

# Wolframlegierungsring-Enzyklopädie

中钨智造科技有限公司

CTIA GROUP LTD

CTIA GROUP LTD

Weltweit führend in der intelligenten Fertigung für die Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-  
Industrie

## 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](http://www.ctia.com.cn)

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

## EINFÜHRUNG IN DIE CTIA GROUP

CTIA GROUP LTD, eine hundertprozentige Tochtergesellschaft mit unabhängiger Rechtspersönlichkeit, die von CHINATUNGSTEN ONLINE gegründet wurde, widmet sich der Förderung der intelligenten, integrierten und flexiblen Entwicklung und Herstellung von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets. CHINATUNGSTEN ONLINE, 1997 mit [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com) als Ausgangspunkt – Chinas erster erstklassiger Website für Wolframprodukte – gegründet, ist das bahnbrechende E-Commerce-Unternehmen des Landes mit Schwerpunkt auf den Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-Industrien. CTIA GROUP nutzt fast drei Jahrzehnte umfassende Erfahrung in den Bereichen Wolfram und Molybdän, übernimmt die außergewöhnlichen Entwicklungs- und Fertigungskapazitäten, die erstklassigen Dienstleistungen und den weltweiten Ruf ihres Mutterunternehmens und wird so zu einem umfassenden Anbieter von Anwendungslösungen in den Bereichen Wolframchemikalien, Wolframmetalle, Hartmetalle, hochdichte Legierungen, Molybdän und Molybdänlegierungen.

In den vergangenen 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE über 200 mehrsprachige professionelle Websites zu Wolfram und Molybdän in mehr als 20 Sprachen eingerichtet, die über eine Million Seiten mit Nachrichten, Preisen und Marktanalysen zu Wolfram, Molybdän und Seltenen Erden enthalten. Seit 2013 wurden auf dem offiziellen WeChat-Konto „CHINATUNGSTEN ONLINE“ über 40.000 Informationen veröffentlicht, die fast 100.000 Follower erreichen und täglich Hunderttausenden von Branchenexperten weltweit kostenlose Informationen bieten. Mit Milliarden von Besuchen auf seinem Website-Cluster und seinem offiziellen Konto hat sich das Unternehmen zu einem anerkannten globalen und maßgeblichen Informationszentrum für die Wolfram-, Molybdän- und Seltene Erden-Branche entwickelt, das rund um die Uhr mehrsprachige Nachrichten, Produktleistung, Marktpreise und Markttrenddienste bietet.

Aufbauend auf der Technologie und Erfahrung von CHINATUNGSTEN ONLINE konzentriert sich die CTIA GROUP darauf, die individuellen Bedürfnisse der Kunden zu erfüllen. Unter Einsatz von KI-Technologie entwickelt und produziert sie gemeinsam mit den Kunden Wolfram- und Molybdänprodukte mit spezifischen chemischen Zusammensetzungen und physikalischen Eigenschaften (wie Partikelgröße, Dichte, Härte, Festigkeit, Abmessungen und Toleranzen). Das Unternehmen bietet integrierte Dienstleistungen für den gesamten Prozess, vom Formenöffnen und der Probeproduktion bis hin zur Endbearbeitung, Verpackung und Logistik. In den letzten 30 Jahren hat CHINATUNGSTEN ONLINE F&E-, Design- und Produktionsdienstleistungen für über 500.000 Arten von Wolfram- und Molybdänprodukten für mehr als 130.000 Kunden weltweit bereitgestellt und so den Grundstein für eine kundenspezifische, flexible und intelligente Fertigung gelegt. Auf dieser Grundlage baut die CTIA GROUP die intelligente Fertigung und integrierte Innovation von Wolfram- und Molybdänmaterialien im Zeitalter des industriellen Internets weiter aus.

Dr. Hanns und sein Team bei der CTIA GROUP haben auf der Grundlage ihrer über 30-jährigen Branchenerfahrung auch Fachwissen, Technologien, Wolframpreise und Markttrendanalysen im Zusammenhang mit Wolfram, Molybdän und seltenen Erden verfasst und veröffentlicht und geben diese kostenlos an die Wolframbranche weiter. Dr. Han, mit über 30 Jahren Erfahrung seit den 1990er Jahren im E-Commerce und internationalen Handel mit Wolfram- und Molybdänprodukten sowie in der Entwicklung und Herstellung von Hartmetallen und hochdichten Legierungen, ist im In- und Ausland ein renommierter Experte für Wolfram- und Molybdänprodukte. Getreu dem Grundsatz, der Branche professionelle und qualitativ hochwertige Informationen zu liefern, verfasst das Team der CTIA GROUP kontinuierlich technische Forschungsarbeiten, Artikel und Branchenberichte auf Grundlage der Produktionspraxis und der Kundenbedürfnisse und erntet dafür breite Anerkennung in der Branche. Diese Erfolge stellen eine solide Unterstützung für die technologische Innovation, die Produktförderung und den Branchenaustausch der CTIA GROUP dar und verhelfen ihr zu einer führenden Position in der globalen Herstellung von Wolfram- und Molybdänprodukten und bei Informationsdienstleistungen.



### 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](http://www.ctia.com.cn)

电话/TEL: 0086 592 512 9696  
CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024V  
[sales@chinatungsten.com](mailto: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/cm<sup>3</sup>), 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

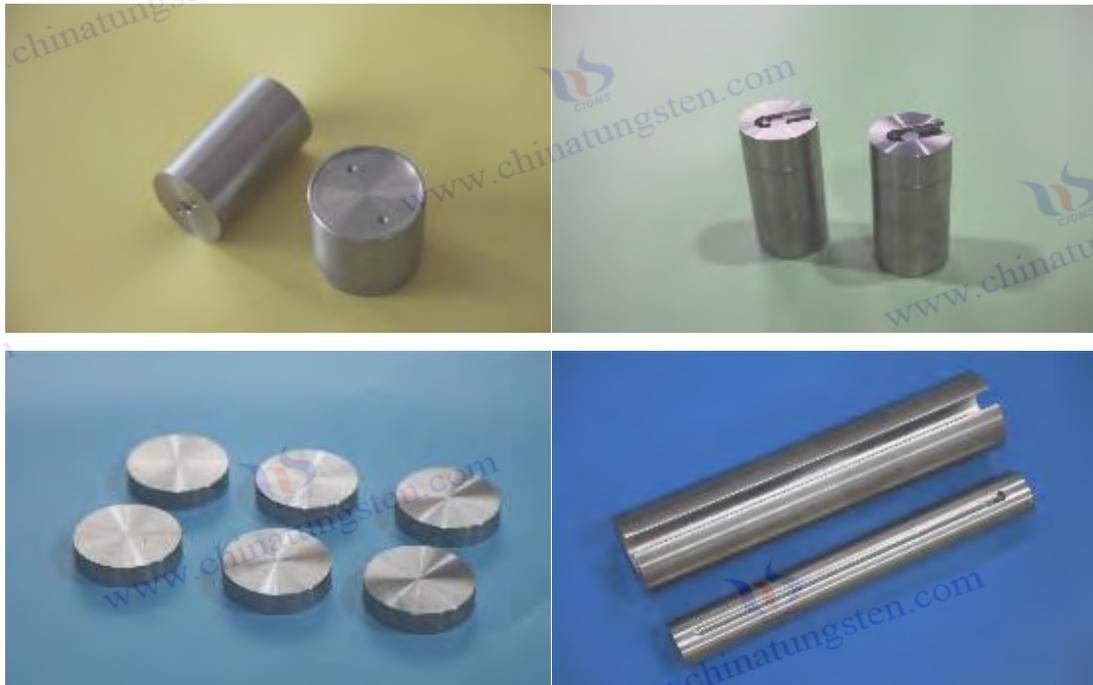
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://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](http://www.ctia.com.cn)

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

## Inhaltsverzeichnis

### **Kapitel 1: Übersicht über Ringe aus Wolframlegierungen**

- 1.1 Definition und Entwicklungsgeschichte von Wolframlegierungsringen
- 1.2 Klassifizierung und Hauptmerkmale von Wolframlegierungsringen
- 1.3 Übersicht über die Anwendungsgebiete von Wolframlegierungsringen

### **Kapitel 2: Materialbasis und Eigenschaften von Wolframlegierungsringen**

- 2.1 Chemische Zusammensetzung und Mikrostruktur von Wolframlegierungsringen
- 2.2 Physikalische Eigenschaften von Wolframlegierungsringen
- 2.3 Mechanische Eigenschaften von Wolframlegierungsringen
- 2.4 Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit von Wolframlegierungsringen

### **Kapitel 3: Herstellungstechnologie von Wolframlegierungsringen**

- 3.1 Vorbereitung der Wolframlegierungsringrohstoffe und Grundlagen der Pulvermetallurgie
- 3.2 Umformungstechnologie von Wolframlegierungsringen (Formen, isostatisches Pressen usw.)
- 3.3 Sintertechnologie von Wolframlegierungsringen
- 3.4 Präzisionsbearbeitung von Ringen aus Wolframlegierungen
- 3.5 Oberflächenbehandlung und Leistungsverbesserungstechnologie von Wolframlegierungsringen

### **Kapitel 4: Qualitätsprüfung und Charakterisierungsmethoden für Ringe aus Wolframlegierungen**

- 4.1 Prüfung der Maß- und geometrischen Genauigkeit von Ringen aus Wolframlegierungen
- 4.2 Methoden zur Analyse der Zusammensetzung von Ringen aus Wolframlegierungen
- 4.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen
- 4.4 Mikrostruktur und Defekterkennung von Wolframlegierungsringen

### **Kapitel 5: Anwendungstechnik und Fälle von Wolframlegierungsringen**

- 5.1 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Luft- und Raumfahrt
- 5.2 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Energie- und Nuklearindustrie
- 5.3 Anwendung von Wolframlegierungsringen im Maschinenbau und in der Militärausrüstung
- 5.4 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Elektronik und in medizinischen Geräten

### **Kapitel 6: Internationale Normen und Industriespezifikationen für Ringe aus Wolframlegierungen**

- 6.1 Wichtige internationale Normen für Ringe aus Wolframlegierungen
- 6.2 Nationale Normen und Prüfvorschriften für Ringe aus Wolframlegierungen
- 6.3 Qualitätsstandards für Wolframlegierungsringe der CTIA GROUP

### **Kapitel 7: Markt- und Wirtschaftsanalyse von Ringen aus Wolframlegierungen**

- 7.1 Globale Marktstruktur von Wolframlegierungsringen
- 7.2 Analyse der wichtigsten Produktionsländer und Lieferkette von Wolframlegierungsringen
- 7.3 Preisentwicklung und Kostenstruktur von Wolframlegierungsringen

### **Kapitel 8: Zukünftige Entwicklungstrends von Wolframlegierungsringen**

- 8.1 Neue Werkstoffe und Legierungssysteme für Wolframlegierungsringe
- 8.2 Fortschrittliche Fertigungstechnologien für Ringe aus Wolframlegierungen (Additive Fertigung usw.)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

8.3 Recycling- und Wiederverwendungstechnologien für Ringe aus Wolframlegierungen

8.4 Mögliche Anwendungen von Wolframlegierungsringen in Spitzentechnologien

**Anhang**

Anhang 1: Allgemeine physikalische und chemische Daten von Ringen aus Wolframlegierungen

Anhang 2: Vergleichstabelle internationaler Standards für Ringe aus Wolframlegierungen

Anhang 3: Glossar der Begriffe und englischen Abkürzungen für Ringe aus Wolframlegierungen



## Kapitel 1 Übersicht über Ringe aus Wolframlegierungen

### 1.1 Definition und Entwicklungsgeschichte des Wolframlegierungsringes

#### 1. Definition des Wolframlegierungsringes

Wolframlegierungsringe sind ringförmige Strukturkomponenten, die hauptsächlich aus Wolfram (W) bestehen. Dem Ring werden Anteile von Nickel (Ni), Eisen (Fe), Kupfer (Cu) und anderen metallischen Elementen zugesetzt, die durch Verfahren wie Pulvermetallurgie, Vakuumsintern und heißisostatisches Pressen hinzugefügt werden. Wolframlegierungsringe enthalten typischerweise **85 bis 98 Massenprozent Wolfram**, was zu einer extrem hohen Dichte (16,5 bis 19,3 g/cm<sup>3</sup>), ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit, Hochtemperaturbeständigkeit und guter Bearbeitbarkeit führt.

Im Vergleich zu reinem Wolfram weisen Ringe aus Wolframlegierungen durch die Legierung eine höhere Zähigkeit und Schlagfestigkeit auf. Im Vergleich zu herkömmlichen Stahlwerkstoffen ist ihre Dichte fast doppelt so hoch, sodass sie unersetzliche Vorteile bei **hochdichten Gegengewichten, mechanischen Präzisionswaagen, schnell rotierenden Trägheitsteilen, Trägheitskontrollsystemen in der Luft- und Raumfahrt und anderen Bereichen bieten.**

Darüber hinaus können Ringe aus Wolframlegierungen je nach Anwendungsumgebung in die folgenden Typen unterteilt werden:

1. **Schwere Ringe aus Wolframlegierung (W-Ni-Fe/W-Ni-Cu):** dienen als Gegengewicht, zur Vibrationsreduzierung und zur Trägheitskontrolle.
2. **Hochtemperaturbeständige Ringe aus Wolframlegierung (Serie W-Re, Serie W-HfC):**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden in extremen Umgebungen wie Luft- und Raumfahrtmotoren und Kernreaktoren verwendet.

3. **Korrosionsbeständige Ringe aus Wolframlegierung (W-Cu-System):** werden in der Abdichtung chemischer Geräte, in Tiefsee-Erkundungsgeräten und in anderen Bereichen verwendet.

## 2. Ursprung und frühe Entwicklung von Ringen aus Wolframlegierungen

Wolframlegierungsmaterialien lassen sich **bis ins frühe 20. Jahrhundert zurückverfolgen**, aber ringförmige Strukturkomponenten aus Wolframlegierungen kamen erst in **den 1940er und 1950er Jahren auf den Markt**. Dies lag vor allem an der rasanten Entwicklung der Militär- und Luftfahrtindustrie, insbesondere während des Zweiten Weltkriegs und des frühen Kalten Krieges, die zu einem starken Anstieg der Nachfrage nach hochdichten, hochtemperaturbeständigen Metallmaterialien führte.

- **1940er–1950er Jahre: Europäische und amerikanische Länder verwendeten erstmals hochdichte Wolframlegierungen** in Artillerie-Mündungsbremsen, rotierenden Schwungrädern und Ausgleichsringen, um Blei und Stahl zu ersetzen.
- **1960er Jahre: Die NASA und die sowjetische Raumfahrtbehörde führten** Ringe aus Wolframlegierungen in Raketentriebwerken und Lageregelungssystemen für Satelliten ein und nutzten ihre hohe Dichte, um die Speicherkapazität kinetischer Energie von Gyroskopen und Trägheitsrädern zu verbessern.
- **1970er- bis 1980er- Jahre**: Industrieländer wie Japan und Deutschland verwendeten Ringe aus Wolframlegierungen als Ausgleichsgewichte für mechanische Präzisionsspindeln, um Vibrationen und Lärm in rotierenden Hochgeschwindigkeitsgeräten zu reduzieren.

Zu dieser Zeit war der Herstellungsprozess von Ringen aus Wolframlegierungen noch relativ primitiv und erfolgte meist durch **Formpressen und Flüssigphasensintern**. Die Produktleistung wurde durch die Pulverpartikelgröße und die Sinterdichte begrenzt.

## 3. Entwicklungsstadien moderner Wolframlegierungsringe

Vom Ende des 20. Jahrhunderts bis zum **Beginn des 21. Jahrhunderts** erlebten Ringe aus Wolframlegierungen mit der Reife der Pulvermetallurgietechnologie, der Nanomaterialtechnologie, des Vakuumsinterns und der Ausrüstung für das heißisostatische Pressen (HIP) eine rasante Entwicklungsphase:

### 1. Hohe Reinigung und Homogenisierung

- Die Reinheit des Wolframpulvers wurde von 99,8 % auf über 99,95 % erhöht, wodurch der Gehalt an Verunreinigungen wie Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff effektiv reduziert und die Duktilität und Lebensdauer des Materials deutlich verbessert wurden.
- Die Pulverpartikelgröße wird auf 1 bis 3  $\mu\text{m}$  kontrolliert, wodurch die Mikrostruktur nach dem Sintern gleichmäßiger und dichter wird.

### 2. Verbundlegierungen

- Zur Verbesserung der Hochtemperatur-Kriecheneigenschaften und der

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verschleißfestigkeit werden Seltenerdelemente (La, Ce, Y) und Verstärkungsphasen (HfC, TiC) eingeführt.

- Wir haben Mehrkomponentenlegierungsringe wie W-Ni-Fe-Co und W-Cu-Re entwickelt, um den Anforderungen extremer Arbeitsbedingungen gerecht zu werden.

### 3. Präzisionsbearbeitung und Oberflächentechnik

- Durch **CNC-Drehen, Schleifen und Funkenerosion (EDM)** kann die Maßtoleranz auf  $\pm 0,01$  mm genau kontrolliert werden.
- Um die Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit weiter zu verbessern, werden **PVD, CVD und Laserbeschichtungen eingeführt.**

### 4. Kundenspezifisches und modulares Design

- Hersteller von Luft- und Raumfahrt- sowie Tiefseeausrüstung können Wolframlegierungsringe mit unterschiedlichen Dichten, Querschnittsformen und Wandstärken entsprechend den Belastungsanforderungen anpassen, um eine strukturelle Optimierung und Gewichtsverteilung zu erreichen.

## 4. Zukünftiger Entwicklungstrend des Wolframlegierungsringes

In den nächsten 10 bis 20 Jahren werden sich Ringe aus Wolframlegierungen in drei Richtungen entwickeln: **Hochleistung, geringes Gewicht und Intelligenz:**

1. **Hohe Leistung** : Durch Technologien wie Nano-Wolframpulver, Vakuum-Heißisostatpressen und Verbundintern übersteigt die Biegefestigkeit des Wolframlegierungsringes 1200 MPa und die Dichte liegt nahe am theoretischen Wert von  $19,3 \text{ g/cm}^3$ .
2. **Leichtbau und Strukturoptimierung** : Mittels Finite-Elemente-Analyse (FEA) und Topologieoptimierung wird der Materialeinsatz in nicht beanspruchten Bereichen reduziert und das Verhältnis von Trägheitsverhalten zu Strukturfestigkeit verbessert.
3. **Intelligenz und Funktionsintegration** : Sensoren und Heizelemente sind in Ringe aus Wolframlegierung eingebettet, um eine Echtzeitüberwachung und Anpassung an die Umgebung zu erreichen, was sich besonders für Lageregelungssysteme von Raumfahrzeugen eignet.

## 1.2 Klassifizierung und Hauptmerkmale von Wolframlegierungsringen

Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig als Strukturkomponenten, Funktionswerkstoffe und für spezielle Anwendungen eingesetzt. Ihre Klassifizierung und Eigenschaften bestimmen direkt ihre Anwendungsszenarien und Leistung. Aufgrund der hohen Dichte, des hohen Schmelzpunkts und der hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Wolfram sind Ringe aus Wolframlegierungen nicht nur in extremen Umgebungen wie hohen Temperaturen, starker Korrosion und starken Stößen leistungsfähig, sondern weisen je nach Legierungssystem auch unterschiedliche Eigenschaften auf.

### 1.2.1 Klassifizierung nach Legierungssystem

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ringe aus Wolframlegierungen lassen sich entsprechend der unterschiedlichen Legierungssysteme in folgende Kategorien einteilen:

1. **Schwere Wolframlegierungsringe (W-Ni-Fe / W-Ni-Cu-System)**

- wird durch Zugabe von Nickel, Eisen oder Kupfer zu Wolfram als Matrix gebildet, mit einer Dichte von 16,8–18,8 g/cm<sup>3</sup>.
- Es zeichnet sich durch hohe Festigkeit, gute Duktilität und bessere Verarbeitungseigenschaften als reines Wolfram aus. Es eignet sich für Anwendungen wie Gegengewichte, Unruhlinge, Schwungräder usw., die eine hohe Trägheit und ein hohes Energieabsorptionsvermögen erfordern.

2. **Ring aus Wolfram-Kupfer-Legierung (W-Cu-System)**

- durch die Infiltration von Wolframskelett und Kupfer und hat den hohen Schmelzpunkt von Wolfram und die hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit von Kupfer.
- Wird häufig in elektrischen Kontaktringen, hochtemperaturbeständigen leitfähigen Ringen und Wärmemanagementkomponenten verwendet.

3. **Ring aus Wolfram-Molybdän-Legierung (W-Mo-System)**

- Durch die Zugabe einer angemessenen Menge Molybdän zu Wolfram kann die Sprödigkeit des Materials verringert und seine Hochtemperaturplastizität verbessert werden.
- Es wird hauptsächlich für Hochtemperaturteile wie Heizringe für Vakuumöfen und hitzebeständige Stützen verwendet.

4. **Ringe aus Wolframkarbidlegierung (WC-Co / WC-Ni-System)**

- Es handelt sich um einen Hartmetalling mit extrem hoher Härte (HRA 85 und höher) und ausgezeichneter Verschleißfestigkeit.
- Wird häufig in Dichtungsringen, verschleißfesten Auskleidungsringen, Teilen von Bergbaumaschinen usw. verwendet.

1.2.2 Klassifizierung nach Herstellungsverfahren

- **Pulvermetallurgischer Wolframlegierungsring** : Hergestellt durch Pulverpressen, Sintern und anschließende Bearbeitung, ist er für die Massenproduktion geeignet und weist eine gleichmäßige Materialstruktur auf.
- **Ring aus Wolframlegierung** : Verbessert die Mikrostruktur durch plastische Verformung bei hohen Temperaturen, um eine höhere Dichte und bessere mechanische Eigenschaften zu erzielen.
- **Verbundring aus Wolframlegierung** : wie z. B. W-Cu- oder W-Ag-Ringe, bei denen zuerst das Wolframskelett gesintert und dann das Metall mit niedrigem Schmelzpunkt infiltriert wird.

1.2.3 Hauptmerkmale des Wolframlegierungsringes

1. **Hohe Dichte und hohes spezifisches Gewicht**

- Wolfram hat eine Dichte von bis zu 19,3 g/cm<sup>3</sup>, wodurch der Ring aus Wolframlegierung bei geringem Volumen eine größere Trägheit und einen

COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

größeren Gegengewichtseffekt bietet.

## 2. Hervorragende Hochtemperaturleistung

- Wolfram hat einen Schmelzpunkt von 3.422 °C und behält seine strukturelle Stabilität in Umgebungen mit hohen Temperaturen, wodurch es weniger anfällig für Kriechen oder Erweichen ist.

## 3. Gute Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit

- Es ist für den Dauereinsatz in Reibungs-, Stoß-, Säure- und Laugenumgebungen geeignet und hat eine lange Lebensdauer.

## 4. Anpassbare Leistung

- Durch Anpassung des Legierungsverhältnisses und der Prozessparameter können Produkte mit unterschiedlicher Festigkeit, Härte, Wärmeleitfähigkeit und elektrischer Leitfähigkeit erhalten werden.

## 5. Strahlungsresistenz und Schutzleistung

- Aufgrund seiner hohen Ordnungszahl und Dichte ist es für Anwendungen in der Abschirmung nuklearer Strahlung und in Schutzringen wichtig .

Wolframlegierungsringe beeinflussen nicht nur ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften, sondern bestimmen auch ihre Anwendung in Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Militär, Energie, Maschinenbau und Elektronik. In der Praxis ist es in der Regel erforderlich, das geeignete Legierungssystem und den geeigneten Herstellungsprozess basierend auf der Temperatur, der Belastung, den korrosiven Medien und den Verarbeitungsanforderungen der Arbeitsumgebung auszuwählen, um die Leistungsvorteile von Wolframlegierungsringen zu maximieren .

### 1.3 Übersicht über Wolframlegierungsringanwendungen

Wolframlegierungsringe spielen aufgrund ihrer hohen Dichte, Härte, hervorragenden Verschleißfestigkeit und hervorragenden Hochtemperaturbeständigkeit eine wichtige Rolle in der modernen Industrie. Ihre einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften ermöglichen den Einsatz nicht nur im konventionellen Maschinenbau, sondern gewährleisten auch unter extremen Bedingungen eine stabile Leistung. Daher finden sie breite Anwendung in verschiedenen Bereichen, darunter Luft- und Raumfahrt, Energie, Militär, Medizin und Elektronik. Im Folgenden finden Sie einen Überblick über die Anwendungen von Wolframlegierungsringen aus der Perspektive wichtiger Industrien.

#### (1) Luft- und Raumfahrt

In der Luft- und Raumfahrt werden Wolframlegierungsringe häufig als Gegengewichtsringe für Kreiselrotoren, Gegengewichte für die Lageregelung von Flugzeugen und als Schlüsselkomponenten in Trägheitsnavigationssystemen eingesetzt. Aufgrund ihrer extrem hohen Dichte (nahezu 19 g/cm<sup>3</sup>) bieten Wolframlegierungsringe bei gleichem Volumen ein höheres Trägheitsmoment, was zur Reduzierung der Komponentengröße und zur Verbesserung der Systemempfindlichkeit und -stabilität beiträgt. Darüber hinaus ermöglichen ihre gute Ermüdungsbeständigkeit und thermische Stabilität einen langzeitstabilen Betrieb in

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Hochgeschwindigkeits- und Hochtemperaturumgebungen.

**(2)**

Wolframlegierungsringe spielen auch in militärischer Ausrüstung eine wichtige Rolle, beispielsweise als Kreiselstabilisatoren in Feuerleitsystemen, als Trägheitskomponenten in Panzerkanonensteuerungssystemen und als Ausgleichsgewichtsringe in Schiffen und U-Booten. In der Munitions- und Raketentechnologie können Wolframlegierungsringe als Projektil- oder Heckstabilisierungsringe eingesetzt werden, die nicht nur die Fluggenauigkeit verbessern, sondern auch die strukturelle Integrität bei Panzerdurchdringungen und Einschlägen mit hoher kinetischer Energie aufrechterhalten.

**(3) Energie- und Nuklearindustrie**

Im Bereich der Kernenergie werden Wolframlegierungsringe häufig in Reaktorsteuerungskomponenten, Strahlenschutzringen und Gegengewichten von Schwenkmechanismen eingesetzt. Ihre hohe Dichte und hohe Ordnungszahl verleihen ihnen hervorragende Abschirmeigenschaften gegen Gamma- und Röntgenstrahlen und reduzieren so effektiv Strahlungslecks. In Windkraftanlagen und Meeresenergieanlagen können Wolframlegierungsringe auch als Gegengewichte für schnell rotierende Komponenten eingesetzt werden, um Vibrationen zu reduzieren und die Stabilität zu verbessern.

