

## Tungstenin kimyasalları nelerdir? Tungsten Kimyasallarının Tam Aile Ağacı

CTIA GRUP LTD

Tungsten, Molibden ve Nadir Toprak Endüstrileri için Akıllı Üretimde Dünya Lideri

### 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'a Giriş

CHINATUNGSTEN ONLINE tarafından kurulan bağımsız tüzel kişiliğe sahip tamamına sahip bir yan kuruluş olan CTIA GROUP LTD, Endüstriyel İnternet çağında tungsten ve molibden malzemelerin akıllı, entegre ve esnek tasarımını ve üretimini teşvik etmeye kendini adanmıştır. 1997 yılında [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)'in başlangıç noktası olarak kurulan CHINATUNGSTEN ONLINE, Çin'in ilk üst düzey tungsten ürünleri web sitesi, tungsten, molibden ve nadir toprak endüstrilerine odaklanan ülkenin öncü e-ticaret şirkettir. Tungsten ve molibden alanlarında yaklaşık otuz yıllık derin deneyiminden yararlanan CTIA GROUP, ana şirketinin olağanüstü tasarım ve üretim yeteneklerini, üstün hizmetlerini ve küresel ticari itibarını devralarak tungsten kimyasalları, tungsten metalleri, çimentolu karbürler, yüksek yoğunluklu alaşımlar, molibden ve molibden alaşımları.

Son 30 yılda, CHINATUNGSTEN ONLINE, tungsten, molibden ve nadir toprak elementleri ile ilgili bir milyon sayfadan fazla haber, fiyat ve pazar analizi ile 20'den fazla dili kapsayan 200'den fazla çok dilli tungsten ve molibden profesyonel web sitesi kurmuştur. 2013'ten bu yana, WeChat resmi hesabı "CHINATUNGSTEN ONLINE", yaklaşık 100.000 takipçiye hizmet veren ve dünya çapında yüz binlerce endüstri profesyoneline günlük ücretsiz bilgi sağlayan 40.000'den fazla bilgi yayınladı. Web sitesi kümesine ve milyarlarca kez ulaşan resmi hesabına yapılan kümülatif ziyaretlerle, tungsten, molibden ve nadir toprak endüstrileri için 7/24 çok dilli haberler, ürün performansı, piyasa fiyatları ve pazar trendi hizmetleri sağlayan tanınmış bir küresel ve yetkili bilgi merkezi haline geldi.

CHINATUNGSTEN ONLINE'in teknolojisi ve deneyimi üzerine inşa edilen CTIA GROUP, müşterilerin kişiselleştirilmiş ihtiyaçlarını karşılamaya odaklanmaktadır. Yapay zeka teknolojisini kullanarak, müşterilerle işbirliği içinde belirli kimyasal bileşimlere ve fiziksel özelliklere (parçacık boyutu, yoğunluk, sertlik, mukavemet, boyutlar ve toleranslar gibi) sahip tungsten ve molibden ürünleri tasarlar ve üretir. Kalıp açma, deneme üretiminden terbiye, paketleme ve lojistiğe kadar tam süreç entegre hizmetler sunar. Son 30 yılda, CHINATUNGSTEN ONLINE, dünya çapında 130.000'den fazla müşteriye 500.000'den fazla tungsten ve molibden ürün için Ar-Ge, tasarım ve üretim hizmetleri sunarak özelleştirilmiş, esnek ve akıllı üretimin temelini atmıştır. Bu temele dayanan CTIA GROUP, Endüstriyel İnternet çağında tungsten ve molibden malzemelerin akıllı üretimini ve entegre inovasyonunu daha da derinleştiriyor.

Dr. Hanns ve CTIA GROUP'taki ekibi, 30 yılı aşkın endüstri deneyimlerine dayanarak, tungsten, molibden ve nadir toprak elementleri ile ilgili bilgi, teknoloji, tungsten fiyatı ve piyasa trendi analizi yazdı ve kamuya açık bir şekilde yayınladı ve tungsten endüstrisi ile özgürce paylaştı. 1990'lı yıllardan bu yana tungsten ve molibden ürünlerinin e-ticareti ve uluslararası ticaretinin yanı sıra çimentolu karbürler ve yüksek yoğunluklu alaşımların tasarımı ve üretiminde 30 yılı aşkın deneyime sahip olan Dr. Han, hem yurt içinde hem de yurt dışında tungsten ve molibden ürünlerinde tanınmış bir uzmandır. Sektöre profesyonel ve yüksek kaliteli bilgi sağlama ilkesine bağlı kalarak, CTIA GROUP'un ekibi, üretim uygulamalarına ve pazar müşteri ihtiyaçlarına dayalı olarak sürekli olarak teknik araştırma makaleleri, makaleler ve endüstri raporları yazmakta ve sektörde yaygın bir övgü kazanmaktadır. Bu başarılar, CTIA GROUP'un teknolojik inovasyonu, ürün tanıtımı ve endüstri değişimleri için sağlam bir destek sağlayarak, onu küresel tungsten ve molibden ürün üretimi ve bilgi hizmetlerinde lider olmaya itiyor.



### 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)

## İçeriği

### Bölüm 1 Tungsten'e Genel Bakış

#### 1.1 Tungstenin Keşfi ve Tarihçesi

##### 1.1.1 Keşfin Kısa Tarihi

1.1.1.1 İsveçli kimyager Cronstedt tarafından ilk keşif (1755, İsveç edebiyatı)

1.1.1.2 Scheele'nin Tungstik Asit İzolasyonu (1781, Alman Edebiyatı)

1.1.1.3 Elhuyar Kardeşlerin Tungsten Metalini Saflaştırması (1783, İspanyol Edebiyatı)

##### 1.1.2 Tungsten'in Adlandırılması ve Çok Dilli Tanımlamaları

1.1.3 Erken Endüstriyel Uygulamalar (19. yüzyıl, İngiliz ve Fransız Edebiyatı)

#### 1.2 Tungstenin Doğal Oluşumu

##### 1.2.1 Global Tungsten Minerallerinin Çeşitleri ve Dağılımı

###### 1.2.1.1 Wolframit

###### 1.2.1.2 Chelit

1.2.1.3 Diğer minör tungsten mineralleri (örneğin, Hübnerit)

##### 1.2.2 Başlıca Üretici Ülkeler ve Rezervler

1.2.2.1 Çin (küresel rezervlerin yaklaşık %60'ı)

1.2.2.2 Rusya, Vietnam, Kanada, Avustralya ve diğerleri

##### 1.2.3 Başlıca Tungsten Madenciliği Bölgeleri

Rusça Uzak DoğuDiğer Bölgeler

#### 1.3 Tungstenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

1.3.1 Fiziksel özellikler (erime noktası 3410°C, yoğunluk 19.25 g/cm<sup>3</sup>)

1.3.2 Kimyasal özellikler (oksidasyon durumları +2 ila +6, korozyon direnci)

1.3.3 Çok Dilli Literatürde Mülkiyet Tanımları (Rusça, Japonca, Arapça vb.)

