン、ニッケル、鉄などの元素や有害な不純物の含有量を検出します。溶出試験では、浸漬試験によって分銅の水または酸性溶液への溶解特性を評価します。環境曝露試験では、湿度の高い環境や化学環境をシミュレートして表面への溶出を評価します。これらの試験方法は、分銅の用途に基づいて選択されます。高精度な分銅の場合は、実験室の安全性を確保するために、より厳格な溶出試験が必要です。

環境試験の運用プロセスは、準備、試験、分析の 3 段階に分かれています。まず、準備段階では、代表的な重量サンプルを選択し、表面を洗浄して汚染物質を除去します。次に、ICP-MS などの機器を準備し、ppb レベルの感度に校正し、基準を満たす溶液を調製します。次に、試験段階では、成分分析の場合は、サンプルを溶解または直接スキャンして元素濃度を記録します。溶解試験の場合は、中性または酸性溶液に重量物を浸し、定期的に分析用サンプルを採取します。環境曝露試験の場合は、重量物をシミュレーションチャンバーに入れて放出を記録します。繰り返し試験を行うことで、データの信頼性を確保します。最後に、分析段階では、結果を規制限度と比較し、濃度データとコンプライアンスに関する結論を含むレポートを作成します。

結果分析では、定量的な比較を通じて環境パフォーマンスを評価します。組成分析では、有害物質（鉛やカドミウムなど）が規定の限度値を下回っていることを確認します。溶出試験では、溶出速度を計算して毒性物質の放出がないことを確認します。曝露試験では、排出物を評価し、環境への影響が低いことを確認します。機器の感度やサンプルの変動といった分析上の不確実性を考慮する必要があります。製造時の不純物などの異常な結果は、その原因を突き止め、改善のための推奨事項を提示する必要があります。報告書は、トレーサビリティを確保するために ISO 17025 の要件に準拠する必要があります。

3.4.2 タングステン合金重量生産における環境保護指標の試験仕様

タングステン合金重量生産における環境性能試験仕様は、排ガス、廃液、固形廃棄物、エネルギー消費といった指標を含む、生産プロセスの潜在的な環境影響を評価するために策定さ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

れています。これらの仕様により、生産が ISO 14001 や GB/T 24001 などの環境マネジメントシステム要件に準拠していることが保証され、汚染物質の排出が削減されます。

当社の生産環境性能試験は、環境影響評価の原則に基づいています。生産プロセス全体を通じて排出量と資源使用量を監視し、環境への影響を定量化します。排ガス試験では揮発性有機化合物（VOC）と粒子状物質を分析し、廃液試験では化学物質濃度を評価し、固形廃棄物試験ではリサイクル率を評価し、エネルギー消費試験では効率を最適化します。これらの原則は、持続可能な生産を確保するために、GB/T 27948 および現地の環境規制に準拠しています。

試験は 4 つの指標を対象としています。排気ガス（焼結炉の排ガス中の粒子状物質と窒素酸化物）、廃液排出量（電気めっき浴中の重金属）、固形廃棄物（切削片と未焼結粉末の回収率）、エネルギー消費量（製品単位あたりのエネルギー消費量）です。各指標は規制値と比較する必要があります。例えば、排気ガスは GB 16297 に準拠する必要があります。試験では、包括的な評価を確実にするために、騒音と熱の排出にも重点を置いています。

試験プロセスは、準備、監視、記録、分析に分かれています。まず、準備段階では、焼結炉の出口、電気メッキタンク、廃棄物置き場などの試験ポイントを特定し、ガス分析装置や流量計などの機器を校正します。次に、監視段階では、排気ガスサンプルをリアルタイムで収集し、VOC 濃度を分析し、重金属検査のために廃水をサンプリングし、回収された固形廃棄物の重量と量を計算し、エネルギー消費データを記録します。最後に、記録段階では、環境監視ソフトウェアを使用してデータを保存し、時系列データを生成します。最後に、分析段階では、データを規制値と比較し、コンプライアンスを評価し、是正措置を提案します。

データ評価では、統計分析を通じて環境パフォーマンスを定量化します。排出濃度、回収率、エネルギー効率を計算し、トレンドチャートを作成して変化を特定します。評価では、サンプリング誤差や機器精度などの不確実性を考慮します。異常なデータについては、老朽化した設備による排出量の増加など、原因分析と改善計画の策定が必要です。レポートには、コンプライアンスに関する声明と最適化の推奨事項が含まれます。

生産環境性能試験規格は、プロセスの最適化を支援します。実際には、試験は焼結パラメータの調整による排ガス排出量の削減や、めっき液の配合の最適化による廃水汚染の低減に役立ちます。将来的には、低エネルギー焼結炉などのグリーン製造技術によって環境性能がさらに向上し、自動監視システムによって試験効率が向上するでしょう。

3.4.3 廃棄タングステン合金分銅の処分に關する適合試験要件

廃棄タングステン合金分銅の処理に關する適合試験要件は、リサイクルおよび廃棄プロセスが環境規制に準拠し、環境への影響を最小限に抑えているかどうかを評価するために策定されています。これらの要件は、GB/T 18575 および REACH 規則に基づいており、廃棄物の化学的特性とリサイクル効率を試験することにより、処理の適合性を検証します。

コンプライアンス試験は、循環型経済と汚染制御の原則に基づいています。化学分析とリサ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

イクル率の評価により、廃棄された分銅から有害物質が放出されないことが保証されます。試験では、固形廃棄物による環境汚染の防止及び管理に関する法律に準拠したタングステン合金のリサイクル性と廃棄物分類を検証します。タングステン合金は毒性が低く、リサイクル性が高いため、廃棄物処理において環境面で有利です。

試験プロセスには、サンプル収集、化学分析、回収効率試験、コンプライアンス評価が含まれます。まず、廃棄重量を収集し、カタログ化します。次に、ICP-MSを用いて有害物質の分析を行います。次に、回収率を試験し、抽出されたタングステンなどの金属の量を計算します。最後に、規制へのコンプライアンスを評価し、報告書を作成します。

評価指標には、有害物質含有量（限度値以下）、回収率（目標：90%以上）、廃棄安全性（二次汚染なし）が含まれます。これらの指標は GB/T 18575 規格と比較し、不確実性を報告する必要があります。

実施手順には、サンプルの準備、成分分析、回収試験、結果の記録が含まれます。正確なデータを確保するには、専門的な回収施設と機器が必要です。レポートには、コンプライアンスに関する声明と推奨事項が含まれています。

コンプライアンス試験は循環型経済を支援し、廃棄コストを削減します。実際には、リサイクルの安全性を確保し、資源の再利用を促進します。将来的には、インテリジェントなリサイクル技術によって効率性が向上するでしょう。

これらのコンプライアンス テスト要件を満たすことにより、廃棄されたタングステン合金分銅の処分が環境に優しく効率的になり、計測業界の持続可能な発展をサポートできます。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト

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

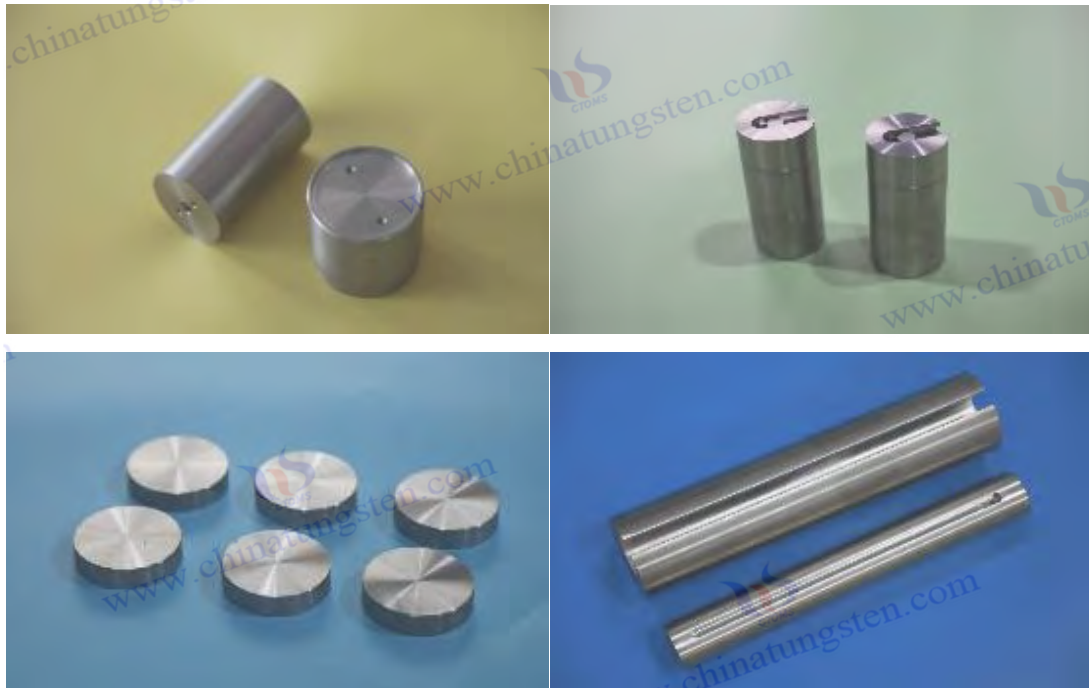
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

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

第4章 タングステン合金分銅の産業応用と技術適応

タングステン合金分銅は、高密度、優れた機械的特性、そして計量安定性を備え、幅広い業界で顕著な応用価値を示しており、計量校正、産業検証、そして商業計量における重要なツールとなっています。本章では、計量校正におけるタングステン合金分銅の応用と適応に焦点を当て、電子天秤の校正やプラットフォームスケール、フロアスケールなどの機器の検証における技術要件と適応性を分析します。これらの用途は、高精度で多様な用途におけるタングステン合金分銅の利点を示すだけでなく、材料の最適化と設計の適応を通じて、多様な機器や業界のニーズを満たす柔軟性も強調しています。

4.1 計測と校正におけるタングステン合金分銅の応用と適応

タングステン合金製分銅は、高精度な実験室校正、産業機器の検証、商用計量システムなど、幅広い用途において計量・校正に広く使用されています。高密度、低磁化率、そして耐久性に優れたタングステン合金製分銅は、多様な計量機器の精度、安定性、そして環境適応性に関する要件を満たすことができます。標準化された設計とカスタマイズ可能な調整により、タングステン合金製分銅は電子天秤、台秤、床秤などの機器とのシームレスな互換性を確保し、測定値の転送と校正の信頼性を確保します。

4.1.1 電子天秤校正用タングステン合金分銅の適合性要件

タングステン合金分銅は、高精度計測への応用を示す重要な例です。高い分解能と感度を備えた電子天秤は、実験室分析、医薬品の調合、科学研究など、幅広い分野で利用されています。校正プロセスでは、分銅の精度、安定性、表面状態、耐磁性に対して厳しい要求が課されます。優れた材料特性と製造プロセスを備えたタングステン合金分銅は、これらの要件を満たしており、電子天秤の校正に最適です。以下では、電子天秤の校正におけるタングステン合金分銅の要件について、適応の原則、材料特性、設計要件、運用上の考慮事項、および実際の用途に焦点を当てて詳しく説明します。

電子天秤の校正には、天秤の線形応答と再現性を検証するために、分銅が正確で安定した質量基準を提供する必要があります。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、大きな質量を小さなパッケージに収めることができ、電子天秤の限られたトレイスペースに適しています。また、磁化率が低いため、分銅が天秤の電磁センサーに干渉せず、校正精度を維持します。さらに、高い硬度と耐腐食性により、頻繁な取り扱いや実験室環境下でも分銅の質量が維持されます。これらの特性により、電子天秤の高精度な分銅要件を満たし、校正結果のトレーサビリティを確保します。

タングステン合金製の分銅は、電子天秤との互換性を保つ上で不可欠です。タングステンは高密度であるためコンパクトな分銅を製造でき、マイクロ天秤（マイクログラム分解能の分析天秤など）の校正に適しています。ニッケルなどの補助元素を添加することで靱性が向上し、頻繁な取り扱いによる表面の損傷を防ぎます。低い磁化率は重要な特性です。タングス

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

テン自体は弱常磁性材料であり、合金配合を最適化することで（鉄含有量の制御など）、磁気干渉をさらに低減し、電子天秤との電磁両立性を確保できます。耐腐食性により、分銅は実験室で発生する可能性のある化学蒸気に耐え、長期にわたる安定性を維持します。これらの材料特性は精密製造プロセスによって強化され、分銅が高精度校正要件を確実に満たします。

タングステン合金製の分銅は、電子天秤の校正に関する厳格な基準を満たすように設計する必要があります。円筒形や板状の分銅などの標準化された形状が一般的な選択肢です。円筒形の分銅は積み重ねや組み合わせが容易で、板状の分銅は微量校正に適しており、天秤皿の形状とサイズに適応します。表面仕上げの要件は非常に高く、汚染物質の付着や摩擦の影響を低減するために、ミクロンレベルの粗さを実現する精密研磨が必要です。ニッケルメッキなどの表面コーティングは、低い磁化率を維持しながら、耐腐食性と耐摩耗性をさらに向上させます。品質等級（E1、E2 など）は天秤の精度と一致し、校正値の転送を確実にするために OIML R111 規格に準拠する必要があります。設計では、質量値の刻印など、分銅ラベルの明瞭性も考慮して、ユーザーの識別と操作を容易にする必要があります。

電子天秤の校正中、タングステン合金の分銅の取り扱いは、互換性要件を満たすために厳格な仕様に準拠する必要があります。校正前に、分銅はグリースやほこりによる精度への影響を防ぐため、無塵布と中性洗剤で清掃する必要があります。作業者は、手の接触、汚染、または静電気による干渉を防ぐため、専用のクランプを使用して分銅を掴む必要があります。校正プロセスは、天秤の読み取り値に対する温度と湿度の影響を最小限に抑えるため、一定の温度と湿度の環境で実行する必要があります。分銅は、滑りや傾きを防ぎ、天秤皿に均一な力が加わるように安定して配置する必要があります。校正後は、外的要因による表面や質量の損傷を防ぐため、分銅を専用の校正ボックスに保管する必要があります。これらの運用上の考慮事項により、分銅と天秤互換性が確保され、校正効果が最大限に高まります。

実用分野では、タングステン合金の分銅は、製薬、化学、生物学の研究室で電子天秤の校正に広く使用されています。例えば、医薬品の調合では、微量天秤をミリグラム、さらにはマイクログラムレベルまで校正する必要があります。タングステン合金の分銅は小型で高精度であるため、天秤の性能を正確に検証し、正確な調合を保証できます。科学研究実験では、分銅の低い磁化率が高感度天秤への干渉を防ぎ、データの信頼性を確保します。環境モニタリング研究室では、分銅の耐腐食性により、化学試薬にさらされる環境に適応し、分析天秤の校正に長期間使用できます。将来的には、天秤の分解能が向上するにつれて、より洗練された製造プロセス（ナノスケールの表面処理など）を通じてタングステン合金の分銅の適応性がさらに向上し、より高い精度要件を満たすことができるでしょう。

4.1.2 プラットフォームスケール、フロアスケール、その他の計量機器の校正に使用されるタングステン合金分銅の精度マッチング

タングステン合金分銅の活用は、工業・商業計量におけるタングステン合金分銅の重要な役割を担っています。これらの大型計量機器は、物流、製造、貿易の分野で広く利用されています。これらの校正には、精度、安定性、使いやすさといった要件を満たしつつ、信頼性の

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

高い質量基準を提供する分銅が必要です。高密度で耐久性に優れたタングステン合金分銅は、これらの機器の精度要件に正確に適合し、校正結果の精度と信頼性を確保します。

ベンチスケールおよびフロアスケールのタングステン合金分銅は、その計量範囲と直線性の検証が必要であり、通常は大きな質量（数百キログラムから数トンなど）または中程度の質量（数十キログラムなど）の校正を伴います。タングステン合金分銅は高密度であるため、大きな質量をコンパクトな容積に収容でき、校正現場でのスペース要件を削減しながら、一貫した品質を維持できます。精度を一致させるには、分銅の質量がスケールの目盛と互換性があることが必要です。たとえば、F2 または M1 グレードの分銅は工業用スケールに適しており、OIML R111 に準拠しています。分銅は摩耗や腐食に強いので、頻繁な取り扱いや複雑な環境でも精度が維持され、校正のための信頼性の高い基準となります。

タングステン合金製の分銅は、プラットフォームおよびフロアスケールの校正における高精度なマッチングの基盤となります。高密度のため、かさばることなく大型の分銅を製造でき、ブロック分銅はフロアスケールの校正に適しており、積み重ねや取り扱いが容易です。ニッケルや鉄などの補助元素を添加することで、分銅の強度と靱性が向上し、取り扱いや積み重ねによる変形や損傷を防ぎます。耐腐食性も備えているため、食品加工工場や物流倉庫などの産業環境における湿気や化学物質への曝露にも耐えることができます。また、磁化率が低いので、分銅が電子式フロアスケールのセンサーに干渉することがなく、校正精度を維持します。これらの材料の利点は、最適化された合金配合によってさらに強化され、スケール校正の多様なニーズに対応します。

タングステン合金製分銅は、精度と操作性のバランスが重要です。ブロック型分銅は、その規則的な形状により積み重ねや安定した設置が容易で、大規模な校正に適しているため、一般的に使用されています。フック型分銅は、付属の吊り下げリングにより持ち上げと校正が容易なため、プラットフォームスケールの吊り下げに最適です。分銅の寸法は、スケールトレイまたはプラットフォームに適合する必要があるため、操作に影響を与えるほど大きすぎたり小さすぎたりしないよう注意が必要です。ニッケルメッキや研磨などの表面処理は、耐摩耗性と耐腐食性を高め、長期校正においても安定した精度を確保します。

プラットフォームスケールとフロアスケールの校正中、タングステン合金の分銅の取り扱いは、正確なマッチングを確保するために厳格な仕様に準拠する必要があります。校正前に、分銅を洗浄し、表面の完全性を検査して、品質に影響を与える可能性のある傷や汚れを防ぐ必要があります。作業者は、大型の分銅を安全に移動し、損傷を防ぐために、専用の機器（フォークリフトやクレーンなど）を使用する必要があります。校正プロセスは、振動や風がスケールの読み取りに干渉するのを防ぐため、安定した環境で実施する必要があります。分銅はプラットフォーム上に均等に分散する必要があります。たとえば、フロアスケールの校正では、異なる領域の応答をテストするために、分銅を標準的なレイアウトで積み重ねる必要があります。校正後、分銅は防湿・防塵倉庫に適切に保管し、定期的に検査して長期的な精度を確保する必要があります。これらの運用要件は、校正の効率と信頼性を向上させるために標準化されたプロセスを通じて実装されます。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

4.1.3 動的計量機器の校正におけるタングステン合金分銅の安定性の適応

コンベアベルト計量システム、組立ラインスケール、車両動力計量スケールなどの動的計量機器は、物流、食品加工、製造業において広く使用されています。校正には、動的な環境下でも質量安定性と計量精度を維持できる分銅が必要です。高密度、耐摩耗性、耐振動性に優れたタングステン合金製分銅は、これらの機器に適しており、校正プロセスの信頼性を確保します。

動的計量機器の校正において鍵となるのは、実際の動作条件をシミュレートし、動き、振動、急激な荷重がかかる環境下でも分銅が安定した質量基準を提供できるようにすることです。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな容積で大きな質量を実現でき、動的荷重時の慣性の影響を低減し、コンベアや車両計量の迅速な校正に適しています。また、熱膨張係数が低く耐振性にも優れているため、動的な環境下でも分銅の容積と質量の安定性が確保され、機械的応力による偏差を防止します。さらに、耐腐食性と低磁化率により、湿気や電磁干渉などの厳しい環境下でも計量精度を確保し、OIML R134 などの規格に準拠しています。