**(4) Medizin und Strahlenschutz**

In medizinischen Bildgebungs- und Behandlungsgeräten werden Wolframlegierungsringe in Rotoren und Abschirmkomponenten von Geräten wie CT-Scannern, Linearbeschleunigern und Gamma- Knife-Geräten eingesetzt. Ihre hohe Dichte reduziert nicht nur den Strahlungsaustritt, sondern sorgt auch für ein Gleichgewicht während der Rotation, wodurch die Bildqualität und die Behandlungsgenauigkeit verbessert werden. Darüber hinaus können Wolframlegierungsringe auch zum Bewegungsausgleich und zur präzisen Positionierung medizinischer Geräte eingesetzt werden.

**(5) Präzisionsmaschinen und Elektronikindustrie**

In Hochgeschwindigkeits-Präzisionswerkzeugmaschinen, Anlagen zur Halbleiterherstellung und hochwertigen Prüfgeräten können Wolframlegierungsringe als Schwungräder, Trägheitsringe oder Gegengewichte eingesetzt werden, um schnell laufende Teile zu stabilisieren und Vibrationen zu reduzieren. In der Elektronikindustrie können sie auch als Stabilisierungskomponente für Hochfrequenzgeräte und Mikrowellensysteme verwendet werden. Ihre hohe Dichte und gute Wärmeleitfähigkeit sorgen für einen langfristig zuverlässigen Betrieb des Systems.

**(6) Spezielle industrielle und wissenschaftliche Forschungsgeräte**

Wolframlegierungsringe werden auch in speziellen Szenarien wie Tiefseedetektoren, geologischen Erkundungsgeräten und Teilchenbeschleunigern eingesetzt. Beispielsweise können Wolframlegierungsringe in Tiefseetauchbooten als Ballastgewichte verwendet werden, um das Gleichgewicht zwischen Tauchen und Auftauchen aufrechtzuerhalten. In Teilchenbeschleunigern können sie in Ionenstrahlsteuerungsgeräten verwendet werden, um die Magnetfeldverteilung präzise einzustellen.

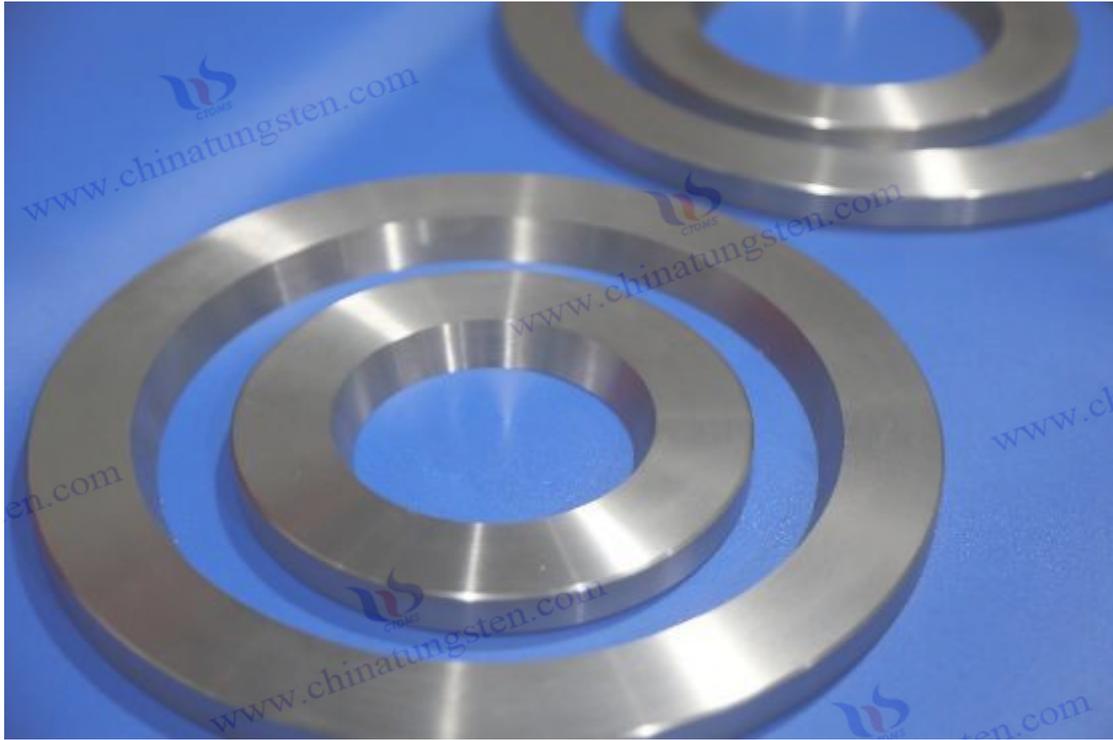
Insgesamt sind Wolframlegierungsringe dank ihrer umfassenden Leistungsvorteile zu unverzichtbaren Schlüsselkomponenten in High-End-Geräten in zahlreichen Branchen geworden. Mit der kontinuierlichen Entwicklung neuer Fertigungstechnologien und

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

Legierungsformulierungen werden ihre Anwendungsbereiche weiter zunehmen, insbesondere in den Bereichen erneuerbare Energien, High-End-Fertigung und Betrieb unter extremen Bedingungen, wo sie in Zukunft eine noch wichtigere Rolle spielen werden.



**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**



## Kapitel 2 Materialbasis und Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

### 2.1 Chemische Zusammensetzung und Mikrostruktur des Wolframlegierungsringes

von Wolframlegierungsringen bestimmen maßgeblich die Materialdichte, Härte und Verschleißfestigkeit. Diese beiden Aspekte beeinflussen nicht nur die Korrosionsbeständigkeit, Duktilität und Hochtemperaturbeständigkeit des Materials. Wolframlegierungsringe sind typischerweise auf hohe Dichte, hohe Festigkeit und gute Verarbeitbarkeit ausgelegt und stellen hohe Anforderungen an das Zusammensetzungsverhältnis und die Mikrostrukturkontrolle.

#### 1. Chemische Zusammensetzung:

Wolfram (W) ist der Hauptbestandteil mit einem Massenanteil von typischerweise 85 % bis 97 % und macht den Großteil der Legierung aus. Wolfram hat einen extrem hohen Schmelzpunkt (3422 °C), eine hohe Dichte (19,25 g/cm<sup>3</sup>) und eine gute Korrosionsbeständigkeit. Damit ist es ein Schlüsselement für die hohe Dichte und Härte von Wolframlegierungsringen. Um die Zähigkeit zu verbessern, die Verarbeitungsleistung zu steigern oder spezielle Funktionen zu verleihen, wird üblicherweise ein bestimmter Anteil an Legierungselementen hinzugefügt, darunter:

1. **Nickel (Ni)** – Das am häufigsten verwendete Härtungselement. Es bildet in Kombination mit Eisen oder Kupfer eine duktile Bindungsphase. Nickel wird üblicherweise in Mengen von 3 % bis 7 % zugesetzt und verbessert die Plastizität und Schlagfestigkeit der Legierung erheblich.
2. **Eisen (Fe)** – Wird oft mit Nickel kombiniert (W-Ni-Fe-Legierungen), verbessert es die Zähigkeit und erhöht gleichzeitig die Festigkeit und Verschleißfestigkeit des Materials.
3. **Kupfer (Cu)** – Als Härtungsmittel anstelle von Eisen (W-Ni-Cu-Legierung) wird es

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hauptsächlich in Anwendungen eingesetzt, die eine hohe Leitfähigkeit und nichtmagnetische Eigenschaften erfordern.

4. **Kobalt (Co)** – wird als Bindephase in einigen Speziallegierungen verwendet, um die Hitzebeständigkeit und Kriechfestigkeit zu verbessern, ist aber relativ teuer.
5. **Kohlenstoff (C), Molybdän (Mo) und Chrom (Cr)** – werden verwendet, um die Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit oder strukturelle Stabilität der Legierung in Hochtemperaturumgebungen zu verbessern.

Die Gestaltung des Verhältnisses variiert je nach Verwendungszweck des Wolframlegierungsringes. Beispielsweise wird bei Ringmaterialien, die in der Luft- und Raumfahrt verwendet werden, mehr Wert auf Hochtemperaturfestigkeit und Oxidationsbeständigkeit gelegt, während bei Ringmaterialien, die in Präzisionsinstrumenten verwendet werden, mehr Wert auf Dichtestabilität und Maßgenauigkeit gelegt wird.

## 2. Mikrostrukturelle Eigenschaften

Die Mikrostruktur von Ringen aus Wolframlegierungen weist üblicherweise eine zweiphasige oder mehrphasige Struktur auf:

1. **Wolframpartikelphase (W-Phase)** – erscheint hellgrau oder weiß und erscheint unter dem Mikroskop als gleichmäßig verteilte kugelförmige oder polyedrische Partikel. Es ist die wichtigste tragende Phase der Legierung und verleiht dem Material eine hohe Dichte und Härte.
2. **Bindephase (Metallmatrixphase)** – besteht aus Elementen wie Nickel, Eisen und Kupfer, die zwischen Wolframpartikeln verteilt sind, und spielt die Rolle der Verbindung, Spannungsübertragung und Pufferung von Sprödbrüchen.
3. **Korngrenzen und Poren** – Während des Sinterprozesses bilden sich zwangsläufig einige Poren, aber bei hochwertigen Ringen aus Wolframlegierungen kann die Porosität durch Hochtemperatur-Flüssigphasensintern oder heißisostatisches Pressen (HIP) auf ein extrem niedriges Niveau reduziert werden, wodurch Festigkeit und Zähigkeit verbessert werden.

Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur ist entscheidend für die Gesamtleistung von Wolframlegierungsringen. Übergroße oder ungleichmäßig verteilte Wolframpartikel können zu vorzeitiger Rissausbreitung an Spannungskonzentrationen führen. Unzureichende Bindephasenkontinuität verringert die Duktilität und macht den Ring während der Verarbeitung anfällig für Risse. Daher erfordert der Herstellungsprozess eine strenge Kontrolle der Pulverpartikelgrößenverteilung, der Mischgleichmäßigkeit sowie des Temperaturprofils und der Haltezeit während des Sinterprozesses.

## 3. Einfluss von Zusammensetzung und Organisation auf die Leistung

- **Dichte** : Wird hauptsächlich durch den Wolframgehalt bestimmt. Je höher der Wolframanteil, desto näher liegt die Dichte an der theoretischen Grenze.
- **Festigkeit und Zähigkeit** : Hängt von der Verteilung der Wolframpartikel und dem Verhältnis der Bindephase ab. Ein angemessenes Ni/Fe- oder Ni/Cu-Verhältnis kann die Schlagzähigkeit deutlich verbessern.

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit** : Hoher Wolframgehalt und dichte Mikrostruktur tragen zur Widerstandsfähigkeit gegen abrasiven Verschleiß und chemische Korrosion bei.
- **Hochtemperaturleistung** : Der hohe Schmelzpunkt und die Stabilität von Wolfram ermöglichen es, die strukturelle Festigkeit bei hohen Temperaturen aufrechtzuerhalten, aber die thermische Stabilität der Bindephase ist ebenso kritisch.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die chemische Zusammensetzung und Mikrostruktur von Wolframlegierungsringen die Grundlage für ihre Leistungsfähigkeit bilden. Wissenschaftliches Legierungsdesign und präzise Mikrostrukturkontrolle sind die wichtigsten technischen Ansätze, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen hochwertiger Industrieanwendungen gerecht werden.

## 2.2 Physikalische Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Wolframlegierungsringe sind einer der Hauptgründe für ihre weite Verbreitung in zahlreichen Industriebereichen. Diese Eigenschaften beruhen nicht nur auf der einzigartigen Atomstruktur von Wolfram selbst, sondern auch auf dem optimierten Verhältnis der Legierungselemente und der präzisen Kontrolle des Herstellungsprozesses. Wolframlegierungsringe weisen erhebliche Vorteile hinsichtlich Dichte, Schmelzpunkt, thermischer Stabilität, Wärmeleitfähigkeit, elektrischer Leitfähigkeit und Strahlungsbeständigkeit auf, sodass sie auch unter extremen Bedingungen eine stabile Struktur und Leistung behalten.

### 2.2.1 Eigenschaften hoher Dichte

Wolfram ist eines der dichtesten natürlichen Metalle (ca. 19,3 g/cm<sup>3</sup>). Ringe aus Wolframlegierungen haben typischerweise eine Dichte zwischen 17,0 und 18,5 g/cm<sup>3</sup> und sind damit deutlich höher als bei gängigen Strukturmetallen wie Stahl und Kupferlegierungen. Diese hohe Dichte verleiht Ringen aus Wolframlegierungen hervorragende Trägheitseigenschaften und ein hohes Absorptionsvermögen für kinetische Energie. Dadurch sind sie besonders effektiv in Strukturen, die Ausgleich, Gegengewichte oder Schwingungsdämpfung erfordern. Die hohe Dichte ermöglicht zudem kleinere Wolframlegierungsringe bei gleicher Masse, was kompaktere Konstruktionen in platzbeschränkten Strukturen ermöglicht.

### 2.2.2 Hoher Schmelzpunkt und hohe Temperaturstabilität

Wolfram hat einen Schmelzpunkt von 3.422 °C und ist damit der höchste aller Metalle. Obwohl der Schmelzpunkt von Wolframlegierungsringen nach dem Legieren leicht abnimmt, können sie über längere Zeiträume über 1.000 °C ihre stabile Struktur und Festigkeit behalten, ohne nennenswert zu erweichen oder sich zu verformen. Diese Eigenschaft verschafft ihnen einzigartige Vorteile in Anwendungen wie Hochtemperaturformen, Vakuum-Wärmebehandlungsvorrichtungen und Heißkanalsystemen.

### 2.2.3 Niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient

Die Ausdehnung von Wolframlegierungsringen liegt typischerweise zwischen  $(4,5 \text{ und } 6,0) \times 10^{-6}$

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

/ ° C und ist damit deutlich niedriger als bei Metallen wie Stahl und Aluminium. Diese geringe Ausdehnung ermöglicht es den Ringen, auch in Umgebungen mit starken Temperaturschwankungen ihre präzisen Abmessungen beizubehalten und Spaltschwankungen durch Wärmeausdehnung und -kontraktion zu minimieren. Dies ist besonders wichtig für Präzisionsinstrumente, Hochtemperatur-Dichtungsringe und Strukturkomponenten, die Temperaturwechselbelastungen ausgesetzt sind.

#### 2.2.4 Hervorragende Wärmeleitfähigkeit

Obwohl die Wärmeleitfähigkeit von Wolfram niedriger ist als die von Kupfer und Silber, ist sie unter den hochdichten Strukturmetallen dennoch relativ hoch (ca.  $160 \text{ W/ m} \cdot \text{K}$ ). Ringe aus Wolframlegierungen leiten Wärme effektiv, verhindern lokale Überhitzung und gewährleisten eine stabile Leistung in Hochleistungsanwendungen, die häufigen Temperaturschocks ausgesetzt sind. Dies ist entscheidend für Hochtemperatur-Heizgeräte und elektronische Kühlstrukturen.

#### 2.2.5 Elektrische Eigenschaften

Der spezifische Widerstand von Ringen aus Wolframlegierung beträgt  $(5,0-6,0) \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  und ist damit höher als der der meisten Hochtemperaturlegierungen und hitzebeständigen Metalle. Bei speziellen elektrischen Kontakten, die auch bei hohen Temperaturen eine konstante elektrische Leitfähigkeit aufweisen müssen, können Ringe aus Wolframlegierungen die beiden Anforderungen an Wärmebeständigkeit und Leitfähigkeit erfüllen.

#### 2.2.6 Hohe Härte und Verschleißfestigkeit

von Ringen aus Wolframlegierungen liegt im Allgemeinen zwischen 300 und 500 HV und kann durch Wärmebehandlung oder Oberflächenhärtung weiter erhöht werden. Diese hohe Härte verleiht ihnen eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und ermöglicht ihnen eine längere Lebensdauer in Anwendungen wie Rotationsdichtungen, Lagerstützen und schlagfesten Gegengewichten.

#### 2.2.7 Strahlungsbeständigkeit

Aufgrund der hohen Ordnungszahl (74) und der hohen Dichte von Wolfram bieten Ringe aus Wolframlegierungen eine deutlich bessere Abschirmung gegen Röntgen- und Gammastrahlen als Blei. Sie gelten als sichere und umweltfreundliche Materialien im medizinischen Bereich, in der Nuklearindustrie und in Strahlenschutzstrukturen für die Luft- und Raumfahrt.

#### 2.2.8 Hohe Festigkeit und Steifigkeit

Ringe aus Wolframlegierungen weisen typischerweise eine Zugfestigkeit von 700–1.200 MPa, eine hohe Streckgrenze und eine moderate Plastizität auf, wodurch sie hohen Belastungen und Stößen standhalten, ohne strukturell instabil zu werden. Diese Festigkeit bleibt sowohl bei Raumtemperatur als auch bei hohen Temperaturen relativ stabil, sodass sie sich für kritische Komponenten eignen, die komplexen Belastungen ausgesetzt sind.

### 2.3 Mechanische Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Die Leistung von Wolframlegierungsringen steht in direktem Zusammenhang mit ihrer

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Zuverlässigkeit und Lebensdauer in verschiedenen industriellen und High-End-Anwendungen. Zu den mechanischen Eigenschaften zählen vor allem Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchzähigkeit, Elastizitätsmodul, Dauerfestigkeit und Schlagzähigkeit. Diese Leistungsindikatoren spiegeln die Verformungsfähigkeit, Tragfähigkeit und Widerstandsfähigkeit des Wolframlegierungsringes gegen Beschädigungen bei Einwirkung äußerer Kräfte wider.

### 2.3.1 Zugfestigkeit und Streckgrenze

Zugfestigkeit von Wolframlegierungsringen liegt typischerweise zwischen 700 und 1200 Megapascal (MPa), abhängig von Legierungszusammensetzung, Herstellungsverfahren und Wärmebehandlung. Diese hohe Zugfestigkeit ermöglicht es den Ringen, ihre strukturelle Integrität auch unter hoher Belastung zu bewahren, ohne zu brechen oder sich übermäßig zu verformen. Die Streckgrenze, die etwas niedriger ist als die Zugfestigkeit, liegt typischerweise zwischen 550 und 950 MPa und gibt das Spannungsniveau an, bei dem das Material nach der elastischen Verformung in die plastische Verformungsphase eintritt. Die hohe Streckgrenze von Wolframlegierungsringen sorgt dafür, dass sie unter Belastung weniger anfällig für bleibende Verformungen sind und ihre präzise Größe und Form behalten.

### 2.3.2 Bruchzähigkeit

Die Bruchzähigkeit ist ein wichtiger Indikator für die Widerstandsfähigkeit eines Wolframlegierungsringes gegen Rissausbreitung und Bruch. Obwohl Wolframlegierungsringe aufgrund ihrer hohen Dichte und Härte von Natur aus spröde sind, können sie durch Mikrolegierung, nanostrukturelle Verstärkung und optimierte Wärmebehandlung deutlich verbessert werden. Die typische Bruchzähigkeit von Wolframlegierungsringen liegt zwischen 10 und 25  $\text{MPa} \cdot \text{m}^{0,5}$ . Diese überlegene Zähigkeit bietet eine hohe Bruchfestigkeit unter dynamischen Belastungen und Stößen und reduziert so das Risiko eines Bruchversagens.

### 2.3.3 Elastizitätsmodul

Ringe aus Wolframlegierungen haben einen Elastizitätsmodul von etwa 380 bis 410 GPa, was ihre außergewöhnliche Steifigkeit unterstreicht. Dies bedeutet, dass sie unter Belastung nur eine minimale elastische Verformung erfahren, was zu einer ausgezeichneten Dimensionsstabilität und Formbeständigkeit führt und sie für den Einsatz in hochpräzisen mechanischen Strukturen und komplexen Verbindungselementen geeignet macht. Dieser hohe Elastizitätsmodul trägt zur Verbesserung der Reaktionsgeschwindigkeit und Vibrationsfestigkeit der Struktur bei.

### 2.3.4 Dauerfestigkeit

Die Lebensdauer von Wolframlegierungsringen unter zyklischer Belastung ist entscheidend. Durch Prozessoptimierung und Materialdesign können Wolframlegierungsringe eine hohe Dauerfestigkeit aufweisen, typischerweise zwischen 40 % und 60 % ihrer Zugfestigkeit. Diese hervorragende Dauerfestigkeit gewährleistet die Stabilität der Wolframlegierungsringe in Umgebungen mit mechanischen Vibrationen, Temperaturwechselbelastungen und Stoßbelastungen und verhindert so Geräteausfälle durch Ermüdungsbrüche.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 2.3.5 Schlagzähigkeit

Die Schlagzähigkeit von Wolframlegierungsringsen hängt eng mit ihrer Zähigkeit zusammen. Wolframbasierte Werkstoffe sind zwar etwas spröde, doch durch die richtige Legierungskonstruktion und Wärmebehandlung lässt sich ihre Fähigkeit zur Absorption von Aufprallenergie verbessern. Dank ihrer Schlagzähigkeit bleiben Wolframlegierungsringsen auch bei plötzlichen Belastungen, mechanischen Stößen und hochenergetischem Partikelbeschuss bruchfest und eignen sich daher als schützende und puffernde Konstruktionswerkstoffe.

### 2.3.6 Bruchverhalten und Versagensart

Ringe aus Wolframlegierungen weisen im Allgemeinen Sprödbrüche auf, insbesondere bei niedrigen Temperaturen und in Bereichen mit hoher Spannungskonzentration. Zur Verbesserung der Bruchzähigkeit werden häufig Anpassungen der Legierungselementverhältnisse, optimierte Pulvermetallurgieprozesse und mehrstufige Wärmebehandlungen eingesetzt, um eine gleichmäßige Mikrostrukturverfeinerung zu erreichen und innere Spannungen und Defektquellen zu reduzieren. Zu den Ausfallursachen zählen vor allem Rissausbreitung, Mikroporenverschmelzung und Grenzflächentrennung. Das Verständnis dieser Mechanismen kann zur Verbesserung der Materialkonstruktion und Prozesskontrolle beitragen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ringe aus Wolframlegierungen hervorragende mechanische Eigenschaften aufweisen. Sie zeichnen sich durch hohe Festigkeit und Steifigkeit aus. Durch Prozessverbesserungen konnten ihre Zähigkeit und Lebensdauer deutlich verbessert werden, sodass sie sich für komplexe und anspruchsvolle industrielle Anwendungen eignen. Zukünftig werden die mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen durch die Entwicklung von Nanotechnologie, Mikrolegierungen und intelligenten Herstellungsverfahren weiter verbessert.

## 2.4 Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit des Wolframlegierungsrings

Wolframlegierungsringsen spielen in zahlreichen anspruchsvollen Industriebereichen und extremen Umgebungen eine Schlüsselrolle. Ihre Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit sind wichtige Leistungsindikatoren, die ihren langfristigen stabilen Betrieb und ihre lange Lebensdauer gewährleisten. Wolframlegierungsringsen verfügen über eine ausgezeichnete Oxidations- und chemische Korrosionsbeständigkeit und behalten gleichzeitig gute mechanische Eigenschaften und strukturelle Stabilität unter Hochtemperaturbedingungen. Daher finden sie breite Anwendung in der Kernenergie, der Luft- und Raumfahrt, der Rüstungsindustrie und der chemischen Industrie.

### 2.4.1 Korrosionsbeständigkeit von Wolframlegierungsringsen

Wolfram selbst besitzt eine extrem hohe chemische Stabilität und weist eine außergewöhnliche Korrosionsbeständigkeit in verschiedenen sauren und alkalischen Medien auf. Der Wolframanteil in Wolframlegierungsringsen macht typischerweise den Großteil der Legierung aus und bildet die Grundlage für eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit. Die Auswahl und der Anteil von

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bindemetallen wie Nickel und Eisen beeinflussen die Korrosionsbeständigkeit der Legierung maßgeblich. Durch eine geeignete Legierungskonstruktion kann die Gesamtkorrosionsbeständigkeit maximiert werden.

- **Oxidationsbeständigkeit** : Wolframlegierungsringe bilden an der Luft und in oxidierenden Umgebungen einen dichten und stabilen Schutzfilm aus Wolframoxid ( $WO_3$ ) auf ihrer Oberfläche. **Dieser** Film verhindert wirksam weitere Oxidation und Korrosion und erhöht so die Haltbarkeit des Materials. Die Selbstheilungsfähigkeit des Films bietet langanhaltenden Oxidationsschutz, insbesondere in Umgebungen mit niedrigen und mittleren Temperaturen.
- **Chemische Korrosionsbeständigkeit** : Ringe aus Wolframlegierungen weisen eine hohe Korrosionsbeständigkeit in den meisten sauren und alkalischen Lösungen auf und weisen in stark sauren Umgebungen wie Schwefel- und Salzsäure eine besonders niedrige Korrosionsrate auf. Dadurch eignen sie sich für den Einsatz in der chemischen und nuklearen Industrie, wo strenge Anforderungen an den Korrosionsschutz gelten. In bestimmten Umgebungen mit heißen, geschmolzenen Alkalimetallsalzen und starken Oxidationsmitteln kann die Korrosionsbeständigkeit jedoch verringert sein, sodass eine Oberflächenbeschichtung oder eine spezielle Behandlung zur Verbesserung des Schutzes erforderlich ist.
- **Lokaler Korrosionsschutz** : Die geringe Porosität und die dichte Struktur von Wolframlegierungsringen verhindern wirksam Lochfraß und Spaltkorrosion. Oberflächenbehandlungen wie Sprühen, PVD-Beschichtung und chemische Passivierung erhöhen die Korrosionsbeständigkeit zusätzlich und verlängern die Lebensdauer, insbesondere in Meeresumgebungen und Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit.

#### 2.4.2 Hohe Temperaturbeständigkeit von Wolframlegierungsringen

Ringe aus Wolframlegierungen behalten auch unter Hochtemperaturbedingungen ihre hervorragenden physikalischen und mechanischen Eigenschaften und sind ein wichtiges Material für die Herstellung von Hochtemperatur-Strukturteilen und Funktionskomponenten.

- **Hoher Schmelzpunkt und thermische Stabilität** : Der Schmelzpunkt von Wolfram liegt bei bis zu  $3422\text{ }^{\circ}\text{C}$  und übertrifft damit den der meisten Metalle bei weitem. Dadurch sind Ringe aus Wolframlegierungen extrem hitzebeständig. In Hochtemperaturumgebungen bleibt die Mikrostruktur des Rings stabil, wodurch er weniger anfällig für Kornwachstum und Strukturabbau ist und die mechanischen Eigenschaften des Materials auch bei hohen Temperaturen gewährleistet bleiben.
- **Wärmeausdehnungseigenschaften** : Der lineare Ausdehnungskoeffizient von Ringen aus Wolframlegierung ist niedrig und **liegt** normalerweise im Bereich von  $4,5$  bis  $5,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ . Dies gewährleistet seine Dimensionsstabilität in thermischen Zyklen und Umgebungen mit hohen Temperaturschwankungen und vermeidet Spannungskonzentrationen und Strukturschäden durch Wärmeausdehnung und -kontraktion.
- **Oxidationsverhalten bei hohen Temperaturen** : Obwohl die Oxidschicht, die sich in oxidierenden Umgebungen auf Wolframlegierungsringen bildet, einen gewissen Schutz

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bietet, beschleunigt sich die Oxidationsrate deutlich, wenn die Temperatur etwa 500 °C überschreitet, insbesondere in einer Atmosphäre mit hohem Sauerstoffgehalt. Aus diesem Grund sind bei Hochtemperaturanwendungen häufig Schutzatmosphären, Vakuum oder Oberflächenbeschichtungen erforderlich, um Oxidationsschäden zu verhindern.