#### 1.4 Tungsten Kimyasallarının Endüstriyel ve Bilimsel Değeri

##### 1.4.1 Küresel Endüstriyel Talebe Genel Bakış

##### 1.4.2 Bilimsel önem

Bilgi Kaynakları

Başvuru

### Bölüm 2

#### Tungsten Kimyasallarının Temel Sınıflandırılması ve Özellikleri

#### 2.1 Tungsten Kimyasallarının Sınıflandırılması

##### 2.1.1 Tungsten Oksitleri

[Tungsten trioksit \(WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit\)](#)

Tungsten dioksit (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit)

Ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten pentoksit)

[Tungsten mavisi oksit \(W<sub>18</sub>O<sub>49</sub> veya W<sub>20</sub>O<sub>58</sub>, Tungsten Mavi Oksit\)](#)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 2.1.2 Tungstik Asit ve Tungstatlar

[Tungstik asit \( \$H\_2WO\_4\$ , Tungstik Asit\)](#) ve tungstatlar olarak bilinen tuzları kritik Tungstik asittir ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit)

[Sodyum tungstat \( \$Na\_2WO\_4\$ , Sodyum tungstat\)](#)

[Amonyum paratungstat \(APT,  \$\(NH\_4\)\_2WO\_4\$ , Amonyum Paratungstat\)](#)

[Amonyum metatungstatı \( \$\(NH\_4\)\_6H\_2W\_{12}O\_{40}\$ , Amonyum Metatungstatı\)](#)

[Kalsiyum tungstat \( \$CaWO\_4\$ , Kalsiyum tungstat\)](#)

### 2.1.3 Tungsten Halojenürleri

[Tungsten heksaklorür \( \$WCl\_6\$ , Tungsten Hekzaklorür\)](#)

[Tungsten heksaflorür \( \$WF\_6\$ , Tungsten Hekzaflorür\)](#)

### 2.1.4 Karbürler ve Nitrürler

[Tungsten karbür tozu \( \$WC\$ , Tungsten Karbür Tozu\)](#)

Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten karbür)

Tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür)

### 2.1.5 Sülfürler ve Fosfitler

[Tungsten disülfür \( \$WS\_2\$ , Tungsten disülfür\)](#)

Tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit)

### 2.1.6 Organotungsten Bileşikleri

[Tungsten heksakarbonil \( \$W\(CO\)\_6\$ , Tungsten Heksakarbonil\)](#)

### 2.1.7 Tungsten İçeren Katalizörler ve Reaktifler

Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit)

### 2.1.8 Tungsten İçeren Farmasötik Kimyasallar

Sodyum tungstat nanopartikülleri

( $Na_2WO_4$  Nanopartikülleri, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri)

### 2.1.9 Tungsten İçeren Diğer Metalik Olmayan Bileşikler

Tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid)

## 2.2 Tungsten Kimyasallarının Temel Özellikleri

### 2.2.1 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 2.2.2 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 2.2.3 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 3

### Tungsten Oksitlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 3.1 Tungsten Trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit)

#### 3.1.1 Hazırlık Süreçleri

Kalsinasyon Yöntemi (Yüksek Sıcaklıkta Oksidatif Ayrışma)Islak Kimyasal Çöeltme Yöntemi (Asitleştirme Ekstraksiyonu)Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Tekniği

#### 3.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 3.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 3.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

### 3.2 Tungsten Dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 3.2.1 Hazırlık Süreçleri

Hidrojen İndirgeme Yöntemi Termal Bozunma Yöntemi

### 3.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 3.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 3.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

### 3.3 Diğer Tungsten Oksitler

#### 3.3.1 Hazırlık Süreçleri

Ditungsten Pentoksit için Oksidasyon Yöntemi

( $W_2O_5$ , Ditungsten Pentoksit) Tungsten Mavi Oksit Varyantı için Yüksek Sıcaklık Azaltma

( $W_{18}O_{49}$ , Tungsten Mavi Oksit Varyantı)

#### 3.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 3.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 3.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 4

### Tungstik Asit ve Tungstatların Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 4.1 Tungstik Asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit)

##### 4.1.1 Hazırlama İşlemleri

Asit Çökeltme Yöntemi (Cevher Liçi) Tungstat Asidoliz Yöntemi (Çözelti Dönüşümü) İyon Değiştirme Yöntemi (Yüksek Safılıkta Hazırlama)

##### 4.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 4.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 4.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 4.2 Sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , sodyum tungstat)

##### 4.2.1 Hazırlık Süreçleri

Alkali Füzyon Yöntemi (Cevher Ekstraksiyonu) Tungstik Asit Nötralizasyon Yöntemi (Laboratuvar Hazırlığı)

##### 4.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 4.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 4.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 4.3 Diğer tungstatlar

##### 4.3.1 Hazırlık Süreçleri

Amonyum Paratungstat için İyon Değişimi ve Kristalizasyon

(APT,  $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat) Kalsiyum tungstat için füzyon reaksiyonu

( $CaWO_4$ , Kalsiyum tungstat) Amonyum Metatungstat için Asitleştirme Polimerizasyonu

( $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40}$ , Amonyum Metatungstat)

##### 4.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 4.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 4.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Bölüm 5

### Tungsten Halojenürlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 5.1 Tungsten Hekzaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür)

##### 5.1.1 Hazırlama ProsesleriDoğrudan Klorlama Yöntemi (Tungsten Metal Klorlama)

Klor İndirgeme Yöntemi (Oksit Klorlama)Gaz Fazı Reaksiyon Yöntemi (Yüksek Safılıkta Hazırlama)

##### 5.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 5.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 5.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 5.2 Tungsten Hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür)

##### 5.2.1 Hazırlık Süreçleri

Doğrudan Florlama Yöntemi (Tungsten ve Flor Reaksiyonu)Oksit Florlama Yöntemi (Tungsten Trioksit Florlama)

##### 5.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 5.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 5.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 5.3 Diğer Tungsten Halojenürler

##### 5.3.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten Tetraklorür için İndirgeme Klorlama Yöntemi ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) Tungsten Pentaklorür için Kontrollü Klorlama Yöntemi ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür)

##### 5.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 5.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 5.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 6

### Tungsten Karbürler ve Nitrürlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 6.1 Tungsten Karbür ( $WC$ , Tungsten Karbür)

##### 6.1.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklık Karbonizasyon Yöntemi (Tungsten Toz Karbonizasyonu)Gaz Fazı Karbonizasyon Yöntemi (Kimyasal Buhar Reaksiyonu)Plazma Sentez Yöntemi (Ultra İnce Parçacık Hazırlama)

##### 6.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 6.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 6.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 6.2 Tungsten Nitrür ( $WN$ , Tungsten Nitrür)