タングステン合金製の分銅は、動的な計量機器の校正における安定性の基盤となります。タングステンは高密度であるため、分銅をコンパクトにすることができ、動的な荷重負荷時の揺れや変位を最小限に抑え、校正精度を確保します。ニッケルや鉄などの補助元素を添加することで、分銅の靱性と耐衝撃性が向上し、コンベアベルトの振動や車両計量器への急速な荷重負荷にも耐えることができます。耐腐食性にも優れているため、食品加工ラインの湿度や洗浄液など、湿気や化学物質にさらされる動的な環境にも適しています。また、磁化率が低いいため、動的な機器の電子センサーへの干渉を防ぎ、校正データの信頼性を確保します。

動的計量機器の校正に使用するタングステン合金製分銅は、安定性と操作性を重視する必要があります。ブロック型または平板型の分銅が一般的に選ばれます。低重心設計により、動的環境下での転倒リスクが低減し、コンベアスケールへの迅速な設置に適しています。フック型の分銅は吊り下げ式の動的機器に適しており、吊り下げリングの設計により迅速な取り付けと取り外しが可能です。高光沢研磨やニッケルメッキなどの表面処理は、摩擦係数を低減し、機器表面の摩耗を軽減し、長期的な安定性を確保します。校正結果が規格を満たすためには、品質等級（F2 や M1 など）が機器の精度と一致している必要があります。また、動的環境での迅速な操作を容易にするために、ハンドルや固定スロットを追加するなど、取り扱いやすさも設計に考慮する必要があります。

動的計量機器の校正中の操作は、安定性と適応性を確保するために仕様に厳密に従う必要があります。校正前に、汚染物質が動的読み取り値に影響を与えないように、分銅を洗浄し、表面の完全性を確認する必要があります。オペレーターは、分銅を配置するために専用の機器（ロボットアームやクレーンなど）を使用し、迅速かつスムーズな積載を確保し、機器センサーへの衝撃を回避する必要があります。校正プロセス中は、コンベアベルトが一定速度で走行している間に徐々に分銅を追加して、さまざまな質点の応答をテストするなど、実際の動作速度をシミュレートする必要があります。校正環境では、外部からの干渉を避けるため

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

に、振動と温度の変動を制御する必要があります。校正後、分銅は専用の耐衝撃性と防湿性のあるボックスに保管し、安定性を維持するために定期的にチェックする必要があります。これらの操作要件は、校正の効率と精度を確保するために標準化されたプロセスを通じて実装されます。

4.2 精密製造におけるタングステン合金分銅の応用と適応

タングステン合金製の分銅は精密製造において広く使用されており、高精度計量と品質管理においてその真価を発揮します。高密度、小型化、そして耐久性に優れているため、精密製造における厳しい精度と信頼性の要件を満たすことができます。

4.2.1 自動車部品計量におけるタングステン合金分銅の精度適合

タングステン合金製分銅は、精密製造におけるその進歩を示す重要な例です。自動車製造では、エンジン部品、ブレーキディスク、サスペンションシステムなど、数多くの部品の重量を検証する必要があります。計量精度は、組立品質と車両性能に直接影響を及ぼします。高密度で安定性に優れた設計のタングステン合金製分銅は、自動車業界が求める高精度と耐久性の要件を満たしています。

自動車部品の計量には、天秤や計量機器の性能を検証し、部品の重量が設計仕様を満たしていることを確認するための精密な質量基準が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな設置面積で大きな質量を実現でき、自動車製造におけるスペースが限られた計量機器に最適です。高い硬度と耐摩耗性により、頻繁な操作でも質量が一定に保たれ、ISO 17025 などの規格の精度要件を満たしています。また、磁化率が低いため、電子計量機器との干渉を防ぎ、計量一貫性を確保します。これらの特性を組み合わせることで、これらの分銅は自動車業界の高精度計量ニーズに最適です。

タングステン合金製の分銅は、自動車部品の計量に高精度に適応します。タングステンは高密度であるため、コンパクトな分銅を実現し、ボルトやギアの重量検証など、小型または中量級の計量機器の校正に適しています。ニッケルなどの補助元素を添加することで分銅の強度が向上し、取り扱いや積み重ねによる小さな変形を防ぎます。耐腐食性も備えているため、自動車製造環境における油や湿気にも耐え、長期的な精度を保証します。最適化された合金組成により実現した低磁化率は、電子式計量器への干渉を低減します。これらの特性は、自動車業界の高い基準を満たすために、精密な製造プロセスによってさらに強化されています。

タングステン合金製分銅は、精度と使いやすさを重視する必要があります。円筒形またはブロック形の分銅が一般的です。円筒形の分銅は組み立てと校正を容易にし、ブロック形の分銅は質量の大きい部品の検証に適しています。摩擦と摩耗を低減し、精度を維持するために、表面は高度に研磨またはメッキする必要があります。校正結果が基準を満たすことを保証するために、品質等級（F1 または F2 など）は計量機器の目盛りと一致している必要があります。また、生産ラインでの迅速な操作を容易にするために、質量の大きい分銅用の固定点や

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ハンドルを設けるなど、取り扱いやすさも設計に考慮する必要があります。重量値とシリアル番号を明確に表示することで、管理とトレーサビリティが向上します。

自動車部品の計量において、タングステン合金製の分銅の取り扱いには、正確な適合性を確保するための厳格な仕様が求められます。校正前に、分銅は油や傷による測定結果への影響を防ぐため、洗浄し、表面の完全性を検査する必要があります。作業者は、分銅を直接接触させることによる汚染を防ぐため、専用の治具または機械設備を使用して分銅を取り扱う必要があります。校正プロセスは、振動や温度変動を制御し、計量機器からの正確な測定値を確保するために、安定した環境で実施する必要があります。分銅は計量プラットフォーム上に均等に分散させ、異なる質量点を試験して線形応答を検証する必要があります。校正後は、分銅を専用の防塵・防湿ボックスに保管し、定期的にメンテナンスを行うことで性能を維持する必要があります。これらの仕様は、校正効率を向上させるために標準化されたプロセスを通じて実装されています。

4.2.2 半導体ウェーハ用タングステン合金錘の小型化への応用

タングステン合金分銅は、精密製造におけるその応用例の一つです。半導体業界における高精度ウェーハ計量要件は、生産の一貫性と品質管理に対する厳格な要求に起因しています。小型分銅は小型計量装置に適応可能で、正確な質量基準を提供します。

半導体ウェーハの計量には、高分解能天秤を校正し、ウェーハ重量が設計仕様に適合していることを確認するために、通常ミリグラムからグラム単位の微小スケールの質量基準が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、非常に小さな設置面積で高精度な質量測定が可能で、半導体業界の小型デバイスへの要求を満たします。また、低い磁化率により、精密天秤の電磁センサーへの干渉を防ぎ、耐腐食性によりクリーンルーム環境でも安定性を確保します。これらの特徴により、ISO 9001 および半導体業界規格への準拠が確保され、信頼性と一貫性のある校正が保証されます。

タングステン合金製の分銅は、小型化アプリケーションの重要なサポートとなります。タングステンは高密度であるため、マイクロ天秤の校正に適した微小分銅（ディスク状や小型シリンダー状など）の製造が可能です。ニッケルなどの補助元素を添加することで分銅の強度を高め、加工や取り扱い中の微細構造の損傷を防ぎます。耐腐食性と化学的安定性に優れているため、高湿度や化学ガスが存在するクリーンルーム環境でも使用でき、表面反応による精度への影響を防ぎます。最適化された合金組成により実現される低磁化率は、高感度天秤との互換性を確保します。これらの特性は、半導体業界の厳しい要件を満たすために、精密な製造プロセスによってさらに強化されています。

タングステン合金分銅は、小型化と精度を重視しています。シート状の分銅が主流です。薄く均一な構造のため、通常わずか数ミリメートルの厚さで、マイクロ天秤のトレイにぴったり収まります。表面はナノレベルの研磨による超高仕上げが施され、静電吸着と汚染物質の付着を低減します。校正精度を確保するには、品質等級（E1 または E2 など）が天秤の分解能

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

と一致している必要があります。また、クリーンルーム内での識別を容易にするために、重量値をレーザー刻印するなど、操作性も考慮した設計が必要です。小型分銅は、サイズと品質を厳密に管理するために、CNC 加工または粉末冶金法を用いて製造されます。

半導体ウェーハの計量において、小型アプリケーションにおける信頼性を確保するため、タングステン合金の分銅の取り扱いにはクリーンルーム仕様に準拠する必要があります。校正前に、分銅は超音波洗浄機で洗浄し、微粒子汚染を防ぐため、無塵布で拭き取る必要があります。作業者は、汚染や静電気による干渉の原因となる可能性のある手による接触を避けるため、静電気防止手袋とクリーンルーム作業服を着用し、専用のピンセットを使用して分銅を取り扱う必要があります。安定した天びんの読み取り値を確保するため、校正プロセスは、温度と湿度が管理されたクリーンルーム（例：20℃±0.5℃、湿度 40～60%）で実行する必要があります。分銅は、マイクロ天びんに影響を与える可能性のある振動を避けるため、優しく正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を無塵校正ボックスに保管し、性能を維持するために定期的に点検する必要があります。これらの作業は、校正精度を確保するためにクリーンルームプロセス仕様に準拠する必要があります。

4.2.3 チップ支持用タングステン合金ウェイトの小型化

タングステン合金製分銅は、精密製造におけるその応用例の重要な例です。チップキャリアは半導体製造においてチップや基板の重量を検証する役割を担っており、高精度計量機器の校正にはミリグラム単位、あるいはそれ以下の質量基準が必要となることがよくあります。高密度で小型化されたタングステン合金製分銅は、チップ製造で使用されるマイクロ天秤に最適で、精密な質量標準を提供します。

チップ搭載計量には、天びんの性能を検証し、チップまたは基板の重量が製造基準を満たしていることを確認するために、微小スケールの質量基準が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、非常に小さな容積でも高精度な質量測定が可能で、チップ製造で使用されるスペースが限られた計量装置に最適です。低い磁化率は、高感度天びんの電磁センサーへの干渉を防ぎ、耐腐食性と化学的安定性はクリーンルーム環境でも性能を維持します。これらの特性は ISO 9001 および半導体業界規格に準拠しており、信頼性と一貫性のある校正を実現し、チップ製造における厳しい高精度要件を満たします。

タングステン合金製の分銅は、小型化アプリケーションの中核を担っています。タングステンは高密度であるため、マイクログラム分解能の微量天秤の校正に適した微小分銅（薄片や微粒子など）の製造が可能です。ニッケルなどの補助元素を添加することで分銅の強度が向上し、加工や取り扱い中に微細構造が損傷するのを防ぎます。耐腐食性があるため、湿度の高いクリーンルームや化学ガス雰囲気下でも使用でき、表面反応による質量精度への影響を防ぎます。最適化された合金組成（鉄含有量の低減など）によって実現される低磁化率は、高感度天秤との電磁両立性を確保します。これらの特性は精密な製造プロセスによって強化され、分銅はチップローディングの厳しい要件を満たすことができます。タングステン合金分銅は、小型化と高精度化に重点を置く必要があります。シート状の分銅が主流であり、その超薄型構造（厚さ 1 ミリメートル未満）はマイクロ天秤のトレイ内にすっきり収まり、設置面

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

積を最小限に抑えます。ナノ研磨により非常に滑らかな表面を実現し、静電吸着や粒子付着のリスクを低減します。校正精度が基準を満たすためには、品質等級（E1 または E2 など）が天秤の分解能と一致する必要があります。また、クリーンルーム内での迅速な識別のために、質量値とシリアル番号をレーザー刻印するなど、操作性も考慮した設計が必要です。小型分銅は、高精度 CNC 加工または粉末冶金技術を用いて製造され、サイズと品質を精密に管理することで、チップ製造の厳しい要件を満たします。

チップロード計量では、小型アプリケーションにおける信頼性を確保するために、タングステン合金製分銅の取り扱いには厳格なクリーンルーム仕様に準拠する必要があります。校正前に、分銅は超音波洗浄機で洗浄し、無塵布で拭き取ることで、精度に影響を与える可能性のある粒子汚染を防ぐ必要があります。作業者は、汚染や静電気干渉を引き起こす可能性のある手による接触を避けるため、静電気防止手袋とクリーンルーム作業服を着用し、専用のピンセットまたは真空グリップャーを使用して分銅を取り扱う必要があります。校正プロセスは、天びんの安定した読み取り値を確保するために、温度と湿度が管理されたクリーンルーム（例：20°C±0.5°C、湿度 40%～60%）で実施する必要があります。分銅は、マイクロ天びんに影響を与える可能性のある振動やオフセットを避けるため、優しく正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を専用の無塵・無塵・静電気防止校正ボックスに保管し、性能を維持するために定期的に点検する必要があります。これらの運用要件は、標準化されたクリーンルーム手順を通じて実施され、正確で信頼性の高い校正を保証します。

半導体製造において、タングステン合金製の分銅は、チップ搬送工程における微量天秤の校正に使用されています。例えば、チップパッケージング工程では、分銅によって基板またはチップの重量を検証し、一貫したパッケージ品質を確保します。ウェーハダイシング後、分銅によって天秤を校正し、重量検出をサポートすることで工程精度を確保します。研究開発ラボでは、新しいチップ材料の開発を支援するために、分銅を使用して実験装置を校正しています。タングステン合金製の分銅は小型設計のため校正スペースが不要で、その耐久性によりクリーンルームでの高頻度使用にも対応できます。今後、チップサイズの小型化が進み、精度要件が高まるにつれて、タングステン合金製の分銅は、より高度なマイクロマシニング技術（レーザーマイクロエングレービングなど）やインテリジェント設計を通じて、次世代チップ製造のニーズを満たす小型アプリケーション向けにさらに最適化される可能性があります。

4.2.4 自動化生産ラインにおけるオンライン計量モジュール用タングステン合金分銅の適合性と適応性

自動化生産ラインにおけるインライン計量モジュールにタングステン合金の分銅が使用されていることは、精密製造におけるその応用の重要な例です。自動化生産ラインは、食品加工、医薬品、物流などの業界で広く利用されています。インライン計量モジュールは、製品の重量を迅速かつ正確に検証する必要があり、校正ツールとしての分銅には高い互換性と安定性が求められます。タングステン合金の分銅は、高密度、耐久性、そして設計の柔軟性を備えており、自動化システムの動的な要求に適応可能です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

自動生産ラインのインライン計量モジュールでは、高速かつ連続的に変化する環境において、ロードセルの性能を校正するために、安定した質量基準となる分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな設置面積で大きな質量を実現でき、自動機器の設置スペースを削減し、迅速な積み込みと積み下ろしを可能にします。耐振動性と耐摩耗性に優れているため、動的な動作中でも安定した質量を確保できます。また、低い磁化率により電子センサーへの干渉を防ぎ、ISO 9001 や OIML R76（非自動計量機器向け）などの規格に準拠しています。これらの特性により、インライン計量モジュールとの効率的な互換性が確保され、自動生産における信頼性の高い校正を実現します。

タングステン合金製の分銅は、自動化生産ラインにおいてインライン計量モジュールの校正に広く使用されています。例えば、食品加工業界では、包装ラインの計量システムを検証し、製品重量が基準を満たしていることを確認するために分銅が使用されています。製薬業界では、錠剤包装装置の正確な投与量を保証するために分銅が校正されています。物流業界では、自動仕分けシステムの計量モジュールを校正し、効率を向上させるために分銅が使用されています。タングステン合金製の分銅は小型で耐久性が高いため、校正時間とメンテナンスコストを削減し、高い互換性と適応性により高頻度の運用にも対応できます。

4.3 特殊環境用途におけるタングステン合金錘の適応

タングステン合金分銅は、過酷な条件下で性能を維持するための重要な要素です。これらの環境には、高温、低温、高湿度、化学腐食、高振動などがあり、海洋工学、航空宇宙、化学実験室などで見られます。タングステン合金分銅は、高密度、耐腐食性、耐振動性を備えており、これらの環境の厳しい要件に適しており、計量精度と信頼性を保証します。

特殊分銅は、過酷な条件下でも安定した質量と体積を維持し、信頼性の高い計量基準を提供する必要があります。タングステン合金製の分銅は熱膨張係数が低いため、高温または低温環境下でも体積変化が最小限に抑えられ、計量精度を維持します。耐腐食性と化学的安定性により、酸、アルカリ、塩水噴霧に対する耐久性があり、化学実験室や海洋環境での使用に適しています。また、耐振動性と高い強度により、航空宇宙試験などの高振動環境下でも構造的完全性を維持します。これらの特性は OIML R111 や ISO 17025 などの規格に準拠しており、このような過酷な環境下でも信頼性の高い校正を保証します。

タングステン合金製の分銅は、特殊な環境への適合性の基礎となります。タングステンは高密度であるため、コンパクトな分銅を実現でき、航空宇宙試験プラットフォームなど、スペースが限られた機器に適しています。ニッケルや銅などの補助元素は耐腐食性を高め、高湿度環境や化学環境における反応を防止します。また、熱膨張係数が低いため温度変化にも耐えられるため、高温化学反応炉やコールドチェーン環境にも適しています。高強度合金配合による耐振性は、動的な環境下でも分銅の安定性を確保します。これらの特性は、最適化された製造プロセスによって強化され、特殊な環境の多様な要求に応えます。

過酷な環境下での使用を想定して設計されたタングステン合金製分銅は、安定性と耐久性を最優先に考慮する必要があります。円筒形またはブロック状の分銅は、形状が規則的で重心

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

が低いため、変位のリスクが低いため、高温や振動の多い環境に適しています。耐腐食性を高め、海洋環境や化学環境にも適したものにするには、特殊なコーティング（クロムメッキやセラミックコーティングなど）が必要です。品質グレードは、高精度実験室用には E1、海洋工学用には M1 など、環境要件に基づいて選択する必要があります。また、過酷な環境での取り扱いや設置を容易にするために、固定ポイントや保護ハウジングを追加するなど、使いやすさも考慮する必要があります。これらの最適化により、過酷な環境下でも分銅の安定した性能が確保されます。

タングステン合金製の分銅は、その適合性を確保するために、特殊な環境において厳格な仕様に従って取り扱う必要があります。校正前には、環境要因による性能への影響を防ぐため、分銅を洗浄し、コーティングの完全性を検査する必要があります。高温または低温環境では、安全性と精度を確保するために、耐熱性のある固定具または機械設備を使用して分銅を運搬する必要があります。校正プロセスでは、高湿度環境では除湿器を使用し、高振動環境では振動減衰プラットフォームを使用するなど、環境パラメータを管理する必要があります。分銅は安定して均一に配置し、機器の応答をテストして性能を検証する必要があります。校正後は、分銅を専用の保護ボックスに保管し、定期的に検査して耐環境性を維持する必要があります。標準化されたプロセスを通じて実装されたこれらの仕様は、校正の信頼性を保証します。

4.3.1 高温環境におけるタングステン合金分銅の耐熱性

高温環境におけるタングステン合金分銅は、主に航空宇宙、冶金、高温実験などの用途を対象としています。校正精度を確保するためには、高温条件下で安定した質量と体積を維持する必要があります。

高温実験炉や航空機エンジン試験プラットフォームなどの高温環境では、温度変動にもかかわらず分銅の計量安定性が求められます。タングステン合金製の分銅は熱膨張係数が低いいため、高温下でも体積変化が最小限に抑えられ、一定の質量を維持します。また、高い融点と耐酸化性により、高温環境下でも分銅が分解したり酸化したりすることがないため、高温計量機器の校正に適しています。さらに、耐振動性も備えているため、高温の動的環境下でも安定性を確保し、OIML R111 などの規格に準拠し、高温校正における信頼性の高い基準を提供します。