- **Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen** : Ringe aus Wolframlegierungen weisen eine ausgezeichnete Kriechfestigkeit unter Hochtemperatur- und Langzeitspannungsbedingungen auf und verzögern plastische Verformungen und Brüche. Durch eine sinnvolle Legierungskonstruktion und optimierte Wärmebehandlung kann ihre thermische Ermüdungslebensdauer effektiv verlängert werden, um den Betriebsanforderungen extremer Umgebungen wie Flugzeugtriebwerken und Kernreaktoren gerecht zu werden.

### 2.4.3 Abgestimmte Optimierung von Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit

In der Praxis müssen Ringe aus Wolframlegierungen oft eine ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aufweisen. Die folgenden Methoden können eine synergetische Verbesserung beider Eigenschaften erreichen:

- **Kontrolle der Legierungszusammensetzung** : Passen Sie das Verhältnis von Elementen wie Wolfram, Nickel und Eisen an, fügen Sie Spuren von Seltenerdelementen oder Verstärkungsphasen hinzu, um die Hochtemperaturstabilität und Oxidationsbeständigkeit zu verbessern und gleichzeitig die allgemeine Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen.
- **Oberflächenmodifizierung** : Hochtemperatur- **Antioxidationsbeschichtungen** (wie z. B. Keramikbeschichtungen), chemische Passivierung und Ionenimplantation werden verwendet, um die Oberflächenkorrosionsbeständigkeit und Hitzebeständigkeit von Ringen aus Wolframlegierungen deutlich zu verbessern.
- **Fortschrittliche Vorbereitungstechnologie** : Nutzen Sie Hochverdichtungsverfahren wie Vakuumsintern und heißisostatisches Pressen, um die Materialporosität zu reduzieren, das Eindringen korrosiver Medien zu verhindern und die Gewebestabilität und Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern.

dass Ringe aus Wolframlegierungen aufgrund ihrer außergewöhnlichen Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit eine unersetzliche Rolle im Hochtemperaturschutz, in der nuklearen Abschirmung, in der Luft- und Raumfahrt sowie in der chemischen Industrie spielen. Mit der Weiterentwicklung der Materialwissenschaft und der Oberflächentechnik werden die Korrosionsbeständigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit von Ringen aus Wolframlegierungen weiter verbessert, um den strengeren Anwendungsanforderungen der Zukunft gerecht zu werden.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## CTIA GROUP LTD

### High-Density Tungsten Alloy Customization Service

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

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

**Precision customization:** support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), 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

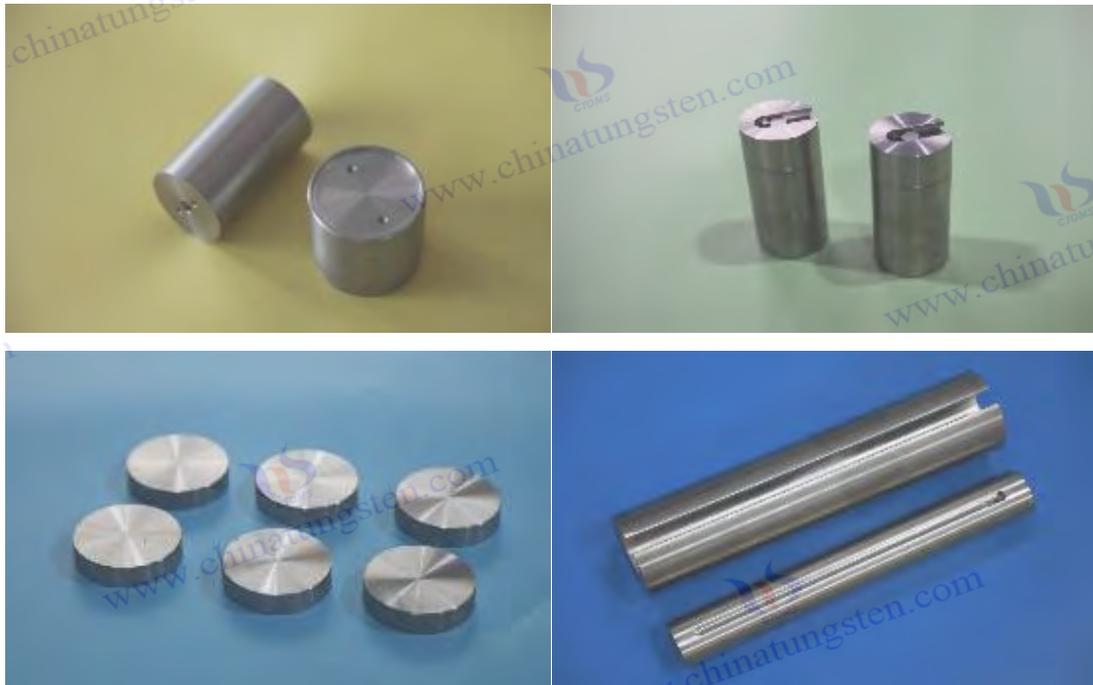
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://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](http://www.ctia.com.cn)

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



### Kapitel 3 Herstellungstechnologie für Wolframlegierungsringe

#### 3.1 Vorbereitung der Rohstoffe für Wolframlegierungsringe und grundlegende Pulvermetallurgie

Die Herstellung von Wolframlegierungsringen ist ein wichtiger Schritt zur Gewährleistung ihrer hervorragenden Leistung und stabilen Qualität. Die Rohstoffaufbereitung und der Pulvermetallurgieprozess bilden die Grundlage des gesamten Herstellungsprozesses. Hochwertiges Wolframlegierungspulver und wissenschaftlich fundierte Pulvermetallurgietechnologie wirken sich direkt auf die Dichte, Mikrostruktur, mechanischen Eigenschaften und Oberflächenqualität von Wolframlegierungsringen aus .

##### 3.1.1 Auswahl und Vorbereitung der Rohstoffe für Wolframlegierungsringe

Ringe aus Wolframlegierungen bestehen hauptsächlich aus hochreinem Wolframpulver und einem Legierungsbinder (normalerweise Metallpulver wie Nickel, Eisen oder Kupfer). Reinheit, Partikelgrößenverteilung, Morphologie und chemische Zusammensetzung der Rohstoffe haben einen erheblichen Einfluss auf die Leistung des Endprodukts.

- **Wolframpulverherstellung** : Wolframpulver ist der Hauptbestandteil von Ringen aus Wolframlegierungen. Gängige Herstellungsverfahren sind Reduktion und chemische Fällung. Bei der Reduktion wird Natriumwolframat verwendet, um Wolframpulver

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gleichmäßiger Größe zu erzeugen, oft mit kugelförmiger oder subsphärischer Partikelform, was das anschließende Pressen und Sintern erleichtert. Durch chemische Fällung kann ultrafeines Wolframpulver erzeugt werden, das sich für die Herstellung von Hochleistungsringen aus Wolframlegierungen eignet.

- **Legierungsbindpulver** : Nickelpulver und Eisenpulver sind die primären Bindemittel und müssen eine hohe Reinheit und eine gleichmäßige Partikelgrößenverteilung aufweisen. Nickelpulver bietet hervorragende mechanische Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeit, während Eisenpulver die Härte und Festigkeit der Legierung erhöht. Kupferpulver wird häufig in speziellen Wolfram-Kupfer-Legierungen verwendet, um die Wärmeleitfähigkeit zu verbessern.
- **Pulvervorbehandlung** : Rohstoffpulver müssen vor der Verwendung gesiebt, getrocknet und gemischt werden, um eine gleichmäßige Partikelgröße zu gewährleisten und Pulveragglomeration sowie übermäßigen Feuchtigkeitsgehalt zu vermeiden. Wolframpulver und Bindemittelpulver werden außerdem durch mechanische Verfahren wie Kugelmühlen gleichmäßig vermischt, um eine optimale Dispersion zu erreichen und die Sinterverdichtung zu fördern.

### 3.1.2 Grundlegende Prozesse der Pulvermetallurgie

Die Herstellung von Ringen aus Wolframlegierungen basiert hauptsächlich auf Pulvermetallurgietechnologie, einschließlich Pulvermischen, Formen, Sintern, heißisostatischem Pressen und anderen Schritten. Diese Schritte bestimmen zusammen die Mikrostruktur und die Makroeigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen.

- **Pulvermischen** : Das Wolframpulver wird durch Kugelmahlen oder mechanisches Mischen gleichmäßig mit Bindemitteln wie Nickel und Eisen dispergiert. Die Gleichmäßigkeit der Mischung hat entscheidenden Einfluss auf die Dichte und Leistung des Wolframlegierungsringes. Übermäßige Oxidation oder Verunreinigung des Pulvers muss vermieden werden.
- **Formgebungsverfahren** : Beim Formen wird ein gleichmäßig gemischtes Pulver in die gewünschte Form gepresst. Gängige Verfahren sind Formpressen und isostatisches Pressen. Formpressen eignet sich für einfache Ringe aus Wolframlegierungen, während isostatisches Pressen Ringe mit höherer Dichte und komplexeren Formen erzeugen kann.
- **Sintern**: Das Sintern ist der wichtigste Schritt im Pulvermetallurgieprozess. Durch Erhitzen werden Diffusion und Bindung zwischen den Pulverpartikeln bewirkt, wodurch eine dichte Gesamtstruktur entsteht. Ringe aus Wolframlegierungen werden typischerweise im Vakuum bei hohen Temperaturen von 1400–1600 °C gesintert. Dadurch werden Verunreinigungen effektiv reduziert und die Dichte sowie die mechanischen Eigenschaften der Legierung verbessert.
- **Heißisostatisches Pressen (HIP)** : Um die Verdichtung und die mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen weiter zu verbessern, werden gesinterte Ringe aus Wolframlegierungen häufig einem heißisostatischen Pressen (HIP) unterzogen. Das HIP-Verfahren nutzt hohe Temperaturen und hohen Druck, um die Materialverdichtung zu fördern, innere Porosität und Defekte zu beseitigen und die

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Materialgleichmäßigkeit und Festigkeit zu verbessern.

### 3.1.3 Einfluss der Pulvermetallurgie auf die Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Der grundlegende Prozess der Pulvermetallurgie hat einen tiefgreifenden Einfluss auf die Leistung von Wolframlegierungsringen. Eine angemessene Gestaltung und Kontrolle der Prozessparameter kann die Gesamtleistung des Materials erheblich verbessern:

- **Dichte und Festigkeit** : Pulvermetallurgische Produkte mit hoher Dichte weisen eine höhere mechanische Festigkeit und Zähigkeit auf. Um den besten Verdichtungseffekt zu erzielen, müssen Sintertemperatur und Haltezeit genau kontrolliert werden.
- **Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur** : Durch gleichmäßiges Mischen und Sintern der Pulver können Komponentenseigerungen und strukturelle Ungleichmäßigkeiten vermieden und Defekte wie Risse und Löcher reduziert werden.
- **Oberflächenqualität und Verarbeitungsleistung** : Hochwertiges Pulver und ein vernünftiger Formprozess tragen dazu bei, Wolframlegierungsringe mit glatter Oberfläche und stabilen Abmessungen zu erhalten, was für die anschließende Bearbeitung und Oberflächenbehandlung praktisch ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Rohstoffaufbereitung und der Pulvermetallurgieprozess von Wolframlegierungsringen entscheidend für deren hohe Leistung und lange Lebensdauer sind. Mit der Entwicklung der Nanopulvertechnologie, fortschrittlicher Formanlagen und intelligenter Prozesssteuerung wird die Herstellungstechnologie von Wolframlegierungsringen kontinuierlich optimiert, um den Anforderungen komplexerer und anspruchsvollerer Anwendungen gerecht zu werden.

## 3.2 Verfahren zur Ringformung aus Wolframlegierungen (Formen, isostatisches Pressen usw.)

Die endgültige Form, Maßgenauigkeit und innere Dichte von Wolframlegierungsringen sind entscheidend. Die richtige Auswahl und Optimierung der Umformungsverfahren beeinflusst nicht nur die mechanischen Eigenschaften und die Lebensdauer des Materials, sondern wirkt sich auch direkt auf die Produktionseffizienz und Kostenkontrolle aus. Formpressen und isostatisches Pressen sind derzeit die beiden am häufigsten verwendeten Umformungsverfahren für Wolframlegierungsringe.

### 3.2.1 Formpressverfahren

Beim Formpressen wird Wolframlegierungspulver mithilfe einer speziellen Form in einen Formhohlraum gepresst. Der Prozess umfasst hauptsächlich das Einfüllen des Pulvers, das Vorpressen, das Endpressen und das Entformen.

- **Pulverfüllung** : Das vorgemischte Wolframlegierungspulver wird in den Formhohlraum gefüllt, um eine gleichmäßige Verteilung des Pulvers zu gewährleisten und so eine ungleichmäßige Dichte des Endprodukts zu vermeiden.
- **Vorverdichtungsphase** : Verwenden Sie einen niedrigeren Druck, um eine vorläufige

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Verdichtung des Pulvers durchzuführen, um die Stabilität des Pulvers zu verbessern und Formfehler zu reduzieren.

- **Hauptpressphase** : Wenden Sie höheren Druck an, um das Pulver vollständig zu verdichten. Normalerweise kann der Druck Hunderte von MPa erreichen, um die Dichte des Grünkörpers zu verbessern.
- **Entformen** : Nach dem Pressen muss die Form vorsichtig entformt werden, um Risse oder Verformungen des Rohlings zu vermeiden. Der geformte Ringrohling aus Wolframlegierung wird anschließend gesintert.

Die Vorteile des Formpressens liegen in den relativ geringen Anlageninvestitionen und ausgereiften Betriebsabläufen. Daher eignet es sich für die Herstellung von Wolframlegierungsringen mit einfacher Struktur und in großen Mengen. Nachteile sind jedoch, dass ungleichmäßiger Formdruck zu Dichtegradienten führen kann, die die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigen. Darüber hinaus ist das Formen von Ringen mit komplexen Formen oder dünnen Wänden schwieriger.

### 3.2.2 Isostatisches Pressverfahren

Kaltisostatisches Pressen (CIP) ist ein Verfahren zum Verdichten von Pulvern in einer geschlossenen, flexiblen Form durch gleichmäßigen Druck in alle Richtungen mithilfe einer Flüssigkeit oder eines Gases. Der Prozess umfasst das Abfüllen des Pulvers in Säcke, das Einbringen in eine isostatische Presse, das Unterdrucksetzen und das Auspacken.

- **Pulverabfüllung** : Geben Sie das gleichmäßig gemischte Wolframlegierungspulver in einen flexiblen Beutel aus Gummi oder Kunststoff und achten Sie darauf, dass keine Blasen entstehen und das Pulver im Beutel fließt.
- **Isostatisches Pressen** : Das abgepackte Pulver wird in eine isostatische Presskammer gegeben und mithilfe eines Hydrauliksystems gleichmäßig Druck auf das Pulver ausgeübt. Der Druckbereich liegt im Allgemeinen zwischen 100 und 400 MPa.
- **Entpacken** : Nach dem Unterdrucksetzen und Formen wird der flexible Beutel entfernt und der geformte Grünkörper weist eine hohe und gleichmäßige Dichte auf.

Der wesentliche Vorteil des isostatischen Pressens liegt im gleichmäßigen Formdruck, der einen hochdichten Block mit gleichmäßiger Dichteverteilung erzeugt. Dieses Verfahren eignet sich besonders für Wolframlegierungsringe mit komplexen Formen und großen Wanddickenunterschieden. Dieses Verfahren reduziert zudem effektiv Formfehler, verbessert die Effizienz des nachfolgenden Sinterns und der maschinellen Bearbeitung und verbessert die Qualität des Endprodukts.

### Einfluss der Umformprozessparameter auf die Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Wolframlegierungsringe werden von vielen Parametern beeinflusst:

- **Formdruck** : Je höher der Druck, desto höher die Dichte des Grünkörpers, aber zu hoher Druck kann zu Formschäden und schlechtem Pulverfluss führen.
- **Verteilung der Pulverpartikel** : Feines und gleichmäßig verteiltes Pulver trägt dazu bei,

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

dichte Formen zu erzielen und Poren und Risse zu reduzieren.

- **Formdesign** : Eine vernünftige **Formstruktur** und ein vernünftiges Design der Pulverentladung gewährleisten eine gleichmäßige Pulverbefüllung und vermeiden Spannungskonzentrationen und Dichtegradienten.
- **Formgeschwindigkeit** : Eine zu hohe Pressgeschwindigkeit während des Formprozesses **kann** zu Pulveragglomerationen und Rissen führen, daher muss die Pressgeschwindigkeit angemessen kontrolliert werden.

### 3.2.4 Weitere Umformhilfstechnologien

- **Heißpressen** : Ein Formungsverfahren, bei dem durch die Kombination von Erhitzen und Druck die Diffusion und Bindung zwischen den Pulverpartikeln gefördert wird, wodurch die Dichte und die mechanischen Eigenschaften des Grünkörpers verbessert werden.
- **Walzformen** : Wolframlegierungspulver wird mithilfe von Walzgeräten geformt, die sich für die Herstellung röhren- oder ringförmiger Produkte eignen .
- **Spritzguss (MIM)** : Die Metallspritzgusstechnologie in Kombination mit dem Kunststoffspritzgussverfahren eignet sich für die hochpräzise Serienproduktion komplex geformter Wolframlegierungsringe , stellt jedoch hohe Anforderungen an Ausrüstung und Verfahren.

### 3.3 Sintertechnologie von Wolframlegierungsringen

Die Herstellung von Wolframlegierungsringen ist ein entscheidender Prozessschritt zur Pulververdichtung, Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und Erhöhung der strukturellen Integrität. Während des Sinterprozesses werden Wolfram und seine Legierungspulver hohen Temperaturen ausgesetzt, wodurch sich Diffusionsbindungen zwischen den Partikeln bilden und eine durchgehende, dichte Metallmatrix entsteht, die den Wolframlegierungsringen hervorragende Festigkeit, Härte und Verschleißfestigkeit verleiht. Ein hochwertiger Sinterprozess beeinflusst nicht nur die Mikrostruktur und Leistungsstabilität der Wolframlegierungsringe , sondern bestimmt auch die Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Endprodukts.

#### 3.3.1 Grundprinzipien des Sinterprozesses

Sintern ist ein Wärmebehandlungsprozess, bei dem Pulverpartikel bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunkts des Materials diffundieren und sich miteinander verbinden, wodurch ein fester, dichter Körper entsteht. Ringe aus Wolframlegierungen werden typischerweise im Festphasensinterverfahren gesintert. Dabei werden Pulverpartikel bei hohen Temperaturen durch Festkörperdiffusion sowie physikalische und chemische Reaktionen zwischen den Partikeln verbunden. Dieser Prozess umfasst Phasen wie die Aktivierung der Partikeloberfläche, die Bildung eines Halses, das Partikelwachstum und den Porenverschluss.

Der hohe Schmelzpunkt von Wolfram (ca. 3422 °C) erfordert Sintertemperaturen über 1800 °C, wobei der typische Bereich zwischen 1500 °C und 1800 °C liegt. Die genaue Temperatur hängt von der Legierungszusammensetzung und den gewünschten Leistungsanforderungen ab. Parameter wie Sintertemperatur, -zeit und -atmosphäre haben einen entscheidenden Einfluss auf Dichte und

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Mikrostruktur.

### 3.3.2 Gängige Sinterverfahren

- **Beim Vakuumsintern**

wird eine Hochvakuumumgebung genutzt, um Oxidation und Kontamination durch Fremdgase zu vermeiden. Dadurch wird die Materialreinheit erhalten und Oberflächendefekte reduziert. Vakuumsintern kann die Dichte und die mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen verbessern und ist ein häufig eingesetztes Sinterverfahren in der industriellen Produktion.

- **Beim Sintern in einer wasserstoffreduzierenden Atmosphäre**

werden die reduzierenden Eigenschaften der Wasserstoffatmosphäre genutzt, um die Oxidschicht auf der Pulveroberfläche zu entfernen, die Diffusionsbindung zwischen den Partikeln zu fördern, die Sinter Temperatur zu senken und die Struktur und Eigenschaften der Legierung zu verbessern. Reinheit und Durchflussrate des Wasserstoffs müssen jedoch streng kontrolliert werden, um unerwünschte Phänomene wie Wasserstoffversprödung zu vermeiden.

- **Beim Sintern in inerter Atmosphäre**

werden Inertgase wie Argon und Stickstoff verwendet, um die Sinterumgebung zu schützen, Oxidation zu verhindern und die Oberflächenqualität der Legierung zu verbessern. Es eignet sich für komplexe Ringe aus Wolframlegierungen mit hohen Anforderungen an die Atmosphäre.

- **Beim Heißisostatischen Pressen (HIP)**

werden Hochtemperatur- und isostatische Drucksinterverfahren kombiniert, um durch den angewandten Druck den Porenverschluss und die mikrostrukturelle Homogenisierung zu fördern. Dadurch werden die Dichte und die mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen deutlich verbessert. Die HIP-Technologie eignet sich für die Herstellung von leistungsstarken und zuverlässigen Ringen aus Wolframlegierungen.

### **Einfluss der Sinterprozessparameter auf die Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen**

- **Temperaturkontrolle:**

Bei zu niedriger Temperatur ist die Diffusion unzureichend, was zu einer Verringerung von Dichte und Festigkeit führt. Bei zu hoher Temperatur kommt es leicht zu einer Kornvergrößerung, was zu einer Verringerung der Zähigkeit und Verschleißfestigkeit führt. Eine angemessene Temperaturkontrolle ist der Schlüssel zur Sicherstellung der Sinterqualität.

- **Die Haltezeit**

gewährleistet eine ausreichende Diffusion zwischen den Partikeln und einen Porenverschluss. Eine zu lange Haltezeit kann jedoch zu Kornwachstum und Strukturabbau führen.

- **Heiz- und Abkühlraten**

Eine geeignete Heizrate kann thermische Spannungen und Verformungen reduzieren und

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Risse im Rohling verhindern; die Abkühlrate beeinflusst die strukturelle Stabilität und die Freisetzung innerer Spannungen.

- **Auswahl und Reinheit der Atmosphäre**

: Ein geeigneter Atmosphärenschutz verhindert Oxidation und Entkohlung und erhält die Materialreinheit und Oberflächenqualität.

### 3.3.4 Sinterfehler und Qualitätskontrolle

Zu den häufigsten Sinterfehlern zählen Porosität, Risse, Sinterfehlereinschlüsse und Korninhomogenität. Diese Fehler können die mechanischen Eigenschaften und die Haltbarkeit von Ringen aus Wolframlegierungen beeinträchtigen. Durch Optimierung der Pulverqualität, strenge Kontrolle der Sinterparameter und den Einsatz zusätzlicher Sintertechnologien (wie HIP und Warmpressintern) können Fehler effektiv reduziert und die Produktkonsistenz verbessert werden.

## 3.4 Präzisionsbearbeitung von Ringen aus Wolframlegierungen

Die Herstellung von Ringen aus Wolframlegierungen ist ein entscheidender Schritt bei der Umwandlung gesinterter Wolframlegierungsrohlinge in fertige Formen und Größen, die den Designanforderungen entsprechen. Aufgrund der hohen Dichte, Härte, des Schmelzpunkts und der geringen Plastizität von Wolframlegierungen ist ihre Bearbeitung eine Herausforderung. Sie erfordert spezielle Bearbeitungstechniken und Prozessparameter, um die Qualität sicherzustellen, die Produktionseffizienz zu verbessern und die Werkzeuglebensdauer zu verlängern.

### 3.4.1 Herausforderungen bei der Bearbeitung von Ringen aus Wolframlegierungen

- **Wolframlegierungsringe weisen nach dem Sintern eine hohe Härte auf**, die leicht zu Werkzeugverschleiß und -bruch führen kann. Gleichzeitig ist das Material sehr spröde, was bei der Bearbeitung leicht zu Rissen und Kanteneinbrüchen führen kann. Übermäßige Schnittkräfte und thermische Spannungen müssen vermieden werden.
- **Eine hohe Dichte führt zu einer hohen Bearbeitungslast**. Die hohe Dichte der Wolframlegierung (im Allgemeinen 17–19 g/cm<sup>3</sup>) erhöht die Schnittlast, und die Bearbeitungsgeräte und Werkzeuge müssen eine hohe Steifigkeit und Haltbarkeit aufweisen.
- **Geringe Wärmeleitfähigkeit und leichte Wärmeansammlung**. Wolframlegierungen haben eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Die bei der Verarbeitung entstehende Wärme kann nur schwer schnell abgeleitet werden, was leicht zu einer Überhitzung der Werkstückoberfläche und des Werkzeugs führen kann, was zu Verformungen und einer Verschlechterung der Oberflächenqualität führt.

### 3.4.2 Hauptbearbeitungsverfahren für Wolframlegierungsringe

- **Schruppen und Schlichten** durchgeführt, um den Großteil des überschüssigen Materials zu entfernen. Anschließend erfolgt das Schlichten, um die erforderliche Maßgenauigkeit und Oberflächengüte zu

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

erreichen. Beim Schruppen werden höhere Schnittparameter verwendet, um die Effizienz zu gewährleisten. Beim Schleifen hingegen werden die Parameter fein abgestimmt, um Schnittkräfte und thermische Effekte zu reduzieren.

- **Drehen**  
ist ein gängiges Verfahren zur Bearbeitung von Ringen aus Wolframlegierungen und eignet sich für die Innen- und Außenkreisbearbeitung. Hartmetall- oder Diamantwerkzeuge werden in Kombination mit Kühl- und Schmierflüssigkeiten verwendet. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub werden gesteuert, um eine optimale Oberflächenqualität und Maßgenauigkeit zu erzielen.
- **Schleifen**  
dient der hochpräzisen Größenbestimmung und Oberflächenbearbeitung von Ringen aus Wolframlegierungen. Es eignet sich besonders für komplexe gekrümmte Oberflächen und kleine Abmessungen, die schwer zu bearbeiten sind. Als Schleifwerkzeuge werden häufig Diamantschleifscheiben verwendet, kombiniert mit effizienten Kühlsystemen, um eine Überhitzung des Werkstücks zu verhindern.
- **Die Funkenerosion (EDM)**  
eignet sich für Wolframlegierungsringe mit komplexen Formen und schwer zu bearbeitenden Bereichen. Sie ermöglicht eine hohe Präzision und gute Oberflächenqualität und ist weniger abhängig von der Materialhärte. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit ist jedoch gering, sodass sie sich als unterstützende Verarbeitungstechnologie eignet.
- **Polieren**  
ist ein wichtiger Prozess zur Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit von Ringen aus Wolframlegierungen. Es wird häufig eingesetzt, um die Korrosionsbeständigkeit und das Erscheinungsbild der Oberfläche zu verbessern. Mechanisches, chemisches und elektrolytisches Polieren sind möglich. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens richtet sich nach den Anforderungen des Werkstücks.