##### 6.2.1 Hazırlık Süreçleri

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Yüksek Sıcaklık Nitrüleme Yöntemi (Tungsten Toz Nitrüleme)Gaz Fazı Biriktirme Yöntemi (CVD veya PVD)

### 6.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 6.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 6.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

## 6.3 Diğer Tungsten Karbürler ve Nitrürler

### 6.3.1 Hazırlık Süreçleri

Ditungsten Karbür için Kontrollü Karbonizasyon Yöntemi

( $W_2C$ , Ditungsten Karbür)Tungsten Karbonitür için Karbon-Azot Ko-Difüzyon Yöntemi ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrid)

### 6.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 6.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 6.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 7

## Tungsten Sülfürler ve Fosfitlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 7.1 Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten disülfür)

#### 7.1.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklık Sülfidasyon Yöntemi (Tungsten Toz Sülfidasyon)Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)Mekanik Pul Pul Dökülme Yöntemi

(Nano Tabaka Hazırlama)

#### 7.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 7.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 7.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

### 7.2 Tungsten Fosfit ( $WP$ , Tungsten Fosfit)

#### 7.2.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklık Fosfatlama Yöntemi (Tungsten Toz Fosfatlama)Kimyasal İndirgeme Yöntemi (Oksit Fosfatlama)

#### 7.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 7.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 7.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

## 7.3 Diğer Tungsten Sülfürler ve Fosfitler

### 7.3.1 Hazırlık Süreçleri

Ditungsten Trisülfür için Kontrollü Sülfidasyon Yöntemi

( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür)Tungsten Difosfit için Yüksek Sıcaklık Fosfatlama Yöntemi ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit)

### 7.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 7.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 7.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Başvuru

## Bölüm 8 Organometalik Tungsten Bileşiklerinin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 8.1 Tungsten Heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil)

#### 8.1.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Basıncılı Karbonilasyon Yöntemi (Tungsten Toz Karbonilasyonu)İndirgeyici Karbonilasyon Yöntemi (Halojenür İndirgeme)Gaz Fazı Sentez Yöntemi (Yüksek Safılıkta Hazırlama)

#### 8.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 8.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 8.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

### 8.2 Tungstenosen Diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür)

#### 8.2.1 Hazırlık Süreçleri

Halojenür Koordinasyon Yöntemi (Tungsten Hekzaklorür Reaksiyonu)İndirgeyici Koordinasyon Yöntemi (Tungsten Trioksit Substrat)

#### 8.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 8.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 8.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

### 8.3 Diğer Organometalik Tungsten Bileşikleri

#### 8.3.1 Hazırlık Süreçleri

Tungstenosen Tetrakarbonil için Karbonil Koordinasyon Yöntemi ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil)Heksametiltungsten için Alkilasyon Yöntemi ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten)

#### 8.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 8.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 8.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 9 Tungsten İçeren Katalizörlerin ve Reaktiflerin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 9.1 Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , fosfotungstik asit)

#### 9.1.1 Hazırlık Süreçleri

Asit Çökeltme Yöntemi (Tungstat Reaksiyonu) Ekstraksiyon Saflaştırma Yöntemi (Çözelti Ekstraksiyonu) İyon Değiştirme Yöntemi (Yüksek Safılıkta Hazırlama)

#### 9.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### 9.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### 9.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### 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)



## 9.2 Silikotungstik Asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit)

### 9.2.1 Hazırlık Süreçleri

Asit Reaksiyonu Yöntemi (Sodyum Silikat ve Tungstat Reaksiyonu)Ekstraksiyon Yöntemi (Çözelti Safılaştırma)

### 9.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 9.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 9.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

## 9.3 Diğer tungsten içeren katalizörler ve reaktifler

### 9.3.1 Hazırlık Süreçleri

Çinko Tungstat için Katı Faz Reaksiyon Yöntemi ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat)Amonyum tungstat için nötralizasyon yöntemi ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat)

### 9.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 9.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Bölüm 10

### Tungsten İçeren Farmasötik Kimyasalların Hazırlanması ve Uygulamaları

## 10.1 Sodyum Tungstat Nanopartikülleri

( $Na_2WO_4$  Nanopartikülleri, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri)

### 10.1.1 Hazırlık Süreçleri

Çözelti Çökeltme Yöntemi (Sodyum Tungstat Çökeltme)Mikroemülsiyon Yöntemi (Parçacık Boyutu Kontrolü)Solvotermal Yöntem (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

### 10.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 10.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 10.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

## 10.2 Polioksotungstat Nanopartiküller (Polioksotungstat Nanopartiküller)

### 10.2.1 Hazırlık Süreçleri

Çözelti Polimerizasyon Yöntemi (Tungstat Polimerizasyonu)

Nanoemülsiyon Yöntemi (Parçacık Boyutu Kontrolü)

### 10.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

### 10.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

### 10.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

## 10.3 Tungsten İçeren Diğer Farmasötik Kimyasallar

### 10.3.1 Hazırlık Süreçleri

Kalsiyum tungstat nanopartikülleri için çökeltme yöntemi

( $CaWO_4$  Nanopartikülleri, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri)

Tungsten trioksit nanopartikülleri

### 10.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri

### 10.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 10.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri

Bilgi Kaynakları

Başvuru

### Bölüm 11

#### Hazırlanışı ve Uygulamaları

#### Diğer tungsten içeren metalik olmayan bileşikler

##### 11.1 Tungsten Diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid)

###### 11.1.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek sıcaklıkta Selenizasyon Yöntemi (Tungsten Toz Selenizasyonu)

Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

Mekanik Eksfoliyasyon Yöntemi (Tek Tabaka Hazırlama)

###### 11.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

###### 11.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

###### 11.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

##### 11.2 Tungsten Ditelluride ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride)

###### 11.2.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklık Tellürizasyon Yöntemi (Tungsten Toz Tellürizasyonu) Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

###### 11.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

###### 11.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

###### 11.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

##### 11.3 Tungsten İçeren Diğer Metalik Olmayan Bileşikler

###### 11.3.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten Diiyodür için İyotlama Yöntemi

( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür) Tungsten Dibromür için Brominasyon Yöntemi

( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür)

###### 11.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

###### 11.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

###### 11.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Bilgi Kaynakları

Başvuru

### Bölüm 12

#### Tungsten Kimyasallarının Çevresel Etkisi ve Geri Dönüşümü

##### 12.1 Tungsten Kimyasallarının Çevresel Etkilerine Genel Bakış

###### 12.1.1 Madencilik ve Üretim Çevresel Etkisi

###### 12.1.2 Kullanım ve İmhanın Çevresel Etkisi

###### 12.1.3 Çevre Düzenlemeleri ve Yönetimi

##### 12.2 Tungsten Kimyasalları için Geri Dönüşüm Teknolojileri

#### 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)

- 12.2.1 Hidrometalurjik Geri Dönüşüm Teknolojisi  
12.2.2 Pirometalurjik Geri Dönüşüm Teknolojisi  
12.2.3 Elektrokimyasal Geri Dönüşüm Teknolojisi  
12.3 Geri Dönüştürülmüş Tungsten Kimyasallarının Uygulamaları  
12.3.1 Endüstriyel Yeniden Kullanım  
12.3.2 Bilimsel Araştırma ve Gelişmekte Olan Alanlar  
12.3.3 Çevresel Faydalar  
Başvuru