タングステン合金製の分銅は、その耐高温性の基盤となっています。タングステンは高い融点と低い熱膨張係数を有しており、高温環境下でも大きな変形なく耐えることができます。ニッケルなどの補助元素を添加することで、高温における耐酸化性が向上し、表面劣化を防止します。タングステン合金は高い硬度と靱性を備えているため、高温振動や機械的ストレス下でも分銅の構造的完全性を維持します。また、低い磁化率は、高温環境で使用される電子計量機器への干渉を防ぎます。これらの特性は、最適化された合金配合によって実現され、高温環境下でも分銅の安定した性能を保証します。高温環境で使用されるタングステン合金製分銅は、耐熱性と安定性を最優先に考慮する必要があります。円筒形またはブロック形の分銅が一般的で、その規則的な形状と低重心により、高温環境下での移動リスクが低減され

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ます。表面には、耐酸化性と耐摩耗性を高めるために、高温コーティング（セラミックコーティングなど）または高光沢研磨を施す必要があります。校正結果が基準を満たすためには、品質等級（F1 または F2 など）が高温機器の精度と合致している必要があります。設計においては、例えば形状を最適化することで熱の蓄積を抑え、分銅の計量性能を保護するなど、熱伝導性も考慮する必要があります。マーキングには、高温下でも判読性を確保するために、耐高温彫刻技術を活用する必要があります。

タングステン合金製の分銅は、高温環境下で広く使用され、航空宇宙試験プラットフォームにおける計量機器の校正、例えばエンジン部品の重量検証などに利用されています。冶金業界では、高温炉内の計量システムの校正に使用され、材料処理の精度を確保しています。また、実験室では、高温実験装置の校正をサポートし、熱分析装置のニーズにも応えています。タングステン合金製の分銅は耐高温性に優れているため、校正頻度を低減し、その安定性は高強度作業にも耐えます。

4.3.2 放射線防護設計と放射線環境へのタングステン合金重りの適応

放射線環境におけるタングステン合金分銅は、主に原子力産業、医療用画像、科学研究機関など、放射線条件下で計量安定性と材料安全性を維持する必要があるシナリオを対象としています。

原子力研究所や医療用放射線機器などの放射線環境では、安定した質量と体積を維持しながら、放射線による材料劣化に耐える分銅が必要です。タングステン合金の分銅は、高密度と化学的安定性を備えているため、放射線を部分的に遮蔽し、材料特性の変化を最小限に抑えることができます。また、低い磁化率は、放射線曝露環境における電子機器への干渉を防ぎ、耐腐食性は複雑な化学環境下でも安定性を確保します。これらの特性は、ISO 17025 などの規格に準拠しており、放射線曝露環境における分銅校正の信頼性を確保します。

タングステン合金製の分銅は、放射線防護機能を備えています。タングステンは高密度で原子番号が高いため、一定の放射線遮蔽能力を有し、材料構造への放射線の影響を低減します。ニッケルなどの添加元素は耐酸化性を高め、放射線誘起化学反応を防止します。タングステン合金の高い硬度と靱性により、分銅は放射線環境下でも機械的ストレスに耐え、構造的完全性を維持します。最適化された配合により実現される低い磁化率は、耐放射線機器に使用されるセンサーとの互換性を確保します。これらの特性は、精密な製造工程によって強化され、放射線環境の厳しい要件を満たします。

タングステン合金製分銅は、放射線防護と安定性を最優先に考慮する必要があります。ブロック型または円筒型の分銅は、コンパクトな形状により放射線への曝露面積が小さいため、放射線環境に適しています。表面は、放射線耐性コーティング（鉛複合コーティングなど）または高光沢研磨で処理し、放射線による表面劣化を最小限に抑える必要があります。校正精度を確保するため、品質等級（F1 または E2 など）は放射線機器の精度に適合している必要があります。また、作業員と機器を保護するために、放射性粒子の付着を防ぐシーリングを使

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

用するなど、操作上の安全性も考慮した設計が必要です。マーキングは、長期的な視認性を確保するために、耐放射線性材料で作成する必要があります。

放射線環境下でタングステン合金製の分銅を扱う際は、放射線安全規制を遵守する必要があります。校正前に、分銅の表面の完全性とコーティングの状態を検査し、放射線による損傷を防ぐ必要があります。作業者は放射線被曝を最小限に抑えるため、保護具を着用し、専用の治具または機械装置を使用して分銅を取り扱う必要があります。校正は、放射線干渉を遮断するために、鉛シールドボックスなどの遮蔽された環境で行う必要があります。分銅は、振動が機器の読み取り値に影響を与えないように、正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を耐放射線容器に保管し、定期的に残留放射線検査を実施して安全性を確保する必要があります。標準化されたプロセスを通じて実施されるこれらの規制は、校正の信頼性と安全性を確保します。

4.3.3 深海環境用タングステン合金錘の耐圧シール適合

深海環境でのタングステン合金分銅は、主に高圧、高湿度、腐食性条件下での安定した測定を必要とする海洋工学および深海研究を対象としています。

深海探査機器の校正などに使用される深海環境では、分銅は高圧や塩水腐食に耐え、安定した質量と容積を維持する必要があります。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな設置面積で大きな質量を実現し、深海機器のスペース制約にも適応します。高い強度と耐腐食性により、高圧および塩水環境下でも変形や劣化を起こさず、OIML R111 規格に準拠し、深海校正を信頼性の高い形でサポートします。

タングステン合金製の分銅は、耐圧シールの基盤となっています。タングステンは高密度で高強度であるため、深海の高圧下でも変形することなく耐えることができます。ニッケルや銅などの補助元素が海水腐食への耐性を高め、長期曝露による劣化を防ぎます。低い熱膨張係数は、冷たい海水温下でも分銅の体積安定性を維持します。低い磁化率は、深海機器の電子センサーへの干渉を防ぎます。これらの特性は、深海環境の厳しい要件を満たすために最適化された合金組成によって実現されています。深海環境向けに設計されるタングステン合金製分銅は、耐圧性と密閉性を最優先に考慮する必要があります。ブロック型または流線型の分銅は、コンパクトな形状により圧力点が低減し、耐圧性が向上するため、一般的に選ばれています。分銅は、耐腐食性コーティング（セラミックやチタン合金など）でコーティングし、海水の浸入を防ぐための密閉処理を施す必要があります。品質グレード（M1 や F2 など）は、深海機器の精度に適合する必要があります。設計においては、深海機器に適合する保持リングや溝の使用など、設置の容易さも考慮する必要があります。マーキングは、海水環境でも判読性を確保するため、耐腐食性材料で作成する必要があります。

4.3.4 湿潤/腐食環境での使用に向けたタングステン合金分銅の耐腐食性適応

タングステン合金分銅は、主に高湿度または化学腐食条件下で安定した測定を維持する必要がある化学実験室、食品加工、沿岸産業などを対象としています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

化学実験室や沿岸工場などの湿潤・腐食性環境では、水分、酸、アルカリ、塩水噴霧などによる腐食に耐え、安定した質量と表面状態を維持できる分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は化学的に安定しているため腐食に強く、また低い熱膨張係数により水分による体積変化を最小限に抑えます。高い硬度と耐摩耗性により、頻繁な操作でも分銅の完全性を維持し、OIML R111 規格に準拠し、腐食性環境における校正の信頼性を確保します。

タングステン合金製の分銅は、優れた耐腐食性を備えています。タングステンは化学的に不活性であるため、ほとんどの酸や塩基と反応せず、化学薬品を含む環境に適しています。ニッケルや銅などの補助元素を添加することで、塩水噴霧や湿気に対する耐腐食性が向上し、耐用年数が延長されます。低い熱膨張係数により、高湿度環境でも分銅の体積安定性が維持されます。また、低い磁化率により、電子計量機器との干渉を防ぎます。これらの特性は、湿潤環境や腐食環境の厳しい要件を満たすよう最適化された配合と表面処理によって実現されています。

タングステン合金製の分銅は、湿気や腐食性のある環境において、厳格な仕様に従って取り扱う必要があります。校正前には、分銅を洗浄し、コーティングの完全性を検査して、精度に影響を与える可能性のある腐食を防止してください。作業者は、液体による汚染を防ぐため、耐腐食性のある治具を使用して分銅を取り扱う必要があります。校正中は、除湿器または密閉箱を使用して湿度を管理し、湿気による干渉を最小限に抑える必要があります。分銅は、読み取りに影響を与える可能性のある滑りを防ぐため、しっかりと固定する必要があります。校正後は、分銅を防湿性と耐腐食性のある容器に保管し、性能を維持するために定期的にメンテナンスを行う必要があります。これらの仕様は、信頼性の高い校正を保証します。

4.4 貿易決済におけるタングステン合金分銅の応用と適応

タングステン合金分銅は、輸出入貿易、貴金属取引、工業原料の計量といった様々な場面で活用されています。高密度、高耐久性、そして標準化された設計により、大型フロアスケールから高精度天秤まで、様々な計量機器に適応し、公正取引のニーズに応えます。

4.4.1 輸入・輸出商品計量におけるタングステン合金分銅の適合性と適応性

タングステン合金製の分銅は、輸出入商品の計量において重要な役割を果たしており、貿易決済における重要な役割を担っています。穀物、鉱物、石油製品などのバルク商品の取引では、通常、計量器や港湾計量システムを用いて大量の計量を行います。校正は、国際貿易規制および計量標準に準拠する必要があります。高密度で耐久性に優れたタングステン合金製の分銅は、規制遵守と運用要件を満たし、公正な貿易慣行を確保します。

バルク品には、フロアスケールや大型計量機器の性能を検証し、計測結果が国際貿易基準に準拠していることを保証するために、高質量の基準分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、コンパクトなパッケージで高質量を実現し、港湾や倉庫のスペー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ス制約にも適応します。耐腐食性と耐摩耗性に優れているため、頻繁な取り扱いや複雑な環境下でも安定性を維持し、OIML R111 や ISO 17025 などの規格に準拠しています。また、磁化率が低いため、電子計量機器への干渉を防ぎ、校正精度を確保します。

タングステン合金製の分銅は、規制遵守の基盤となります。タングステンは高密度であるため、数十キログラムから数トンに及ぶ大型分銅の製造が可能で、取り扱いの複雑さとスペース要件を軽減します。ニッケルや鉄などの補助元素は、分銅の靱性と耐衝撃性を高め、積み重ねや輸送による損傷を防ぎます。耐腐食性により、港湾や倉庫の湿度の高い環境、塩水噴霧、化学腐食にも耐えます。最適化された合金配合により実現される低磁化率は、電子式フロアスケールとの電磁両立性を確保します。これらの特性は、貿易決済の規制遵守要件を満たすために、精密な製造プロセスによってさらに強化されています。

タングステン合金製分銅は、コンプライアンスと操作性を最優先に考慮する必要があります。ブロック分銅は、規則的な形状と低い重心により積み重ねや安定した設置が容易で、床置き式スケールの校正に適しているため、主流となっています。耐腐食性と耐摩耗性を高めるため、ニッケルメッキまたは高光沢研磨を施すことで、長期使用においても安定した精度を確保できます。品質等級（M1 または M2 など）は、スケールの目盛値と一致し、国際計量標準に準拠している必要があります。設計においては、フォークリフトやクレーンの操作を容易にするために、ハンドルや固定リングを追加するなど、取り扱いやすさも考慮する必要があります。

輸出入用のバルク商品を計量する場合、タングステン合金の分銅の取扱いは、適切なフィット感を確保するために厳格な仕様に準拠する必要があります。校正前に、分銅を洗浄し、表面の完全性を検査して、精度に影響を与える可能性のある汚染物質や傷を防ぐ必要があります。作業者は、大きな分銅を安全に移動し、損傷を防ぐために、機械設備（フォークリフトやクレーンなど）を使用する必要があります。校正は、振動や風の干渉を制御し、正確なスケールの読み取りを保証するために、安定した環境で実行する必要があります。分銅は計量プラットフォーム全体に均等に分散され、さまざまな質量点でテストが実行され、線形応答が検証されます。校正後は、分銅を防湿および防塵倉庫に保管し、定期的に検査して性能を維持する必要があります。標準化されたプロセスを通じて施行されるこれらの仕様により、校正結果が貿易規制に準拠していることが保証されます。

輸出入貿易において、タングステン合金製の分銅は、港湾計量器や倉庫計量システムの校正に利用されています。例えば、穀物や鉱石の重量を検証し、公正な取引を確保するためです。越境物流においては、コンテナ計量機器の校正に利用され、国際貿易規制への準拠を支援しています。エネルギー貿易においては、石油製品計量システムの校正に利用され、計量精度を確保しています。

4.4.2 貴金属取引計量用タングステン合金分銅

タングステン合金分銅は、取引決済における高い精度を実証しています。貴金属（金や銀など）取引では極めて高い計量精度が求められ、通常は厳格な計量基準を満たすように校正さ

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

れた高解像度の天秤が使用されます。タングステン合金分銅は、高密度で小型化された設計により、貴金属取引の要求に適応する正確な質量基準を提供します。

貴金属取引では、高精度天びんの性能を検証し、公正かつ正確な取引を保証するために、ミリグラム、さらにはマイクログラムレベルの質量基準を提供する分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、非常に小さな設置面積で精密な質量測定が可能で、天びんの限られたトレイスペースにも設置できます。また、低い磁化率により、高感度天びんの電磁センサーへの干渉を防ぎ、耐腐食性により頻繁な操作でも安定性を確保します。これらの特性は OIML R111 や ISO 9001 などの規格に準拠しており、貴金属取引における価値移転と精度要件を満たしています。

タングステン合金製の分銅は、高精度な応用を支えています。タングステンは高密度であるため、マイクログラム分解能の分析天秤の校正に適した微小分銅（シート状や小型シリンダー状など）の製造が可能です。ニッケルなどの補助元素が分銅の強度を高め、取り扱い中の微細構造の損傷を防ぎます。耐腐食性も備えているため、取引環境における湿気や化学物質にも耐え、安定した品質を維持します。最適化された合金組成により実現される低磁化率は、電子天秤との電磁両立性を確保します。これらの特性は、精密な製造プロセスによって強化され、貴金属取引における高精度の要求を満たします。

貴金属取引用のタングステン合金分銅は、小型化と高精度化に重点を置く必要があります。シート状の分銅が主流の形状で、超薄型構造のためマイクロ天秤のトレイに楽に収まり、設置面積を最小限に抑えます。ナノ研磨により非常に滑らかな表面を実現し、静電気や汚染物質の付着リスクを最小限に抑えます。校正精度が基準を満たすためには、品質等級（E1 または E2 など）が天秤の分解能と一致する必要があります。また、重量値とシリアル番号をレーザー刻印して識別しやすくするなど、使いやすさも考慮した設計が必要です。小型分銅は、高精度 CNC 加工または粉末冶金法を用いて製造され、サイズと品質を厳密に管理しています。

4.4.3 工業原料沈殿用タングステン合金分銅の安定性適応

工業原料の決済におけるタングステン合金分銅の使用は、貿易決済におけるその重要な用途の一つです。工業原料（鉄鋼、化学原料、木材など）の決済には、通常、台秤または床秤を用いて、大または中程度の質量の計量が必要です。校正によって長期的な安定性と計量信頼性を確保する必要があります。高密度で耐久性の高いタングステン合金分銅は、産業環境における安定性の要件を満たします。

工業原料の決済には、安定した質量基準を提供し、計量機器の性能を検証し、正確な決済結果を保証する分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、コンパクトな設置面積で大きな質量を実現し、工業用計量機器のスペース制約にも適応します。耐摩耗性と耐腐食性により、頻繁な取り扱いや複雑な環境下でも安定した品質を維持し、OIML R111 規格に準拠しています。また、磁化率が低いいため、電子計量機器との干渉を防ぎ、校正の一貫性を確保します。これらの特性により、分銅は工業決済の安定性要件を満たし、公正な取引をサポートします。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金分銅は、安定性と操作性を最優先に考慮する必要があります。ブロック分銅は、その規則的な形状により積み重ねや安定した設置が容易で、ベンチスケールやフロアスケールの校正に適しているため、主流となっています。耐腐食性と耐摩耗性を高め、長期的な精度を確保するには、ニッケルメッキまたは高光沢研磨が必要です。品質等級（例：M1またはF2）は、計量機器の目盛りと一致し、計量標準に準拠している必要があります。設計においては、機械式ハンドリング装置に対応するために保持リングやハンドルを追加するなど、取り扱いやすさも考慮する必要があります。トレーサビリティを確保するために、明確なマーキングを施す必要があります。工業原料の調合において、タングステン合金分銅の取り扱いは、安定性と適合性を確保するために標準化された手順に従う必要があります。校正前には、汚染物質による精度への影響を防ぐため、分銅を洗浄し、表面の完全性を検査する必要があります。作業者は、大型分銅を安全に運搬し、損傷を防ぐために、フォークリフトまたはクレーンを使用する必要があります。計量機器の正確な読み取りを確保するには、振動や温度変動を抑制する安定した環境で校正を行う必要があります。分銅はプラットフォーム上に均等に分散させ、異なる質量点を試験して線形応答を検証する必要があります。校正後、分銅は防湿・防塵倉庫に保管し、性能を維持するために定期的なメンテナンスを行う必要があります。これらの手順は標準化されたプロセスを通じて実施され、校正効率を向上させています。

工業原料の決済においては、タングステン合金製の分銅が鉄鋼加工工場の台秤の校正に使用され、正確な材料重量を確保しています。化学業界では、原料計量機器の検証に分銅が使用され、正確なバッチ処理が保証されています。木材取引では、床秤の校正に分銅が使用され、公正な決済が保証されています。タングステン合金製の分銅の安定性は校正頻度を低減し、その耐久性は産業環境における高強度作業をサポートします。将来、産業オートメーションが進むにつれて、タングステン合金製の分銅は、インテリジェント設計（埋め込みセンサーなど）によって安定性と適応性をさらに最適化し、決済効率を向上させる可能性があります。

4.5 科学研究実験におけるタングステン合金分銅の応用と適応

タングステン合金分銅は、材料力学、天体物理学、環境シミュレーションなど、様々な分野に利用されています。高密度、低磁化率、そして耐久性に優れているため、高精度天秤、カウンターウェイトシステム、シミュレーション機器などに適しています。

4.5.1 材料力学実験で使用されるタングステン合金分銅の標準重量の適応

タングステン合金製の分銅は、主に材料力学実験において、材料の引張、圧縮、曲げ特性を試験するためのカウンターウェイトとして使用されます。これらの実験はサンプルにかかる荷重をシミュレートするため、カウンターウェイトは実験データの信頼性を確保するために、安定した正確な質量基準を提供する必要があります。タングステン合金製の分銅は、標準的なカウンターウェイトの要件を満たすよう、高密度で耐久性のある設計となっています。

材料力学実験では、現実的な応力条件をシミュレートするために、実験装置内に均一な荷重

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

をかけるカウンターウェイトが必要です。タングステン合金製のウェイトは高密度であるため、小さな設置面積で大きな質量を実現でき、実験装置の限られたスペースに適しています。また、熱膨張係数が低いため、温度変動があってもウェイトの体積安定性を維持し、実験精度の低下を防ぎます。さらに、耐振動性と高い強度により、動的荷重下でも安定性を確保し、ISO 6892 などの規格に準拠し、材料試験を信頼性の高い方法でサポートします。