### 3.4.3 Wichtige Verarbeitungsparameter und Prozessoptimierung

- **Die Schnittgeschwindigkeit**  
wird im Allgemeinen auf eine niedrigere Schnittgeschwindigkeit im Bereich von 30 bis 100 m/min geregelt, um den Werkzeugverschleiß und die Werkstücktemperatur zu reduzieren.
- **Schnittvorschub und Schnitttiefe**  
Der Vorschub sollte moderat sein, um zu hohe Schnittkräfte zu vermeiden. Die Schnitttiefe ist in der Regel gering, um die Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit des Werkstücks zu gewährleisten.
- **Kühl- und Schmierprozess**  
wird eine große Menge Kühlmittel oder Kühlgas verwendet, um die Wärmeableitungseffizienz zu verbessern, thermische Belastungen und Werkzeugverschleiß zu reduzieren und die Werkzeuglebensdauer zu verlängern.
- **Bei der Auswahl des Werkzeugmaterials**  
werden hauptsächlich Diamantwerkzeuge, Werkzeuge aus kubischem Bornitrid (CBN) oder Hartmetallwerkzeuge verwendet, wobei sowohl Härte als auch Zähigkeit

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

berücksichtigt werden, um die Schneidwirkung sicherzustellen.

### 3.4.4 Qualitätskontrolle und Verarbeitungsprüfung

- **Bei der Prüfung der Maßgenauigkeit**

werden hochpräzise Messgeräte wie Drei-Koordinaten-Messgeräte (KMGs), Innendurchmessermessgeräte und Außendurchmesser-Mikrometer verwendet, um sicherzustellen, dass die Abmessungen und die Koaxialität den Konstruktionsanforderungen entsprechen.

- **Bei der Oberflächenqualitätsprüfung**

werden ein Oberflächenrauheitsmessgerät und ein Mikroskop verwendet, um die Oberflächenstruktur und -defekte zu erkennen und sicherzustellen, dass die bearbeitete Oberfläche frei von Rissen und Absplitterungen ist und die erforderliche Glätte erreicht.

- **Bei der Erkennung innerer Defekte**

werden zerstörungsfreie Prüftechnologien (Ultraschall, Röntgen usw.) kombiniert, um während des Verarbeitungsprozesses neue Risse oder innere Defekte zu erkennen und so die strukturelle Integrität sicherzustellen.

### 3.5 Oberflächenbehandlung und Leistungsverbesserungstechnologie von Wolframlegierungsringen

Wolframlegierungsringe werden aufgrund ihrer hohen Dichte, Festigkeit und Temperaturbeständigkeit häufig in der Luft- und Raumfahrt, im Militär, in der Kernenergie und im High-End-Maschinenbau eingesetzt. Um die Gesamtleistung von Wolframlegierungsringen, insbesondere ihre Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Lebensdauer, weiter zu verbessern, ist die Oberflächenbehandlung ein wichtiger Schritt. Durch geeignete Oberflächenmodifizierungsverfahren lässt sich nicht nur die Oberflächenqualität von Wolframlegierungsringen verbessern, sondern auch ihre mechanischen Eigenschaften und ihre Umweltverträglichkeit steigern.

#### 3.5.1 Hauptziele der Oberflächenbehandlung von Ringen aus Wolframlegierungen

- **Verbesserte Verschleißfestigkeit:**

Ringe aus Wolframlegierungen unterliegen in Umgebungen mit hoher Reibung und hoher Stoßbelastung starkem Oberflächenverschleiß. Der Einsatz von Hartbeschichtungen oder Oberflächenhärtungstechnologien kann die Lebensdauer effektiv verlängern.

- **Verbesserte Korrosionsbeständigkeit**

In nuklearen und chemischen Umgebungen können Ringe aus Wolframlegierungen durch Oxidation, Korrosion oder Strahlung beschädigt werden. Die Oberflächenschutzschicht kann eine stabile Schutzbarriere bilden, um eine Beschädigung des Grundmaterials zu verhindern.

- **Verbessern Sie die Oberflächenrauheit und Dimensionsstabilität**

durch Polieren, Schleifen und andere Prozesse, um eine höhere Oberflächengüte zu erzielen, den Reibungskoeffizienten zu senken und die Dichtungsleistung sowie die

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Montagegenauigkeit zu verbessern.

- **Verbessern Sie die Haftung und die Festigkeit der Grenzflächenbindung.**  
Durch die Oberflächenvorbehandlung wird die Bindung zwischen der Beschichtung und dem Substrat gestärkt und ein Abblättern oder Reißen der Beschichtung verhindert.

### 3.5.2 Typische Oberflächenbehandlungstechnologie für Wolframlegierungsringe

- **Mechanisches Polieren und Schleifen**  
entfernt Oberflächenoxide und Unebenheiten durch mechanische Methoden wie Schleifen und Polieren mit einer Schleifscheibe, um eine gleichmäßige und glatte Oberfläche zu erzeugen. Sie eignen sich zur Verbesserung der Oberflächenrauheit und zur Vorbereitung auf die nachfolgende Verarbeitung.
- **chemischen Polieren und Beizen**  
werden spezielle chemische Reagenzien verwendet, um Oberflächenoxide und Verunreinigungen zu entfernen, wodurch eine gleichmäßige und dichte Oberflächenschicht entsteht und gleichzeitig die Oberflächenreinheit verbessert wird.
- **Galvanotechnik:**  
Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig mit Metallen wie Nickel und galvanischem Chrom beschichtet, um die Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Die Kontrolle der Dicke und Gleichmäßigkeit der Beschichtung ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Maßtoleranzen nicht beeinträchtigt werden.
- **Bei der physikalischen Gasphasenabscheidung (PVD) und der chemischen Gasphasenabscheidung (CVD)**  
wird eine Verdampfungs- oder chemische Reaktionsabscheidungstechnologie in einer Vakuumumgebung verwendet, um eine harte Keramikbeschichtung (wie TiN, CrN, TiC usw.) auf der Oberfläche von Wolframlegierungsringen, wodurch die Oberflächenhärte und Verschleißfestigkeit erheblich verbessert werden.
- **Bei der Laser-Oberflächenbeschichtung und Schmelzmodifikation**  
wird ein hochenergetischer Laserstrahl verwendet, um die Oberfläche des Wolframlegierungsringes lokal zu beschichten oder schnell zu verfestigen und so eine dichte, verschleißfeste Schicht zu bilden, wodurch die Oberflächenbindungsstärke und Korrosionsbeständigkeit verbessert werden.
- **Plasmaspritzen**  
wird ein Hochtemperaturplasma verwendet, um Metall- oder Keramikpulver aufzusprühen und so Funktionsbeschichtungen herzustellen. Dadurch werden zahlreiche Leistungsverbesserungen hinsichtlich Hochtemperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit erzielt.

### 3.5.3 Leistungsverbesserungsmechanismus der Oberflächenverstärkungstechnologie

- **Härtesteigerung:**  
Durch Hartbeschichtung oder Oberflächenlegierung kann die Oberflächenhärte von Ringen aus Wolframlegierungen deutlich verbessert und dadurch die Kratzfestigkeit und Ermüdungsbeständigkeit erhöht werden.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Die korrosionsbeständige Barrierebeschichtung**  
bildet einen dichten und stabilen Schutzfilm, der Sauerstoff, Feuchtigkeit und korrosive Medien isoliert und die Korrosion des Substrats verzögert.
- **Der Anti-Reibungseffekt**  
optimiert die Oberflächenrauheit und den Reibungskoeffizienten der Beschichtung, verringert die Reibung und den Verschleiß zwischen beweglichen Teilen und verbessert die mechanische Effizienz.
- **Verbesserte thermische Stabilität:**  
Durch eine verschleißfeste Beschichtung gegen hohe Temperaturen und eine Oberflächenmodifizierung werden die Stabilität und Lebensdauer von Ringen aus Wolframlegierungen in Umgebungen mit hohen Temperaturen verbessert.

### 3.5.4 Prozesskontrolle und Qualitätsprüfung der Oberflächenbehandlung

- **Die Optimierung der Prozessparameter**  
umfasst die Auswahl des Beschichtungsmaterials, die Abscheidungstemperatur, den Druck, die Zeit und den Nachbearbeitungsprozess, um sicherzustellen, dass die Gleichmäßigkeit, Haftung und physikalischen und chemischen Eigenschaften der Beschichtung den Anforderungen entsprechen.
- **Bei der Prüfung der Oberflächenrauheit**  
werden Geräte wie ein Rauheitsmessgerät und ein Rasterelektronenmikroskop (REM) verwendet, um die Ebenheit und Defekte einer Oberfläche zu beurteilen.
- **Die Prüfung der Beschichtungsdicke und -haftung**  
gewährleistet die Beschichtungsqualität durch Mikroschliffanalyse, Kratzprüfung und Zugfestigkeitsprüfung.
- **Bei Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeitstests**  
werden Reibungs- und Verschleißprüfmaschinen, Salzsprühtests usw. verwendet, um die tatsächlichen Arbeitsbedingungen zu simulieren und die Wirkung der Oberflächenbehandlung zu überprüfen.

### 3.5.5 Zukünftige Entwicklungstrends

- **Bei der grünen und umweltfreundlichen Oberflächenbehandlungstechnologie**  
wird ein schadstoffarmes, energiesparendes und unbedenkliches Oberflächenbehandlungsverfahren verwendet, das den Umweltschutzbestimmungen entspricht.
- **Intelligente und präzise Prozesse**  
nutzen digitale Steuerung und Online-Überwachung, um eine intelligente Optimierung und Qualitätsrückverfolgbarkeit von Oberflächenbehandlungsprozessen zu erreichen.
- **Durch die funktionale Gradientenbeschichtungstechnologie**  
wird eine allmähliche Änderung der Beschichtungsleistung vom Substrat zur Oberfläche erreicht, wobei sowohl die Bindungsstärke als auch die Oberflächenfunktionalität berücksichtigt werden.
- **Bei der Entwicklung von Nano-Verbundbeschichtungen**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden mehrere Nanomaterialien kombiniert, um Hochleistungs-Verbundbeschichtungen herzustellen, die anspruchsvolleren Serviceanforderungen gerecht werden.

  
www.chinatungsten.com

  
www.chinatungsten.com

en.com

www.ch

  
www.chinatungsten.com

  
www.chinatungsten.com

  
www.chinatungsten.com

  
www.chinatungsten.com

1

  
www.chinatun

  
www.chinatungsten.com

  
www.chinatungsten.com

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**



## Kapitel 4 Qualitätsprüfung und Charakterisierungsmethoden von Wolframlegierungsringen

### 4.1 Prüfung der Maß- und Formgenauigkeit von Ringen aus Wolframlegierungen

Als leistungsstarke Struktur- und Funktionskomponenten ist eine strenge Kontrolle der Maß- und Geometrie-genauigkeit entscheidend, um sicherzustellen, dass Ringe aus Wolframlegierungen die Konstruktionsanforderungen erfüllen und in der Praxis eine stabile Leistung erbringen. Aufgrund der hohen Dichte, Härte und schwer zu verarbeitenden Eigenschaften von Wolframlegierungen ist eine präzise Maß- und Geometrieprüfung für die Prozessoptimierung und Qualitätskontrolle von entscheidender Bedeutung.

#### 4.1.1 Bedeutung der Maßprüfung

- **aus Wolframlegierungen**  
werden häufig im High-End-Maschinenbau, in der Kernenergie und in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Die präzisen Innen- und Außendurchmesser, die Ringdicke und -breite wirken sich direkt auf die Montagegenauigkeit und die Betriebssicherheit aus.
- **Kontrolle von Fertigungsfehlern und Verformungen**  
Wolframlegierungen sind während der Verarbeitung anfällig für Spannungen und Verformungen. Durch die Maßprüfung können Abweichungen rechtzeitig erkannt und korrigiert werden, wodurch Qualitätsprobleme in nachfolgenden Prozessen vermieden werden.
- **Verbessern Sie die Produktkonsistenz und -stabilität.**  
Erreichen Sie durch standardisierte Maßprüfungen eine kontrollierbare und konsistente Produktqualität in der Massenproduktion.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 4.1.2 Inhalt der Prüfung der geometrischen Genauigkeit

- **Die Innen- und Außendurchmesser**  
des Wolframlegierungsringes werden mit einer hochpräzisen Innendurchmesserlehre, einem externen Mikrometer oder einer Koordinatenmessmaschine (KMG) gemessen, um sicherzustellen, dass die Abmessungen den Konstruktionstoleranzen entsprechen.
- **Gleichmäßigkeit der Wandstärke**  
misst die Ringwandstärke, um sicherzustellen, dass die Wandstärke innerhalb des Konstruktionsbereichs gleichmäßig verteilt ist, wodurch eine unzureichende Festigkeit oder Spannungskonzentration aufgrund lokaler ungleichmäßiger Stärke verhindert wird.
- **Bei der Prüfung auf Rundheit und Konzentrität**  
werden ein Rundheitsmessgerät und eine dreidimensionale Koordinatenmessmaschine verwendet, um die Rundheit und Konzentrität der Innen- und Außendurchmesser des Wolframlegierungsringes zu bewerten und so die Kreisgenauigkeit und strukturelle Stabilität des Rings sicherzustellen.
- **Der Test auf Ebenheit und Rechtwinkligkeit der Stirnflächen**  
prüft, ob die beiden Stirnflächen des Rings parallel sind und ob die Rechtwinkligkeit zwischen der Stirnfläche und der Achse des Ringkörpers den Anforderungen zur Gewährleistung der Installations- und Dichtungsleistung entspricht.

#### 4.1.3 Wichtigste Prüfgeräte und -technologien

- **Mit der dreidimensionalen Koordinatenmessmaschine (KMG) können sämtliche Abmessungen und geometrischen Formen**  
von Ringen aus Wolframlegierungen durch dreidimensionale Koordinatenmessung hochpräzise gemessen werden. Die Daten können zur einfachen Qualitätsverfolgung digital gespeichert werden.
- **Optische Profilometer und Laserscanner**  
verwenden berührungslose Messtechnik, um das Oberflächenprofil und die Morphologie von Ringen aus Wolframlegierungen zu ermitteln, die sich zum Messen komplexer Oberflächen und kleiner Verformungen eignen.
- **Innendurchmessermessgeräte und Außendurchmesser-Mikrometer sind**  
traditionelle Präzisionsmesswerkzeuge, die sich für die routinemäßige Größenerkennung eignen. Sie sind einfach zu bedienen und eignen sich für eine schnelle Inspektion in der Werkstatt.
- **Rundheitsprüfer und Formmessgeräte werden speziell zum Prüfen der Rundheit, Konzentrität und Ebenheit verwendet, um die geometrische Genauigkeit von**  
Ringen aus Wolframlegierungen sicherzustellen.

#### 4.1.4 Prüfablauf und Qualitätskontrolle

##### 1. Vorbereitung des Werkstücks

: Reinigen Sie die Oberfläche des Wolframlegierungsringes, um Öl und Verunreinigungen zu entfernen und so die Messgenauigkeit nicht zu beeinträchtigen.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

2. **Messplanerstellung:**

Entwickeln Sie Prüfpläne auf Basis von Konstruktionszeichnungen und legen Sie die wichtigsten Abmessungen und Toleranzanforderungen fest.

3. **Datenerfassung**

Verwenden Sie geeignete Messgeräte, um Abmessungen und Geometrie zu messen und detaillierte Daten zu erfassen.

4. **Datenanalyse und Beurteilung:**

Die Messergebnisse werden einer statistischen Analyse unterzogen, um festzustellen, ob sie den Design- und Prozessspezifikationen entsprechen.

5. **Qualitätsfeedback und -anpassung:**

Geben Sie der Produktionslinie anhand der Testergebnisse Feedback, um die Verarbeitungsparameter anzupassen und den Herstellungsprozess zu optimieren.

#### 4.1.5 Häufige Probleme und Lösungen

- **Die durch die Verarbeitungsverformung verursachte Maßabweichung**  
wird durch die Verwendung einer angemessenen Vorrichtungunterstützung und einer schrittweisen Verarbeitung behoben, um die Verarbeitungsspannung zu reduzieren.
- **Quellen von Messfehlern:**  
Stellen Sie sicher, dass die Temperatur der Messumgebung stabil ist, kalibrieren Sie die Messausrüstung und wählen Sie eine geeignete Messmethode aus.
- **Die Oberflächenrauheit beeinflusst die Messgenauigkeit**  
. Verbessern Sie die Messgenauigkeit durch Polieren und Reinigen der Oberfläche.

#### 4.2 Methode zur Analyse der Zusammensetzung von Wolframlegierungsringen

Die Zusammensetzung von Wolframlegierungsringen bestimmt direkt deren wichtigste physikalische und mechanische Eigenschaften sowie deren Korrosionsbeständigkeit. Daher ist eine genaue und umfassende Zusammensetzungsanalyse entscheidend für die Gewährleistung stabiler Qualität und hervorragender Leistung. Dieser Artikel stellt systematisch gängige Techniken zur Zusammensetzungsanalyse von Wolframlegierungsringen und deren Anwendungsmerkmale vor.

##### 4.2.1 Bedeutung der Inhaltsstoffanalyse

- **Stellen Sie die Genauigkeit der Formel sicher. Die Leistung von**  
Wolframlegierungsringen hängt vom angemessenen Verhältnis von Wolfram (W), Nickel (Ni), Eisen (Fe) und anderen Elementen ab. Eine genaue Zusammensetzungsanalyse hilft, die korrekte Umsetzung der Legierungsformel zu überprüfen.
- **Kontrolle von Verunreinigungen:**  
Ein übermäßiger Gehalt an Verunreinigungselementen wie Sauerstoff (O), Kohlenstoff (C), Schwefel (S) usw. beeinträchtigt die Dichte und die mechanischen Eigenschaften des Materials erheblich. Eine Analyse der Zusammensetzung hilft bei der Erkennung und Kontrolle des Verunreinigungsgrads.
- **Leiten Sie die Prozessoptimierung**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

durch die Analyse von Zusammensetzungsänderungen, um die Anpassung von Prozessparametern wie Pulvervorbereitung, Sintern und Wärmebehandlung zu steuern und so eine Leistungsverbesserung zu erzielen.

#### 4.2.2 Häufig verwendete Techniken zur Zusammensetzungsanalyse

##### 1. Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)

- **Prinzip:**

Nach der Auflösung der Probe werden die Elemente durch das Plasma zur Emission charakteristischer Spektren angeregt und durch Analyse der spektralen Intensität der Elementgehalt bestimmt.

- **Vorteile:**

Hohe Nachweisempfindlichkeit, kann mehrere Elemente gleichzeitig bestimmen, besonders geeignet für die genaue Analyse von Spurenverunreinigungen und Hauptelementen.

- **Anwendung:**

Geeignet für die quantitative Erkennung von Wolfram, Nickel, Eisen und Verunreinigungselementen in Wolframlegierungsringen, wird häufig in der Qualitätskontrolle und Formelüberprüfung verwendet.

##### 2. Röntgenfluoreszenzspektrometer (XRF)

- **Prinzip:**

Die Probe wird mit Röntgenstrahlen angeregt und die Intensität der von den Elementen emittierten charakteristischen fluoreszierenden Röntgenstrahlen gemessen, um Art und Gehalt der Elemente zu bestimmen.

- **Vorteile**

: Kein Auflösen der Probe erforderlich, schnelle Erkennung, geeignet für die zerstörungsfreie Analyse fester Proben.

- **Anwendung:**

Wird verwendet, um die wichtigsten Legierungselemente und ihren ungefähren Gehalt in Wolframlegierungsringen schnell zu erkennen, geeignet für die schnelle Analyse vor Ort oder in Produktionslinien.

##### 3. Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffanalysator (ONH)

- **Prinzip:**

Zur Messung des Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffgehalts in der Probe wird eine Hochtemperaturverbrennungs- oder Pyrolysemethode verwendet.

- **Vorteile:**

Es kann schwer zu kontrollierende Verunreinigungselemente genau bestimmen und die Reinheit und stabile Leistung der Legierung sicherstellen.

- **Anwendung**

: Erkennen Sie den Gehalt an Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und anderen Verunreinigungen in Ringen aus Wolframlegierung, um zu verhindern, dass die Materialleistung durch Verunreinigungen beeinträchtigt wird.

##### 4. Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Prinzip:**  
Die Probe wird durch einen Elektronenstrahl angeregt und die emittierten charakteristischen Röntgenstrahlen werden analysiert, um Informationen zur Elementverteilung und zum Gehalt im Mikrobereich zu erhalten.
- **Vorteile:**  
Hohe räumliche Auflösung, kann lokale Zusammensetzung und ungleichmäßige Elementverteilung erkennen.
- **Anwendung:**  
Es wird verwendet, um die mikroskopische Verteilung von Legierungselementen und den Legierungsgrad in Wolframlegierungsringen zu untersuchen.

#### 5. Massenspektrometrie (z. B. ICP-MS)

- **Prinzip:**  
Durch Ionisierung der Probenelemente und Messung der Ionenmasse wird der Elementgehalt mit extrem hoher Empfindlichkeit quantitativ analysiert.
- **Vorteile**  
: Erkennt Elemente in extrem geringer Konzentration und eignet sich für die Analyse von Spurenverunreinigungen.
- **Anwendung:**  
Wird zur Spurenelementerkennung von hochreinen Wolframlegierungsringen verwendet, um die Materialreinheit sicherzustellen.

#### 4.2.3 Komponentenanalyseprozess

1. **Probenvorbereitung:**  
Gemäß den Anforderungen der Testmethode werden die Ringproben aus Wolframlegierungen durch Schneiden, Mahlen, Auflösen oder Zerkleinern vorbehandelt, um sicherzustellen, dass die Probe einheitlich ist und den Analysestandards entspricht.
2. **Bei der Gerätekalibrierung**  
werden Standardproben oder Kalibrierlösungen verwendet, um das Gerät zu kalibrieren und so genaue und zuverlässige Testergebnisse zu gewährleisten.
3. **Datenerfassung:**  
Erfassen Sie quantitative oder qualitative Daten von Elementen gemäß standardmäßigen Testverfahren.
4. **Datenverarbeitung und Ergebnisanalyse**  
werden die erfassten Daten korrigiert und berechnet und es wird beurteilt, ob die Zusammensetzung den Spezifikationen entsprechend den Anforderungen des Legierungsdesigns entspricht.
5. **Berichterstellung und Qualitätsfeedback:**  
Ausgabe detaillierter Testberichte als Grundlage für Produktionsanpassungen und Qualitätskontrolle.

#### 4.2.4 Herausforderungen und Überlegungen zur Inhaltsstoffanalyse

- **Repräsentativität der Proben:**  
Da die Materialzusammensetzung von Ringen aus Wolframlegierungen lokale

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Unterschiede aufweisen kann, ist eine Mehrpunktprobenahme erforderlich, um die Repräsentativität der Analyseergebnisse sicherzustellen.

- **Nachweisgrenze und Empfindlichkeit**  
: Zur Erkennung von Spurenverunreinigungselementen sind hochempfindliche Instrumente erforderlich, um Datenabweichungen zu vermeiden.
- **Der Einfluss der Probenvorbereitung auf die Ergebnisse**  
Eine unvollständige Auflösung oder Verunreinigung der Proben beeinträchtigt die Genauigkeit der Ergebnisse und der Vorbereitungsprozess muss streng kontrolliert werden.

### 4.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Die Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Ringen aus Wolframlegierungen in verschiedenen hochintensiven und rauen Umgebungen hängt direkt von deren Verwendung ab. Daher ist die systematische und umfassende Prüfung der mechanischen Eigenschaften ein wichtiger Schritt zur Beurteilung der Qualität und Leistung von Ringen aus Wolframlegierungen. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die häufig verwendeten Prüfelemente, Prüfmethode und Normen für Ringe aus Wolframlegierungen.

#### 4.3.1 Bedeutung der mechanischen Eigenschaften von Wolframlegierungsringen

Wolframlegierungsringe werden üblicherweise in der Nuklearindustrie, der Militärindustrie, der Luft- und Raumfahrt und im High-End-Maschinenbau eingesetzt. Diese Anwendungen stellen extrem hohe Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der Materialien wie Festigkeit, Zähigkeit, Härte usw. Durch die Prüfung der mechanischen Eigenschaften können Sie:

- Bestätigen Sie, ob der Wolframlegierungsring die Konstruktionsbedingungen erfüllt.
- Verstehen Sie das Verformungs- und Bruchverhalten von Materialien in verschiedenen Umgebungen.
- Leiten Sie die Optimierung des Materialvorbereitungsprozesses und verbessern Sie die Gesamtleistung.
- Gewährleisten Sie Produktsicherheit und -stabilität.

#### 4.3.2 Hauptprüfgegenstände für mechanische Eigenschaften

##### 1. Die Zugfestigkeit

misst die maximale Tragfähigkeit eines Materials unter Zugbelastung und spiegelt die Fähigkeit des Wolframlegierungsringes wider, einem Bruch zu widerstehen.

- Prüfmethode: Verwenden Sie eine Standard-Zugprüfmaschine gemäß ASTM E8 oder GB/T 228 und anderen Spezifikationen.
- Probenvorbereitung: Je nach Beschaffenheit der ringförmigen Struktur werden zur Probenvorbereitung häufig Biege- und Streckproben oder das Schneiden von Ringsegmenten verwendet.

##### 2. Streckgrenze

gibt den Spannungswert an, bei dem ein Material beginnt, sich plastisch zu verformen. Sie ist ein wichtiger Indikator für die Berechnung der Sicherheitsmarge.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- Der Prüfstandard ist derselbe wie bei der Zugfestigkeit und wird durch die Streckgrenze in der Zugkurve bestimmt.

### 3. Die Bruchzähigkeit

misst die Fähigkeit von Ringen aus Wolframlegierungen, der Rissausbreitung zu widerstehen, und spiegelt die Zähigkeit und das Bruchverhalten des Materials wider.

- Prüfmethode: Die Prüfung der Bruchzähigkeit wird mit Dreipunktbiegeproben oder kompakten Zugproben gemäß ASTM E399 durchgeführt.
- Anwendung: Besonders geeignet zur Bewertung der Sicherheitsleistung von Ringen aus Wolframlegierungen bei Stößen oder Rissen.