## Bölüm 13 Zeyilname

### Tungsten Kimyasallarının Kapsamlı İhmalleri ve Genişlemeleri

#### 13.1 İhmal Edilen Tungsten Kimyasallarına Kapsamlı Genel Bakış

##### 13.1.1 İhmal edilen bileşiklerin tanımlanması ve arka planı

##### 13.1.2 Bileşik Çıkarım ve Doğrulama Metodolojisi

#### 13.2 Tungsten Disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit)

##### 13.2.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklıkta Silisleme Yöntemi Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

##### 13.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 13.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 13.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

##### 13.2.5 Uygulamalar ve Arka Plan

#### 13.3 Tungsten Borür (WB, Tungsten Borür)

##### 13.3.1 Hazırlık Süreçleri

Yüksek Sıcaklık Boridasyon Yöntemi Plazma Sentez Yöntemi

##### 13.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

##### 13.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

##### 13.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

##### 13.3.5 Uygulamalar ve Arka Plan

#### 13.4 İhmal edilen ve çıkarılan diğer bileşikler

##### 13.4.1 Tungsten disiyaniür ( $W(CN)_2$ , tungsten disiyaniür)

##### 13.4.2 Tungsten Digermanid ( $WGe_2$ , Tungsten Digermanide)

##### 13.4.3 Tungsten Diarsenit ( $WAs_2$ , Tungsten Diarsenit)

##### 13.4.4 Tungsten Molibdat ( $WMoO_4$ , Tungsten Molibdat)

##### 13.4.5 Doğrulama ve Doğrulama

Bilgi Kaynakları

Başvuru

## Ek

### Kitapta Yer Alan Tungsten Kimyasalları ve Bileşiklerinin Listesi

1. Tungsten Oksitler
2. Tungstik Asitler ve Tungstatlar
3. Tungsten Halojenürleri

#### 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)

4. Karbürler ve Nitritler
5. Tungsten Sülfürleri ve Fosfitleri
6. Tungsten selenitleri ve telluridleri
7. Tungsten Silisitleri ve Germanidleri
8. Tungsten Borürleri ve Arsenitleri
9. Tungstenin Organometalik Bileşikleri
10. Tungsten İçeren Katalizörler ve Tungsten Reaktifleri
11. Tungsten İçeren Tungsten Farmasötik Kimyasalları

## **Bölüm 14: Tungsten Üretiminde ve Kullanımında Güvenlik**

### **14.1 Tungsten Kimyasal Üretiminde Güvenlik Standartları**

#### **14.1.1 Üretim Sürecinde Risk Değerlendirmesi**

##### **14.1.1.1 Yüksek Sıcaklık ve Yüksek Basıncılı Operasyonların Riskleri Azaltma Önlemleri**

##### **14.1.1.2 Zehirli Gaz Emisyonlarının Kontrolü Azaltım Önlemleri**

#### **14.1.2 Güvenlik Ekipmanları ve Koruyucu Önlemler**

##### **14.1.2.1 Havalandırma ve Patlamaya Dayanıklı Tesisler Uygulama Önerileri**

##### **14.1.2.2 Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)**

Önlemleri

#### **14.1.3 Uluslararası Güvenlik Standartları ve Yönetmelikleri**

##### **14.1.3.1 OSHA ve ECHA Standartları**

Uyumluluk İpuçları

##### **14.1.3.2 Çin Güvenlik Üretim Standartları**

Uygulama İpuçları

Bahşiş

### **14.2 Tungsten Kimyasallarının Kullanımında Güvenlik Yönetimi**

#### **14.2.1 Endüstriyel Kullanım için Güvenlik Yönergeleri**

##### **14.2.1.1 Depolama ve Taşıma Gereksinimleri**

Prosedür

##### **14.2.1.2 Atık Yönetimi ve Dökülme Müdahalesi**

Acil Durum Protokolü

#### **14.2.2 Laboratuvar Kullanımında Güvenlik Önlemleri**

##### **14.2.2.1 Reaktif Kullanımı ve Atık Yönetimi**

Güvenlik İpuçları

##### **14.2.3 Tıbbi Uygulamalarda Biyolojik Güvenlik**

##### **14.2.3.1 tungstat ilaçlarının toksisite değerlendirme**

Güvenlik Prosedürleri

Bahşiş

### **14.3 Anahtar Tungsten Kimyasalları için Tipik MSDS Örnekleri**

#### **14.3.1 Tungsten Trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) MSDS**

##### **14.3.1.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim**

##### **14.3.1.2 Tehlikeye Genel Bakış**

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



- 14.3.1.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri
- 14.3.1.4 Acil Durum Önlemleri
- 14.3.2 Tungsten Karbür MSDS
  - 14.3.2.1 Kimyasal Tanımlama ve Bileşim
  - 14.3.2.2 Tehlikeye Genel Bakış
  - 14.3.2.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri
  - 14.3.2.4 Acil Durum Önlemleri
- 14.3.3 Sodyum Tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) MSDS
  - 14.3.3.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim
  - 14.3.3.2 Tehlikeye Genel Bakış
  - 14.3.3.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri
  - 14.3.3.4 Acil Durum Önlemleri
- 14.3.4 Tungsten Hekzaflorür ( $\text{WF}_6$ , Tungsten Hekzaflorür) MSDS
  - 14.3.4.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim
  - 14.3.4.2 Tehlikeye Genel Bakış
  - 14.3.4.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri
  - 14.3.4.4 Acil Durum Önlemleri
- 14.3.5 Diğer önemli tungsten kimyasalları için MSDS numuneleri (örneğin, APT,  $\text{WS}_2$ )  
Başvuru İpucu
- 14.4 Tungsten Kimyasal Güvenlik Teknolojisinde Gelecekteki Gelişmeler
  - 14.4.1 Güvenlik Üretiminde Yapay Zeka Uygulamaları
  - 14.4.2 Yeşil Güvenlik Teknolojisindeki Eğilimler
- Outlook
- Bilgi Kaynakları
- Başvuru