タングステン合金製の分銅は、標準的なカウンターウェイトとして適しています。タングステンは高密度であるため、コンパクトな分銅を実現でき、引張試験機や圧縮試験機での使用に最適です。ニッケルなどの添加元素が靱性を高め、繰り返し荷重による損傷から分銅を保護します。耐腐食性があるため、実験環境における湿気や化学試薬にも耐え、長期的な安定性を確保します。また、磁化率が低いため、電子機器への干渉を防ぎ、データの精度を確保します。これらの特性は、材料力学実験の厳しい要件を満たすように最適化された合金組成によって実現されています。

タングステン合金製分銅は、標準化と安定性に注意を払う必要があります。フック型またはブロック型の分銅が一般的に選ばれます。フック型分銅は吊り下げ荷重に適しており、ブロック型分銅は均一な荷重を保证するため、圧縮試験に適しています。表面は摩擦と摩耗を低減し、実験精度を確保するため、高光沢仕上げまたはメッキ処理を施す必要があります。分銅が規格に適合していることを保証するため、品質グレードは実験装置に適合させる必要があります。また、実験装置への取り付けを容易にするために、固定リングや溝を設けるなど、設置の容易さも考慮した設計が必要です。トレーサビリティを確保するため、重量値はラベルに明確に刻印する必要があります。

材料力学実験では、タングステン合金製の分銅の取り扱いは、標準分銅との互換性を確保するために、仕様を遵守する必要があります。実験前には、汚染物質による負荷への影響を防ぐため、分銅を洗浄し、表面の完全性を検査する必要があります。作業者は、専用の治具または機械装置を使用して、分銅に均一かつ安全に負荷をかける必要があります。実験中は温度と振動を管理し、材料の反応を試験するために分銅を徐々に追加する必要があります。分銅は、ドリフトが結果に影響を与えないように、安定した状態で配置する必要があります。

実験後は、分銅を防塵・防湿キャビネットに保管し、定期的に点検して性能を維持する必要があります。標準化されたプロセスを通じて実装されたこれらの仕様は、実験の信頼性を保証します。

4.5.2 天体物理学実験におけるタングステン合金分銅の高精度応用

タングステン合金製の分銅は、主に天体物理学実験において、高精度の質量基準、重力場のシミュレーション、計測機器の校正などに使用されます。天体物理学実験では天体の質量と重力をシミュレーションするため、実験データの信頼性を確保するために、分銅は正確な質量基準を提供する必要があります。タングステン合金製の分銅は、これらの高精度要件を満たすために、高密度と低磁化率で設計されています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

天体物理学実験では、小規模な重力効果をシミュレートするための分銅が求められ、理論モデルの検証に必要な高精度の質量基準を提供します。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな体積で大きな質量を実現し、実験装置の空間的制約にも適応できます。また、低い磁化率は磁場に敏感な装置への干渉を防ぎ、耐振動性は動的シミュレーション中の安定性を確保します。これらの特性は国際計量標準に準拠しており、天体物理学実験を高精度にサポートします。

タングステン合金製分銅には、高い精度と安定性が求められます。円筒形または球形の分銅が一般的に使用されます。円筒形の分銅は固定が容易ですが、球形の分銅は規則的な形状により質量分布が均一になるため、重力シミュレーションに適しています。干渉を最小限に抑えるには、ナノレベルの研磨が必要です。実験精度を確保するには、質量グレードの高精度なマッチングが求められます。また、実験装置に合わせて固定ブラケットを使用するなど、設置の容易さも設計に考慮する必要があります。マーキングは、読みやすさを確保するために正確に刻印する必要があります。

天体物理学実験において、タングステン合金製の分銅の取り扱いには、高精度なアプリケーションを保証するために厳格な仕様が求められます。実験前には、汚染物質による精度への影響を防ぐため、分銅を洗浄し、表面の完全性を検査する必要があります。作業者は、安定性と安全性を確保するために、専用の治具を使用して分銅を配置する必要があります。実験中は、温度や振動などの環境要因を管理し、重力の影響をテストするために分銅を徐々に調整する必要があります。分銅は、ドリフトが結果に影響を与えないように正確に配置する必要があります。実験後は、分銅を防塵ボックスに保管し、定期的に点検して性能を維持する必要があります。これらの仕様は、実験の信頼性を確保します。

4.5.3 環境シミュレーション実験におけるタングステン合金錘の安定性適応

タングステン合金製の分銅は、主に環境シミュレーション実験において、気候変動のシミュレーションや生態系内での計量試験のための安定した質量基準として使用されます。これらの実験では、温度、湿度、または圧力を制御する必要があり、データの信頼性を確保するために分銅の安定性が求められます。タングステン合金製の分銅は、低熱膨張性と耐腐食性により、これらの安定性要件を満たしています。

環境シミュレーション実験では、変動する環境下でも質量を一定に保ち、信頼性の高い計量基準となる分銅が必要です。タングステン合金製の分銅は熱膨張係数が低いため、温度変動時の体積変化を最小限に抑え、耐腐食性により高湿度環境や化学薬品環境下でも安定性を確保します。これらの特性は国際計量標準に準拠しており、環境シミュレーションをサポートします。

タングステン合金の分銅は、その安定性と適応性の基盤となります。タングステンは高密度であるため、安定した分銅を製造でき、シミュレーション機器に適しています。補助元素を加えることで耐食性を高め、湿気から保護します。熱膨張率が低いため、温度変動時の安定

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

性が確保されます。磁化率が低いいため、電子機器との干渉を防ぎます。これらの特性は、環境シミュレーションの要求を満たしています。タングステン合金の分銅は、環境シミュレーション中の安定性を確保するために、標準化された方法で取り扱う必要があります。実験前に完全性を検査します。固定具を使用して分銅を配置します。干渉を避けるためにプロセスパラメータが制御されていることを確認します。安定した配置を確保します。完了後は、防湿キャビネットに保管し、定期的に検査します。環境シミュレーションでは、タングステン合金の分銅は、気候室での計量システムの校正、生態学的実験での土壌試験のサポート、汚染シミュレーションでの化学反応分銅の検証に使用されます。分銅の安定性により、エラーが低減し、長期にわたる操作がサポートされます。

4.6 医療機器におけるタングステン合金分銅の応用と適応

タングステン合金分銅は、医療用秤の校正、放射線治療装置のカウンターウェイト、精密機器部品の検証など、幅広い用途に使用されています。高密度、低磁化率、耐腐食性を備えており、医療環境における精度、衛生性、特殊性能の要件に適応できます。

4.6.1 医療用秤の校正におけるタングステン合金分銅の衛生的適応

タングステン合金製の分銅は、主に医療用計量器の校正に使用され、病院や診療所における体重計、ベビースケール、医薬品計量機器の校正に使用されます。これらの校正は、測定精度が医療基準を満たしていることを確認するために使用されます。医療用計量器では、交差汚染を防ぐため、分銅に極めて高い衛生特性が求められます。タングステン合金製の分銅は、高密度で耐腐食性に優れた設計により、これらの衛生要件を満たしています。

医療用秤の校正には、機器の性能を検証するための精密な質量基準が必要です。同時に、医療衛生基準を満たし、汚染リスクを回避することも重要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、大きな質量を小さなパッケージに収めることができ、医療用秤の限られたトレイスペースに最適です。耐腐食性と洗浄しやすい表面特性により、医療環境における細菌の繁殖を防ぎ、ISO 13485（医療機器品質管理）などの規格に準拠しています。また、磁化率が低いいため、電子秤への干渉を防ぎ、校正精度を確保します。これらの特性により、これらの分銅は医療用秤の校正における衛生面と精度の要件を確実に満たします。

タングステン合金製の分銅は、その衛生的な適合性の基礎となります。タングステンは高密度であるため、分銅を小型化でき、ベビースケールや薬局用天秤などの小型医療用天秤の校正に最適です。ニッケルなどの補助元素が強度を高め、頻繁な取り扱いによる表面損傷を防ぎます。耐腐食性により、医療環境に存在する消毒剤や湿気にも耐え、清潔な表面を保ちます。最適化された合金組成により実現される低磁化率は、電子天秤のセンサーへの干渉を防ぎます。医療用天秤の校正に使用されるタングステン合金製の分銅は、衛生性と精度を重視して設計する必要があります。円筒形または円盤形の分銅が一般的です。円筒形の分銅はモジュール校正を容易にし、円盤形の分銅は微量天秤に適しており、滑らかな表面が汚染物質の付着を低減します。高光沢研磨や抗菌コーティングなどの表面処理は、医療衛生基準への

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

適合と、アルコールや消毒剤による洗浄への耐性を確保します。校正結果が基準を満たすようにするには、品質グレードがスケールの精度と一致する必要があります。

医療用秤の校正中、タングステン合金製の分銅の取り扱いは医療衛生基準を遵守する必要があります。校正前に、分銅は超音波洗浄機で洗浄・消毒し、細菌汚染を防ぐため滅菌布で拭き取る必要があります。作業者は滅菌手袋を着用し、専用のピンセットまたはクランプを使用して分銅を取り扱い、手による汚染を防ぐ必要があります。校正プロセスは、安定した秤の読み取り値を確保するために、温度と湿度が管理された清潔な環境で行う必要があります。分銅は、精度に影響を与える振動を避けるため、優しく正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を滅菌済みの防塵専用ボックスに保管し、定期的に消毒して衛生状態を維持する必要があります。標準化されたプロセスを通じて実施されるこれらの基準は、校正の衛生と信頼性を確保します。

4.6.2 放射線治療装置のカウンターウェイトとして使用されるタングステン合金ウェイトの放射線防護

タングステン合金製の分銅は、主に放射線治療機器において、直線加速器やガンマナイフの重量検証などの放射線治療機器の計量システムの校正およびバランス調整に使用されます。放射線治療環境では、材料の安定性と操作安全性を確保するために、分銅の放射線防護に対する厳しい要求が課せられます。タングステン合金製の分銅は、高密度で耐放射線性のある設計により、これらの要件を満たしています。

放射線治療機器のカウンターウェイトは、放射線環境下でも安定した質量を維持し、信頼性の高い校正またはバランス調整基準を提供する必要があります。また、作業者と機器を保護するために放射線遮蔽も必要です。タングステン合金製のカウンタウェイトは、高密度で原子番号が高いため、放射線遮蔽機能を備え、放射線が材料特性に与える影響を最小限に抑えます。化学的安定性により放射線誘起劣化を防ぎ、低い磁化率により機器センサーへの干渉を防ぎます。これらの特性は ISO 13485 および放射線安全規格に準拠しており、放射線治療機器に信頼性の高いサポートを提供します。

タングステン合金製の分銅は、放射線防護機能を備えています。タングステンは高密度で原子番号が高いため、ガンマ線や X 線を効果的に遮蔽し、周囲の環境を保護します。ニッケルなどの添加元素は耐酸化性を高め、放射線誘起化学反応を抑制します。高い硬度と靱性により、分銅は放射線環境下でも機械的ストレスに耐え、構造的完全性を維持します。最適化された配合により実現された低磁化率は、放射線治療装置との電磁両立性を確保します。これらの特性は、放射線環境の厳しい要件を満たすために精密な製造工程によってさらに強化されています。

タングステン合金製分銅は、放射線防護と安定性に配慮する必要があります。ブロック状または円筒状の分銅は、コンパクトな形状により放射線への曝露面積が小さいため、一般的に選択されます。表面は、放射線耐性コーティング（鉛複合コーティングなど）または高光沢研

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

磨で処理し、放射線による表面劣化を最小限に抑える必要があります。正確な校正やカウンターウェイトの調整を確実に行うには、機器の精度に合った品質グレードが必要です。また、放射性粒子の付着を防ぎ、作業者を保護するためのシーリングなど、安全対策も設計に不可欠です。ラベルは、長期的な視認性を確保するために、耐放射線性材料で作成する必要があります。

放射線治療環境において、タングステン合金製の分銅の取り扱いには放射線安全規制を遵守する必要があります。校正前に、分銅のコーティングとシールの完全性を検査し、放射線による損傷を防ぐ必要があります。作業者は放射線被曝を最小限に抑えるため、防護具を着用し、専用の治具または機械装置を使用して分銅を取り扱う必要があります。校正は、放射線干渉を遮断するために、鉛シールドボックスなどの遮蔽された環境で行う必要があります。分銅は、振動が機器の読み取り値に影響を与えないように、正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を耐放射線容器に保管し、残留放射線の有無を定期的に検査して安全性を確保する必要があります。標準化されたプロセスを通じて実施されるこれらの規制は、校正の安全性と信頼性を確保します。

4.6.3 精密医療機器部品へのタングステン合金分銅の微小応用

タングステン合金製の分銅は、主に精密医療機器部品の計量に使用され、微量天秤の校正や、手術器具やインプラントなどの小型医療部品の重量検証に使用されます。精密医療機器は非常に高い計量精度が求められ、分銅は微小スケールの質量基準を提供し、クリーンルーム環境に適合する必要があります。タングステン合金製の分銅は、高密度で小型化された設計により、これらの要件を満たしています。

精密医療機器部品の計量には、高分解能天秤を校正し、部品の重量が設計仕様に適合していることを確認するために、ミリグラムまたはマイクログラムレベルの質量基準が必要です。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、非常に小さな設置面積で精密な質量測定が可能で、マイクロ天秤のトレイに楽に収まります。低い磁化率は電磁センサーへの干渉を防ぎ、耐腐食性と洗浄しやすい表面はクリーンな環境でも安定性を確保します。これらの特性は ISO 13485 に準拠しており、医療機器の高精度要件を満たしています。

タングステン合金製の分銅は、小型化アプリケーションをサポートします。タングステンは高密度であるため、マイクログラム分解能の分析天秤の校正に適した微小分銅（薄片や微粒子など）の製造が可能です。ニッケルなどの補助元素が強度を高め、取り扱い中の微細構造の損傷を防ぎます。耐腐食性があるため、湿気や消毒剤にさらされるクリーンルーム環境にも適しており、精度に影響を与える可能性のある表面反応を防ぎます。最適化された配合により実現した低磁化率は、高感度天秤との互換性を確保します。これらの特性は、医療機器の厳しい要件を満たすために精密な製造工程によってさらに強化されています。

タングステン合金分銅は、小型化と衛生性に重点を置く必要があります。シート状の分銅が主流です。その超薄型構造は、厚さがサブミリメートルレベルに達し、マイクロ天秤のトレイにすっきり収まります。静電気や汚染のリスクを低減するため、ナノ研磨または抗菌コー

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ティングによる表面処理が必要です。校正精度を確保するため、品質等級（E1 または E2 など）は天秤の分解能と一致する必要があります。設計においては、クリーンルーム内での識別を容易にするために、重量値をレーザー刻印するなど、使いやすさも考慮する必要があります。密閉設計は液体の浸入を防ぎ、衛生性を高めます。

精密医療機器の計量では、タングステン合金製の分銅の取り扱いがクリーンルーム基準に準拠する必要があります。校正前に、分銅は超音波洗浄機で洗浄・消毒し、微粒子汚染を防ぐため滅菌布で拭く必要があります。作業者は静電気防止手袋とクリーンルーム服を着用し、分銅を扱う際には専用のピンセットまたは真空グリップを使用し、汚染や静電気による干渉の原因となる手との接触を避ける必要があります。校正プロセスは、天びんの安定した測定値を確保するために、温度と湿度が管理されたクリーンルーム（例：20°C±0.5°C、湿度 40～60%）で実行する必要があります。精度に影響を与える振動を避けるため、分銅は優しく正確に配置する必要があります。校正後は、分銅を滅菌済みの静電気防止容器に保管し、性能を維持するために定期的に消毒する必要があります。これらの基準により、正確で衛生的な校正が保証されます。

精密医療機器においては、タングステン合金製の分銅が外科用器具製造における微量天秤の校正に使用され、重量の均一性を確保しています。インプラント製造においては、ペースメーカーや骨ネジの重量を検証し、品質を保証しています。医療研究においては、分銅は実験装置の校正をサポートし、新しい機器の開発にも役立っています。タングステン合金製の分銅は小型設計のため、校正に必要なスペースを削減し、その耐久性は高頻度の動作にも耐えます。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト

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

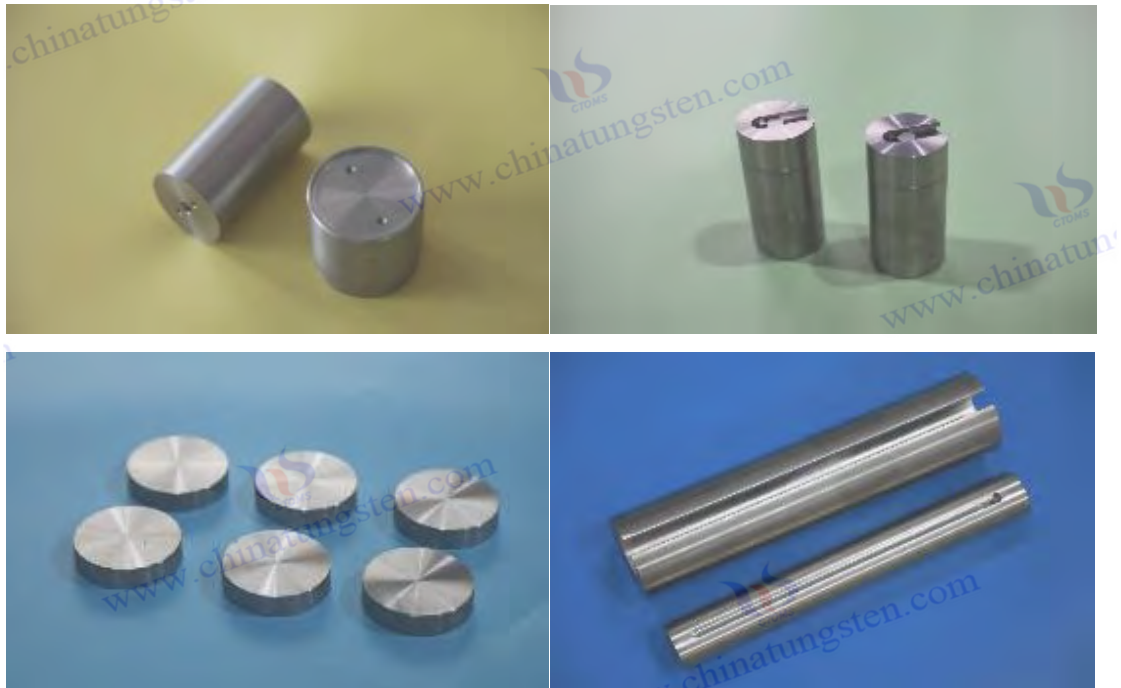
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

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

第5章 タングステン合金分銅の選択、校正およびライフサイクル管理

タングステン合金製分銅は、その高い密度、優れた機械的特性、そして計量安定性により、計量・校正、精密製造、科学研究、貿易決済など幅広い分野で使用されています。その性能が特定の要件を満たすためには、選定、校正、そしてライフサイクル全体にわたる管理が不可欠です。

5.1 タングステン合金錘の選択に関する技術ガイドライン

タングステン合金製の分銅は、計量範囲、環境条件、精度要件など、複数の要素を考慮した特定の用途への適合性を確保するために不可欠です。分銅の選定には、機器の特性、動作環境、計量基準を総合的に考慮する必要があります。分銅の性能が実際のニーズに適合していることを保証するためです。

5.1.1 計量範囲に基づくタングステン合金の分銅選択の原則

校正精度と操作効率を確保するために、さまざまな計量範囲のアプリケーションでは、機器の目盛り値と最大計量容量に基づいてタングステン合金の分銅を選択する必要があります。