### 4. Die Härte

charakterisiert die Fähigkeit einer Materialoberfläche, plastischer Verformung zu widerstehen und wird üblicherweise anhand der Rockwellhärte (HR), Vickershärte (HV) oder Brinellhärte (HB) gemessen.

- Prüfmittel: Härteprüfer oder Mikrohärteprüfer.
- Legierungsringe mit hoher Härte weisen in der Regel eine ausgezeichnete Verschleiß- und Kratzfestigkeit auf.

### 5. Die Schlagzähigkeit

testet die Fähigkeit des Materials, Energie unter Aufprallbelastung zu absorbieren und bewertet die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Aufprallschäden.

- Prüfnorm: Es wird der Charpy-Schlagversuch (ASTM E23) verwendet, und geeignete Proben müssen speziell konstruiert sein.

### 6. Die Dauerfestigkeit

bewertet die Haltbarkeit von Ringen aus Wolframlegierungen unter wiederholten zyklischen Belastungen.

- Prüfmethode: Verwenden Sie eine Ermüdungsprüfmaschine, um Rotationsbiege- oder Zug- und Druckermüdungstests durchzuführen.
- Legierungsringe, die in Umgebungen mit Vibrationen oder wechselnder Belastung verwendet werden.

## 4.3.3 Prüfverfahren für mechanische Eigenschaften

### 1. Probenvorbereitung: Aufgrund ihrer besonderen Form

müssen Wolframlegierungsringe entsprechend den Testgegenständen in Proben mit Standardgröße geschnitten oder verarbeitet werden, um die Gültigkeit und Vergleichbarkeit der Testergebnisse sicherzustellen.

### 2. Bei der Gerätekalibrierung und Zustandkontrolle

werden den Standards entsprechende Testgeräte verwendet und die Tests bei Raumtemperatur oder einer bestimmten Temperatur durchgeführt, um zu verhindern, dass Umweltfaktoren die Ergebnisse beeinflussen.

### 3. Die Datenerfassung und -verarbeitung

zeichnet Spannungs-Dehnungs-Kurven, Aufprallenergie und andere Daten in Echtzeit auf und berechnet Leistungsindikatoren mithilfe von Standardmethoden.

### 4. Ergebnisauswertung und Berichterstattung

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

: Analysieren Sie die Testdaten, um festzustellen, ob sie den Design- oder Industriestandardanforderungen entsprechen, und erstellen Sie einen detaillierten Testbericht.

#### 4.3.4 Normen und Spezifikationen

von Wolframlegierungsringen bezieht sich hauptsächlich auf die folgenden internationalen und nationalen Standards:

- **ASTM-Normen**
  - ASTM E8 (Zugversuch)
  - ASTM E23 (Schlagprüfung)
  - ASTM E399 (Bruchzähigkeit)
- **GB/T-Standard**
  - GB/T 228 (Zugprüfverfahren für metallische Werkstoffe)
  - GB/T 229 (Schlagprüfverfahren)
  - GB/T 6396 (Bruchzähigkeitstest)
- **ISO-Normen**
  - ISO 6892 (Zugprüfung von Metallen)
  - ISO 148-1 (Schlagprüfung)

#### 4.3.5 Besondere Herausforderungen bei der Prüfung mechanischer Eigenschaften

- **Die Probenvorbereitung ist schwierig.**

Ringe aus Wolframlegierungen haben komplexe Formen und eine hohe Härte. Ihre Verarbeitung zu Standardproben erfordert hochpräzise Geräte und Verfahren.
- **Prüfgeräte für Materialien mit hoher Dichte erfordern, dass**

Wolframlegierungen eine hohe Dichte und hohe Prüflasten aufweisen und die Geräte über ausreichende mechanische Eigenschaften verfügen.
- **Leistungsprüfung bei hohen Temperaturen**

Da Ringe aus Wolframlegierungen häufig in Umgebungen mit hohen Temperaturen verwendet werden, erfordert die Prüfung der mechanischen Leistung bei hohen Temperaturen spezielle Heiz- und Steuerungssysteme.

### 4.4 Mikrostruktur und Defekterkennung von Wolframlegierungsringen

Die Mikrostruktur und Defekte von Ringen aus Wolframlegierungen sind entscheidende Faktoren für ihre mechanischen Eigenschaften, Korrosionsbeständigkeit und Lebensdauer. Die Beobachtung der Mikrostruktur und die Defekterkennung geben Aufschluss über die inneren Struktureigenschaften des Materials und potenzielle Qualitätsprobleme und dienen der Prozessoptimierung und Qualitätskontrolle. Im Folgenden werden Methoden zur Mikrostrukturanalyse und Defekterkennung für Ringe aus Wolframlegierungen beschrieben.

#### 4.4.1 Bedeutung der Mikrostruktur von Wolframlegierungsringen

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Wolframlegierungsringe bestehen aus hochdichten Wolframpartikeln und Bindemetallen wie Nickel und Eisen. Die Gleichmäßigkeit der Mikrostruktur, die Partikelgröße und die Qualität der Grenzflächenbindung wirken sich direkt auf die mechanische Festigkeit und Haltbarkeit aus. Eine gute Mikrostruktur manifestiert sich wie folgt:

- Wolframpartikel sind klein und gleichmäßig verteilt;
- Die Bindungsphase ist kontinuierlich und fest verbunden;
- Es sind keine offensichtlichen inneren Mängel wie Löcher und Risse vorhanden.

Mithilfe der Mikrostrukturanalyse können der Grad der Sinterverdichtung, die Auswirkungen der Wärmebehandlung und die Materialstabilität beurteilt werden.

#### 4.4.2 Methode zur Mikrostrukturanalyse

##### 1. Optische Mikroskopie (OM) Beobachtung

- Die Beobachtung wurde an Probenscheiben nach dem Schleifen, Polieren und der Korrosionsbehandlung durchgeführt.
- Wolframpartikeln können die Gleichmäßigkeit der Bindephase und die Porosität ermittelt werden.
- Wird häufig für eine vorläufige makroorganisatorische Bewertung verwendet.

##### 2. Rasterelektronenmikroskopie (REM)-Analyse

- Hochauflösende Beobachtung der mikrostrukturellen Details des Wolframlegierungsringes .
- Es können Partikelgrenzen, Grenzflächenbindungszustände und winzige Defekte beobachtet werden.
- Mithilfe der energiedispersiven Spektroskopie (EDS) können Komponentenverteilungen analysiert und Verunreinigungen und Zweitphasen identifiziert werden.

##### 3. Röntgenbeugungsprüfung (XRD)

- Wird zur Analyse der Kristallstruktur und Phasenzusammensetzung von Materialien verwendet.
- Bestimmen Sie den festen Lösungszustand und den Phasenwechsel von Wolfram und anderen Elementen.
- Hilft, die Auswirkungen der Wärmebehandlung und des Sinterns von Materialien zu bestimmen.

##### 4. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

- von nanoskaligen Strukturen und Korngrenzen.
- Geeignet zum Studium von Mikrodefekten und Gitterverzerrungen von Ringen aus Wolframlegierungen.

#### 4.4.3 Defekterkennungstechnologie

##### 1. Optische Inspektion

- Makrodefekte wie Risse und Löcher an der Oberfläche und in der Nähe der Oberfläche werden durch ein Mikroskop entdeckt.

##### 2. Ultraschallprüfung (UT)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- Ultraschallwellen können Materialien durchdringen, um innere Defekte wie Poren und Risse zu erkennen.
  - Geeignet für die zerstörungsfreie Prüfung dickwandiger Wolframlegierungsringe .
3. **Röntgen/Computertomographie (CT)**
- Hochempfindliche Erkennung von Poren, Einschlüssen und Rissen im Inneren von Materialien.
  - Es ermöglicht eine dreidimensionale Defektabbildung und ermöglicht die genaue Lokalisierung der Defektgröße und -position.
4. **Magnetpulverprüfung (MT)**
- Erkennung von Rissen an der Oberfläche und unter der Oberfläche.
  - Defektscreening von magnetischen Ringen aus Wolframlegierungen.
5. **Eindringprüfung (PT)**
- Erkennen Sie Mikrorisse und Löcher auf der Oberfläche, insbesondere in nichtmagnetischen Materialien.
  - Einfach und schnell, aber nur für Oberflächenfehler geeignet.

#### 4.4.4 Auswirkungen der Mikrostruktur und von Defekten auf die Leistung

- **Porosität und Risse** : verringern die Dichte des Materials, werden zu Spannungskonzentrationspunkten und führen leicht zu Ermüdungsbrüchen und Festigkeitsverlust.
- **Partikelagglomeration und ungleichmäßige Verteilung** : führen zu lokal ungleichmäßigen mechanischen Eigenschaften und verringern die allgemeine Leistungskonsistenz.
- **Schlechte Schnittstellenbindung** : beeinträchtigt die Effizienz der Lastübertragung und verringert Festigkeit und Zähigkeit.
- **Ausfällung von Verunreinigungen und Zweitphasen** : Kann Korrosion und Leistungsminderung verursachen.

#### 4.4.5 Empfehlungen zur Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung

- Optimieren Sie die Pulvervorbereitung und Mischprozesse, um eine gleichmäßige Zusammensetzung sicherzustellen.
- Kontrollieren Sie Sintertemperatur und -zeit, um den Verdichtungsgrad zu verbessern.
- Verwenden Sie geeignete Wärmebehandlungsverfahren, um die Mikrostruktur und die Grenzflächenbindung zu verbessern.
- Verstärken Sie die zerstörungsfreie Prüfung, um Defekte rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Kapitel 5 Anwendungstechnik und Fälle von Wolframlegierungsringen

### 5.1 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Luft- und Raumfahrt

Wolframlegierungsringe sind aufgrund ihrer hohen Dichte, hohen Festigkeit und hervorragenden Hochtemperaturbeständigkeit zu einem unverzichtbaren Werkstoff in der Luft- und Raumfahrtindustrie geworden. Ihre einzigartigen physikalischen und chemischen Eigenschaften machen sie zu einem wichtigen Bestandteil einer Vielzahl von Schlüsselkomponenten und -systemen und gewährleisten die Sicherheit, Stabilität und Leistung von Flugzeugen.

#### 5.1.1 Anwendung von hochdichten Gegengewichtsringen

Die Luft- und Raumfahrt stellt extrem hohe Anforderungen an Gegengewichtsmaterialien, die eine präzise Gewichtskontrolle sowie eine gute Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit erfordern. Ringe aus Wolframlegierungen sind aufgrund ihres hohen spezifischen Gewichts ein ideales Gegengewicht und werden häufig in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Ringe aus Wolframlegierungen können als **Rotorausgleichsgewichte** in Trägheitsmesseinheiten (IMUs) verwendet werden, um die Genauigkeit von Gyroskopen und Beschleunigungsmessern sicherzustellen und die Stabilität und Zuverlässigkeit der Flugzeugnavigation zu verbessern.
- **Der Ausgleichsblock des Flugsteuerungssystems**, die Steuerfläche des Flugzeugs und der Gegengewichtsring im Servo passen die Gewichtsverteilung effektiv an, gewährleisten die Empfindlichkeit und Reaktionsgeschwindigkeit der Steuerfläche und verbessern die Flugleistung.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 5.1.2 Hochtemperaturverschleißfeste Ringe

Hochtemperaturumgebungen wie Flugzeugtriebwerke stellen extrem hohe Anforderungen an die Hitze- und Verschleißfestigkeit der Komponenten. Ringe aus Wolframlegierungen weisen eine ausgezeichnete Hochtemperaturstabilität und Verschleißfestigkeit auf und eignen sich für:

- Ringe aus Wolframlegierungen **für Hochtemperaturlager in Gasturbinenriebwerken** werden als Lager und Dichtungen verwendet. Sie halten hohen Temperaturen und hohen Betriebsgeschwindigkeiten stand, reduzieren den Verschleiß und verlängern die Lebensdauer der Komponenten.
- Im Luftstromführungssystem des Motors kommen **hochtemperaturbeständige Führungs- und Dichtringe zum Einsatz. Ringe aus Wolframlegierung gewährleisten eine effektive Dichtleistung und Luftstromstabilität und verbessern so die Motoreffizienz.**

### 5.1.3 Strahlenschutz- und Abschirmringe

Raumfahrzeuge und Satelliten sind häufig starker kosmischer Strahlung ausgesetzt. Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig verwendet in:

- **Der Strahlungsschutzring des Raumfahrzeugs** schützt elektronische Geräte und empfindliche Instrumente vor Schäden durch hochenergetische Partikel und Strahlung und gewährleistet so einen stabilen Betrieb der Geräte.
- **Strukturringe in Kernkraftsystemen**  
In nuklearbetriebenen Raumfahrzeugen werden Ringe aus Wolframlegierungen als Neutronenabsorber und Strahlenschutzringe verwendet, um die Systemsicherheit zu erhöhen.

### 5.1.4 Strukturelle Verbindungen und hochfeste Verbindungselemente

Aufgrund ihrer hohen Festigkeit und ihres hohen Elastizitätsmoduls eignen sich Ringe aus Wolframlegierungen für wichtige strukturelle Verbindungskomponenten, darunter:

- **Der hochbelastbare Verbindungsring** hält extremen mechanischen Belastungen stand und gewährleistet die Gesamtfestigkeit des Flugzeugs.
- **Antivibrationspufferringe** reduzieren die Vibrationsübertragung und verbessern so die Flugsicherheit und den Fahrkomfort.

### 5.1.5 Typische Fallanalyse

- **Bei einem bestimmten Typ eines Gegengewichtssystems für militärische Satelliten** werden Ringe aus Wolframlegierungen als zentrale Gegengewichtskomponenten verwendet, um eine präzise Steuerung der Satellitenlage zu erreichen und die Effizienz der Umlaufbahnanpassung zu verbessern.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- Ringe aus Wolframlegierung werden als Ersatz für herkömmliche Materialien **in Hochtemperatur-Dichtungsringen bestimmter Typen von Strahltriebwerken verwendet**, wodurch die Temperaturbeständigkeit der Dichtung verbessert und der Wartungszyklus des Triebwerks verlängert wird.
- **Das Strahlenschutzgerät für Raumfahrzeuge** kombiniert Ringe aus Wolframlegierungen und Verbundwerkstoffe, um eine mehrschichtige Schutzstruktur aufzubauen, die die kosmische Strahlung wirksam abschirmt.

## 5.2 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Energie- und Nuklearindustrie

Wolframlegierungsringe sind aufgrund ihrer hohen Dichte, hohen Festigkeit sowie hervorragenden Strahlungs- und Temperaturbeständigkeit zu einem unverzichtbaren und wichtigen Werkstoff in der Energie- und Nuklearindustrie geworden. Ihr weit verbreiteter Einsatz in Schlüsselbereichen wie Kernreaktorstrukturen, Neutronenabsorbern und Strahlenschutz hat die Sicherheit, Stabilität und Lebensdauer von Nuklearanlagen erheblich verbessert.

### 5.2.1 Neutronenabsorptionsringe in Kernreaktoren

Ringe aus Wolframlegierungen verfügen über eine starke Neutronenabsorptionsfähigkeit und werden häufig in den Kontroll- und Sicherheitssystemen von Kernreaktoren verwendet:

- Bei der Herstellung von Reaktorsteuerstäben oder Sicherheitsstäben sind Ringe **aus Wolframlegierungen** wichtige Absorptionsmaterialien, die die Geschwindigkeit der Kernreaktion wirksam regulieren und die Stabilität und Sicherheit des Reaktorbetriebs gewährleisten.
- **Strahlenschutzringe** verwendet, um das Austreten von Neutronen- und Gammastrahlen zu verhindern und die umliegende Ausrüstung und das Personal vor Strahlungsgefahren zu schützen.

### 5.2.2 Hochtemperatur-Strukturringe

Viele Geräte in der Nuklearindustrie arbeiten über lange Zeit in Hochtemperaturumgebungen. Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig verwendet in:

- **Stützringe für Kernbrennstoffanordnungen** dienen zur Unterstützung und Befestigung von Brennstäben, halten Strahlungs- und Wärmebelastungen stand und gewährleisten die strukturelle Integrität der Brennelementanordnung.
- **Hochtemperatur-Führungsringe und -Dichtungen** werden in Kühlsystemen und Zusatzgeräten von Kernreaktoren verwendet, um die Flüssigkeitsführung und Dichtungsleistung sicherzustellen und die Effizienz und Sicherheit der Geräte zu verbessern.

### 5.2.3 Schutzringe in Anlagen zur Handhabung radioaktiver Abfälle

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ringe aus Wolframlegierungen spielen eine wichtige Schutzfunktion bei der Verarbeitung und Lagerung radioaktiver Abfälle:

- **Strahlenschutzringe**  
werden in verschiedene Strahlenschutzstrukturen eingebaut, um hochenergetische Partikel, die von radioaktiven Substanzen freigesetzt werden, wirksam zu blockieren und die Umweltsicherheit zu gewährleisten.
- In Schlüsselbereichen von Abfalllagerbehältern werden **korrosionsbeständige Schutzringe eingesetzt, um eine durch Korrosion und Strahlung verursachte Materialersetzung zu verhindern.**

#### 5.2.4 Schlüsselkomponenten in Kernkraftwerken

Ringe aus Wolframlegierungen werden auch bei der Herstellung von Schlüsselkomponenten in Kernkraftwerken verwendet, beispielsweise in Atom-U-Booten und in der Stromversorgung von Atomflugzeugträgern:

- **Dynamische Ausgleichsgewichte**  
gewährleisten den stabilen Betrieb rotierender mechanischer Teile bei hohen Geschwindigkeiten.
- **Hochfeste Verbindungen und Dichtungsringe**  
widerstehen starken mechanischen Belastungen und Strahlungsumgebungen und gewährleisten so die Sicherheit und Stabilität des Systems.

#### 5.2.5 Typische Anwendungsfälle

- **Wolframlegierungsring eines Kernkraftwerks:** Zur Herstellung der Kernkomponenten des Steuerstabs werden hochreine Wolframlegierungsringe verwendet, die eine präzise Steuerung der Kernreaktionen ermöglichen und den sicheren und stabilen Betrieb des Kraftwerks gewährleisten.
- **Der Strahlenschutzring des Atommüllagertanks besteht aus Ringen** aus Wolframlegierung, die eine mehrschichtige Schutzstruktur bilden, um Strahlung wirksam zu isolieren und die Lebensdauer des Lagertanks zu verlängern.
- **Die Hochtemperatur-Dichtungsringe von Schiffen mit Atomantrieb** weisen auch in Hochtemperaturumgebungen eine hervorragende Dichtleistung auf und gewährleisten so einen effizienten und sicheren Betrieb des Energiesystems.

### 5.3 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der mechanischen Fertigung und bei militärischer Ausrüstung

Wolframlegierungsringe werden aufgrund ihrer hohen Dichte, hohen Festigkeit und hervorragenden Verschleißfestigkeit häufig im Maschinenbau und in der militärischen Ausrüstung eingesetzt. Sie spielen eine Schlüsselrolle bei der strukturellen Unterstützung, dem Gegengewicht und dem Schutz

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

und erfüllen die strengen Anforderungen an die Materialleistung unter komplexen Arbeitsbedingungen.

### 5.3.1 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der mechanischen Fertigung

- **Hochfeste mechanische Lagerringe**

werden zur Herstellung wichtiger Komponenten in hochbelasteten mechanischen Lagern verwendet. Dank ihrer hervorragenden Verschleißfestigkeit und hohen Dichte verbessern sie effektiv die Haltbarkeit und Stabilität der Lager und eignen sich für Betriebsbedingungen mit hoher Belastung und hoher Geschwindigkeit.

- **Präzise mechanische Gegengewichtsringe**

nutzen die hohe Dichte der Wolframlegierung zur Herstellung von Gegengewichtsringen in mechanischen Geräten, um ein dynamisches Gleichgewicht der Maschine zu erreichen, Vibrationen zu reduzieren und die Genauigkeit und Stabilität des Gerätebetriebs zu verbessern.

- **Verschleißfeste Buchsen und Dichtungsringe**

Aufgrund ihrer guten Verschleißfestigkeit werden Ringe aus Wolframlegierungen häufig zur Herstellung von Buchsen und Dichtungsringen für empfindliche Teile in mechanischen Geräten verwendet, wodurch der Wartungszyklus der Geräte verlängert und die Betriebskosten gesenkt werden.

- **Legierungsringe werden zur Unterstützung und Führung von Komponenten in hochpräzisen Werkzeugmaschinen verwendet**

, um die Bearbeitungsgenauigkeit und Stabilität von Werkzeugmaschinen sicherzustellen und die hohen Anforderungen an die Materialleistung zu erfüllen, die für die Präzisionsfertigung erforderlich sind.

### 5.3.2 Anwendung von Wolframlegierungsringen in militärischer Ausrüstung

- **panzerbrechender Projektilkern ,**

Wolframlegierungsringe sind aufgrund ihrer hohen Härte und Dichte ein Kernmaterial in modernen Verteidigungswaffen, das die Durchschlagskraft und Zerstörungswirkung verbessern kann.

- **Gegengewichtsringe für Trägheitsraketen**

werden in Trägheitsnavigationssystemen für Raketen eingesetzt. Ringe aus Wolframlegierungen werden für Präzisionsgegengewichte verwendet, um Flugstabilität und Zielgenauigkeit zu gewährleisten. Sie sind wesentliche Schlüsselkomponenten in hochwertiger Militärausrüstung.

- **Schutzpanzerung und Abschirmringe Ringe**

aus Wolframlegierungen werden häufig in der Panzerstruktur von Militärfahrzeugen und -ausrüstung verwendet, da sie einen effizienten Durchdringungs- und Aufprallschutz bieten und die Überlebensfähigkeit der Ausrüstung verbessern.

- **Mechanische Komponenten in Gefechtsköpfen und Feuerleitsystemen**

werden zur Herstellung präziser mechanischer Ringe in Feuerleitsystemen verwendet, die den hohen Anforderungen an Festigkeit und Präzision in extremen Umgebungen gerecht

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

werden und den zuverlässigen Betrieb von Waffensystemen gewährleisten.

### 5.3.3 Typische militärische Fälle von Wolframlegierungsringen

- **Der Ringkern aus Wolframlegierung**  
eines bestimmten Typs panzerbrechender Geschosse besteht aus einem Ringmaterial aus Wolframlegierung mit hoher Härte, um die Durchschlagskraft und die Effizienz der Umwandlung kinetischer Energie des panzerbrechenden Geschosses zu verbessern und so die Kampfeffektivität effektiv zu steigern.
- **Gegengewicht aus Wolframlegierungsringen**  
für **Trägheitsnavigationssysteme**. Ringe aus Wolframlegierungen werden präzise verarbeitet, um eine gleichmäßige und maßhaltige Gegengewichtsverteilung zu erreichen und so die Genauigkeit von Raketenleitsystemen sicherzustellen.
- **Legierungsringe** werden als Schlüsselkomponente in **der Schutzstruktur des gepanzerten Fahrzeugs verwendet** und verbessern die Schutzleistung und Haltbarkeit der Panzerung erheblich.

### 5.4 Anwendung von Wolframlegierungsringen in der Elektronik und in medizinischen Geräten

Wolframlegierungsringe werden aufgrund ihrer hohen Dichte, hervorragenden mechanischen Eigenschaften und hervorragenden Strahlungsbeständigkeit zu einem wichtigen Funktionsbauteil in elektronischen Geräten und medizinischen Geräten. Sie spielen nicht nur eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Produktleistung, sondern erfüllen auch die strengen Anforderungen moderner Hightech-Anwendungen an Materialstabilität und -sicherheit .

#### 5.4.1 Anwendung von Wolframlegierungsringen in elektronischen Geräten

- aus Wolframlegierungen werden aufgrund ihrer hervorragenden Strahlungsbeständigkeit und elektromagnetischen Abschirmung häufig als Abschirmmaterial in elektronischen Geräten verwendet. Insbesondere in Hochfrequenz- und Hochleistungsgeräten können sie elektromagnetische Störungen (EMI) wirksam reduzieren und einen stabilen Betrieb der Geräte gewährleisten.
- Die hervorragende Wärmeleitfähigkeit von Wolframlegierungsringen macht sie zur idealen Wahl für Wärmeableitungsstrukturen in elektronischen Geräten. Durch effiziente Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität tragen sie dazu bei, dass wichtige Komponenten Wärme schnell ableiten und die Zuverlässigkeit und Lebensdauer elektronischer Systeme verbessern.
- Ringe aus Wolframlegierungen werden in der mechanischen Struktur elektronischer Präzisionsinstrumente verwendet, um Positionierungs-, Stütz- und Gegengewichtsfunktionen zu erfüllen und so die Betriebsgenauigkeit und Langzeitstabilität der Instrumente sicherzustellen.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 5.4.2 Anwendung von Wolframlegierungsringen in medizinischen Geräten

- Ringe aus Wolframlegierungen werden **aufgrund ihrer hohen Dichte und hervorragenden Strahlenschutzwirkung häufig in Strahlentherapiegeräten eingesetzt. Sie dienen dazu, Strahlungslecks zu verhindern und die Sicherheit von medizinischem Personal und Patienten zu gewährleisten.**
- **Gegengewichte und Stabilisierungsringe für medizinische Bildgebungsgeräte**  
In medizinischen Bildgebungsgeräten wie CT- und Röntgengeräten werden Ringe aus Wolframlegierungen verwendet, um das mechanische Gleichgewicht und die Stabilität des Geräts zu erreichen und so die Bildgenauigkeit und Betriebsempfindlichkeit zu verbessern.
- Ringe aus Wolframlegierungen werden in den mechanischen Teilen **hochpräziser medizinischer Instrumente verwendet, um eine verschleiß- und korrosionsbeständige Leistung zu gewährleisten und so die doppelte Anforderung an Materialhygiene und Haltbarkeit im medizinischen Umfeld zu erfüllen.**
- **Verpackungs- und Schutzkomponenten für Radioisotope**  
Ringe aus Wolframlegierung dienen als Schutzringe für Behälter für Radioisotope und spielen eine wichtige Rolle bei der Abschirmung und dem mechanischen Schutz, wodurch die Sicherheit und Stabilität von Isotopen in medizinischen Anwendungen gewährleistet wird.