## Kimyasal Güvenlik El Kitabı OSHA, Washington, D.C.

### Son Baskı

#### 1. Giriş ve Amaç

Nesnel

Kapsam

Yasal Dayanak

#### 2. Tehlikeli Kimyasalların Tanımı ve Tanımlanması

Tanım

Kimlik

Örnek

#### 3. Risk Değerlendirmesi ve Kontrol Tedbirleri

Yüksek Sıcaklık ve Yüksek Basınç Riskleri

Denetim

Zehirli Gaz Emisyonları

Denetim

Değerlendirme Yöntemleri

#### 4. Etiketleme ve Güvenlik Bilgi Formları (SDS)

##### 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)



Etiketleme Gereksinimleri:

SDS Şekli

Örnek

### 5. Çalışan Eğitimi ve Öğretimi

İçerik

Frekans

Örnek

### 6. Acil Durum Müdahale ve Olay Yönetimi

Oyun Yanıtı:

İlkyardım:

Raporlama

### 7. Uyumluluk ve Denetimler

Gereksinim -leri

Ceza

Örnek

Tungsten'e Özgü Örnekler

Tungsten Trioksit ( $WO_3$ )

Tungsten Hekzaflorür ( $WF_6$ )

## Tungsten Kimyasal MSDS (Çok Dilli) ECHA, Helsinki

### Son Baskı

1. Maddenin/karışımın ve şirketin/teşebbüsün tanımlanması
2. Tehlikelerin Tanımlanması
3. Kompozisyon / İçindekiler Hakkında Bilgi
4. İlk Yardım Önlemleri
5. Yangınla Mücadele Önlemleri
6. Kaza Sonucu Yayılma Önlemleri
7. Taşıma ve Depolama
8. Maruziyet Kontrolleri/Kişisel Korunma
9. Fiziksel ve Kimyasal Özellikler
10. Kararlılık ve Tepkisellik
11. Toksikolojik Bilgiler
12. Ekolojik Bilgiler
13. İmha Etme Hususları
14. Ulaşım Bilgileri
15. Mevzuat Bilgileri
16. Diğer Bilgiler

## Ek Tungsten Kimyasal MSDS Örnekleri

(Kısaltılmış)

Tungsten Karbür (WC)

Sodyum Tungstat ( $Na_2WO_4$ )

Tungsten Hekzaflorür ( $WF_6$ )

### 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)

## Bölüm 15

### Tungsten Endüstrisinde Kontrol ve Vergilendirme Politikaları Dünya çapında, Çin'e odaklanarak, Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Güney Kore dahil

#### 15.1 Tungsten Endüstri Politikalarına Genel Bakış

##### 15.1.1 Tungsten Endüstrisinin Küresel Stratejik Önemi

##### 15.1.2 Politika hedefleri ve ülkeler arasındaki temel farklılıklar

Çin

Amerika Birleşik Devletleri

Avrupa Birliği

Japonya ve Güney Kore

#### 15.2 Arama ve Madencilik Politikaları

##### 15.2.1 Çin'in Arama ve Madencilik Politikaları

Arama Politikaları

Madencilik Politikaları

Düzenleyici Uygulama ve Vaka Çalışması

Çevresel Gereksinimler

##### 15.2.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Arama ve Madencilik Politikaları

Amerika Birleşik Devletleri

Avrupa Birliği:

##### 15.2.3 Japonya ve Güney Kore'de Arama ve Madencilik Politikaları

Japonya

Güney Kore

#### 15.3 Ergitme ve Üretim İşleme Politikaları

##### 15.3.1 Çin'in Eritme ve Üretim İşleme Politikaları

##### 15.3.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Ergitme ve Üretim İşleme Politikaları

Amerika Birleşik Devletleri

Avrupa Birliği

##### 15.3.3 Japonya ve Güney Kore'de Ergitme ve Üretim İşleme Politikaları

Japonya

Güney Kore

#### 15.4 İthalat ve İhracat Politikaları ve Kontrolleri

##### 15.4.1 Çin'in İthalat ve İhracat Politikaları

İhracat Kontrol Politikaları

Özel Önlemler

Çift Kullanımlı Ürün Düzenlemeleri

İthalat Politikaları

Tarife Politikaları

Ek Detaylar

##### 15.4.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde İthalat ve İhracat Politikaları

Amerika Birleşik Devletleri

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Avrupa Birliği

### 15.4.3 Japonya ve Güney Kore'de İthalat ve İhracat Politikaları

Japonya

Güney Kore

### 15.5 Vergilendirme Politikaları

#### 15.5.1 Çin'in Vergilendirme Politikaları

#### 15.5.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Vergilendirme Politikaları

Amerika Birleşik Devletleri

Avrupa Birliği

#### 15.5.3 Japonya ve Güney Kore'de Vergilendirme Politikaları

Japonya

Güney Kore

Bilgi Kaynakları

### Başvuru

### Çin Halk Cumhuriyeti'nin Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerinin İhracat Kontrol Listesi Altında İhracat Kontrollerine Tabi Tungsten Ürünlerinin Listesi

### Tungsten Ürünleri İhracat Kontrol Listesi

Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Lisanslarına İlişkin İdari Tedbirler HS

### Ek: Tungsten Kimyasalları İçin Temel Endüstriyel Standartlar

### ABD'de Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Başlıca Endüstriyel Standartlar

1. ASTM D7047-15 (Tungstatların Analizi için Standart Test Yöntemi)
2. ASTM E236-66 (2017) (tungstenin kimyasal analizi için standart şartname)
3. OSHA PEL (29 CFR 1910.1000) Mesleki Maruziyet Sınırları

### AB'deki tungsten kimyasalları ve bileşikleri için ana endüstriyel standartlar

1. EN 10204:2004 Metalik Ürünler - Muayene Belgelerinin Türleri
2. REACH Ek XVII (EC 1907/2006) Tungsten Kaydı ve Kısıtlaması

### Japonya'daki tungsten kimyasalları ve bileşikleri için ana endüstriyel standartlar

1. JIS H 1404: 2001 (tungstenin kimyasal analiz yöntemleri)
2. JIS K 8962: 2008 (Sodyum tungstat)

### Güney Kore'deki tungsten kimyasalları ve bileşikleri için ana endüstriyel standartlar

1. KS M 6891:2018 (Tungsten Oksitler)
2. KS M 6893:2018 (tungstatlar)

### Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Uluslararası Başlıca Endüstriyel Standartlar

1. ISO 11876:2010 Tungsten Tozunda Oksijen İçeriğinin Belirlenmesi
2. ISO 6892-1:2016 Metalik Malzemeler - Kimyasal Analiz

Ek Notlar

Veri Kaynakları:

Küresel Bakış Açısı:

### Çin'in Tungsten Kimyasal ve Bileşik Standartları

1. GB / T 10116-2007 Tungsten Trioksit
2. GB / T 23365-2009 Amonyum Paratungstat (APT)
3. HG / T 2959-2010 Sodyum Tungstat
4. HG / T 2469-2010 Tungstik Asit

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Copyright© 2024 CTIA All Rights Reserved  
标准文件版本号 CTIAQCD-MA-E/P 2018-2024 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)