計量範囲に基づいて分銅を選択する際の鍵は、分銅の質量と機器のひょう量を一致させ、機器の動作範囲全体にわたって校正を確実に行うことです。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、コンパクトなサイズでありながら大きな質量を収容でき、微量から大容量まで、幅広い計量用途に適しています。分銅を選択する際には、機器の最大ひょう量と最小目盛間隔を考慮し、分銅の質量が校正点をカバーしていることを確認し、分銅が大きすぎたり小さすぎたりすることによる校正誤差を回避してください。分銅と機器が一貫した値を送信できるように、選択の原則は国際計量標準に準拠する必要があります。

タングステン合金の分銅は、機器の種類と計量要件によって異なります。マイクロ天秤（実験室用分析天秤など）では、高分解能機器の検証に通常、ミリグラムまたはグラム単位の分銅が必要です。一方、ベンチスケールやフロアスケールでは、質量の大きい計量機器の校正に数十キログラムから数トンまでの分銅が必要です。分銅を選択する際には、機器の計量範囲をカバーする分銅の組み合わせを選択してください。例えば、多点校正では質量の異なる分銅を組み合わせるなどです。分銅の粗さが大きすぎる、あるいは細かすぎることによる校正誤差を避けるため、公称分銅値は機器の目盛り値と一致する必要があります。

分銅の形状は、計量範囲と機器トレイの設計に基づいて選択する必要があります。小さな分銅（例：ミリグラムレベル）は、マイクロ天秤の限られたトレイスペースに収まるように、通常はシート状です。中質量の分銅（例：数グラムから数キログラム）は、組み立てや積み重ねを容易にするために円筒形になることがあります。大きな分銅（例：数十キログラム以上）は、多くの場合ブロック状で、フロアスケールや大型の計量機器に適しています。分銅を安定し

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

て配置し、校正精度に影響を与える可能性のある滑りや傾きを防ぐために、機器トレイのサイズと形状は分銅の形状を考慮して決定する必要があります。

計量範囲に基づいて分銅を選ぶ際には、使いやすさが重要な要素となります。小型の分銅は掴みやすく、手の汚染を防ぐために専用のピンセットやクランプが付属している必要があります。大型の分銅は、フォークリフトやクレーンでの取り扱いを容易にするために、ハンドルや固定リングが付属している必要があります。分銅を選ぶ際には、校正頻度と動作環境も考慮する必要があります。例えば、頻繁に校正を行う機器では、長期的な安定性を確保するために耐摩耗性のある分銅を使用する必要があります。分銅の保管とメンテナンスも考慮する必要があります。清掃と保管が容易な分銅を選ぶことで、寿命を延ばすことができます。

実用分野において、計量範囲に基づく分銅選択は、様々な用途で広く利用されています。例えば、実験室用マイクロ天秤の校正では、高精度分析を保証するためにミリグラム単位の板状分銅が使用され、産業用フロアスケールの校正では、バルク貨物の計量に適したトン単位のブロック分銅が使用され、貿易決済用のプラットフォームスケールの校正では、多様なニーズに対応するために中質量の円筒形分銅が使用されます。タングステン合金製分銅は高密度であるため、校正に必要なスペースが削減され、その耐久性は高頻度動作をサポートします。将来的には、組み込み質量センサーなどのインテリジェントな分銅設計により、分銅選択の効率がさらに最適化され、より複雑な計量範囲のニーズにも対応できるようになります。

これらの選択原則により、タングステン合金分銅は機器の計量範囲に正確に適合し、校正の科学性と信頼性を確保し、さまざまな測定シナリオをサポートします。

5.1.2 環境条件に基づくタングステン合金重量選択の考慮事項

タングステン合金分銅は、特定の環境で安定した性能を維持するために、温度、湿度、腐食、振動などの使用環境条件を十分に考慮する必要があります。

環境に基づいた分銅選定には、対象環境における分銅の安定性と耐久性を評価する必要があります。高温環境では、精度に影響を与える体積変化を防ぐため、熱膨張係数の低い分銅が必要です。湿度の高い環境や腐食性の高い環境では、表面劣化を防ぐため、耐腐食性材料が必要です。振動の多い環境では、耐衝撃性と構造安定性を備えた分銅が必要です。選定においては、環境が機器に与える影響も考慮する必要があります。例えば、電磁環境で動作する電子天秤には、磁化率の低い分銅が必要です。これらの考慮事項は、分銅が特定の環境に適していることを確認するために、国際計量標準に準拠しています。

タングステン合金製の分銅は、環境適応性の基礎となります。タングステンは高密度で熱膨張係数が低いため、高温環境でも低温環境でも体積安定性を確保し、航空宇宙産業やコールドチェーン用途に適しています。ニッケルや銅などの補助元素が耐腐食性を高め、化学実験室や湿気や塩水噴霧の影響を受ける海洋環境での使用にも適しています。タングステン合金は高い硬度と靱性を備えているため、振動環境でも変形や損傷を起こしません。低磁化率は、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

電子機器への干渉を避けるため最適化された配合によって実現されています。これらの特性は、精密な製造工程によってさらに強化され、多様な環境のニーズに対応しています。

環境に適した分銅を選択するには、表面処理が非常に重要です。高温環境では、酸化を防ぐために耐熱コーティング（セラミックコーティングなど）や高光沢研磨が必要です。湿度の高い環境や腐食性の高い環境では、表面の清浄性を確保するために耐腐食コーティング（ニッケルメッキやポリマーコーティングなど）が必要です。振動の多い環境では、摩耗を防ぐために表面硬度を高める必要があります。表面処理は、汚染物質の付着を低減するための表面平滑化や、クリーンルームや医療環境への適合性確保など、洗浄性にも配慮する必要があります。分銅を選択する際には、特定の環境に基づいて適切な表面処理を選択し、長期的な安定性を確保してください。

分銅の設計は、環境条件に合わせて最適化する必要があります。高温環境では、熱対流の影響を軽減するために、重心の低いブロック状の分銅を使用します。腐食性環境では、液体の浸入を防ぐために密閉設計を使用します。振動環境では、安定性を高めるために流線型の分銅または固定リング設計を使用します。品質レベルは、環境の精度要件に適合する必要があります。例えば、クリーンルームでは高精度の分銅が必要ですが、産業環境では中精度の分銅を選択できます。設計では、深海環境での機械操作に対応するために固定点を追加するなど、操作性も考慮する必要があります。ラベルは、読みやすさを確保するために、耐環境性材料で作成する必要があります。

5.1.3 精度要件に基づくタングステン合金重量の選択

タングステン合金分銅では、校正結果が機器とアプリケーションの要件を満たすことを保証するために、精度要件に基づいて適切な品質グレードと設計を選択する必要があります。

精度要件に基づいて分銅を選択する際の鍵は、分銅の品質グレードを機器の要件と一致させ、校正誤差が許容範囲内であることを保証することです。タングステン合金製の分銅は、高密度で磁化率が低いいため、高精度の質量基準として機能し、微量天秤から大型フロアスケールまで、幅広い機器に適しています。分銅を選択する際には、機器の目盛値と校正基準も考慮する必要があります。例えば、高精度天秤には E1 または E2 グレードの分銅が必要ですが、工業用フロアスケールには F2 または M1 グレードの分銅を使用できます。これらの原則は国際計量標準に準拠しており、値の転送精度を保証します。

タングステン合金の分銅は、機器の精度と用途シナリオに基づいて選択する必要があります。高精度アプリケーション（実験室の分析用天秤など）には、許容誤差が非常に狭く、マイクログラムレベルの分解能に適した E1 または E2 グレードの分銅が推奨されます。中精度アプリケーション（貿易決済用天秤など）には、グラムレベルの要件を満たす F1 または F2 グレードの分銅を使用できます。高質量で精度の低いアプリケーション（フロアスケールなど）には、キログラムレベルの分解能に適した M1 または M2 グレードの分銅を使用できます。分銅を選択するときは、機器の校正仕様を参照して、分銅の許容誤差が機器の天秤のスケールと一

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

致していることを確認し、過度に高いまたは低い精度によって引き起こされるリソースの無駄やエラーを回避してください。

分銅の設計は、精度要件に合わせて最適化する必要があります。高精度分銅（E1 グレードなど）は、通常、マイクロ天秤のトレイスペースに収まるようにシート状または小型の円筒形になっています。静電吸着を低減するため、表面にはナノ研磨が必要です。中精度分銅（F1 グレードなど）は、校正を容易にするために円筒形にすることができます。低精度分銅（M1 グレードなど）は、多くの場合ブロック状で、高質量の機器に適しています。表面処理は、精度要件に基づいて選択する必要があります。例えば、高精度分銅はクリーンルームでの使用を想定し、抗菌コーティングが必要です。トレーサビリティを確保するために、ラベルには質量値と等級を明確に刻印する必要があります。

5.2 タングステン合金分銅の検証と校正プロセス

タングステン合金製分銅は、その計量性能が基準を満たすことを保証する中核的なプロセスです。これらのプロセスには、質量値の検証、表面状態の検査、環境適合性の評価が含まれます。これらのプロセスは、特殊な装置と標準化された操作を通じて、研究室、産業界、そして取引先における分銅の精度と信頼性を確保します。

5.2.1 タングステン合金分銅の検定に必要な基本項目と要件

タングステン合金分銅の計量性能を検証するプロセスです。これには、質量、表面状態、磁性といった主要な指標の測定が含まれ、高精度計量機器との適合性を確保します。以下では、タングステン合金分銅の基本的な検証手順と要件について、検証の原則、基本項目、運用要件、結果の評価、アプリケーションへの影響など、包括的な分析を示します。

基本的な校正手順には、質量検証、表面状態検査、磁気試験が含まれます。質量検証では、精密天秤を用いて分銅と基準分銅を比較し、質量偏差を測定して許容範囲への適合性を確認します。表面状態検査では、平滑性、平坦性、完全性を評価し、測定精度に影響を与える可能性のある傷や腐食などの欠陥を特定します。磁気試験では、分銅の磁化率と永久磁化を検査し、電子機器への干渉がないことを確認します。これらの手順は分銅のグレードによって異なり、高精度分銅にはより厳格な校正基準が必要です。

校正は、校正済みの精密天秤と磁力計を用いて、温度と湿度が一定に保たれた実験室環境で実施する必要があります。作業者は汚染を防ぐため、清潔な手袋を着用し、専用の器具を用いて分銅を取り扱う必要があります。質量値は繰り返し測定によって検証し、偏差を記録して平均化する必要があります。表面状態検査では、顕微鏡または粗さ計を用いて表面パラメータを定量化します。磁気試験では、正確な結果を得るために磁力計または懸垂法を使用します。トレーサビリティを確保するため、温度や湿度などの環境パラメータは作業中に記録する必要があります。

検証結果は、測定値を標準限度値と比較することで評価されます。質量偏差は許容範囲内、

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

表面粗さは基準値を満たし、磁化率は規定の閾値以下である必要があります。表面汚染や製造欠陥などの異常な結果は分析され、検証報告書に記録されなければなりません。報告書には、トレーサビリティを確保するために、測定データ、環境条件、および結論を含める必要があります。合格した重量には検証証明書が発行され、不合格の重量は処理されます。

5.2.2 タングステン合金分銅の校正周期の設定基準

タングステン合金の分銅は長期的な計量安定性を確保するための鍵であり、使用頻度、環境条件、精度要件に基づいて適切に決定する必要があります。

校正間隔の設定は、計量性能の安定性評価に基づいています。分銅を基準分銅と定期的に比較することで、質量値の変化傾向を監視します。タングステン合金製の分銅は、高い化学的安定性と低い熱膨張率により質量変動が最小限に抑えられますが、環境要因や使用頻度によってわずかな偏差が生じる可能性があります。校正間隔の設定には、校正コストと精度のバランスを取り、国際計量標準に準拠し、一貫した値の伝達を保証することが求められます。

校正間隔はいくつかの要因によって左右されます。使用頻度は主要な要因です。頻繁に使用される分銅は、摩耗や汚染を監視するため、校正間隔を短くする必要があります。高温、多湿、腐食性環境などの環境条件は分銅の劣化を加速させる可能性があるため、校正間隔を短くする必要があります。精度要件も校正間隔に影響します。高精度の分銅は、厳しい許容誤差を満たすため、より頻繁な校正が必要です。偏差傾向などの過去の分銅データは、校正間隔を動的に調整するための基準として使用できます。

校正周期は通常、分銅の等級と用途に基づいて決定されます。高精度分銅（E1 や E2 など）は、実験室環境では毎年校正することが推奨されますが、使用頻度が高い場合は 6 ヶ月に短縮されます。中精度分銅（F1 や F2 など）は、環境条件にもよりますが、産業環境では 2 年ごとに校正できます。高質量分銅（M1 など）は、商業環境では 3～5 年ごとに校正できます。動的調整方法は、過去の校正データとリスク評価に基づいています。偏差が許容限界に近づく場合は、校正周期を短縮する必要があります。

校正サイクルの実施には、計画、校正実行、そして記録管理が含まれます。計画においては、分銅の使用記録と環境データに基づいて校正スケジュールを決定する必要があります。校正は、恒温恒湿室で精密天秤を用いて分銅と基準値を比較し、偏差と環境パラメータを記録します。記録管理には、すべてのデータの記録と、安定性を分析するためのトレンドチャートの作成が必要です。異常が発生した場合は、校正サイクルの調整と原因分析が必要です。校正は、結果のトレーサビリティを確保するために、専門機関または認定された担当者によって実施される必要があります。

明確に定義された校正サイクルは、長期使用における分銅の精度を保証します。研究室では科学研究データの信頼性を支え、産業界では機器のメンテナンスを最適化し、取引においては公平性を確保します。将来的には、インテリジェントな監視システムによってリアルタイムの偏差分析が可能になり、校正サイクルの設定がさらに最適化される可能性があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

これらの設定基準により、タングステン合金分銅の校正サイクルを科学的に決定し、測定性能の継続的な安定性を確保することができます。

5.2.3 不適格タングステン合金分銅の処理手順

不適格なタングステン合金分銅は、識別、分離、分析、廃棄などの手順を伴う測定の信頼性と安全性を確保する上で重要な役割を果たします。

不良分銅の取り扱いに関する原則は、計量規則と品質管理に基づいており、計量精度への影響を防ぐことを目的としています。廃棄にあたっては、質量偏差、表面欠陥、過剰な磁性など、不良の原因を特定し、使用されないよう適切な措置を講じます。このプロセスは、コンプライアンスとトレーサビリティを確保するために、国際計量規則に準拠しています。

不合格分銅は、検証または校正によって特定されます。許容範囲を超える質量偏差、表面の深刻な傷や腐食、または規定の閾値を超える磁化率を持つ分銅は不合格とみなされます。この識別プロセスでは、精密天秤、顕微鏡、磁力計を使用します。異常なデータは記録され、製造上の欠陥や摩耗などの原因が分析されます。識別結果はレポートに記録され、不合格ステータスが明記されます。

処理プロセスには、分離、分析、廃棄、記録保管が含まれます。分離段階では、不適格と判断された分銅にはマークが付けられ、誤用を防ぐため専用のエリアに保管されます。分析段階では、データと物理的状态を検査し、材料の不純物や環境腐食など、不合格の原因を特定します。廃棄段階では、原因に応じて修理、ダウングレード、または廃棄が行われます。修理された分銅は再校正が必要です。記録保管段階では、原因分析と廃棄結果を含むすべての手順を記録し、トレーサビリティを確保します。

廃棄方法は不適合の程度に応じて決定されます。軽微な偏差は研磨または脱磁によって修復し、再校正を行ってから使用できます。大きな偏差がある、または修復不可能な分銅は、精度の低い用途にダウングレードするか、廃棄する必要があります。廃棄した分銅は、環境汚染を防止するため、環境規制に従ってリサイクルする必要があります。廃棄は専門機関に委託し、関連規制を遵守する必要があります。

5.3 タングステン合金分銅の日常メンテナンスと故障判定

タングステン合金製の分銅は、長期的な計量性能の確保に不可欠です。これには、洗浄、保管、損傷の特定、そして故障の評価が含まれます。標準化された操作と科学的な判断を通して、これらの対策は分銅の寿命を延ばし、性能低下による計量誤差を防ぎます。

5.3.1 タングステン合金分銅の洗浄および保管仕様

タングステン合金製分銅は、表面を清潔に保ち、測定精度を維持し、汚染や損傷が性能に影響するのを防ぐことを目的とした、日常的なメンテナンスの基本です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

洗浄と保管の目的は、分銅の表面から汚れ（埃やグリースなど）を取り除き、環境要因（湿気や化学物質など）による劣化を防ぐことです。タングステン合金製の分銅は高密度で耐腐食性があるため、洗浄は容易ですが、表面の損傷を防ぐには適切な洗浄手順が必要です。保管には、分銅が湿気、振動、汚染の影響を受けず、計量安定性を維持するために、環境条件を管理する必要があります。これらの規制は国際計量標準に準拠しており、分銅が性能要件を満たすことを保証します。

洗浄方法は、分銅の精度と使用環境によって異なります。高精度分銅（E1 グレードや E2 グレードなど）は、粒子やグリースを除去し、表面を傷つけないように、中性洗剤または脱イオン水を使用した超音波洗浄機が必要です。中精度分銅（F1 グレードや F2 グレードなど）は、アルコールまたは中性洗剤を湿らせた埃のない布で表面の汚れを落とすことができます。重量分銅（M1 グレードなど）は、残留物を完全に除去するために、柔らかいブラシと洗剤で洗浄できます。洗浄後は、水滴が残らないように埃のない布で拭いて乾燥させてください。表面コーティング腐食を防ぐため、酸性またはアルカリ性の洗浄剤は使用しないでください。

保管環境は、湿気や温度変動による分銅の安定性への影響を防ぐため、一定の温度と湿度（例：20°C±2°C、湿度 40%～60%）を維持する必要があります。高精度の分銅は、衝撃を防ぐために緩衝材を敷き詰めた、埃や静電気を遮断した専用の校正ボックスに保管してください。大型の分銅は、積み重ねや圧迫を避けるため、防湿・防塵の倉庫で安定した支柱の上に保管してください。分銅の表面特性や磁気特性に影響を与えないよう、保管場所は化学物質や電磁干渉から遠ざけてください。分銅は品質等級別に保管し、管理と取り出しを容易にするために明確にラベルを貼ってください。

洗浄・保管プロセスは、準備、洗浄、検査、保管の 4 つの段階で構成されています。準備段階では、分銅の表面を検査し、初期状態を記録し、適切な洗浄ツールと保管容器を選択します。洗浄段階では、選択した方法に従って表面に残留物がないことを確認します。検査段階では、顕微鏡を使用するか、目視で表面の完全性を検査し、傷や腐食がないことを確認します。保管中は、分銅を専用の容器に入れ、保管時間と環境パラメータを記録します。これらの作業は、資格のある担当者が標準化された手順に従って実施し、効果的な洗浄と保管を確保する必要があります。

5.3.2 タングステン合金製分銅の一般的な損傷の特定

タングステン合金分銅は、メンテナンスと故障判定において重要な役割を果たします。表面欠陥、質量偏差、磁気異常を迅速に検出し、測定精度へ影響を防ぐことを目的としています。

一般的な損傷の特定は、計量学と材料科学の原理に基づいています。目視検査、機器測定、性能試験を通じて、分銅の物理的特性と計量特性が損傷しているかどうかを評価します。タングステン合金製の分銅は、高い硬度と耐腐食性により損傷を受けにくいものの、経年劣化

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

により軽微な欠陥が生じる可能性があります。損傷の特定には、損傷の原因を環境要因或使用記録と併せて分析し、科学的かつ正確な特定結果を得る必要があります。

タングステン合金分銅には、表面の傷、腐食、質量偏差、磁気異常などの損傷が存在します。不適切な取り扱いや取扱いによって生じた表面の傷は、汚染物質の混入を増加させる可能性があります。湿気や化学物質による腐食は、表面品質を劣化させる可能性があります。摩耗や材料の剥離によって生じた質量偏差は、測定精度に影響を与える可能性があります。外部磁場や材料の不純物によって引き起こされる磁気異常は、電子機器に干渉する可能性があります。これらの損傷は、体系的な検出と識別が必要です。