#### 5.4.3 Typische Fälle und Entwicklungstrends

- **Der Abschirmring aus Wolframlegierung eines Strahlentherapiegeräts** verwendet einen hochdichten Ring aus Wolframlegierung, um Strahlungslecks wirksam zu reduzieren und das Schutzniveau des Geräts zu verbessern.
- **Gegengewichtsringe aus Wolframlegierung für medizinische elektronische Instrumente.** In Instrumenten werden präzisionsgefertigte Ringe aus Wolframlegierung verwendet, um einen stabilen Betrieb und Messgenauigkeit zu gewährleisten.
- **Neue Funktionsringe aus Wolframlegierung.**  
Ringe aus Wolframlegierung kombinieren Oberflächenbeschichtungen und Mikrostrukturdesign, um ihre multifunktionale Anpassungsfähigkeit in elektronischen und medizinischen Geräten zu verbessern, beispielsweise antibakteriell, korrosionsbeständig und hochtemperaturbeständig.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## CTIA GROUP LTD

### High-Density Tungsten Alloy Customization Service

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

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

**Precision customization:** support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), 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

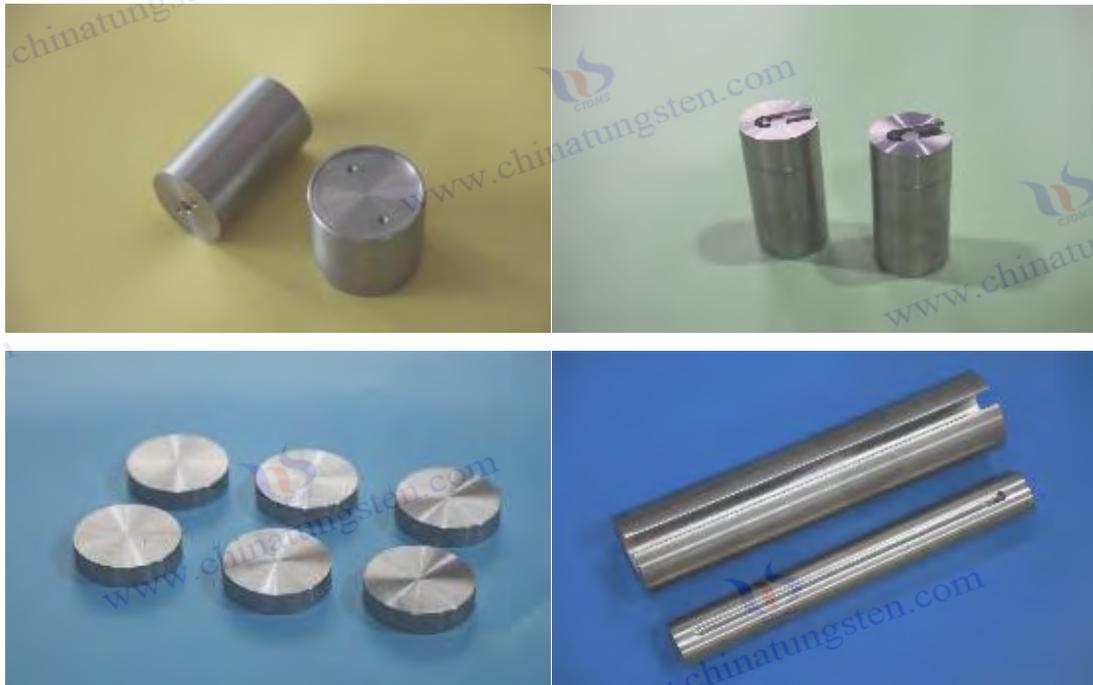
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

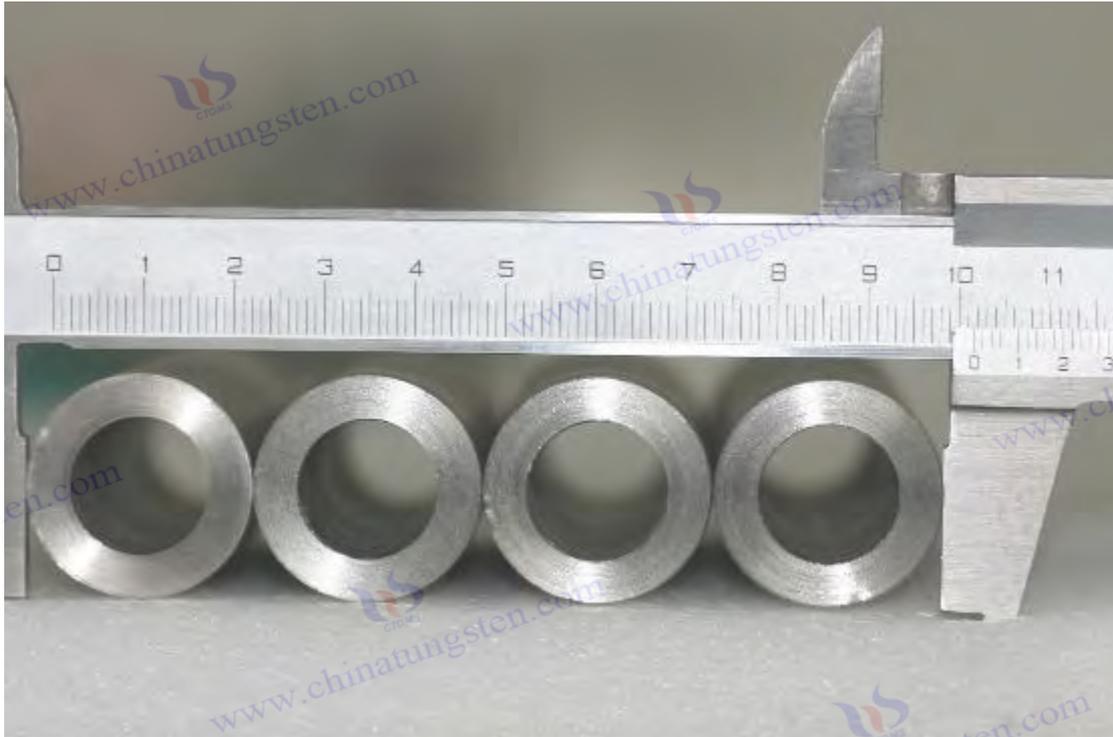
Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



#### 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](http://www.ctia.com.cn)

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



## Kapitel 6 Internationale Normen und Industriespezifikationen für Ringe aus Wolframlegierungen

### 6.1 Wichtige internationale Normen für Ringe aus Wolframlegierungen

Ringe aus Wolframlegierungen müssen einer Reihe internationaler Normen und Branchenspezifikationen entsprechen, um sicherzustellen, dass Qualität, Leistung und Sicherheit der Produkte den Anforderungen des Weltmarkts entsprechen. Im Folgenden finden Sie eine Übersicht über die wichtigsten internationalen Normen im aktuellen Bereich der Ringe aus Wolframlegierungen:

#### 6.1.1 ASTM-Standards (American Society for Testing and Materials)

- **ASTM B777** – Standard-Spezifikation für Wolfram und Wolframlegierungen. Diese Norm behandelt die Zusammensetzung, Eigenschaften, Herstellungsverfahren und Prüfmethode von Wolframlegierungen. Sie definiert die technischen Anforderungen an mechanische Eigenschaften, Dichte, Maßgenauigkeit und weitere Aspekte von Ringen und anderen Produkten aus Wolframlegierungen. Sie wird von Herstellern in den USA und international häufig verwendet.
- **ASTM E3** – Vorbereitung von Metallproben umfasst die Spezifikationen zur Probenvorbereitung für Ringe aus Wolframlegierungen für die metallografische Analyse und mikrostrukturelle Beobachtung und gewährleistet so eine genaue und konsistente Bewertung der Materialeistung.
- **ASTM E8/E8M** – Die Norm für die Zugfestigkeitsprüfung metallischer Werkstoffe gilt für

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

die Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen und legt die Bestimmungsmethoden für Schlüsselindikatoren wie Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung fest.

#### 6.1.2 ISO-Normen (Internationale Organisation für Normung)

- **ISO 9001** – Qualitätsmanagementsystem  
Dieser Standard wird von vielen Herstellern von Ringen aus Wolframlegierungen übernommen, um sicherzustellen, dass der gesamte Prozess der Produktqualität – von der Konstruktion, Beschaffung und Produktion bis hin zur Auslieferung – unter Kontrolle ist und den Qualitätsanforderungen internationaler Kunden entspricht.
- **ISO 6507** – Härteprüfung von Metallen umfasst die Bestimmung der Vickers-Härte von Ringen aus Wolframlegierungen und gewährleistet eine genaue und wiederholbare Härteprüfung.
- **ISO 6508** – Brinell-Härteprüfung für Metalle. Diese Norm wird auch zur Prüfung der Härte von Ringen aus Wolframlegierungen verwendet und eignet sich besonders zur Prüfung dickerer Ringe.

#### 6.1.3 MIL (US-Militärstandard)

- **MIL-STD-810** – Umwelttechnische Überlegungen und Labortestmethoden.  
Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig im Militär- und Luft- und Raumfahrtbereich verwendet und müssen die strengen Testanforderungen dieser Norm hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegenüber extremen Umweltbedingungen wie hohen und niedrigen Temperaturen, Stößen und Vibrationen sowie Korrosion erfüllen.
- **MIL-STD-883** – Prüfung mikroelektronischer Geräte und Materialien  
Wenn Ringe aus Wolframlegierungen in hochpräzisen elektronischen Komponentenstrukturen verwendet werden, müssen entsprechende Leistungstests gemäß diesem Militärstandard durchgeführt werden.

#### 6.1.4 Chinesische nationale Standards (GB/T)

- **GB/T 3877** – Wolfram und Wolframlegierungsmaterialien.  
Dies ist der grundlegende Standard für die Herstellung und Prüfung von Ringen aus Wolframlegierungen im Inland. Er umfasst technische Indikatoren wie Zusammensetzung, mechanische Eigenschaften und Maßtoleranzen und fördert die Verbesserung der Qualität von Ringen aus Wolframlegierungen im Inland.
- **GB/T 14654** – Zugprüfverfahren für metallische Werkstoffe  
legt die technischen Anforderungen und Prüfverfahren für die Prüfung der mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen fest und stellt sicher, dass die Produktleistung den Konstruktionsstandards entspricht.

#### 6.1.5 Industriestandards und technische Spezifikationen

- **Industriestandards für Materialien in der Luft- und**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Raumfahrt: In der Luft- und Raumfahrt verwendete Ringe aus Wolframlegierungen müssen normalerweise den Anforderungen des Qualitätssystems AS9100 und den entsprechenden Industriestandards (wie etwa SAE-Standards) entsprechen, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Materials zu gewährleisten.

- **Materialspezifikationen der Nuklearindustrie Wenn**

Ringe aus Wolframlegierungen in Schutzstrukturen für Kernreaktoren verwendet werden, müssen sie auch den spezifischen Materialspezifikationen der Nuklearindustrie entsprechen, beispielsweise den relevanten Prüfnormen für die Strahlenschutzleistung.

### 6.1.6 Umweltschutz- und Sicherheitsvorschriften und -normen

- **RoHS-Richtlinie** (EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe)  
Produkte aus Wolframlegierungsringen müssen bei der Markteinführung in der EU die RoHS-Umweltschutzanforderungen erfüllen und die Verwendung schädlicher Elemente wie Blei und Quecksilber einschränken.
- Hersteller von Ringen aus Wolframlegierungen müssen die **REACH-Vorschriften** (EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) einhalten, um die Konformität und Sicherheit der chemischen Zusammensetzung ihrer Produkte zu gewährleisten.

## 6.2 Nationale Normen und Prüfvorschriften für Ringe aus Wolframlegierungen

Angesichts der rasanten Entwicklung der chinesischen Wolframlegierungsringindustrie ist die Einführung und Verbesserung eines den nationalen Gegebenheiten entsprechenden Normungssystems zu einer wichtigen Maßnahme geworden, um den technologischen Fortschritt zu fördern, die Produktqualität sicherzustellen und die Marktregulierung voranzutreiben. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die nationalen Normen (GB), Industrienormen (YS) und wichtigen Prüfspezifikationen für Wolframlegierungsringe in China und bietet eine technische Grundlage für Herstellung und Prüfung.

### 6.2.1 Nationaler Standard (GB) für Ringe aus Wolframlegierungen

- **GB/T 3877 – Wolfram und Wolframlegierungen.**  
Diese Norm legt die chemische Zusammensetzung, die mechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie weitere technische Parameter von Ringmaterialien aus Wolframlegierungen fest. Sie deckt wichtige Parameter wie Wolframgehalt, Dichte, Härte und Zugfestigkeit ab, um die Stabilität und Beständigkeit der Materialeigenschaften zu gewährleisten. Sie ist die grundlegende Norm für die Prüfung und Zulassung von Ringmaterialien aus Wolframlegierungen in China.
- **GB/T 14654 – Zugfestigkeitsprüfverfahren für metallische Werkstoffe. Diese Norm legt die Prüfverfahren für die mechanischen Eigenschaften von**  
Ringmaterialien aus Wolframlegierungen detailliert fest und gewährleistet eine genaue und einheitliche Prüfung von Leistungsindikatoren wie Zugfestigkeit, Streckgrenze und

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bruchdehnung.

- **GB/T 10561 – Härteprüfung für metallische Werkstoffe. Die Vickers-Härtemethode** ist für die Bestimmung der Härte von Ringen aus Wolframlegierungen geeignet. Sie bietet Prüfbedingungen, Messverfahren und Datenverarbeitungsmethoden, um den wissenschaftlichen Charakter und die Vergleichbarkeit der Härteprüfung sicherzustellen.
- **GB/T 11345 – Zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall bietet technische Spezifikationen für die Ultraschallprüfung innerer Defekte in** Ringen aus Wolframlegierungen. Es eignet sich zum Erkennen versteckter Defekte wie Poren und Risse im Ringmaterial und verbessert so die Qualitätskontrolle des Produkts.

### 6.2.2 Industriestandard für Wolframlegierungsringe (YS)

- **Die Industriestandards für Wolframlegierungen und deren Produkte der YS/T 200-Serie** werden von der nationalen Nichteisenmetallindustrie formuliert. Sie decken die Materialspezifikationen, Leistungsanforderungen und Prüfmethode von Ringen aus Wolframlegierungen ab und verfeinern die technischen Indikatoren von Ringen aus Wolframlegierungen für verschiedene Zwecke. Sie eignen sich für Schlüsselindustrien wie Militär und Luftfahrt.
- **YS/T 415 – Der Standard für Abmessungen und Toleranzen von Ringen aus Wolframlegierungen** legt die Prüfanforderungen für die geometrischen Abmessungen, die Gleichmäßigkeit der Wandstärke und die Koaxialität von Ringen aus Wolframlegierungen fest, um die Genauigkeit der Produktverarbeitung und die Montageleistung sicherzustellen.

### 6.2.3 Wesentliche Prüfvorschriften und technische Anforderungen

- **Bei der Analyse der chemischen Zusammensetzung** werden Spektralanalysen (wie ICP-OES), Röntgenfluoreszenzspektroskopie (XRF) und Elementanalysen (ONH-Analyse) verwendet, um sicherzustellen, dass der Gehalt an Wolfram, Nickel, Eisen und Verunreinigungselementen in Wolframlegierungsringen den Standardanforderungen entspricht.
- **Die Prüfung der physikalischen Eigenschaften** erfolgt mithilfe von Dichtemessgeräten, Mikrostrukturanalysen (optisches Mikroskop, Rasterelektronenmikroskop REM) usw., um die Dichte und innere Struktur des Materials zu bewerten.
- **den mechanischen Leistungstests** gehören Zugfestigkeitsprüfungen, Härteprüfungen (Vickers-, Rockwell-, Brinell-Härte) und Schlagprüfungen, die streng nach den entsprechenden GB/T-Standards durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Ringe aus Wolframlegierung die erforderliche Festigkeit und Zähigkeit aufweisen.
- **Bei der zerstörungsfreien Prüftechnologie** werden Ultraschallprüfungen, Röntgenprüfungen, Magnetpulverprüfungen und andere Methoden eingesetzt, um die inneren und oberflächlichen Defekte von Ringen aus

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Wolframlegierungen zu bewerten und so die Integrität und Zuverlässigkeit des Produkts sicherzustellen.

- **Bei der Oberflächenqualitätsprüfung**

werden mit einem dreidimensionalen Profilometer und einem Rauheitsmessgerät die Oberflächenrauheit und die Beschichtungshaftung geprüft, um sicherzustellen, dass der Oberflächenbehandlungsprozess den Designanforderungen entspricht und die Haltbarkeit und Funktionalität des Ringmaterials zu verbessern.

#### 6.2.4 Qualitätsmanagementsystem und Zertifizierung

- **ISO 9001-Qualitätsmanagementsystem**

Die meisten inländischen Hersteller von Ringen aus Wolframlegierungen verfügen über die ISO 9001-Zertifizierung, die standardisierte Produktionsprozesse und Qualitätskontrolle gewährleistet und die Produktqualität von der Quelle an garantiert.

- **Branchenspezifische Zertifizierungen**

zielen auf spezielle Anwendungsbereiche wie die Luftfahrt und die Militärindustrie ab. Unternehmen müssen entsprechende Qualitätsmanagementstandards, wie beispielsweise die AS9100-Zertifizierung im Luftfahrtbereich, einhalten, um die strengen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen zu erfüllen.

#### 6.3 Qualitätsstandards für Wolframlegierungringe der CTIA GROUP

Als führendes Unternehmen der chinesischen Wolframlegierungsindustrie verfügt die CTIA GROUP über umfassende Erfahrung und fortschrittliche Technologie in der Forschung, Entwicklung und Herstellung von Wolframlegierungringen. Das Unternehmen entwickelt und implementiert Qualitätsstandards für Wolframlegierungringe unter strikter Einhaltung nationaler und branchenspezifischer Vorschriften. Dieses System, kombiniert mit langjähriger technischer Expertise und der Berücksichtigung der Kundenbedürfnisse, hat zu einem umfassenden und wettbewerbsfähigen Qualitätskontrollsystem geführt.

##### 6.3.1 Materialzusammensetzung und Prozessstandards

- **CTIA GROUP verwendet**

hochreines Wolframpulver sowie hochwertiges Nickel, Eisen und andere Legierungselemente, um die chemische Zusammensetzung des Wolframlegierungrings stabil zu halten. Der Verunreinigungsgehalt wird streng auf branchenführendem Niveau kontrolliert, um die Gleichmäßigkeit und Zuverlässigkeit der Materialeistung zu gewährleisten.

- **Bei der Zusammensetzungsprüfung**

kommen moderne Analysegeräte wie ICP-OES und XRF zum Einsatz, um Legierungselemente genau zu erkennen und sicherzustellen, dass jede Materialcharge das vorgesehene Verhältnis aufweist und die Leistungsanforderungen des Produkts erfüllt.

- **Die Prozessspezifikationen**

basieren auf unabhängig entwickelten Pulvermetallurgie- und Sintertechnologien sowie Präzisionsbearbeitungsverfahren, um sicherzustellen, dass Dichte, mechanische

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Eigenschaften und Maßgenauigkeit der Wolframlegierungsringe ein international hohes Niveau erreichen.

### 6.3.2 Leistungsindexstandards

- **Dichte und Kompaktheit: Die tatsächliche Dichte**  
des Wolframlegierungsringes liegt bei über 98 % der theoretischen Dichte, und der hohe Verdichtungsgrad gewährleistet, dass das Produkt eine ausgezeichnete mechanische Festigkeit und stabile physikalische Eigenschaften aufweist.
- **Wolframlegierungsringe, hergestellt von Zhongtung Intelligent**  
Manufacturing erfüllt oder übertrifft sogar die Industriestandards GB und YS. Die Härte wird im idealen Bereich kontrolliert, um den Anforderungen von Anwendungen mit hoher Belastung und hoher Festigkeit gerecht zu werden.
- **Abmessungen und Toleranzen: Die Maßgenauigkeit des Produkts wird streng auf  $\pm 0,01$  mm kontrolliert und die Gleichmäßigkeit und**  
Koaxialität der Wandstärke erfüllen die Anforderungen an die Präzisionsmontage von High-End-Geräten.

### 6.3.3 Oberflächenqualität und Fehlerkontrolle

- **Oberflächenrauheit Die Innen- und Außenflächen des**  
Wolframlegierungsringes werden mehreren Polier- und Bearbeitungsverfahren unterzogen und der Oberflächenrauheitswert Ra wird auf  $0,2 \mu\text{m}$  begrenzt, wodurch eine gute Kontaktleistung und Verschleißfestigkeit gewährleistet wird.
- **Bei der Fehlererkennung**  
kommen verschiedene zerstörungsfreie Prüftechnologien zum Einsatz, beispielsweise Ultraschall, Röntgen und CT-Scans, um das Fehlen innerer und äußerer Defekte wie Poren, Risse und Einschlüsse sicherzustellen und so die Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Produkts zu verbessern.

### 6.3.4 Qualitätsmanagementsystem

- **Qualitätskontrolle im gesamten Prozess**  
Die CTIA GROUP implementiert ein dreistufiges Qualitätsmanagementsystem, bestehend aus der Eingangskontrolle der Rohstoffe, der Überwachung der Prozessqualität und der Ausgangskontrolle der fertigen Produkte. Das System ist mit modernen Prüfgeräten und automatisierter Überwachungsausrüstung ausgestattet, um die Produktqualität in Echtzeit sicherzustellen.
- **Zertifizierungssystem:**  
Das Unternehmen verfügt über die Zertifizierungen ISO 9001, AS9100 und andere internationale Qualitätsmanagementsysteme. Einige Produkte erfüllen die Umweltschutzanforderungen RoHS und REACH und stellen so sicher, dass die Produkte den Konformitätsstandards des Weltmarkts entsprechen.

### 6.3.5 Kundenindividualisierung und Reaktion auf Sonderwünsche

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Maßgeschneiderte Dienstleistungen**

zielen auf High-End-Bereiche wie Luft- und Raumfahrt, Kernenergie und Militärindustrie ab. Die CTIA GROUP kann Legierungszusammensetzung, Prozessparameter und Qualitätsindikatoren an die speziellen Bedürfnisse der Kunden anpassen und personalisierte Ringlösungen aus Wolframlegierungen anbieten .

- **Technischer Support**

Wir verfügen über ein professionelles Forschungs- und Entwicklungsteam sowie ein Qualitätskontrollteam, das Kunden technische Beratung, Testunterstützung und Kundendienst bietet, um die Leistungsstabilität und Sicherheit von Ringprodukten aus Wolframlegierungen in tatsächlichen Anwendungen zu gewährleisten.

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**



## Kapitel 7 Markt- und Wirtschaftsanalyse von Wolframlegierungsringen

### 7.1 Globale Marktlandschaft für Wolframlegierungsringe

Wolframlegierungsringe werden aufgrund ihrer hervorragenden Dichte, Festigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit häufig in anspruchsvollen Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, dem Militär, der Kernenergie und der Medizin eingesetzt. Mit der rasanten Entwicklung der globalen Hightech-Fertigungsindustrie hat der Markt für Wolframlegierungsringe ein mehrstufiges und multiregionales Muster gezeigt, das sich hauptsächlich in folgenden Aspekten widerspiegelt:

#### 7.1.1 Globale Wolframressourcenverteilung und Auswirkungen auf die Lieferkette

Die globalen Wolframressourcen konzentrieren sich hauptsächlich auf Länder wie China, Russland, Vietnam, Kanada und Österreich. China, der weltweit größte Wolframerzproduzent und -produzent, dominiert den globalen Wolframmarkt und deckt über 80 % der weltweiten Produktion ab. Chinas reichhaltige Wolframressourcen bilden eine solide Rohstoffbasis für die weltweite Produktion von Wolframlegierungsringen.

Gleichzeitig hat die geografische Verteilung der Ressourcen erhebliche Auswirkungen auf die Lieferkette für Ringe aus Wolframlegierungen. Die Konzentration der Wolframerzressourcen hat zu Schwankungen der Rohstoffpreise und Versorgungsrisiken geführt, was die Länder dazu veranlasst hat, die strategische Reserve und das Recycling von Wolframressourcen zu beschleunigen und so die stabile Entwicklung der Industriekette für Ringe aus Wolframlegierungen zu fördern.

#### 7.1.2 Wichtige Produktionsgebiete und Industriecluster

Wolframlegierungsringe werden in Provinzen wie Guangdong, Jiangsu, Hunan und Jiangxi in China

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sowie in ausgewählten High-End-Produktionsunternehmen in Europa, den USA, Japan und Südkorea hergestellt. Diese Regionen haben eine komplette Produktionskette für Wolframlegierungen gebildet und ein effizientes Fertigungssystem von der Wolframpulveraufbereitung über das Schmelzen der Legierung und die Pulvermetallurgie bis hin zur Präzisionsbearbeitung etabliert.

Chinesische Unternehmen nutzen ihre Ressourcenvorteile und ihre Kostenkontrolle und dominieren den Markt für Wolframlegierungsringe im mittleren und unteren Preissegment. Europa, die USA, Japan und Südkorea konzentrieren sich dagegen stärker auf die Forschung und Entwicklung sowie die Herstellung hochwertiger Wolframlegierungsringe und legen dabei Wert auf technologische Innovation und Qualitätskontrolle, was zu einem differenzierten Wettbewerbsumfeld führt.

### 7.1.3 Marktnachfragestruktur und Verteilung der Terminalindustrie

Wolframlegierungsringe kommen hauptsächlich aus den folgenden Schlüsselbereichen:

- **Luft- und Raumfahrt** : Wird für hochfeste Gegengewichte, Trägheitsnavigationsgeräte und Hochtemperatur-Strukturkomponenten verwendet, die eine extrem hohe Materialleistung und Zuverlässigkeit erfordern.
- **Militärindustrie** : Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig in panzerbrechenden Projektilkernen, Raketenheckkomponenten und hochfesten mechanischen Teilen verwendet, was ihre Bedeutung in Hochleistungswaffensystemen widerspiegelt.
- **Kernenergieindustrie** : Ringe aus Wolframlegierungen werden als Abschirmmaterialien und Strukturkomponenten verwendet und verfügen über hervorragende Eigenschaften hinsichtlich Strahlenschutz und Hochtemperaturbeständigkeit.
- **Medizinische Geräte** : Die Nachfrage nach Schutz- und Positionierungsstrukturen in Strahlentherapiegeräten wächst rasant und treibt die Expansion des Marktes für Ringe aus Wolframlegierungen voran.
- **Präzisionsmaschinen und Elektronik** : Ringe aus Wolframlegierungen werden in hochpräzisen mechanischen Teilen und elektronischen Wärmeableitungsstrukturen verwendet und gewinnen mit der Modernisierung der Elektronikindustrie weiter an Bedeutung.

### 7.1.4 Wettbewerbslandschaft und Marktkonzentration

Der Markt für Wolframlegierungsringe ist stark konzentriert. Führende chinesische Unternehmen wie CTIA GROUP und China Molybdenum Co., Ltd. (CMOC) sind die Marktführer und fördern eine enge Zusammenarbeit zwischen vor- und nachgelagerten Sektoren der Industriekette. International renommierte Unternehmen dominieren das High-End-Marktsegment, indem sie ihre technologischen Vorteile und ihren Markeneinfluss nutzen.

Mit der Verbesserung der technischen Barrieren und der Verschärfung der Umweltschutzanforderungen steigt die Markteintrittsschwelle allmählich an. Aufstrebende Unternehmen müssen ihre Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie ihr Qualitätsmanagement verstärken, um sich im harten Wettbewerb behaupten zu können.