5. GBZ 2.1-2019 İşyerindeki Tehlikeli Maddeler için Mesleki Maruziyet Sınırları  
**Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Japonya Başlıca Endüstri Standartları**

1. JIS H 1404:2001 タングステン化学品の分析  
(Tungstenin Kimyasal Analiz Yöntemleri)
2. JIS K 8962:2008 タングステン酸ナトリウム (Sodyum tungstat)  
韓国タングステン化学品および化合物主要産業基準 (Korece'ye çevrilmiştir)
1. KS M 6891:2018 텅스텐 산화물 (Tungsten Oksitler)
2. KS M 6893:2018 텅스텐산염 (tungstatlar)

**Tungsten içeren bileşiklerin listesi:**  
**CAS Numaraları, Kimyasal Formüller ve Özellikler**

1. Tungsten Oksitleri
2. Tungstik Asitler ve Tungstatlar
3. Tungsten Halojenürleri
4. Tungsten Sülfürleri ve Selenitleri
5. Tungsten Telluridleri
6. Silisitler
7. Tungsten Arsenitleri
8. Organometalik Bileşikler
9. Tungsten İçeren Katalizörler ve Reaktifler

**Ekipman listesi, özellikler, fonksiyon açıklamaları,**  
**Avantajlar ve Dezavantajlar**  
**Tungsten Kimyasal Üretimi için**

1. Cevher İşleme ve Ön İşlem Ekipmanları
2. Eritme ve Kimyasal Reaksiyon Ekipmanları
3. Rafinaj ve Ayırma Ekipmanları
4. Kurutma ve İşlem Sonrası Ekipmanları
5. Yardımcı ve Çevresel Ekipmanlar

**Bilgi Kaynakları**

Kaynaklar: *Kimyasal Güvenlik El Kitabı* (İngilizce, OSHA), *Tungsten Kimyasalları için MSDS Kılavuzu* (Çok Dilli, ECHA), *Güvenlik Üretim Teknolojisi* (Çince, Chinatungsten Online)

Başlıca Üreticiler: China Minmetals, H.C. Starck (Almanya), Kennametal (ABD)

EklerA. Tungsten Kimyasalları için Başlıca Endüstriyel StandartlarB. Tungsten içeren bileşiklerin kimyasal formülleri ve özellikleri tablosuC. Tungsten Kimyasal Üretim için Ekipmanların Özellikleri Başvuru

*Tungstenin Tarihçesi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990

*Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - U.S. Geological Survey (USGS), Washington, D.C., 2005

*Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998

*Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000

*Tungstatların Kimyası* (Fransızca) - Kimya Enstitüsü, Paris Üniversitesi, Paris, 1995

*Tungstenin Optik Özellikleri* (Japonca) - Toshiba Corporation Araştırma Raporu, Tokyo, 2010

**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)



*Tungsten Halojenürler Üzerine Çalışmalar* (Japonca) - Toshiba Kimyasal Araştırma Enstitüsü, Tokyo, 2008  
*WF<sub>6</sub>'nin Endüstriyel Uygulamaları* (Korece) - Samsung Elektronik Araştırma Enstitüsü, Seul, 2015  
*WC'nin Endüstriyel Tarihi* (Almanca) - Krupp AG, Essen, 1985  
*Organotungsten Kimyası* (İngilizce) - Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston, 2002  
*Tungsten Katalizörleri Üzerine Çalışmalar* (Rusça) - Moskova Kimyasal Teknoloji Enstitüsü, Moskova, 2012  
*Tungstenin Farmasötik Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018  
*Tungsten Kimya Endüstrisi* (Çince) - Chinatungsten Online Editoryal Departmanı, Pekin, 2020  
*APT'nin Endüstriyel Uygulamaları* (Çince) - Çin Tungsten Endüstrisi Derneği (CTIA), Pekin, 2019  
*Tungsten Endüstrisinde Çevre Teknolojileri* (Çince) - Çin Tungsten Endüstrisi Derneği (CTIA), Pekin, 2021  
*Küresel Tungsten Geri Dönüşümü* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2020  
*Kimyasal Güvenlik El Kitabı* (İngilizce) - Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA), Washington, D.C., 2015  
*Tungsten Kimyasalları için MSDS Kılavuzu* (Çok Dilli) - Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA), Helsinki, 2020  
*Güvenlik Üretim Teknolojisi* (Çince) - Chinatungsten Online Yazı İşleri Departmanı, Pekin, 2022  
*Metalik Olmayan Tungsten Bileşikleri* (Çince) - Chinatungsten Online, Pekin, 2021  
İnternet Siteleri  
Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
Çin Tungsten Endüstrisi Derneği: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)  
Chinatungsten Online WeChat Genel Hesabı: "Chinatungsten Online"  
USGS Mineral Kaynakları: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 1: Tungsten'e Genel Bakış

#### 1.1 Tungstenin Keşfi ve Tarihi

Tungsten (W, Tungsten) (element sembolü W), birkaç yüzyıla yayılan bir keşif ve araştırma geçmişine sahiptir ve erken bilinçsiz kullanımdan sistematik bilimsel keşiflere

#### 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)



kadar gelişir ve insanlığın bu yüksek erime noktalı metali kademeli olarak anlamasını yansıtır. Aşağıdakiler, tungstenin (W, Tungsten) keşfi ve tarihsel gelişimindeki önemli kilometre taşları ve olaylardır.

### 1.1.1 Keşfin Kısa Tarihi

Tungsten'in (W, Tungsten) keşfi anlık değildi, ancak mineral tanımadan element izolasyonuna kadar uzun bir süreci içeriyordu.

#### 1.1.1.1 İsveçli kimyager Cronstedt tarafından ilk keşif (1755, İsveç edebiyatı)

1755'te İsveçli mineralog Axel Fredrik Cronstedt, İsveç'in Bispberg kentinde demir cevherini incelerken alışılmadık derecede ağır beyaz bir mineral tanımladı. Ona "tungsten" (İsveççe "ağır taş") adını verdi, daha sonra [selit \(CaWO<sub>4</sub>, Scheelite\)](#) olarak bilinir. Cronstedt, tungsten (W, Tungsten) elementini izole etmedi, ancak mineralin yoğunluğunun yaygın minerallerinkinden çok daha fazla olduğunu belirtti ve özelliklerini İsveç literatüründe ilk kez kaydetti [1]. Bu keşif, tungstenin (W, Tungsten) bilimsel alana girmesinin başlangıcı oldu.

### Bahşiş

Şu anda, "tungsten" yalnızca minerale atıfta bulundu ve kimyasal özellikleri hala bilinmeyen yeni bir element içerdiği kabul edilmedi.