識別方法には、目視検査、機器測定、性能試験があります。目視検査では、拡大鏡または顕微鏡を用いて表面の傷、腐食、または汚れを観察し、その位置と範囲を記録します。機器測定では、表面粗さ計を用いて傷の深さを定量化するか、精密天秤を用いて質量偏差を検出します。磁気試験では、磁力計またはホールプローブを用いて磁化率を測定し、規定の限度を超えていないかどうかを判定します。性能試験では、荷重負荷後の質量安定性の確認など、実際の使用状況をシミュレートすることで、包括的な識別を実現します。選択される方法は分銅のグレードによって異なり、高精度分銅の場合はより詳細な試験が必要です。

損傷特定分析プロセスには、検査、記録、分析、報告が含まれます。検査段階では、前述の方法を用いて分銅の状態を評価し、損傷の種類と程度を記録します。記録段階では、写真、測定値、環境パラメータなどのデータを文書化します。分析段階では、不適切な操作や環境腐食などの損傷の原因を追跡し、計量性能への影響を評価します。報告段階では、修理または廃棄に関する推奨事項を含む詳細なレポートを作成します。このプロセスは、結果のトレーサビリティを確保するために、管理された環境で実施する必要があります。

5.3.3 タングステン合金分銅の破損判定に関する技術基準

タングステン合金分銅は、計量目的への適合性を評価するプロセスです。これは、質量偏差、表面状態、磁気特性といった技術的基準に基づいて行われ、計量システムの信頼性を確保します。

故障判定は、計量性能適合性評価に基づいています。分銅の実際の性能を標準限度と比較することで、意図された用途に適合しているかどうかを判定します。タングステン合金製分銅は高い安定性を備えているため、故障の可能性は低くなりますが、長期使用や不適切なメンテナンスは性能低下につながる可能性があります。科学的かつ一貫した結果を得るためには、この判定は国際計量標準に基づく必要があります。

不合格判定の技術的基準には、質量偏差、表面状態、磁気特性が含まれます。質量偏差は許容範囲内でなければならない、これらの範囲を超える偏差は不合格とみなされます。表面状態には、大きな傷、腐食、変形がないことが必要です。測定精度に影響を与える欠陥は不合格とみなされます。磁気特性は指定された閾値以下でなければならない。この閾値を超える

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

偏差は機器に干渉し、不合格となる可能性があります。これらの基準は分銅の等級に応じて調整され、高精度分銅にはより高い要件が課されます。

故障判定プロセスには、検査、評価、文書化、廃棄が含まれます。検査段階では、精密天秤、顕微鏡、磁力計を用いて、質量偏差、表面状態、磁気特性を測定します。評価段階では、測定値を標準限度値と比較し、故障を判定します。文書化段階では、試験結果と原因分析を記録します。廃棄段階では、判定結果に基づき、修理、ダウングレード、または廃棄を行います。修理された製品は再校正が必要です。このプロセスは、トレーサビリティを確保するために専門機関によって実施される必要があります。

不合格となった分銅の廃棄は、不合格の程度に応じて異なります。軽微な偏差は研磨または消磁によって修正し、再校正して使用できます。重大な不合格となった分銅は、精度の低い用途にダウングレードするか、廃棄する必要があります。廃棄された分銅は、汚染を防ぐため、環境規制に従ってリサイクルする必要があります。規制遵守を確実にするために、廃棄は記録し、報告書を作成する必要があります。

5.4 タングステン合金分銅のトレーサビリティシステム

タングステン合金分銅の品質値は、国際規格との整合性を確保するための鍵となります。階層的なトレーサビリティチェーン、標準化された記録管理、そして地域を越えた連携メカニズムを構築することで、トレーサビリティと測定値の一貫性を実現できます。

5.4.1 タングステン合金重量トレーサビリティの階層分類

タングステン合金分銅は、トレーサビリティシステム構築の基盤となります。各レベルにおける分銅の役割と機能を明確にすることで、質量値の正確な伝達が保証されます。

計測トレーサビリティの原則は、一連の比較を通じてタングステン合金分銅の質量値を国際または国内の質量標準に結び付け、計測結果のトレーサビリティを確保することです。タングステン合金分銅は高密度で安定性に優れているため、あらゆるレベルのトレーサビリティ標準として最適です。トレーサビリティチェーンは階層構造になっており、基準分銅から実用分銅への計測値の転送を可能にします。この階層構造のシステムは国際計量標準に準拠しており、世界的な計量一貫性を確保しています。

タングステン合金分銅は、一般的にベンチマーク分銅、参照分銅、実用分銅の 3 つのレベルに分けられます。ベンチマーク分銅は最高レベルで、国家計量標準機関に保管され、国際キログラム原器または国家ベンチマークと直接比較され、最高の精度で使用されます。参照分銅は中レベルで、地方または専門の計量標準機関に保管されています。ベンチマーク分銅との比較によって得られた値は、実用分銅の校正に使用されます。実用分銅は最低レベルで、機器の日常的な校正に使用され、実験室、産業、または貿易シナリオに直接役立ちます。各レベルの分銅の品質レベルは、E1、E2 から F1、F2、M1 へと低下します。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

トレーサビリティチェーンの各レベルにおける分銅は、それぞれ異なる機能を果たします。基準分銅は、値の転送の出発点として機能し、国際規格との整合性を確保し、最高の精度を維持します。基準分銅は、基準分銅から実用分銅への値の転送を橋渡しする役割を果たし、地域または業界の校正に使用されます。実用分銅は機器の校正に直接使用され、実際のアプリケーション要件を満たします。タングステン合金分銅は高い安定性と低い磁化率を特徴としており、各レベルで優れた性能を発揮し、信頼性の高い値の転送を保証します。

階層分類は、管理された環境で実施する必要があります。基準分銅は、国立研究所において、温度と湿度が管理された高精度天秤を用いて校正する必要があります。基準分銅は、認定機関によって校正され、定期的に基準分銅と比較する必要があります。作業用分銅は、ユーザーまたは専門機関によって校正され、基準分銅と比較する必要があります。トレーサビリティを確保するため、環境パラメータと校正データを記録する必要があります。トレーサビリティチェーンに悪影響を与える可能性のある性能低下を防ぐため、各階層の分銅は定期的に検証する必要があります。

5.4.2 タングステン合金分銅のトレーサビリティ記録の管理要件

タングステン合金の重量は、価値の追跡可能性とデータの整合性を確保するための鍵であり、記録の生成、保管、および維持を伴います。

トレーサビリティ記録管理は、計量データのトレーサビリティに基づいています。分銅の校正データ、環境パラメータ、使用履歴を体系的に記録することで、計測値の伝達における透明性と検証可能性を確保します。タングステン合金分銅は高い安定性を備えているため、記録データの信頼性は高まりますが、漏れや誤りを防ぐために標準化された管理が必要です。記録の法的妥当性を確保するため、国際計量標準に準拠した管理が求められます。

トレーサビリティ記録には、分銅識別情報（シリアル番号、質量値、等級）、校正データ（偏差、許容差、校正日）、環境パラメータ（温度、湿度）、校正機関情報、およびオペレータの資格情報を含める必要があります。校正頻度、アプリケーションシナリオ、メンテナンスなどの分銅の使用履歴も文書化する必要があります。データの完全性を保証するため、記録には校正証明書または報告書を添付する必要があります。損傷や修理などの特別な状況については、適切な取り扱い手順とともに具体的に記載する必要があります。

トレーサビリティ記録は、安全で信頼性の高い媒体に保管する必要があります。紙の記録は、防湿性と耐損傷性に優れた保管場所（恒温恒湿環境）に保管する必要があります。電子記録はデータベースにバックアップし、改ざん防止のために暗号化し、保管デバイスは定期的に更新する必要があります。記録保管期間は分銅の等級によって決まります。高精度の分銅記録は長期間保管する必要があり、実用分銅記録は少なくとも次回の校正まで保管する必要があります。保管場所は容易に取り出し可能で、迅速なアクセスをサポートする必要があります。

記録管理プロセスには、作成、確認、保管、更新が含まれます。作成フェーズでは、校正後にデータが記録され、精度が確保されます。確認フェーズでは、専門家が記録の完全性と一貫性を確認し、規制への準拠を確認します。保管フェーズでは、記録はアーカイブされ、紙

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

と電子版の両方が同時に管理されます。更新フェーズでは、校正サイクルや異常に基づいて記録が更新され、変更理由が文書化されます。規制への準拠を確保するため、管理は権限を与えられた組織または担当者によって行われなければなりません。

標準化されたトレーサビリティ記録管理は、重量値のトレーサビリティをサポートします。これは、研究室では実験データの信頼性を確保し、産業界では品質管理を最適化し、取引では公平性を維持します。将来的には、デジタル管理システムによってリアルタイムの記録共有が可能になり、管理効率が向上する可能性があります。

5.4.3 タングステン合金重量の地域間トレーサビリティのための協力メカニズム

タングステン合金の分銅は、複数の機関間での調整とデータ共有を伴い、異なる地域や国での測定値の一貫性を確保するための重要な手段です。

地域間トレーサビリティ協力の原則は、国際計量標準の相互承認に基づいています。地域および国際計量標準機関間の協力を通じて、分銅の質量値は国際基準にリンクされます。タングステン合金分銅は高い安定性を備えているため、地域間トレーサビリティに適しています。協力においては、校正データの一貫性と比較可能性を確保する必要があります。このメカニズムは、国際計量標準に準拠し、世界的な計量標準の調和を促進します。

地域間トレーサビリティ連携には、国家計量機関、地域計量センター、そしてユーザー組織間の協力が含まれます。国家機関は基準分銅を提供し、それを国際基準と比較する責任を負います。地域計量センターは仲介役として、基準分銅を校正し、その値をユーザー組織に伝達します。ユーザー組織は、実用化に向けて実用分銅を校正します。値の一貫性を確保するために、国際比較プロジェクトや二国間協定を通じて連携を実現することも可能です。

協働プロセスには、要件確認、校正実行、データ共有、結果検証が含まれます。要件確認フェーズでは、トレーサビリティの目的を明確にし、参加組織を特定し、分銅の等級を決定します。校正実行フェーズでは、上位組織が下位組織を校正し、データを記録します。データ共有フェーズでは、校正結果は標準化された形式で交換され、透明性が確保されます。結果検証フェーズでは、関係者全員がデータの一貫性を確認し、不一致があれば対処します。協働の効率性を最適化するには、定期的なプロセス評価が必要です。

標準化されたプロトコル、校正証明書、そしてデータ管理を通じて、連携を確実にする必要があります。プロトコルには、各関係者の責任とデータ形式を明確に定義する必要があります。校正証明書には、環境パラメータとトレーサビリティ情報を含める必要があります。データ管理では、セキュリティとトレーサビリティを確保するために、暗号化されたデータベースを活用する必要があります。連携を強化するために、定期的な研修と技術交流を実施する必要があります。測定値の一貫性を確保するために、例外事項は交渉を通じて解決する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

第 6 章 タングステン合金の重量の基礎知識と横比較

タングステン合金製の分銅は、高密度、優れた機械的特性、そして計量安定性を備えており、計測・校正、精密製造、科学研究、貿易決済など幅広い分野で利用されています。タングステン合金製の分銅の基礎知識を理解し、他の分銅との比較を行うことで、ユーザーはより適切な分銅の選定と使用が可能になり、計測精度と信頼性を確保することができます。

6.1 タングステン合金分銅の基礎知識

タングステン合金製分銅について、その材料特性、適切な使用方法、そして重要なメンテナンスのヒントをご紹介します。これにより、ユーザーは分銅の利点を理解し、一般的な運用上の問題を回避することができます。タングステン合金製分銅は、高密度、低磁化率、耐腐食性を備えており、高精度計測アプリケーションに最適です。

6.1.1 タングステン合金製ウェイトの使用に関するよくある誤解とその回避方法

タングステン合金製の分銅は、使用中の不適切な操作により、性能の低下や測定誤差が生じることがよくあります。よくある誤解を理解し、それらを回避する対策を講じることで、使用効果を効果的に向上させることができます。

よくある使用上の誤りとしては、分銅を直接扱うこと、環境の影響を無視すること、不適切な校正手順、定期的なメンテナンスを怠ることなどが挙げられます。分銅を直接扱うと、油や汗による汚染につながり、特に高精度分銅の場合、質量精度に影響を与える可能性があります。高湿度や高温環境での使用など、環境の影響を無視すると、腐食や質量偏差が発生する可能性があります。急速な設置や不安定な積み重ねなどの不適切な校正手順は、分銅を損傷したり、誤った測定値を生成したりする可能性があります。定期的なメンテナンスを怠ると、表面の欠陥や磁気異常が未検出となり、長期的な性能を損なう可能性があります。

これらの落とし穴を避ける鍵は、標準化された手順と環境管理を遵守することです。取り扱いの際は直接接触を避け、分銅を掴む際には専用の工具を使用してください。外部からの干渉を最小限に抑えるため、温度と湿度を一定に保ちます。機器の安定性を確保するため、仕様に従って段階的に校正を実施する必要があります。定期的なメンテナンスを使用スケジュールに組み込み、分銅の状態を速やかに確認する必要があります。国際計量標準に基づくこれらの原則により、安定した分銅性能が確保されます。

誤差を避けるため、作業者は高精度の分銅を扱う際は、汚染を防ぐために清潔な手袋を着用するか、専用のピンセットを使用してください。大きな分銅は、落下や傷を防ぐため、機械設備を用いて取り扱ってください。校正環境は、温度や湿度の影響を避けるため、 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 40~60%に維持してください。校正中は、分銅をゆっくりと置き、機器トレイに均等に荷重がかかるようにしてください。使用後は毎回分銅の表面を点検し、異常があれば記録し、速やかに清掃してください。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

予防策としては、作業員のトレーニング、操作手順の確立、定期的な点検などが挙げられます。トレーニングでは分銅の使用とメンテナンスについて網羅し、作業員が手順を熟知していることを確認する必要があります。操作手順では、清掃、取り扱い、校正のプロセスを明確に定義し、日常管理に組み込む必要があります。定期的な点検では、顕微鏡または精密天秤を用いて表面状態や品質のばらつきを評価し、潜在的な問題を特定する必要があります。予防策は、クリーンルームにおけるより厳格な汚染防止対策の実施など、具体的な使用シナリオに合わせて調整する必要があります。

誤用を避けることで、分銅の測定精度と寿命が向上します。実験室では信頼性の高い実験データが確保され、産業界では校正誤差が低減され、取引においては公平性が確保されます。将来的には、インテリジェントな監視システムが操作ミスをリアルタイムで警告し、使用結果のさらなる最適化につながる可能性があります。

6.1.2 タングステン合金分銅の日常的な保管および取り扱いに関する注意事項

タングステン合金製の分銅は、その性能と寿命に直接影響します。標準化された操作により、損傷や汚染を防ぎ、測定精度を維持できます。

保管および取り扱いには、汚染、損傷、および環境の影響を防ぐための予防措置が必要です。高精度の分銅は、品質に影響を与える可能性のある表面汚染を防ぐため、ほこりやグリースから保護する必要があります。大型の分銅は、変形や傷を防ぐため、落下や衝突から保護する必要があります。腐食や熱膨張を防ぐため、保管環境の湿度と温度を管理する必要があります。取り扱いには適切な工具を使用し、直接接触や不適切な積み重ねを避けてください。これらの予防措置は、タングステン合金分銅の材料特性と計量要件に基づいています。

保管環境は、湿気や温度変動による分銅の安定性への影響を防ぐため、一定の温度と湿度を維持する必要があります。推奨温度は $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度は 40%~60%です。高精度分銅は、衝撃吸収材を敷き詰めた専用の無塵・静電気防止校正ボックスに保管してください。大型分銅

は、耐圧性・耐湿性を備えた倉庫に保管し、破損を防ぐため安定したブラケットに固定してください。分銅は品質等級別に分類し、管理と取り出しを容易にするために明確なラベルを貼ってください。分銅の性能を最大限に引き出すため、保管場所は化学薬品や電磁干渉から遠ざけてください。

高精度の分銅を取り扱う際は、手の汚染を防ぐため、専用のピンセットまたは真空グripperを使用してください。小質量および中質量の分銅を取り扱う場合は、滑り止め手袋または専用のグripperを使用して安定性を確保してください。大型分銅は、落下防止のため、固定リングまたはハンドルを備えたフォークリフトまたはクレーンで取り扱ってください。取り扱い中は、表面コーティングを保護するため、分銅同士の衝突や硬い物体との接触を避けてください。トレーサビリティを確保するため、取り扱い作業は、時間と作業員を含めて記録する必要があります。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

保管および取り扱いプロセスには、準備、実施、検査、および記録保管が含まれます。準備段階では、保管容器と取り扱い工具が清潔で損傷がないことを確認するために検査を行います。実施段階では、分銅は仕様に従って保管または取り扱われ、環境条件が管理されます。検査段階では、分銅の状態を目視または機器で評価し、損傷や汚染がないことを確認します。記録保管段階では、環境パラメータや異常を含む詳細な作業内容を文書化します。このプロセスは、資格のある担当者が標準化された管理方法に従って実施する必要があります。

6.1.3 タングステン合金の重量精度低下の一般的な原因と予防策

タングステン合金製分銅の劣化は、その計量信頼性に影響を与える重要な問題です。原因を理解し、予防策を講じることで、分銅の寿命を効果的に延ばすことができます。

精度低下の一般的な原因としては、表面摩耗、腐食、磁気変化、質量偏差などが挙げられます。不適切な取り扱いや頻繁な使用によって引き起こされる表面摩耗は、質量分布を変化させる可能性があります。湿気や化学物質によって引き起こされる腐食は、表面を劣化させる可能性があります。外部磁場や材料の不純物によって引き起こされる磁気変化は、電子機器に干渉する可能性があります。長期的な摩耗や材料の剥離によって引き起こされる質量偏差は、測定精度に影響を与える可能性があります。これらの原因は、使用環境或使用習慣と密接に関連しています。

精度の低下は、使用頻度、環境条件、メンテナンスレベルによって影響を受けます。特に動的な計量では、頻繁な使用は摩耗を加速させます。熱、湿度、化学物質への曝露といった過酷な環境は腐食を悪化させます。定期的なメンテナンスが不足すると、小さな損傷が気づかれずに蓄積され、精度に影響を与えます。分銅のグレードも劣化に影響を及ぼし、高精度の分銅は小さな偏差に対してより敏感になります。

精度の低下を防ぐには、運用、環境、メンテナンスという 3 つの重要な側面に対処する必要があります。運用面では、分銅を直接接触させないよう専用の治具を使用し、校正時には機械的ストレスを軽減するため、荷重をゆっくりとかけます。環境面では、腐食や熱膨張を防ぐため温度と湿度を管理し、磁気変化を防ぐため磁場を避けます。メンテナンス面では、分銅を中性洗剤で定期的に洗浄し、定期的に校正を実施して品質の逸脱を監視します。クリーンルームではより厳格な汚染防止対策を義務付けるなど、具体的な使用シナリオに合わせて予防策を調整する必要があります。

精度低下を監視するには、定期的な校正と機器の試験が必要です。精密天秤を用いて質量偏差を測定し、公称値と比較してください。表面粗さ計または顕微鏡を用いて表面の摩耗や腐食を確認してください。磁力計を用いて磁化率の変化を検出してください。監視には、データの記録、トレンドチャートの作成、劣化パターンの分析が必要です。異常が発生した場合は、速やかに原因を分析し、修理または交換措置を講じる必要があります。