### 7.1.5 Marktentwicklungstrends und Herausforderungen

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Grüne Herstellung und Umweltbelastung** : Der Produktionsprozess von Ringen aus Wolframlegierungen ist mit einem hohen Energieverbrauch und einer starken Umweltbelastung verbunden, was die Unternehmen dazu veranlasst, die Forschung und Entwicklung umweltfreundlicher Prozesse und Recyclingtechnologien zu beschleunigen.
- **Angetrieben durch technologische Innovationen** : Es entstehen ständig neue Materialien und neue Verfahren (wie Nanoverstärkung und additive Fertigung) , die die Leistungssteigerung und Anwendungserweiterung von Ringen aus Wolframlegierungen fördern.
- **Anpassungen der globalen Lieferkette** : Änderungen in der Geopolitik und Handelspolitik haben sich auf die Versorgung mit Wolframressourcen und den Export von Produkten ausgewirkt und Unternehmen dazu veranlasst, ihre Aufstellung zu diversifizieren.
- **Steigerung der Terminalnachfrage** : Die High-End-Fertigungsindustrie stellt höhere Anforderungen an die Präzision, Festigkeit und besondere Leistung von Ringen aus Wolframlegierungen und treibt so die Entwicklung des Marktes in Richtung hoher Wertschöpfung voran.

## 7.2 Analyse der wichtigsten Produktionsländer und Lieferkette von Wolframlegierungen

Als Schlüsselkomponente leistungsstarker Wolfram-basierter Materialien werden die Produktion und Lieferkette von Wolframlegierungen stark von der globalen Verteilung der Wolframressourcen, dem technologischen Fortschritt und der gesamten industriellen Kette beeinflusst. Dieser Abschnitt bietet eine detaillierte Analyse der wichtigsten Produktionsländer von Wolframlegierungen und ihrer Lieferkettenmerkmale.

### 7.2.1 Übersicht der wichtigsten Förderländer

- **China**  
ist der weltweit größte Eigentümer und Produzent von Wolframressourcen und kontrolliert über 80 % der Wolframvorräte. Chinas Produktionstechnologie und -leistung für Ringe aus Wolframlegierungen gehören zu den weltweit führenden. Die chinesischen Hersteller von Ringen aus Wolframlegierungen sind vor allem in Luoyang (Provinz Henan), Ganzhou (Provinz Jiangxi) und Dongguan (Provinz Guangdong) konzentriert. Sie haben eine umfassende Industriekette aufgebaut, die vom Rohstoffabbau über das Schmelzen von Wolframpulver und die Aufbereitung von Legierungspulver, Formen und Sintern bis hin zur Präzisionsbearbeitung und Oberflächenbehandlung reicht.  
Dank ihrer Ressourcenvorteile und Kostenkontrolle haben chinesische Unternehmen eine beherrschende Stellung im mittleren und unteren Marktsegment. Sie fördern außerdem aktiv Forschung und Entwicklung im Spitzentechnologiebereich, um den Abstand zu internationalen Spitzentechnologien zu verringern.
- **Russland**  
verfügt über reichhaltige Wolframvorkommen und erhebliche Vorteile bei der Schmelze von Wolfram-basierten Materialien und der Legierungsherstellung. Die Produktion von

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Ringen aus Wolframlegierungen konzentriert sich vor allem auf den Militär- und Luftfahrtsektor und zeichnet sich durch hohe Leistung und Zuverlässigkeit aus. Russische Unternehmen verwenden zur Weiterverarbeitung zwar in der Regel importiertes Wolframpulver, haben in den letzten Jahren jedoch auch ihre eigenständigen Forschungs- und Entwicklungskapazitäten gestärkt.

- **Die USA**

verfügen nur über begrenzte Wolframressourcen und sind für die Herstellung von Wolframlegierungsringen hauptsächlich auf importierte Rohstoffe angewiesen. Die USA sind jedoch weltweit führend in der Entwicklung hochwertiger Legierungen und der Präzisionsfertigungstechnologie. Amerikanische Hersteller beliefern vor allem High-End-Märkte wie die Militär-, Luft- und Raumfahrt- und Nuklearindustrie und legen Wert auf hohe Produktleistung und Zuverlässigkeit. Die USA fördern aktiv die Lokalisierung der Wolframlegierungsrohr-Industriekette, um die Abhängigkeit vom Ausland zu verringern.

- **Länder wie Deutschland, Frankreich und Österreich verfügen zwar über begrenzte**

Wolframvorkommen, besitzen aber fortschrittliche Materialforschung und hochpräzise Fertigungskapazitäten. Deutsche und französische Hersteller von Ringen aus Wolframlegierungen konzentrieren sich vor allem auf Produkte mit hoher Wertschöpfung, insbesondere für die Luft- und Raumfahrt sowie die Medizintechnik. Österreich ist ein bedeutender Lieferant von Wolframlegierungen und beliefert den europäischen Markt auch mit hochwertigem Wolframpulver und Halbzeugen.

- **Japan und**

Südkorea haben trotz ihrer Ressourcenarmut eine ausgeprägte Industrie für die Herstellung von Ringen aus Wolframlegierungen entwickelt und dabei ihre starke industrielle Basis sowie ihre technologischen Forschungs- und Entwicklungskapazitäten genutzt. Diese Produkte werden hauptsächlich in der Elektronik, der Kommunikation und im High-End-Maschinenbau eingesetzt, wobei der Schwerpunkt auf der Kontrolle der Mikrostruktur und der funktionalen Verbundleistung liegt.

### 7.2.2 Analyse der Lieferkettenstruktur

Die Lieferkette für Wolframlegierungsringe umfasst hauptsächlich die folgenden Schlüsselglieder:

- **Die Lieferkette**

beginnt mit dem Abbau von Wolframerz und der Produktion von Wolframpulver. Die globalen Wolframressourcen sind konzentriert, und die Qualität und Reinheit des Wolframerzes wirken sich direkt auf die Leistung des Wolframpulvers aus. Einige Länder sichern ihre stabile Rohstoffversorgung durch strategische Reserven und Ressourcenkooperationen.

- **Wolframpulveraufbereitung und Legierungspulveraufbereitung.**

Die Kontrolle der Partikelgröße, Reinheit und Morphologie des Wolframpulvers ist die Grundlage für die Bestimmung der Legierungseigenschaften. Das anschließende gleichmäßige Mischen und Dosieren mit Bindemetallen wie Nickel, Eisen und Kupfer ist der Kernschritt der pulvermetallurgischen Aufbereitung.

- **Formtechniken**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(wie Gesenkpressen und isostatisches Pressen) und Sinterprozesse bestimmen direkt die Dichte, Mikrostruktur und Leistung von Ringen aus Wolframlegierungen. Verschiedene Hersteller wählen unterschiedliche Prozessrouten, um die Produktqualität entsprechend der Marktnachfrage zu optimieren.

- Ringe aus Wolframlegierungen werden häufig durch Präzisionsdrehen, Schleifen und Polieren **bearbeitet**, um die Maß- und Oberflächenqualität zu gewährleisten. Oberflächenbehandlungen wie Galvanisieren und PVD-Beschichtung können die Korrosions- und Verschleißfestigkeit weiter verbessern.
- **Wolframlegierungen** sind oft hochwertige, technologieintensive Rohstoffe, die bei Transport und Lagerung strengen Schutz, Feuchtigkeitsbeständigkeit und Oxidationsbeständigkeit erfordern. Im internationalen Handel wirken sich Exportbestimmungen und die Einhaltung von Zertifizierungen ebenfalls auf die Effizienz der Lieferkette aus.

### 7.2.3 Vorteile und Herausforderungen der Lieferkette

- **Vorteile**
  - China verfügt über erhebliche Ressourcenvorteile und eine vollständige Lieferkette, die den Bedarf einer Großproduktion decken kann.
  - Länder wie Russland und die USA verfügen über umfangreiche technologische Ressourcen und sind in der Lage, hochwertige Produkte herzustellen.
  - Europäische, japanische und südkoreanische Länder sind führend in der High-End-Fertigung und Materialinnovation und treiben den technologischen Fortschritt voran.
- **Herausforderung**
  - Der Abbau von Wolframressourcen bringt Versorgungsrisiken mit sich, die insbesondere bei angespanntem internationalen Handel deutlich werden.
  - Der hohe Energieverbrauch und die Umweltbelastungen in der Lieferkette nehmen zu und die umweltfreundliche Fertigung braucht dringend einen Durchbruch.
  - Auf den Märkten für technologische Barrieren und High-End-Anwendungen herrscht ein harter Wettbewerb, und eine unzureichende Produktdifferenzierung kann sich auf die Gewinnmargen auswirken.

## 7.3 Preisentwicklung und Kostenstruktur von Wolframlegierungsringen

Die Qualität von Wolframlegierungsringen wird von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, darunter Schwankungen auf dem Rohstoffmarkt, die Komplexität des Herstellungsprozesses und Änderungen der Anforderungen der Endanwendung. Das Verständnis der Preisentwicklung und der Kostenstruktur von Wolframlegierungsringen ist für Unternehmen von entscheidender Bedeutung, um sinnvolle Produktionsstrategien und Marktplanungen zu entwickeln.

### 7.3.1 Preistrendanalyse von Wolframlegierungsringen

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Rohstoffpreisschwankungen beeinflussen die Qualität**  
von Wolframlegierungsringen . Wolframpulver ist der Hauptrohstoff für Wolframlegierungsringe, und Schwankungen der Wolframerzpreise wirken sich direkt auf die Kosten von Wolframpulver aus. In den letzten Jahren wurden die weltweiten Wolframressourcen durch Faktoren wie Bergbaupolitik, Umweltauflagen und geopolitische Einflüsse beeinflusst, was zu zyklischen Schwankungen der Wolframerzpreise führte. Beispielsweise steigen in Zeiten knappen Angebots die Wolframerzpreise rasant an, was die Preise für Wolframpulver und Legierungsprodukte in die Höhe treibt. Umgekehrt fallen die Preise, wenn das Marktangebot reichlich ist.  
Darüber hinaus wirken sich Preisschwankungen bei Legierungselementen wie Nickel und Eisen ebenfalls auf die Kosten aus, insbesondere in Zeiten erheblicher Preisvolatilität auf dem internationalen Metallmarkt.
- **Auswirkungen technologischer und prozessualer Verbesserungen:**  
Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Herstellungstechnologie für Wolframlegierungsringe konnte die Leistung von Produkten durch fortschrittliche Sinter-, Wärmebehandlungs- und Oberflächenmodifizierungsverfahren deutlich verbessert werden, gleichzeitig stiegen jedoch auch die entsprechenden Herstellungskosten. Der Preis für hochwertige Wolframlegierungsringe zeigt generell einen Aufwärtstrend, was den gestiegenen technologischen Gehalt und Mehrwert widerspiegelt.
- **Die Nachfrage der Endmärkte treibt die Nachfrage nach Hochleistungsringen aus**  
Wolframlegierungen in der Luft- und Raumfahrt, der Nuklearindustrie, dem Militär und der Medizinbranche an. Dies hat die Nachfrage nach hochwertigen Produkten erhöht und zu Preissteigerungen geführt. Dies gilt insbesondere für den Markt für hochwertige Spezialringe und Speziallegierungen, wo die Preise flexibler sind und Wachstumspotenzial bieten.
- **die Auswirkungen des internationalen Handels und der internationalen Politik, darunter**  
Handelsbeschränkungen, Zollanpassungen und verstärkte Umweltschutzmaßnahmen, haben den Marktpreis für Ringe aus Wolframlegierungen in gewissem Maße in die Höhe getrieben. Exportkontrollen und die Weitergabe von Umweltschutzkosten sind häufige Faktoren für Preisschwankungen.

### 7.3.2 Kostenstrukturanalyse von Wolframlegierungsringen

Ringe aus Wolframlegierung bestehen hauptsächlich aus den folgenden Teilen:

- **Die Rohstoffkosten** (ca. 60–75 %) machen den größten Teil der Kosten für Wolframlegierungsringe aus . Dazu gehören die Beschaffungskosten für Wolframpulver, Nickel, Eisen und andere Legierungselemente. Reinheit, Partikelgröße und Lieferstabilität des Wolframpulvers wirken sich direkt auf die Gesamtkosten aus. Die Knappheit und Schwierigkeit des Wolframabbaus führen zu erheblichen Schwankungen der Rohstoffkosten.
- **Die Verarbeitungs- und Herstellungskosten** (ca. 15–25 %) umfassen Pulvermetallurgie-Formung, Sintern, Wärmebehandlung und Bearbeitung. Die

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hochpräzise Verarbeitung erfordert hohe Investitionen in die Ausrüstung und das technische Personal. Produkte mit komplexen Formen oder besonderen Eigenschaften sind in der Herstellung noch teurer.

- **Kosten für Oberflächenbehandlung und -prüfung** (ca. 5–10 %):  
Um die Korrosionsbeständigkeit und die mechanischen Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen sicherzustellen, sind in der Regel Oberflächenpolieren, Galvanisieren, PVD-Beschichten und andere Behandlungen erforderlich. Darüber hinaus erhöhen strenge Qualitätsprüfungen, zerstörungsfreie Prüfungen und Leistungsüberprüfungen die Kosten.
- **Die Verwaltungs- und Logistikkosten** (ca. 5 %)  
umfassen Produktionsmanagement, Gebühren für die Einhaltung von Umweltvorschriften, Verpackung, Transport und Lagerung. Ringe aus Wolframlegierungen sind oft hochwertige, technologieintensive Materialien mit hohen Anforderungen an Logistik und Transport. Verpackung und Schutzmaßnahmen verursachen zusätzliche Kosten.

### 7.3.3 Zusammenfassung der Preisentwicklung und Zukunftsaussichten

Insgesamt verzeichnen die Preise für Ringe aus Wolframlegierungen einen strukturellen Aufwärtstrend. Dieser ist auf das globale Angebot und die Nachfrage nach Wolframressourcen, den technologischen Fortschritt in der Fertigung und die Endmarktnachfrage zurückzuführen. Die Rohstoffpreise sind der dominierende Faktor, wobei insbesondere Schwankungen der Wolframpulverpreise den Markt für Ringe aus Wolframlegierungen erheblich beeinflussen.

Mit der Weiterentwicklung der Wolfram-Ressourcentechnologie und der Erforschung alternativer Materialien dürften sich die Rohstoffkosten künftig stabilisieren. Gleichzeitig werden durch die intelligentere und automatisiertere Fertigung die Verarbeitungskosten gesenkt und die Produktionseffizienz verbessert. Die steigende Nachfrage nach Hochleistungsringen aus Wolframlegierungen, insbesondere in den Bereichen Neue Energien, Luft- und Raumfahrt und High-End-Ausrüstung, lässt darauf schließen, dass die Preise für Wolframringe weiterhin ausreichend Spielraum nach oben haben.

Unternehmen sollten die Dynamik des Rohstoffmarktes genau beobachten, die Kostenstruktur optimieren, technologische Innovationen und Produktdifferenzierung stärken, um im harten Marktwettbewerb ihre Preisvorteile und Gewinnmargen zu wahren.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## CTIA GROUP LTD

### High-Density Tungsten Alloy Customization Service

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

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

**Precision customization:** support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), 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

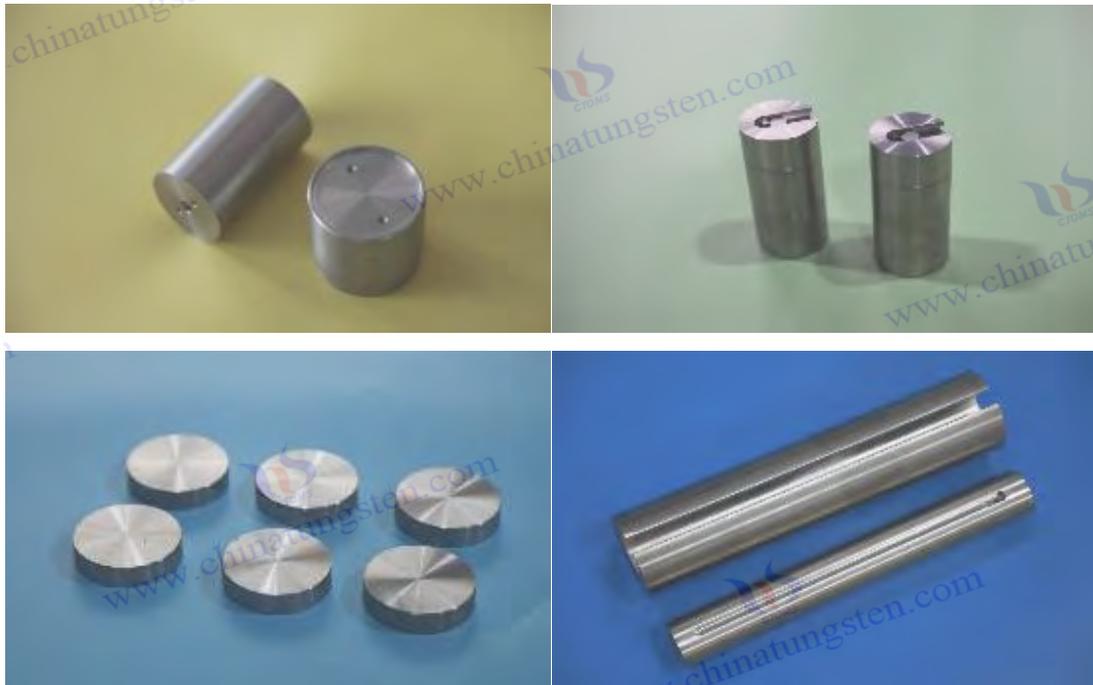
1 billion+ visits to the official website, 1 million+ web pages, 100,000+ customers, 0 complaints in 30 years!

Contact us

Email: [sales@chinatungsten.com](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

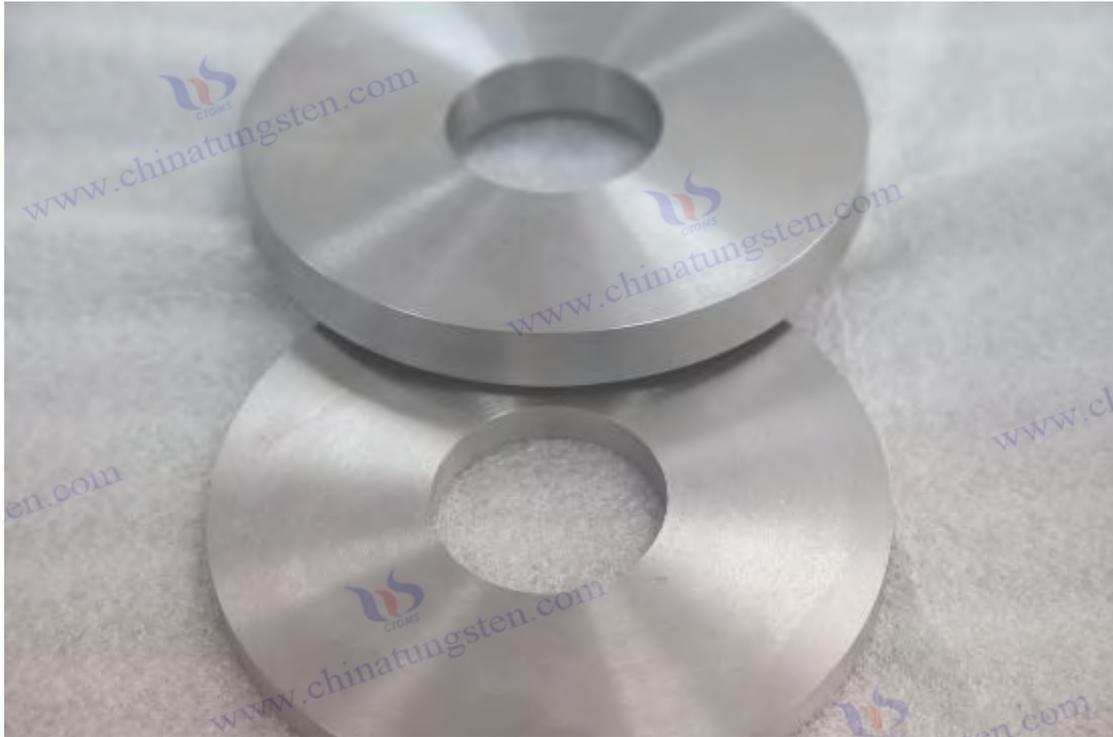
Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://www.tungsten-alloy.com)



#### 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](http://www.ctia.com.cn)

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



## Kapitel 8 Zukünftiger Entwicklungstrend des Wolframlegierungsringes

### 8.1 Neue Werkstoffe und Legierungssysteme für Wolframlegierungsringe

Mit dem kontinuierlichen Fortschritt von Wissenschaft und Technologie und der Diversifizierung der Anwendungsanforderungen entwickeln sich Wolframlegierungsringmaterialien in Richtung hoher Leistung, Funktionalität und Diversifizierung. Die Forschung und Entwicklung neuer Materialien und Legierungssysteme ist zu einem Schlüsselfaktor für die zukünftige Entwicklung von Wolframlegierungsringen geworden, was sich insbesondere in folgenden Aspekten manifestiert:

#### 1. Entwicklung von Hochleistungs-Mehrelement-Legierungssystemen.

Traditionelle Wolframlegierungsringe basieren hauptsächlich auf Wolfram-Nickel-Eisen- oder Wolfram-Nickel-Kupfer-Legierungssystemen. Um den Anforderungen an höhere Festigkeit, verbesserte Zähigkeit und spezielle physikalische Eigenschaften gerecht zu werden, erforschen Forscher Mehrelement-Legierungssysteme mit zusätzlichen Elementen wie Molybdän, Titan, Niob und Chrom. Diese neuen Legierungen verbessern nicht nur die mechanischen Eigenschaften von Wolframlegierungen, sondern erhöhen auch ihre Hitze-, Korrosions- und Strahlungsbeständigkeit und erweitern so den Anwendungsbereich von Wolframlegierungsringen unter extremen Arbeitsbedingungen.

#### 2. Nanostrukturierte und funktional gradierte Legierungssysteme

steigern die Leistung von Wolframlegierungsringen durch Nanokornverstärkung und mikrostrukturelles Design deutlich. Nanostrukturierte Legierungen verbessern Festigkeit und Zähigkeit durch Kornverfeinerung und hemmen die Rissausbreitung. Darüber hinaus ermöglichen funktional gradierte Legierungen räumliche Variationen der Materialeigenschaften, beispielsweise

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

durch die Integration einer hochharten Oberflächenschicht und einer zähen Kernschicht. Dies erfüllt die vielfältigen Leistungsanforderungen komplexer Einsatzumgebungen und erhöht die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit von Wolframlegierungsringen deutlich .

### **3. Verbundwerkstoffe und mehrphasige Legierungssysteme:**

Neue Ringe aus Wolframlegierungen enthalten keramische Phasen (wie Carbide und Nitride) oder andere metallische Phasen, um eine Metall-Keramik-Verbundstruktur zu erzeugen. Dieses mehrphasige Legierungssystem vereint die Zähigkeit von Metall mit der hohen Härte und Verschleißfestigkeit von Keramik. Es eignet sich für extreme Anwendungen, die hohe Festigkeit, Verschleißfestigkeit und Temperaturbeständigkeit erfordern und die Gesamtleistung von Ringen aus Wolframlegierungen steigern.

### **4. Hohe Wärmeleitfähigkeit, hohe elektrische Leitfähigkeit und antimagnetisches Legierungsdesign:**

Um der Nachfrage nach Funktionsmaterialien in Bereichen wie der Elektronikkühlung und der Luft- und Raumfahrt gerecht zu werden, konzentriert sich das neue Wolframlegierungsring-Materialsystem auch auf die Optimierung der thermischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften. Durch die gezielte Steuerung der Legierungszusammensetzung und Mikrostruktur werden eine hohe Wärmeleitfähigkeit, hervorragende elektrische Eigenschaften und ein spezifisches magnetisches Verhalten erreicht, wodurch die vielfältigen Materialeleistungsanforderungen spezieller Anwendungen erfüllt werden.

### **5. Umweltfreundliche Legierungen:**

Angesichts der zunehmend strengeren Umweltvorschriften ist die Entwicklung umweltfreundlicher und leicht recycelbarer Wolframlegierungen, die den RoHS- und REACH-Standards entsprechen, zu einem zentralen Thema geworden. Neue Legierungssysteme legen nicht nur Wert auf Leistungsverbesserungen, sondern auch auf das Management des Materiallebenszyklus und eine nachhaltige Entwicklung und treiben so die grüne Transformation der Wolframlegierungsringindustrie voran .

## **8.2 Fortschrittliche Fertigungstechnologie für Wolframlegierungsringe (Additive Fertigung usw.)**

Mit der kontinuierlichen Innovation der Fertigungstechnologie erfährt der traditionelle Herstellungsprozess von Wolframlegierungsringen revolutionäre Veränderungen. Fortschrittliche Fertigungstechnologien, insbesondere neue Verfahren wie die additive Fertigung (3D-Druck), das Präzisions-Heißisostatpressen und das Pulverspritzgießen, bringen beispiellose Flexibilität und Effizienz in die Entwicklung und Produktion von Wolframlegierungsringen . Im Folgenden sind die wichtigsten Entwicklungsrichtungen und Anwendungsmerkmale aktueller und zukünftiger Technologien zur Herstellung von Wolframlegierungsringen aufgeführt:

### **1. Anwendung der additiven Fertigungstechnologie bei Ringen aus Wolframlegierungen**

Additive Fertigungstechnologien, insbesondere Pulverbettsschmelzverfahren wie selektives Laserschmelzen (SLM) und Elektronenstrahlschmelzen (EBM), ermöglichen die direkte Herstellung komplexer geometrischer Formen aus Wolframlegierungsringen . Dadurch werden

#### **COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

Materialverluste und Prozesskomplexität im Vergleich zur herkömmlichen Fertigung deutlich reduziert. Zu den besonderen Vorteilen zählen:

- **Einteiliges Formen mit komplexer Struktur** : Durch schichtweises Stapeln werden komplexe interne Kanäle, poröse Strukturen und leichte Designs erreicht, die mit herkömmlichen Verfahren nur schwer zu verarbeiten sind, wodurch die Funktionsintegration von Ringen aus Wolframlegierung verbessert wird.
- **Schnelle Iteration und kundenspezifische Produktion** : Passen Sie sich den Produktionsanforderungen kleiner Chargen und mehrerer Varianten an, unterstützen Sie schnelle Designänderungen und Produktion basierend auf Kundenanpassungen und realisieren Sie eine personalisierte Fertigung.
- **Hohe Materialausnutzungsrate** : Wolframlegierungspulver wird direkt geformt, was die Abfallerzeugung und die Verarbeitungskosten erheblich reduziert und offensichtliche Auswirkungen auf die Umweltfreundlichkeit der Herstellung hat .