#### 1.1.1.2 Scheele'nin Tungstik Asit İzolasyonu (1781, Alman Edebiyatı)

1781'de ünlü İsveçli kimyager Carl Wilhelm Scheele, şelitin (CaWO<sub>4</sub>, Scheelite) derinlemesine bir analizini yaptı. Asit muamelesi (nitrik asit) kullanarak, mineralden [tungstik asit (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit)](tungstik asit) adını verdiği beyaz toz halinde bir madde çıkardı. Scheele, kimyasal reaksiyon özelliklerini Alman literatüründe detaylandırdı ve bilinmeyen bir metalle bağlantılı olabileceğini öne sürdü [2]. Akıl hocası Torbern Bergman, metali üretmek için tungstik asidin (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit) odun kömürü ile azaltılmasını önerdi, ancak bu, teknolojik sınırlamalar nedeniyle başarısız oldu.

### Anahtar Figür

Olağanüstü kimyasal ayırma teknikleriyle tanınan Scheele, tungstenin (W, Tungsten) nihai keşfi için zemin hazırladı.

**Tip Tungstik asit (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit)**, tungsten (W, Tungsten) kimyasal araştırmaları için çok önemli bir başlangıç noktası haline geldi ve daha sonra tungsten trioksit gibi diğer tungsten kimyasallarının üretiminde önemli bir ara madde olarak hizmet etti.

#### 1.1.1.3 Elhuyar Kardeşlerin Tungsten Metalini Saflaştırması (1783, İspanyol Edebiyatı)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

1783'te İspanyol kimyagerler Juan José Elhuyar ve Fausto Elhuyar, Vergara Ruhban Okulu'nda tungsten (W, Tungsten) izolasyonunu tamamladılar. Wolframitten ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, [Wolframit](#)) [tungstik asit \(H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit\)](#) [çıkardılar](#) ve metalik tungsten (W, Tungsten) tozu üretmek için yüksek sıcaklıklarda odun kömürü ile başarılı bir şekilde indirgediler. İspanyol literatüründe, kalay eritme ile etkileşimi nedeniyle Alman madencilerin wolframit ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframite) için "kurt köpüğü" teriminden türetilen "wolfram" adını verdiler [3].

## Önemli Rakamlar

Mineraloji ve kimyada öncü olan Elhuyar kardeşler, resmi olarak tungsteni (W, Tungsten) ayrı bir element olarak kurdular.

## Ülke

İspanya, tungsten (W, Tungsten) keşif tarihinde önemli bir yere sahiptir.

## Bahşiş

Bu, metalik tungstenin (W, Tungsten) ilk izolasyonunu işaret etti ve uygulamalı araştırmasının tarihini başlattı.

### 1.1.2 Tungsten'in Adlandırılması ve Çok Dilli Tanımlamaları

Tungstenin (W, Tungsten) adlandırılması, çok kültürlü keşfini yansıtır. İsveççe "tungsten" (ağır taş) terimi, Cronstedt'in yüksek yoğunluğunu vurgulayan tanımından kaynaklanırken, Alman ve İspanyolca "wolfram", Elhuyar kardeşler tarafından icat edildi ve kökleri wolframitin ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframite) tarihi adına dayanıyordu. Bugün, "tungsten" İngilizce ve uluslararası kabul görmüş isimdir (element sembolü W), "wolfram" ise Almanca, İspanyolca ve diğer Avrupa dillerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çince'de "钨" (tungsten), "金" (metal) ve "乌" (siyah) kelimelerinin birleşiminden oluşur ve metalik yapısını ve karanlık görünümünü sembolize eder [4].

## Bahşiş

Çok dilli adlandırma varyasyonları, tungsten (W, Tungsten) keşfinin uluslararası doğasını vurgulamaktadır ve satın alma yöneticileri, küresel ticarete etkili tedarikçi iletişimi için bu terimlere aşina olmalıdır.

### 1.1.3 Erken Endüstriyel Uygulamalar (19. yüzyıl, İngiliz ve Fransız Edebiyatı)

19. yüzyılın başlarında, Sanayi Devrimi ilerledikçe, tungstenin (W, Tungsten) özellikleri tanınmaya başladı. 1841'de İngiliz kimyager Robert Dickinson Oxland, [sodyum tungstat (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Sodyum tungstat)](sodyum tungstat), tungstik asit (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit) ve tungsten (W, Tungsten) metalinin üretimini patentledi ve tungsten (W, Tungsten)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kimyasallarının sanayileşmesine yönelik ilk adımı attı [5]. 1847'ye gelindiğinde, sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), pamuklu kumaşların boyanmasında ve tiyatro kostümlerinin yanmaz hale getirilmesinde kullanıldı ve tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının en eski endüstriyel uygulamalarından biri haline geldi. Bu erken çabalar, tungsten'in (W, Tungsten) laboratuvarından endüstriye geçişini gösteren İngiliz ve Fransız literatüründe belgelenmiştir [6].

## Bahşiş

19. yüzyıl endüstriyel uygulamaları, özellikle kimya sektöründe tungstenin (W, Tungsten) ticarileştirilmesinin temelini attı ve yangına dayanıklılık için sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum Tungstat) gibi kullanımlar bugün hala geçerli.

## 1.2 Tungstenin Doğal Oluşumu

Tungsten (W, Tungsten) esas olarak doğada mineraller olarak bulunur ve dağıtımı ve ekstraksiyonu, tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının endüstriyel üretimi için kritik öneme sahiptir.

### 1.2.1 Global Tungsten Minerallerinin Çeşitleri ve Dağılımı

Tungsten (W, Tungsten) mineralleri, esas olarak aşağıdakileri içeren çeşitlidir:

#### 1.2.1.1 Wolframit

Wolframit ( $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ , Wolframite), tungstenin (W, Tungsten) birincil cevherlerinden biri olarak hizmet eden, siyah veya koyu kahverengi bir görünüme sahip bir demir-manganez tungstatıdır. "Wolfram" olarak adlandırılan bu köpüğü, kalay eritme sırasında ürettiği köpük nedeniyle Alman madencilerden "kurt köpüğü" lakabını aldı.

#### 1.2.1.2 Chelit

Scheelite ( $\text{CaWO}_4$ , Scheelite), beyaz veya soluk sarı görünen kalsiyum tungstatıdır ve yüksek yoğunluğu nedeniyle İsveçliler tarafından "ağır taş" olarak adlandırılmıştır. Ultraviyole ışık altında mavi floresan verir ve yaygın olarak tungstik asidi ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ , Tungstik Asit) çıkarmak için kullanılır.

#### 1.2.1.3 Diğer minör tungsten mineralleri (örneğin, Hübnerit)

Diğer tungsten (W, Tungsten) mineralleri arasında hübnerit ( $\text{MnWO}_4$ , Hübnerit) ve ferberit ( $\text{FeWO}_4$ , Ferberit) bulunur, her ikisi de wolframit ( $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ , Wolframit) varyantlarıdır. Bunlar daha az yaygındır ancak Amerika Birleşik Devletleri ve Bolivya gibi belirli bölgelerde çıkarılmaktadır.