精度の低下を防ぐことで、分銅の長期的な信頼性を確保できます。実験室では正確な実験データを提供し、産業界では製造ミスを削減し、取引においては公平性を維持します。将来的

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

には、インテリジェントな監視システムが劣化の傾向をリアルタイムで分析し、予防戦略を最適化することが期待されます。

6.2 鑄鉄製ウェイトの性能比較

タングステン合金製の分銅と鑄鉄製の分銅は、計量において一般的に使用される 2 つの分銅材料です。これらは、材料特性、製造プロセス、および用途が大きく異なります。タングステン合金製の分銅は、高密度、低磁化率、耐腐食性に優れていることで知られており、高精度かつ複雑な環境に適しています。一方、鑄鉄製の分銅は、低コストで製造が容易なことで知られており、高質量かつ低精度の用途に適しています。

6.2.1 タングステン合金製分銅と鑄鉄製分銅の密度比較

密度は、分銅の容積と用途に影響を与える重要な要素であり、限られた空間内での質量の確保能力を直接左右します。タングステン合金製の分銅は高密度であるため、小さな容積で大きな質量を確保でき、高精度が求められる用途やスペースが限られた用途に適しています。一方、鑄鉄製の分銅は密度が低いため、同じ質量を確保するにはより大きな容積が必要になります。

タングステン合金製の分銅の密度は通常 $17\sim 19\text{ g/cm}^3$ で、鑄鉄製の分銅の $7.2\sim 7.8\text{ g/cm}^3$ よりも大幅に高くなっています。この密度の利点により、タングステン合金製の分銅は、同じ質量の鑄鉄製の分銅の $1/2\sim 1/3$ の体積しか占めないため、微量天秤や精密機器の校正に適しています。鑄鉄製の分銅は密度が低いため、フロアスケールなどの大型計量機器に適していますが、より多くのスペースを必要とします。

タングステン合金製の分銅は、高精度と小型化の要求を満たすため、研究室、半導体製造、医療機器などの分野で優位性を発揮します。鑄鉄製の分銅は、バルク品の計量など、産業・貿易用途には適していますが、スペースが限られている用途や高精度が求められる用途には適していません。

タングステン合金の分銅は、密度の点で鑄鉄の分銅よりはるかに優れており、高精度でコンパクトな用途に適していますが、より高価です。一方、鑄鉄の分銅は密度が低くコストが低いいため、質量が大きく精度が低いシナリオに適しています。

6.2.2 鑄鉄製分銅の体積比較

体積は分銅の取り扱い、保管、そして使いやすさに直接影響し、密度と密接に関連しています。タングステン合金製の分銅は高密度であるためコンパクトで、スペースが限られた用途に適しています。鑄鉄製の分銅はより大きく、大質量の校正に適していますが、より多くのスペースを必要とします。

同じ質量の場合、タングステン合金製の分銅の体積は鑄鉄製の分銅の約 $1/2\sim 1/3$ です。例え

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ば、1kg のタングステン合金製の分銅の体積は約 53~59cm³ですが、1kg の鋳鉄製の分銅の体積は約 128~139cm³です。タングステン合金製の分銅はコンパクトなため、マイクロ天秤や小型機器での使用に適しています。一方、鋳鉄製の分銅はサイズが大きいため、床置き型やベンチスケールに適しています。

タングステン合金の重りは、クリーンルーム、実験室、医療機器で特に顕著であり、パレットのスペース占有を削減します。鋳鉄製の重りはサイズが大きいため産業用途に適していますが、取り扱いや保管が難しくなる可能性があります。

タングステン合金製の分銅は体積の点で鋳鉄製の分銅より優れており、スペースが限られたシナリオに適していますが、製造コストが高くなります。一方、鋳鉄製の分銅は体積が大きく、大質量の校正に適しており、コストが低くなります。

6.2.3 鋳鉄製分銅の耐荷重性の比較

耐荷重能力とは、機械的な応力や積み重ねを受けた際の分銅の構造的安定性を指し、動的用途や高質量用途への適合性に影響します。タングステン合金製の分銅は強度が高いため、より高い応力に耐えることができますが、鋳鉄製の分銅は強度が低く、損傷を受けやすいという欠点があります。

タングステン合金製の分銅は鋳鉄に比べて優れた圧縮強度と靱性を備えているため、コンベアスケールの校正など、高荷重または動的計量用途に適しています。鋳鉄製の分銅は強度が低く、特に大きな重量物を積み重ねたり、急激に荷重をかけたりすると、割れたり変形したりする可能性があります。タングステン合金製の分銅は耐荷重性が高いため、高強度作業に適しています。

タングステン合金製の分銅は、産業用動的計量や科学研究実験において優れた性能を発揮し、頻繁な取り扱いや荷重にも耐えます。鋳鉄製の分銅は静的計量に適していますが、質量が大きい場合や高強度の場合には損傷しやすい傾向があります。

タングステン合金製の重りは鋳鉄製の重りよりも耐荷重性に優れており、高強度のシナリオに適していますが、より高価です。一方、鋳鉄製の重りは耐荷重が弱く、低コストの静的用途に適しています。

6.2.4 鋳鉄製分銅の耐摩耗性の比較

耐摩耗性は、分銅の長期使用における表面の完全性と品質安定性に影響を与えます。タングステン合金製の分銅は、高い硬度と表面処理により優れた耐摩耗性を備えていますが、鋳鉄製の分銅は硬度が低く、摩耗しやすい傾向があります。

タングステン合金製のウェイトは、鋳鉄（モース硬度約 4~5）よりもはるかに高い硬度（約 7.5~8）を誇ります。摩耗を軽減するため、表面は通常、研磨またはニッケルメッキされてい

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ます。鑄鉄製のウェイトは塗装または研磨のみで仕上げられることが多く、摩擦や衝撃による傷がつきやすく、品質に影響を及ぼします。タングステン合金製のウェイトは頻繁に使用しても表面が安定していますが、鑄鉄製のウェイトはより頻繁なメンテナンスが必要です。

タングステン合金製の分銅は、自動生産ラインの校正など、高頻度の動作シナリオに適しています。鑄鉄製の分銅は低頻度の静的計量に適していますが、表面の摩耗を定期的にチェックする必要があります。

タングステン合金の重りは鑄鉄の重りよりも耐摩耗性に優れており、高頻度での使用に適していますが、コストが高くなります。一方、鑄鉄の重りは耐摩耗性が低いため、低コストのシナリオに適しています。

6.2.5 鑄鉄分銅の耐食性の比較

耐食性は、湿気や化学薬品を含む環境における分銅の安定性を決定します。タングステン合金製の分銅は化学的に不活性であり、表面処理が施されているため、高い耐食性を備えています。一方、鑄鉄製の分銅は湿気や化学薬品の影響を受けやすいです。

タングステン合金製の分銅はニッケルや銅などの元素を含み、耐腐食コーティング（ニッケルメッキなど）が施されているため、湿気、塩水噴霧、化学物質に効果的に耐性があります。鑄鉄製の分銅は錆びやすいため保護コーティングが必要ですが、これらのコーティングは簡単に剥がれ落ち、長期間の曝露は腐食につながる可能性があります。タングステン合金製の分銅は湿気や化学物質の多い環境でも安定していますが、鑄鉄製の分銅は追加の保護が必要です。

タングステン合金製の重りは海洋工学や化学実験室などの腐食性環境に適しています。鑄鉄製の重りは乾燥した環境に適していますが、湿気の多い場所では頻繁なメンテナンスが必要です。

タングステン合金製の重りは鑄鉄製の重りよりも耐食性に優れており、複雑な環境に適していますが、コストが高くなります。一方、鑄鉄製の重りは耐食性が低く、単純な環境に適しています。

6.2.6 鑄鉄製分銅の耐用年数の比較

耐用年数は、材質の耐久性、環境適応性、メンテナンス頻度によって影響を受けます。タングステン合金製の分銅は、高い硬度、耐腐食性、安定性により長寿命ですが、鑄鉄製の分銅は摩耗や腐食の影響を受けやすいです。

タングステン合金製の分銅は、適切なメンテナンスを行えば、表面の損傷や品質のばらつきを最小限に抑え、数十年にわたって使用できます。鑄鉄製の分銅は、湿度の高い環境や高頻度の環境では寿命が短く、通常 5～10 年です。そのため、耐用年数を延ばすには頻繁なメン

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

テナンスが必要です。タングステン合金製の分銅は、鋳鉄製の分銅よりも優れた長期安定性を備えています。

タングステン合金製の分銅は、研究室や医療機器などの長期的、高精度の用途に適しています。一方、鋳鉄製分銅は、工業用計量などの短期的または低精度のシナリオに適しています。

タングステン合金製の分銅は耐用年数が長く、高精度の長期使用に適していますが、高価です。一方、鋳鉄製の分銅は耐用年数が短く、低コストの用途に適しています。

6.2.7 鋳鉄分銅の測定精度と安定性の比較

測定精度の安定性とは、分銅が長期間使用しても質量値を維持する能力を指します。タングステン合金製の分銅は、熱膨張率が低く耐腐食性があるため、安定した精度が得られますが、鋳鉄製の分銅は環境の影響を受けやすい傾向があります。

タングステン合金製分銅は、低い熱膨張係数（約 $4.5\sim 5.5\text{ }\mu\text{m/m}\cdot\text{K}$ ）と耐腐食性により安定した品質が保証され、E1 および E2 グレードの高精度用途に適しています。鋳鉄製分銅は熱膨張係数が高く（約 $10\sim 12\text{ }\mu\text{m/m}\cdot\text{K}$ ）、腐食や摩耗による品質変動の影響を受けやすいため、M1 および M2 グレードの低精度用途に適しています。また、タングステン合金製分銅は磁化率が低く、電子機器に干渉することがありませんが、鋳鉄製分銅は磁気の問題が発生する可能性があります。

タングステン合金の分銅は、半導体製造や科学研究実験などの高精度が求められるシナリオに適しています。一方、鋳鉄の分銅は、バルク取引などの低精度が求められるシナリオに適しています。

6.2.8 鋳鉄分銅の環境適応性の比較

環境適合性とは、高温、多湿、腐食、振動などの環境下での分銅の性能を指します。タングステン合金製の分銅は汎用性が高いため、複雑な環境にも適していますが、鋳鉄製の分銅は環境への適応性が劣ります。

タングステン合金製の分銅は、熱膨張率が低く、耐腐食性、耐振動性に優れているため、高温、多湿、化学薬品、動的環境に適しています。鋳鉄製の分銅は高温で膨張し、多湿環境では腐食しやすく、振動によって損傷を受けやすいため、乾燥した静的な環境にのみ適しています。タングステン合金製の分銅は、鋳鉄製の分銅よりも環境適応性が大幅に優れています。

タングステン合金製の重りは、海洋工学、化学実験室、航空宇宙などの複雑な環境に適しており、鋳鉄製の重りは、倉庫や工場などの単純な環境に適しています。

タングステン合金製の重りは鋳鉄製の重りよりも環境適応性に優れており、複雑なシナリオに適していますが、高価です。鋳鉄製の重りは適応性が限られており、単純な環境に適して

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

います。

これらの性能比較から、タングステン合金製分銅は、密度、体積、耐荷重性、耐摩耗性、耐腐食性、耐用年数、精度安定性、環境適応性において鋳鉄製分銅よりも優れていることがわかります。高精度かつ複雑な環境に適していますが、コストは高くなります。鋳鉄製分銅はコストが低く、質量が大きく精度が低い用途に適しています。

6.3 ステンレス鋼製分銅の性能比較

タングステン合金製分銅とステンレス鋼製分銅は、計量において一般的に使用される高性能分銅材料です。しかし、材料特性、製造コスト、そして用途は大きく異なります。タングステン合金製分銅は、高密度と優れた物理的特性で知られており、高精度な用途や特殊な環境に適しています。ステンレス鋼製分銅は、耐食性と手頃な価格を特徴としており、様々な用途で広く使用されています。

6.3.1 ステンレス鋼製分銅の材料費と費用対効果の比較

材料費と価格性能比は、分銅を選択する上で重要な要素です。原材料費、製造プロセスの複雑さ、そして性能対効果を考慮します。タングステン合金製の分銅は希少金属を含むため高価ですが、優れた性能を備えています。ステンレス鋼製の分銅はコストが低く、バランスの取れた性能を備えており、一般的な用途に適しています。

タングステン合金製分銅は、主にタングステンやニッケルなどの希少金属で構成されています。原材料が比較的高価であり、製造には精密粉末冶金やCNC加工が必要となるため、ステンレス鋼製分銅よりも大幅に高価になります。一方、ステンレス鋼製分銅は、原材料費と製造費が低い一般的なステンレス鋼（304や316Lなど）から作られています。タングステン合金製分銅は高密度で耐久性に優れているため、高精度や特殊な用途ではステンレス鋼製分銅よりも費用対効果が高くなります。一方、低精度や一般的な用途では、ステンレス鋼製分銅の方が低コストであるため、費用対効果が高くなります。

タングステン合金製の分銅は、半導体製造や医療機器の校正など、高精度かつ特殊な環境に適しています。その高コストは、長期的な安定性とコンパクトな設計によって相殺されます。ステンレス鋼製の分銅は、研究室、産業、商業などにおける一般的な用途に適しており、低コストで予算が限られている用途にも適しています。

タングステン合金製の重りは高価ですが、高精度で複雑な環境ではコスト効率が優れています。一方、ステンレス鋼製の重りは低コストで、一般的なシナリオに適しており、バランスの取れたコスト効率を備えています。

6.3.2 ステンレス鋼分銅の反磁性の比較

ステンレス鋼製の分銅の反磁性は合金組成に依存します。

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

タングステン合金製の分銅は、ニッケルや銅などの非磁性元素を添加し、製造工程を最適化することで極めて低い磁化率（通常 0.001 SI 単位未満）を実現し、高感度電子天秤への干渉を防ぎます。ステンレス鋼製の分銅（304 ステンレス鋼など）にはフェライトが含まれており、わずかに磁性を帯びる場合があります。316L ステンレス鋼は低炭素処理により耐磁性が向上していますが、それでもタングステン合金製の分銅に比べると若干劣ります。タングステン合金製の分銅は、高精度の電磁環境において優れた性能を発揮します。

タングステン合金製の分銅は、クリーンルームや天体物理学の実験など、磁気干渉が起こらない高精度のシナリオに適しています。ステンレス鋼製の分銅は中精度のシナリオに適していますが、非常に敏感な機器では追加の消磁が必要になる場合があります。

タングステン合金製の分銅はステンレス鋼製の分銅よりも耐磁性に優れており、高精度の電磁環境に適しています。ステンレス鋼製の分銅は耐磁性が若干劣るため、最適な設計が必要です。

6.3.3 ステンレス鋼製分銅の耐衝撃性の比較

耐衝撃性は、取り扱い時や動的使用時の分銅の構造的安定性を反映し、耐久性と測定精度に影響を与えます。タングステン合金製の分銅は、高い硬度と靱性により優れた耐衝撃性を示しますが、ステンレス鋼製の分銅の性能は合金の種類によって異なります。

タングステン合金製のウェイトは、ステンレス鋼よりも硬く（モース硬度約 7.5～8）、靱性に優れています。ニッケルなどの元素を添加することで耐衝撃性が向上し、頻繁な取り扱いや動的な負荷にも耐えることができます。ステンレス鋼製のウェイト（304 や 316L など）は、硬度が低く（約 5～6）、靱性は優れていますが、耐衝撃性は低く、小さな変形や傷がつきやすい傾向があります。タングステン合金製のウェイトは、激しい取り扱いにも耐え、より耐久性に優れています。

タングステン合金製の分銅は、自動生産ラインや航空宇宙試験などの動的計量や高強度のシナリオに適しています。一方、ステンレス鋼製の分銅は、実験室の天秤の校正などの静的または中強度のシナリオに適しています。

タングステン合金の重りはステンレス鋼の重りよりも耐衝撃性に優れているため、高強度のシナリオに適しています。ステンレス鋼の重りは耐衝撃性がやや劣るため、静的な用途に適しています。

6.3.4 ステンレス鋼分銅の応用シナリオと産業適応性の比較

分銅の適用シナリオと業界への適合性は、その物理的特性、コスト、環境適応性によって異なります。タングステン合金製の分銅は高精度および特殊な環境に適しており、ステンレス鋼製の分銅は汎用および中精度の用途に適しています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金製の分銅（密度 17～19 g/cm³）はコンパクトで、クリーンルーム、医療機器、天体物理学実験など、スペースが限られた環境に適しています。耐腐食性と低磁化率に優れているため、化学、海洋、電磁環境に適しています。ステンレス鋼製の分銅（密度約 7.9～8.0 g/cm³）は大型で耐腐食性に優れているため（特に 316L）、実験室、製薬、食品加工などの中精度が求められる用途に適していますが、過酷な環境では性能が低下する可能性があります。

タングステン合金製の分銅は、半導体製造、医療機器、航空宇宙といった要求の厳しい産業において優れた性能を発揮し、高精度かつ複雑な環境の要求を満たします。ステンレス鋼製の分銅は、研究室、工業生産、貿易決済などで広く使用されており、予算が限られた一般的な用途に適していますが、高精度または過酷な環境では追加の取り扱いが必要になる場合があります。

高精度や特殊な環境では、タングステン合金製の分銅の方がステンレス製の分銅よりも優れていますが、価格が高くなります。ステンレス製の分銅は、より汎用性が高く、一般的な用途に適しており、コストも低くなります。これらの性能比較を通じて、タングステン合金製分銅はステンレス鋼製分銅よりも材料コスト、耐磁性、耐衝撃性、特殊なシナリオへの適応性に優れており、高精度で複雑な環境に適しています。一方、ステンレス鋼製分銅はコストと一般的なシナリオに利点があり、中精度の用途に適しています。

6.4 タングステン合金分銅と鉛合金分銅の性能比較

タングステン合金と鉛合金の分銅は、計量において一般的に使用される 2 つの分銅材料です。これらの材料特性、環境性能、および用途シナリオは大きく異なります。タングステン合金の分銅は、高密度、低毒性、優れた安定性で知られており、高精度と環境保護が求められる用途に適しています。一方、鉛合金の分銅は、低コストと高密度のため、一部の従来の用途で広く使用されていますが、環境への配慮は劣ります。本セクションでは、環境性能、密度均一性と計量安定性、廃棄コストと環境への影響に焦点を当て、両者の性能の違いを詳細に比較します。

6.4.1 タングステン合金分銅と鉛合金分銅の環境性能の比較

環境への配慮は、分銅材料を評価する上で重要な基準であり、材料の毒性、製造プロセス、使用時の環境への影響などを考慮します。タングステン合金分銅は毒性が低く、環境に優しいことで知られていますが、鉛合金分銅は鉛の毒性により、環境や人体への潜在的なリスクをもたらします。

タングステン合金製分銅は、主にタングステン、ニッケル、銅で構成されています。毒性が極めて低く、製造時および使用時の環境や人体への影響は最小限に抑えられ、厳しい環境規制にも適合しています。鉛合金製分銅には、有毒重金属である鉛が含まれています。長期間の曝露は人体への悪影響を及ぼし、特に製造、加工、廃棄段階では鉛の蒸気や粒子が容易に放出され、土壌や水を汚染する可能性があります。タングステン合金製分銅は、鉛合金製分銅よりも環境に非常に優しい製品です。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金製の分銅は、医療、研究室、食品加工など、環境に配慮した用途に適しており、健康および環境リスクを軽減します。鉛合金製の分銅は、毒性への懸念から使用が制限されており、一時的なカウンターウェイトなど、低コストで環境に配慮した産業用途にのみ使用されています。