Der hohe Schmelzpunkt, die hohe Dichte und die hohe Wärmeleitfähigkeit von Wolframlegierungspulver stellen jedoch hohe Anforderungen an die Anlagen und Prozesse der additiven Fertigung. Die Optimierung der Prozessparameter und die anschließende Wärmebehandlung bleiben Forschungsschwerpunkte.

## 2. Optimierung der Präzisionstechnologie des heißisostatischen Pressens (HIP)

Durch heißisostatisches Pressen (HIP) wird durch die gleichmäßige Einwirkung von Hochtemperatur- und Hochdruckgas eine hohe Verdichtung von Wolframlegierungsringen erreicht. Dadurch werden innere Porosität und Defekte beseitigt und die mechanischen Eigenschaften sowie die Haltbarkeit deutlich verbessert. In den letzten Jahren hat das HIP-Verfahren in Kombination mit Pulvermetallurgie und Wärmebehandlungstechnologien zu kontinuierlichen Durchbrüchen bei der Leistung von Wolframlegierungsringen geführt , insbesondere bei der Hochtemperaturbeständigkeit und der Ermüdungslebensdauer.

## 3. Förderung der Pulverspritzgusstechnologie (PIM)

Beim Pulverspritzgießen (PIM) werden Pulvermetallurgie und Kunststoffspritzgussverfahren kombiniert. Dadurch eignet es sich für die Herstellung komplexer, hochpräziser Ringe aus Wolframlegierungen. PIM bietet Vorteile wie hohe Umformeffizienz, hervorragende Oberflächenqualität und minimale Nachbearbeitungsschritte und wird zunehmend in der Massenproduktion hochwertiger Ringe aus Wolframlegierungen eingesetzt.

## 4. Verbundwerkstofffertigung und Multimaterial-Integrationstechnologie

Die Herstellung von Ringen aus Wolframlegierungen wird sich in Zukunft in Richtung Multimaterial-Verbundwerkstoff entwickeln. Durch die Kombination von additiver Fertigung und traditioneller Bearbeitung können funktional abgestufte Strukturen und oberflächenveredelnde Beschichtungen gemeinsam hergestellt werden. Diese Verbundwerkstoff-Fertigungstechnologie verleiht Ringen aus Wolframlegierungen eine überlegene Gesamtleistung und erfüllt die Anforderungen extremer Umgebungen wie Luft- und Raumfahrt, Kernenergie und Medizin.

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## 5. Intelligente Fertigung und digitale Prozesssteuerung

Mit der Weiterentwicklung von Industrie 4.0 integrieren intelligente Fertigungstechnologien Sensorüberwachung, Echtzeit-Datenfeedback und KI-Optimierungsalgorithmen, um eine präzise Steuerung und Qualitätsverfolgung während des Produktionsprozesses von Ringen aus Wolframlegierungen zu erreichen. Digitale Design- und Simulationstechnologien beschleunigen zudem den Entwicklungszyklus und die Prozessoptimierung neuer Ringe aus Wolframlegierungen.

## 8.3 Technologie zur Rückgewinnung und Wiederverwertung von Wolframlegierungsringen

Angesichts der zunehmenden Verknappung von Wolframressourcen und strengerer Umweltvorschriften ist das Recycling und die Wiederverwendung von Wolframlegierungsringen zu einem wichtigen Faktor für eine nachhaltige Ressourcennutzung und die Senkung der Produktionskosten geworden. Das Recycling von Wolframlegierungsringen trägt nicht nur zur Schonung strategischer Metallressourcen bei, sondern reduziert auch die Umweltverschmutzung und fördert die Entwicklung einer umweltfreundlichen Produktion. Im Folgenden sind die wichtigsten Technologien und Trends für das Recycling und die Wiederverwendung von Wolframlegierungsringen aufgeführt:

### 1. Bedeutung der Wiederherstellung von Wolframlegierungsringen

- Wolfram ist ein seltenes Metall mit begrenzten Reserven und ungleichmäßiger Verteilung. Recycling und Nutzung können den Druck auf die Wolfram-Ressourcenversorgung wirksam verringern.
- Ringe aus Wolframlegierungen enthalten im Allgemeinen einen hohen Anteil an Wolframelementen. Wenn sie nach der Entsorgung nicht recycelt werden, wird eine große Menge Edelmetall verschwendet.
- Recycling trägt dazu bei, die Umweltbelastung durch Erzabbau und Schmelzen bei der Herstellung von Wolframlegierungen zu verringern und steht im Einklang mit dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung.

### 2. Hauptmethoden zum Recycling von Wolframlegierungsringen

- **mechanischen Recycling**  
werden Abfallringe aus Wolframlegierungen zunächst durch Schneiden, Zerkleinern und andere mechanische Methoden verarbeitet, um wiederverwendbare Wolframlegierungspartikel oder -pulver zu erhalten. Dieses Verfahren eignet sich für Abfallringe aus Wolframlegierungen mit intakter Struktur und geringer Umweltverschmutzung.
- **chemischen Recycling**  
werden chemische Verfahren wie Säurelaugung und Alkalischmelzen eingesetzt, um das Wolframelement aus dem Wolframlegierungsring zu lösen. Durch Fällungs- und Reinigungsprozesse werden hochreine Wolframverbindungen bzw. metallisches Wolfram gewonnen. Dieses Verfahren eignet sich für das Recycling komplexer Mischabfälle und kann Verunreinigungen effektiv entfernen.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

- **Wärmebehandlungsrecycling**  
werden Wolfram und Legierungselemente durch Hochtemperaturschmelzen und Rösten aus Wolframlegierungsringen zurückgewonnen, wodurch eine Metallrückgewinnung und Legierungsregeneration erreicht wird. Dieses Verfahren erfordert eine hohe Reinheit des Abfalls und große Investitionen in die Ausrüstung.

### 3. Herausforderungen der Wolframlegierungsring-Rückgewinnungstechnologie

- Ringe aus Wolframlegierungen enthalten Legierungselemente wie Nickel und Eisen. Während des Recyclingprozesses ist es notwendig, Wolfram effektiv von anderen Metallen zu trennen, um die Reinheit und Leistung der recycelten Materialien zu gewährleisten.
- Schrottringe aus Wolframlegierungen können Beschichtungen, Verunreinigungen und Schadstoffe enthalten, was den Recyclingprozess komplexer und teurer macht.
- Die Umweltauswirkungen des Recyclingprozesses müssen streng kontrolliert werden, um eine Sekundärverschmutzung zu vermeiden.

### 4. Entwicklungstrends fortschrittlicher Recyclingtechnologien

- **Grüne Recyclingprozesse**  
fördern energiearme, unschädliche chemische Recyclingtechnologien, wie beispielsweise die Biolaugungstechnologie, um den Einsatz schädlicher Chemikalien zu reduzieren und ein umweltfreundliches Recycling zu erreichen.
- **Die hocheffiziente Trenntechnologie**  
kombiniert mehrere Technologien wie magnetische Trennung, Flotation und elektrochemische Trennung, um die Trenneffizienz und Rückgewinnungsrate von Wolfram und Legierungselementen zu verbessern.
- **Materialwiederaufbereitungstechnologie**  
zurückgewonnenes Wolframlegierungspulver kann direkt in fortschrittlichen Herstellungstechnologien wie der additiven Fertigung und dem Pulverspritzguss verwendet werden, wodurch eine geschlossene Kreislaufnutzung der Materialien ermöglicht wird.
- **Intelligentes Recyclingmanagement**  
nutzt das Internet der Dinge und Big-Data-Technologien, um die Verfolgung, Sortierung und Qualitätskontrolle des gesamten Recyclingprozesses von Abfallringen aus Wolframlegierungen zu erreichen und das wissenschaftliche Managementniveau des Recyclingsystems zu verbessern.

### 8.4 Mögliche Anwendungen von Wolframlegierungsringen in der Spitzentechnologie

Dank der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Materialwissenschaften und der High-End-Fertigungstechnologie haben Wolframlegierungsringe aufgrund ihrer hervorragenden physikalischen und chemischen Eigenschaften ein breites Anwendungspotenzial in vielen hochmodernen wissenschaftlichen und technologischen Bereichen gezeigt. Im Folgenden werden die potenziellen innovativen Anwendungen von Wolframlegierungsringen in verschiedenen wichtigen wissenschaftlichen und technologischen Bereichen erörtert:

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### **1. Hochleistungsfähige Detektionsgeräte für die Luft- und Raumfahrt sowie den Weltraum**

Ringe aus Wolframlegierungen eignen sich aufgrund ihrer hohen Dichte, Festigkeit und hervorragenden Temperaturbeständigkeit für den Einsatz in Trägheitsmassenblöcken, Lageregelungsgewichten sowie Dichtungs- und Verbindungskomponenten von Raumfahrzeugen in Hochtemperaturumgebungen. Zukünftige Weltraumerkundungsmissionen erfordern Materialien mit noch höherer Anpassungsfähigkeit an extreme Umgebungen, und Ringe aus Wolframlegierungen können Raumfahrzeugen entscheidende strukturelle und funktionelle Unterstützung bieten.

### **2. Kernfusion und hochwertige Kernenergieanlagen**

In Kernfusionsreaktoren und modernen Kernenergieanlagen müssen die Materialien intensiver Strahlung, extremen Temperaturen und korrosiven Umgebungen standhalten. Ringe aus Wolframlegierungen mit ihrer hervorragenden Strahlungsabschirmung und thermischen Stabilität können in Strukturkomponenten, Abschirmringen und Neutronenabsorbern in Kernreaktoren eingesetzt werden und tragen so zur kontrollierten Entwicklung der Kernfusionstechnologie bei.

### **3. Anwendungen im Quantencomputing und in hochpräzisen Instrumenten**

Quantencomputer und hochpräzise Messinstrumente stellen extrem hohe Anforderungen an die Materialien hinsichtlich elektromagnetischer Abschirmung, Wärmeausdehnungskoeffizient und mechanischer Stabilität. Der niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient und die hervorragende elektromagnetische Abschirmung machen Ringe aus Wolframlegierungen zu idealen Materialien für Abschirmstrukturen und mechanische Halterungen in Quantengeräten und verbessern so effektiv die Systemstabilität und Rechengenauigkeit.

### **4. Ausrüstung zur Herstellung von Mikroelektronik und Halbleitern**

Ringe aus Wolframlegierungen werden als hochdichte, stabile Gegengewichte und verschleißfeste Hochtemperaturkomponenten in der Mikroelektronikfertigung eingesetzt. Sie ermöglichen eine präzise Bewegungssteuerung und einen langfristig stabilen Betrieb. Darüber hinaus kann die Korrosionsbeständigkeit von Wolfram die Lebensdauer wichtiger Komponenten verlängern und die Effizienz der Produktionslinie insgesamt verbessern.

### **5. Hochwertige medizinische Geräte und Strahlentherapiesysteme**

Durch die Verwendung von Wolframlegierungsringen eignen sie sich für den Einsatz in Präzisionspositionierungsgeräten und Strahlenschutzringen in Strahlentherapiegeräten und gewährleisten so die Sicherheit und Genauigkeit der Behandlung. Mit der Entwicklung der Medizintechnik hin zu minimalinvasiven und präzisen Behandlungen werden Wolframlegierungsringe in medizinischen Geräten eine immer größere Rolle spielen.

### **6. Neue Energie- und Energiespeichersysteme**

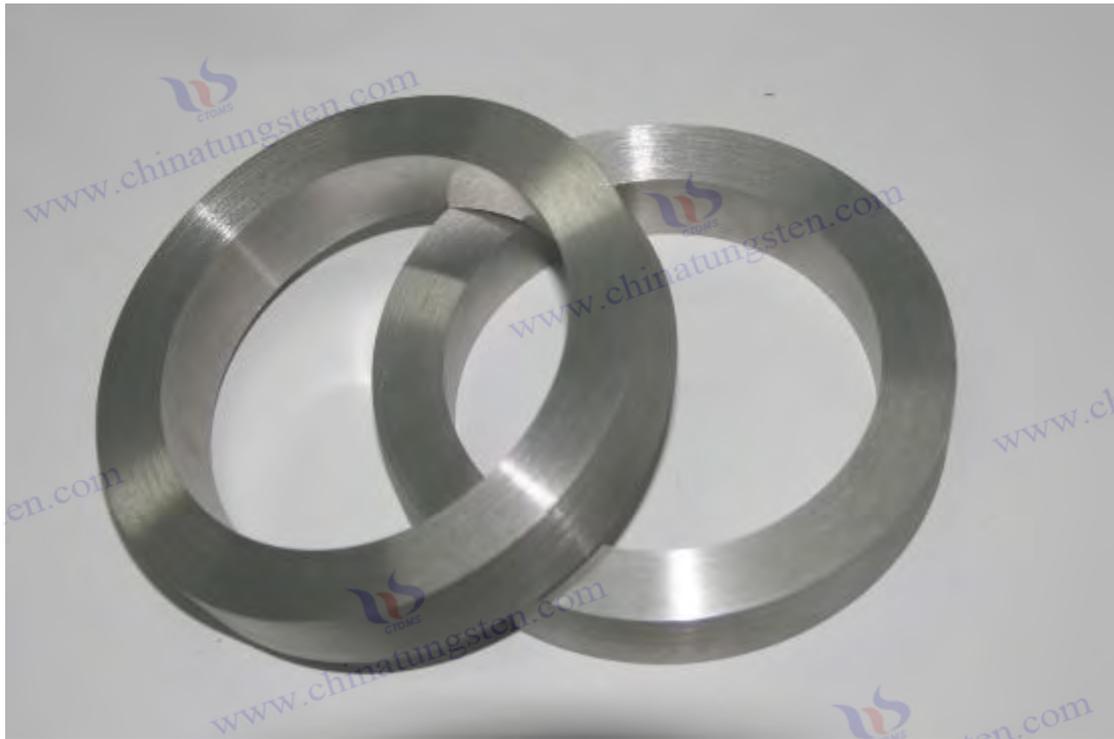
In der Wasserstoffenergie, in Brennstoffzellen und in modernen Energiespeichersystemen können Wolframlegierungsringe als strukturelle Verstärkungselemente und elektromagnetische

#### **COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

Abschirmkomponenten eingesetzt werden, um die Systemsicherheit und Haltbarkeit zu verbessern. Ihre hohe Temperaturbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit gewährleisten zudem den langfristigen und stabilen Betrieb neuer Energieanlagen.

### 7. Additive Fertigung und intelligente Fertigungsanlagen

Ringe aus Wolframlegierungen eignen sich für Schlüsselkomponenten in der additiven Fertigung (3D-Druck) und unterstützen die präzise Herstellung komplexer Teile. Die schnelle Reaktion und die hohen Leistungsanforderungen an Materialien im Bereich der intelligenten Fertigung haben zu einer weit verbreiteten Verwendung von Ringen aus Wolframlegierungen in automatisierten Anlagen geführt.



## Anhang

### Anhang 1: Allgemeine physikalische und chemische Daten von Wolframlegierungsringen

In diesem Anhang werden die physikalischen und chemischen Eigenschaften zusammengefasst, die üblicherweise bei der Konstruktion, Herstellung und Anwendung von Ringen aus Wolframlegierungen verwendet werden. Sie dienen Ingenieuren, Technikern und Forschern als Referenz, um die Materialauswahl, Prozessoptimierung und Leistungsbewertung zu erleichtern.

Parameterkategorie	Projekt	Typischer Wertebereich	Bemerkung
Physikalische Eigenschaften	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	17,0 – 18,8	abhängig vom Wolframgehalt und der Legierungszusammensetzung
	Anteil	17,0 – 18,8	Äquivalent zur Dichte
	Schmelzpunkt (°C)	3422	Schmelzpunkt von Wolfram
	Wärmeausdehnungskoeffizient (×10 <sup>-6</sup> / K)	4,5 – 6,0	Unterschiedliche Legierungssysteme weisen leichte Unterschiede auf
	Wärmeleitfähigkeit (W/ m· K )	100 – 150	Variiert je nach Legierungszusammensetzung
	Leitfähigkeit (% IACS)	5 – 15	Einfluss des Nickel- und Eisengehalts

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

<b>Mechanische Eigenschaften</b>	Zugfestigkeit (MPa)	500 – 900	Abhängig vom Legierungsverhältnis und Wärmebehandlungsprozess
	Streckgrenze (MPa)	300 – 700	
	Bruchzähigkeit (MPa·m <sup>1/2</sup> )	10 – 25	
	Härte (HV)	200 – 350	Je nach Zutat und Verfahren
<b>chemische Zusammensetzung</b>	Wolframgehalt (W, %)	85 – 98	Verschiedene Legierungstypen
	Nickelgehalt (Ni, %)	1 – 12	
	Eisengehalt (Fe, %)	1 – 12	
	Andere Legierungselemente	0 – 3	Wie Kupfer, Molybdän usw.
	Sauerstoffgehalt (O, ppm)	< 100	Beeinflusst Sprödigkeit und mechanische Eigenschaften
	Kohlenstoffgehalt (C, ppm)	< 50	
<b>Oberflächeneigenschaften</b>	Oberflächenrauheit (Ra, μm)	0,1 – 1,0	Nach Verarbeitungstechnologie
	Dicke der Oberflächenbeschichtung (μm)	1 – 50	Abhängig von der Beschichtungsart

**Bemerkung:**

- Bei den oben genannten Daten handelt es sich um typische Werte. Die spezifische Leistung wird durch Faktoren wie Legierungszusammensetzung, Herstellungsverfahren, Wärmebehandlung und Einsatzumgebung beeinflusst.
- Die physikalischen Leistungsparameter gelten für Raumtemperaturbedingungen und müssen entsprechend der tatsächlichen Nutzungsumgebung angepasst werden.
- Der Verunreinigungsgehalt in der chemischen Zusammensetzung hat einen großen Einfluss auf die Leistung von Wolframlegierungsringen und muss streng kontrolliert werden.
- Oberflächenkennwerte beziehen sich hauptsächlich auf den Zustand nach der Bearbeitung oder Beschichtung, der sich auf die Lebensdauer und die Funktionserfüllung auswirkt.

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

## Anhang 2: Vergleichstabelle internationaler Normen für Wolframlegierungsringe

Ringe aus Wolframlegierungen zusammengefasst. Dabei werden Materialangaben, Leistungstests, Qualitätskontrolle und Anwendungsspezifikationen behandelt, damit Ingenieure und Qualitätsmanagementpersonal sie leichter nachschlagen können.

Standardsystem	Standard Nr.	Standardname (Chinesisch)	Standardname (Englisch)	Kurze Beschreibung des Geltungsbereichs und Inhalts
<b>Chinesischer Nationalstandard (GB)</b>	GB/T 1234-xxxx	Technische Anforderungen an Wolframlegierungsmaterial	Technische Bedingungen für Wolframlegierungsmaterialien	Ringe aus Wolframlegierungen und verwandte Produkte
	GB/T 5678-xxxx	Prüfmethode für mechanische Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierung	Prüfmethoden für mechanische Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen	Prüfnormen für mechanische Eigenschaften von Ringen aus Wolframlegierungen
<b>Amerikanische Gesellschaft für Prüfung und Materialien (ASTM)</b>	ASTM B777-xxxx	Materialspezifikationen für Wolframlegierungen	Standard-Spezifikation für Wolframlegierungsmaterialien	Zusammensetzung, Eigenschaften und Herstellungsprozessstandards von Wolframlegierungsringen
	ASTM E8/E8M-xxxx	Zugprüfnormen für metallische Werkstoffe	Standardprüfverfahren für Zugprüfungen an metallischen Werkstoffen	Prüfverfahren für die Zugfestigkeit von Ringen aus Wolframlegierung
<b>US-Militärstandard (MIL)</b>	MIL-DTL-xxxx	Technische Anforderungen für militärische Wolframlegierungsringe	Militärische Detailspezifikation für Ringe aus Wolframlegierungen	Leistungs- und Qualitätsanforderungen an Militärprodukte aus Wolframlegierungsringen
<b>Internationale Organisation für Normung (ISO)</b>	ISO 11945:xxx x	Allgemeine technische Spezifikationen für Wolframlegierungsmaterialien	Wolframlegierungsmaterialien – Allgemeine technische Spezifikation	International anerkannte Materialspezifikationen für Wolframlegierungen
	ISO 6507-1 : xxxx	Vickers-Härteprüfverfahren	Metallische Werkstoffe – Vickers-Härteprüfung – Teil 1	Standardmethode zur Härteprüfung von Ringen aus Wolframlegierungen
<b>Europäische Normen (EN)</b>	EN 12502-xxxx	Materialeigenschaften und Prüfung von Wolframlegierungen	Leistung und Prüfung von Wolframlegierungen	Leistungstests und Qualitätskontrollspezifikationen für Legierungsringe innerhalb der EU
<b>Umweltstandards</b>	RoHS-Richtlinie 2011/65/E	Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher	Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher	Wolframlegierungsringe und Umweltverträglichkeitsanforderungen

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

U	Stoffe	Stoffe	
REACH - Verordnung (EG) Nr. 1907/2006	Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (RECs)	Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe	Konformitätsanforderungen für chemische Substanzen in Ringmaterialien aus Wolframlegierungen

**Bemerkung:**

- xxxx “ in der Normnummer weist auf unterschiedliche Versionen und bestimmte Jahre hin. Für die tatsächliche Anwendung muss die neueste Version bestätigt werden.
- Verschiedene Länder und Regionen haben unterschiedliche Standardanforderungen für Ringe aus Wolframlegierungen. Spezifische Projekte sollten basierend auf dem Zielmarkt ausgewählt werden.
- Bei einigen Normen liegt der Schwerpunkt auf Leistungstests, bei anderen auf der chemischen Zusammensetzung des Materials und der Umweltverträglichkeit . Beide müssen in Kombination angewendet werden.
- Unternehmen sollten ein Qualitätsmanagementsystem einrichten, das internationalen und nationalen Standards entspricht und auf den tatsächlichen Produktions- und Anwendungsanforderungen basiert.

### Anhang III: Glossar und englische Abkürzungen zu Ringen aus Wolframlegierungen

Dieser Anhang fasst die im Bereich der Wolframlegierungsringe häufig verwendeten Begriffe und ihre entsprechenden englischen Ausdrücke sowie Erklärungen der zugehörigen Abkürzungen zusammen, um das Verständnis und die Kommunikation zwischen Technikern, F&E-Mitarbeitern und Managern zu erleichtern.

Chinesische Terminologie	Englische Terminologie	Abkürzungen	Erläuterung
<b>Ring aus Wolframlegierung</b>	Ring aus Wolframlegierung	—	Ringförmige Strukturteile aus Wolframlegierungen werden häufig im High-End-Bereich eingesetzt.
<b>Pulvermetallurgie</b>	Pulvermetallurgie	PM	Eine Technologie zur Herstellung metallischer Werkstoffe durch Pulverpress- und Sinterprozesse.
<b>Sintern</b>	Sintern	—	Der Prozess der Verbindung von Pulverpartikeln bei hohen Temperaturen zur Bildung eines dichten Feststoffs.
<b>Mikrostruktur</b>	Mikrostruktur	—	Die inneren Struktureigenschaften eines Materials, wie sie unter einem Mikroskop beobachtet werden.
<b>Dichte</b>	Dichte/Kompaktheit	—	Die Dichtigkeit des Materials beeinflusst seine mechanischen und physikalischen Eigenschaften.
<b>Zugfestigkeit</b>	Zugfestigkeit	TS	Die maximale Spannung, bei der ein Material einem Zugbruch widersteht.
<b>Streckgrenze</b>	Streckgrenze	YS	Der Spannungswert, bei dem das Material beginnt, sich plastisch zu verformen.
<b>Bruchzähigkeit</b>	Bruchzähigkeit	—	Die Fähigkeit eines Materials, Risswachstum zu widerstehen.
<b>Härte</b>	Härte	—	Die Widerstandsfähigkeit gegenüber lokalen Verformungen oder Kratzern wird üblicherweise in der Vickershärte (HV) ausgedrückt.
<b>Granularität</b>	Körnung	—	Die Größe der Körner in der Materialmikrostruktur beeinflusst die Materialeigenschaften.
<b>Vakuumverpackung</b>	Vakuumverpackung	—	Das Material wird unter Vakuum verpackt, um Oxidation und

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

			Verunreinigungen zu verhindern.
<b>Additive Fertigung</b>	Additive Fertigung	BIN	Eine Technologie, bei der Teile durch schichtweisen Aufbau von Materialien hergestellt werden, beispielsweise beim 3D-Druck.
<b>Oberflächenrauheit</b>	Oberflächenrauheit	—	Der Grad der mikroskopischen Wellen auf der Oberfläche eines Materials.
<b>Ultraschallprüfung</b>	Ultraschallprüfung	UT	Eine zerstörungsfreie Prüfmethode, bei der Ultraschallwellen zum Erkennen innerer Defekte in Materialien verwendet werden.
<b>Röntgeninspektion</b>	Röntgenprüfung	XRT	Verwenden Sie Röntgenstrahlen, um zerstörungsfreie Materialprüfungen durchzuführen und innere Defekte zu erkennen.
<b>Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie</b>	Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie	ICP-MS	Analytische Technologie zur Erkennung der Spurenelementzusammensetzung in Materialien.
<b>Elektronenmikroskop</b>	Elektronenmikroskop	EM	Hochauflösende Mikroskope zur Beobachtung der Mikrostruktur von Materialien.
<b>RoHS-Richtlinie</b>	Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe	RoHS	EU-Umweltvorschriften zur Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe.
<b>REACH-Verordnung</b>	Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe	ERREICHEN	EU-Vorschriften zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe.
<b>Vickershärte</b>	Vickershärte	HV	Eine häufig verwendete Methode zur Messung der Metallhärte.
<b>Pulverpartikel</b>	Pulverpartikel	—	Die Partikelgrößenverteilung der zur Herstellung von Wolframlegierungsringen verwendeten Rohmaterialpartikel beeinflusst die Qualität des Endprodukts.
<b>Mikrolegierung</b>	Mikrolegierung	—	Eine Technologie, die der Matrix Spuren von Legierungselementen hinzufügt, um die Leistung zu verbessern.

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

<b>Nanopartikelverstärkung</b>	Nanopartikelverstärkung	—	Eine Technik zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Materialien durch Nanopartikeldispersion.
<b>Koaxialität</b>	Konzentrität	—	Die Konzentrität der Innen- und Außendurchmesser des Wolframlegierungsrings beeinflusst die Passgenauigkeit.
<b>Korrosionsschutzbeschichtung</b>	Korrosionsschutzbeschichtung	—	Eine Beschichtung, die die Oberfläche eines Materials vor chemischer Korrosion schützt.

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

## CTIA GROUP LTD

### High-Density Tungsten Alloy Customization Service

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

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

**Precision customization:** support high density (17-19 g/cm<sup>3</sup>), 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](mailto:sales@chinatungsten.com)

Tel: +86 592 5129696

Official website: [www.tungsten-alloy.com](http://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](http://www.ctia.com.cn)

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