タングステン合金の分銅は、環境保護の点では鉛合金の分銅よりはるかに優れており、環境基準が高いシナリオに適していますが、より高価です。鉛合金の分銅は環境に優しくなく、コストが低く、環境要件が低いシナリオに適していますが、その使用は制限されています。

6.4.2 タングステン合金と鉛合金の分銅の密度均一性と測定安定性の比較

密度の均一性と計量安定性は、分銅の精度と長期的な信頼性に直接影響します。タングステン合金製の分銅は、精密な製造工程により高い密度均一性と安定性を実現しています。一方、鉛合金製の分銅は、その材料特性上、密度の均一性と安定性に劣ります。

タングステン合金製分銅の密度は $17\sim 19\text{ g/cm}^3$ です。粉末冶金法により、高い密度均一性、安定した質量分布、そして低い熱膨張係数（約 $4.5\sim 5.5\text{ }\mu\text{m/m}\cdot\text{K}$ ）を実現しています。これらの分銅は温度変動下でも安定した体積と質量を維持するため、高精度測定に適しています。鉛合金製分銅の密度は $11\sim 11.3\text{ g/cm}^3$ です。鑄造工程では内部に空隙が生じたり、密度にムラが生じたりすることがあります。また、高い熱膨張係数（約 $29\text{ }\mu\text{m/m}\cdot\text{K}$ ）のため、温度変動の影響を受けやすく、質量偏差が生じやすくなります。タングステン合金製分銅は、密度均一性と計量安定性の点で鉛合金製分銅よりも優れています。

タングステン合金製の分銅は、実験室の分析天秤や半導体製造などの高精度用途に適しており、長期的な計量信頼性を保証します。鉛合金製の分銅は、粗調整や一時的な校正などの低精度用途に適していますが、高精度または動的な環境には適していません。

タングステン合金製分銅は、密度均一性と計量安定性において鉛合金製分銅よりも優れており、高精度の用途に適しています。鉛合金製分銅は安定性が低く、低精度の用途に適しています。

6.4.3 タングステン合金と鉛合金の重量の廃棄コストと環境影響の比較

廃棄コストと環境への影響は、分銅材料のライフサイクルを評価する上で重要な指標です。タングステン合金分銅はリサイクルコストは高くなりますが、環境への影響は低くなります。一方、鉛合金分銅は廃棄コストは低くなりますが、環境リスクは高くなります。

タングステン合金製の分銅は、専門的なリサイクル施設が必要です。タングステンは希少で融点が高いため、リサイクルプロセスは複雑でコストがかかります。しかし、毒性が低いいため環境への影響は最小限に抑えられ、リサイクルされた材料は再利用できます。鉛合金製の分銅は廃棄コストが低いものの、鉛の漏出による土壌や水質汚染を防ぐため、専用の密閉容器や化学処理など、厳格な汚染防止対策が必要であり、重大な環境リスクをもたらします。

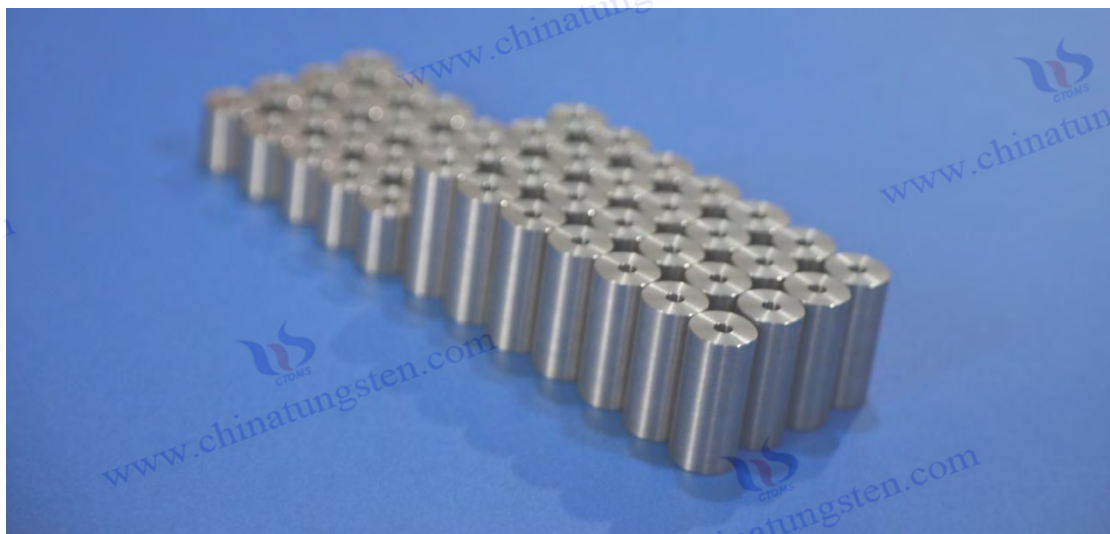
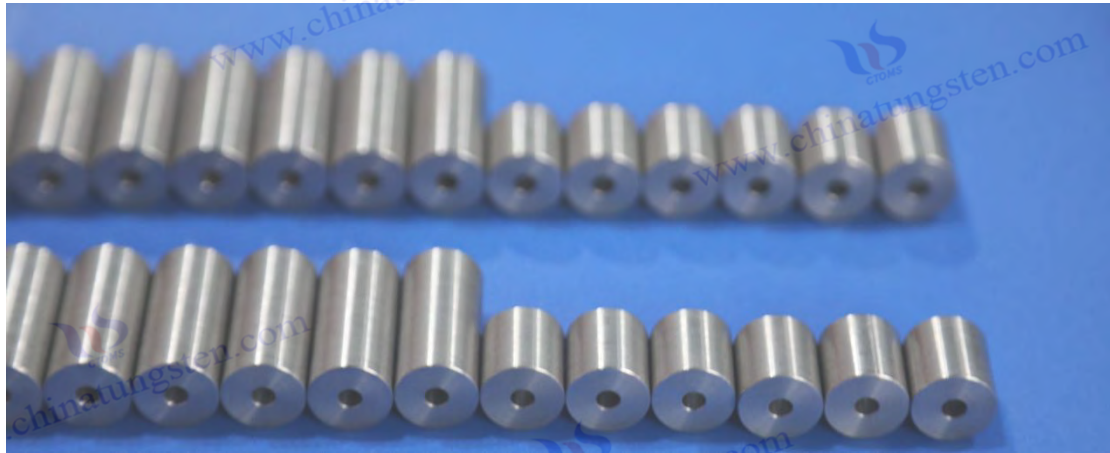
COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

タングステン合金製の分銅は鉛合金製の分銅よりも環境に優しくなく、廃棄コストも高くなります。

タングステン合金製の分銅は、医療や科学研究など、環境に配慮した産業に適しており、廃棄も環境規制に準拠しています。鉛合金製の分銅は厳しい環境規制の対象となり、コンプライアンスコストが増加し、環境に配慮した用途での使用が制限されます。

タングステン合金製の分銅は、鉛合金製の分銅よりも廃棄物処理の環境影響が小さく、環境要求の高い用途に適していますが、廃棄コストが高くなります。鉛合金製の分銅は廃棄コストは低いものの、環境リスクが高く、用途が限られています。

これらの性能比較から、タングステン合金分銅は、環境保護、密度均一性、測定安定性、廃棄物処理の環境影響の点で鉛合金分銅よりも著しく優れており、高精度かつ高い環境保護要件が求められる用途に適しています。鉛合金分銅はコストが低いものの、毒性と安定性の問題により、適用範囲が狭いことが分かります。



CTIA GROUP LTD タングステン合金ウェイト

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

タングステン合金分銅の標準化要件を完全に理解するために、この付録では、中国のタングステン合金分銅に関する関連規格、国際規格、そして欧州、米国、日本、韓国の国家規格をまとめています。これらの規格は、材料特性、品質等級、製造工程、検証要件、使用仕様を網羅しており、タングステン合金分銅の設計、製造、および適用のための規制上の根拠となります。

付録 1 中国タングステン合金重量規格

中国のタングステン合金重量標準は、主に国家計量技術仕様と業界標準に基づいており、実験室、産業、貿易決済などの分野での計量校正に適しています。

標準システム

中国のタングステン合金分銅規格は、主に国家市場監督管理総局（SEME）によって制定されています。中核となる規格は「JJG 99-2006 分銅検定手順」であり、タングステン合金分銅を含むあらゆる種類の分銅に適用されます。さらに、「GB/T 11883-2008 タングステン合金材料技術要求」などの業界規格では、タングステン合金材料の性能要件が定義されています。これらの規格は国際計量標準規格に準拠しており、測定値の正確なトレーサビリティを確保しています。

メインコンテンツ

- **品質等級:** JJG 99-2006 に従って、タングステン合金分銅は E1、E2、F1、F2、M1、M2 等級に分けられ、許容範囲は 0.005 mg (E1) から 500 mg (M2) までで、さまざまな精度のシナリオに適しています。
- **材料要件:** タングステン合金分銅は、計量安定性を確保するために、高密度 (17-19 g/cm³)、低熱膨張係数 (約 4.5-5.5 μm/m·K)、および低磁化率 (0.001 SI 単位未満) を備えている必要があります。
- **製造プロセス:** 粉末冶金または精密機械加工技術が必要であり、汚染や摩耗を防ぐために表面は高光沢研磨またはニッケルメッキされ、粗さは Ra ≤ 0.2 μm にする必要があります。
- **検証要件:** 分銅は定期的に校正し、質量偏差、表面状態、磁性を確認する必要があります。校正環境は、20°C ± 2°C、湿度 40% ~ 60% に管理する必要があります。
- **刻印仕様:** トレーサビリティを確保するため、分銅表面に質量値、等級、シリアル番号を刻印する必要があります。

適用範囲:

中国のタングステン合金重量標準は、実験室の分析用天秤、工業用フロアスケール、貿易決済装置、科学研究実験などのシナリオに適しており、高精度（半導体製造など）および大質量（港湾計量など）の用途をカバーしています。

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

実施要件:

実施は、国家認定の計量標準機関または専門の試験所によって実施されなければなりません。校正機器は精度要件を満たし、記録は少なくとも 5 年間保管されなければなりません。分銅メーカーは、規格への適合性を保証するために、品質マネジメントシステム認証(ISO 9001 など)を取得する必要があります。

付録 2 国際タングステン合金重量規格

国際タングステン合金重量標準は、測定値の世界的な一貫性を実現するために国際法定計量機構 (OIML) によって開発されており、国際貿易や科学研究で広く使用されています。

国際タングステン合金分銅標準規格

は、主に OIML R111-1:2004 分銅規格に基づいており、E1 から M3 までの分銅に適用され、タングステン合金やステンレス鋼などの材料をカバーしています。国際度量衡局 (BIPM) の指針に基づき、この標準規格は国際キログラム原器 (IPK) またはその複製にリンクされており、トレーサビリティが確保されています。

メインコンテンツ

- **品質等級:** E1、E2、F1、F2、M1、M2、M3 の等級に分けられ、許容範囲は 0.003mg (E1) から 10g (M3) までです。タングステン合金製の分銅は、一般的に E1 から F2 の等級で使用されます。
- **材料要件:** タングステン合金製分銅は、高密度 (17~19 g/cm³)、低磁化率 (SI 単位 ≤0.001)、耐腐食性を備えていなければなりません。熱膨張係数は 6 μm/m·K 未満でなければなりません。
- **製造工程:** 表面粗さ Ra≤0.1μm の精密機械加工が必要であり、環境への影響を防ぐために防錆コーティングまたは研磨処理が施されています。
- **検証要件:** 分銅は、質量偏差、磁性、表面状態、密度均一性の試験に合格する必要があります。校正環境は、20°C±0.5°C、湿度 40%~50%に管理する必要があります。
- **マーキング仕様:** 品質値、グレード、シリアル番号、製造年を明記する必要があります。マーキング材は、長期的な判読性を確保するために耐腐食性を備えていなければなりません。

適用範囲:

この国際規格は、世界中の研究所、国際貿易、航空宇宙、医療機器の校正に適用可能です。特に、微量天秤や科学研究実験といった高精度が求められる用途に適しています。

実施要件:

校正は、国際キログラム標準にトレーサブルな OIML 認定機関によって実施されなければなりません。記録は少なくとも 10 年間保存し、国際比較を通じてデータの一貫性を検証する必要があります。製造業者は、ISO 17025 の試験所認定要件を満たす必要があります。

付録 3 ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国およびその他の国におけるタングステン合金の重

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

量規格

ヨーロッパ、アメリカ、日本、韓国などの国のタングステン合金の重量規格は国際規格に基づいており、地域のニーズと組み合わせられて地域標準システムを形成しています。

標準システム

- **ヨーロッパ:** OIML R111-1:2004 に準拠し、EU EN 45501:2015 非自動計量機器規格と組み合わせて、貿易および産業における重量の使用を重視しています。
- **米国:** 米国国立標準技術研究所 (NIST) の「NIST ハンドブック 105-1:2019 重量および質量測定機器の仕様」に基づいており、高精度および産業シナリオに適しています。
- **日本:** 「JIS B 7609:2009 分銅」規格を参照し、OIML に準拠し、高精度と科学研究用途に重点を置いています。
- **韓国:** KS B 5503:2013 計量規格に準拠し、OIML 要件も兼ね備えているため、産業および商業での使用に適しています。

メインコンテンツ

- **品質等級:**
 - 欧州: OIML E1 ~ M3 グレードを使用し、タングステン合金分銅は主に E1 ~ F2 で使用されます。
 - 米国: ASTM E617 グレード (クラス 0 ~ クラス 7) が使用され、タングステン合金の重量はクラス 0 ~ クラス 2 に相当します。
 - 日本: JIS 規格 (1 級~4 級) を採用しており、タングステン合金分銅は 1 級と 2 級が主流です。
 - 韓国: OIML に準拠した KS グレード (E1 ~ M3) を使用します。
- **材料要件:** タングステン合金鍾には、密度が 17 ~ 19 g/cm³、磁化率が 0.001 SI 単位未満、耐腐食性、および低い熱膨張係数 ($\leq 6 \mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$) が必要です。
- **製造工程:**
 - 欧米: ナノレベルの研磨と抗菌コーティングを重視し、粗さ $Ra \leq 0.1 \mu\text{m}$ 。
 - 日本: 精密加工と低磁化率処理に重点を置き、表面は化学的腐食に耐える必要があります。
 - 韓国: 湿気の影響を防ぐために、高光沢研磨またはニッケルメッキが必要です。
- **検証要件:** 校正環境は、温度 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 40%~60% に管理する必要があります。質量偏差、磁性、表面状態を試験します。
- **表示仕様:** 品質値、等級、シリアル番号の刻印が必要です。欧州と米国では追加の環境保護ラベルが必要であり、日本と韓国では製造年が必要です。

適用範囲

- **ヨーロッパ:** 貿易決済、医療機器、実験室の天秤の校正に広く使用されています。
- **米国:** 航空宇宙、半導体製造、工業用計量に適しています。
- **日本:** エレクトロニクス業界における高精度の科学研究と校正に重点を置いています。

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- 韓国: 貿易、医薬品、工業生産に使用されます。

実装要件

- ヨーロッパ: 欧州連合によって認定された計量研究所によって実行され、EN ISO/IEC 17025 に準拠する必要があります。
- 米国: NIST 認定の研究所で校正され、記録は 10 年間保存する必要があります。
- 日本: 国立研究開発法人日本計量標準総合センター (NMIJ) または認定機関によって検証されており、定期的に国際比較が行われています。
- 韓国: 韓国標準科学研究院 (KRISS) によって監督され、データは OIML に追跡可能である必要があります。

付録 4 タングステン合金分銅の材料用語

用語	意味
タングステン合金	タングステンを主成分とし、ニッケル、鉄、銅などの元素を添加した合金。密度は通常 17~19 g/cm ³ で、高精度分銅の製造に適しています。
高密度タングステン合金	純粋なタングステンに近い密度 (≥18 g/cm ³) を持つタングステンベースの合金は、優れた品質安定性とコンパクトなサイズを実現します。
ニッケル	タングステン合金によく添加される元素で、靱性と耐腐食性を高め、磁化率を低下させます。
銅	タングステン合金の補助元素。延性、耐腐食性を高め、加工性能を向上させます。
鉄	硬度とコストを調整するためにタングステン合金に添加される微量元素。低精度の分銅によく使用されます。
非磁性合金	極めて低い磁化率を持つタングステン合金（ニッケルや銅を含むものなど）は、高精度電子天秤の校正に適しています。
耐腐食コーティング	タングステン合金の重りの表面にニッケルまたはポリマーのコーティングを施すことで、湿気や化学腐食に対する耐性が向上します。

付録 5 タングステン合金分銅の技術用語

用語	意味
粉末冶金	タングステン合金ウェイトは、タングステン粉末を他の金属粉末と混合し、高温でプレスおよび焼結して均一な密度を確保することによって作られます。
精密機械加工	タングステン合金は、CNC 工作機械を使用して旋削、フライス加工、研磨され、高精度の寸法と表面仕上げを実現します。
高光沢研磨	機械研磨または化学研磨を使用して、重りの表面粗さを Ra≤0.1 μm まで低減し、汚染物質の付着を低減します。
ニッケルメッキ	ウェイト表面にニッケル電気メッキを施すことで耐腐食性と耐摩耗性が向上し、湿気の多い環境や化学薬品環境での使用に適しています。

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

レーザーマーキング	重量物の質量値、等級、シリアル番号が表面にレーザー刻印されており、明瞭で耐久性のあるマーキングが可能です。
脱磁処理	消磁装置は、重りの磁化率を低減して電子機器との互換性を確保し、高精度が求められるシナリオに適しています。
超音波洗浄	測定精度を維持するために、中性洗剤を使用した超音波洗浄機を使用して、重量物の表面から粒子やグリースを除去します。

付録6 タングステン合金分銅の性能条件

用語	意味
密度均一性	重り内部の密度分布は均一で、気孔や偏析がなく、品質の安定性と測定精度を保証します。
安定性の測定	熱膨張、摩耗、腐食の影響を受けながら、重量が時間の経過とともに質量を維持する能力。
低い磁化率	分銅の磁化率は 0.001 SI 単位未満であるため、電子計量機器への干渉を防ぎ、高精度の用途に適しています。
耐食性	重りは湿気、塩水噴霧、化学物質による腐食に耐える能力があり、長期にわたる性能を保証します。
低い熱膨張係数	温度変化時の重量の体積変化率（約 $4.5 \sim 5.5 \mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ ）により測定精度が保証されます。
耐摩耗性	重りの表面が摩擦や傷に耐える能力は、長期使用時の質量の安定性に影響します。
耐衝撃性	取り扱い中または動的荷重中に変形や損傷に耐え、構造の完全性を確保する重量の能力。

付録7 タングステン合金分銅の適用条件

用語	意味
高精度校正	タングステン合金の分銅を使用して、研究室や半導体製造用の微量天秤や分析天秤を校正します。
バルク計量	頑丈なタングステン合金の分銅を使用して、床またはプラットフォームのスケールを校正します。港湾や産業貿易に最適です。
環境シミュレーション	気候室や生態学的実験でタングステン合金の分銅を使用し、温度や湿度の変化に対する計量機器の安定性を確認します。
放射線治療の重み	タングステン合金の重りは、治療の精度を確保するために、直線加速器やガンマナイフで機器の調整やバランス調整に使用されます。
貴金属取引	高精度のタングステン合金分銅を使用して宝石用秤を校正し、金や銀などの貴金属の公正な取引を確保します。
材料力学実験	タングステン合金の重りをカウンターウェイトとして使用し、引張、圧縮、または曲げの荷重をシミュレートして材料特性を検証します。

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