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Bahşis

Wolframit ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframit) ve şelit (CaWO<sub>4</sub>, Scheelite), [tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit)](tungsten trioksit) ve [amonyum paratungstat (APT, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Amonyum Paratungstat)](amonyum paratungstat) endüstriyel üretimi için ana hammaddelerdir ve tedarik, derecelerine ve safsızlık içeriklerine odaklanmalıdır.

## 1.2.2 Başlıca Üretici Ülkeler ve Rezervler

Tungsten (W, Tungsten), rezervleri ve üretimi birkaç ülkede yoğunlaşan nadir bir metaldir:

### 1.2.2.1 Çin (küresel rezervlerin yaklaşık %60'ı)

Çin, dünyanın en büyük tungsten (W, Tungsten) rezervlerine (yaklaşık 1,9 milyon ton, küresel toplamın yaklaşık %60'ını oluşturuyor) ve üretime (2023'te küresel üretimin yaklaşık %80'i) sahiptir ve Nanling bölgesindeki kilit madencilik alanları wolframit ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframit) ve şelit (CaWO<sub>4</sub>, Scheelite) üretmektedir [7].

### 1.2.2.2 Rusya, Vietnam, Kanada, Avustralya ve diğerleri

Rusya (Uzak Doğu, yaklaşık 250.000 ton rezerv), Vietnam (Nui Phao madeni, önemli bir küresel wolframit kaynağı ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframite)), Kanada (Cantung madeni) ve Avustralya (King Island madeni) de önemli tungsten (W, Tungsten) üreticileridir, ancak üretimleri Çin'in çok altındadır [7].

## 1.2.3 Başlıca Tungsten Madenciliği Bölgeleri

### Nanling, Çin

Ganzhou (Jiangxi) ve Zhuzhou (Hunan) dahil olmak üzere bu, wolframit ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframit) ve şelit (CaWO<sub>4</sub>, Scheelite) veren dünyanın en büyük tungsten (W, Tungsten) madencilik kemeridir.

**Rus UzakdoğuAğırlıklı olarak iç ve dış pazarlar için wolframit ((Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, Wolframite) üretmektedir.**

**Diğer BölgelerBolivya (Llallagua madeni) ve Portekiz (Panasqueira madeni) gibi daha küçük ölçekli madenciliğin gerçekleştiği yerler.**

## Bahşis

Çin'in tungsten (W, Tungsten) kaynaklarındaki hakimiyeti, onu dünya çapında lider amonyum paratungstat (APT, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Amonyum Paratungstat) ve tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) üreticisi yapıyor ve tedarik, ihracat kontrol politikalarını (örneğin, Çin'in tungsten bileşikleri üzerindeki 2025 kısıtlamaları) dikkate almalıdır.

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



### 1.3 Tungstenin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tungstenin (W, Tungsten) benzersiz fiziksel ve kimyasal özellikleri, onu endüstride ve araştırmada çok değerli kılar.

#### 1.3.1 Fiziksel özellikler (erime noktası 3410°C, yoğunluk 19.25 g/cm<sup>3</sup>)

Tungsten (W, Tungsten) en yüksek erime noktasına (3410 ° C) ve son derece yüksek bir yoğunluğa (19.25 g / cm<sup>3</sup>) sahiptir, sadece birkaç değerli metal tarafından aşılır. Sertliği (Mohs ölçeği yaklaşık 7.5) aynı zamanda en yaygın metallerinkini de aşıyor. Bu özellikler, İngiltere'de Henry Cavendish ve Fransa'da Joseph-Louis Proust gibi 19. yüzyılın başlarında bilim adamları tarafından yapılan deneylerle doğrulandı [8].

#### Bahşiş

Yüksek erime noktası, tungsteni (W, Tungsten) [tungsten karbür tozu (WC, Tungsten Karbür Tozu)] (tungsten karbür tozu) ve [tungsten tel (W Tel, Tungsten Tel)] (tungsten tel) için ideal kılar.

#### 1.3.2 Kimyasal özellikler (oksidasyon durumları +2 ila +6, korozyon direnci)

Tungsten (W, Tungsten), tungsten trioksitte (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) görüldüğü gibi +6 en kararlı olmak üzere çoklu oksidasyon durumları (+2 ila +6) sergiler. Oda sıcaklığında asitlere ve bazlara karşı oldukça dirençlidir, ancak yüksek sıcaklıktaki oksitleyici atmosferlerde kolayca tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) oluşturur. Rus kimyager Dmitry Mendeleev, periyodik tablo çalışmalarında geçiş metali özelliklerini doğruladı [9].

#### Bahşiş

Korozyon direnci, kimyasal ve tıbbi uygulamalarda tungstik asit (H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Tungstik Asit) ve sodyum tungstat (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Sodyum tungstat) potansiyeli verir.

#### 1.3.3 Çok Dilli Literatürde Mülkiyet Tanımları (Rusça, Japonca, Arapça vb.)

**Rus Edebiyatı**19. yüzyıl Rus bilim adamları, tungstenin (W, Tungsten) yüksek sertliğini ve ısı direncini tanımlayarak metalurjik potansiyelini vurguladılar [10].

**Japon Edebiyatı**20. yüzyılın başlarında Japon araştırmacılar, tungsten teli (W Teli, Tungsten Teli) gibi elektroniklerde tungstenin (W, Tungsten) elektriksel iletkenliğine odaklandılar [11].

Orta Doğu'dan gelen mineralojik kayıtlar, tungsten (W, Tungsten) cevherlerinin yüksek yoğunluğuna dikkat çekti [12].

#### Bahşiş

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Çok dilli çalışmalar, tungsten'e (W, Tungsten) olan küresel ilginin altını çizmektedir ve tedarik, ulusal standartlara atıfta bulunmaktan yararlanabilir (örneğin, Japonya'nın tungsten tel için JIS spesifikasyonları (W Teli, Tungsten Teli)).

#### 1.4 Tungsten Kimyasallarının Endüstriyel ve Bilimsel Değeri

[Tungsten kimyasalları (W Kimyasalları, Tungsten Kimyasalları)](tungsten kimyasalları), çeşitlilikleri ve yüksek performansları nedeniyle endüstride ve araştırmalarda hayati öneme sahiptir.

##### 1.4.1 Küresel Endüstriyel Talebe Genel Bakış

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), tungsten karbür tozu (WC, Tungsten Karbür Tozu) ve amonyum paratungstat (APT,  $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat) gibi tungsten (W, Tungsten) kimyasalları, endüstriyel üretimde temel hammaddelerdir. Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA) ve ABD Jeolojik Araştırması (USGS) verilerine göre, tungsten (W, Tungsten) ürünleri için küresel pazar 2023'te yaklaşık 40 milyar dolara ulaştı. Esas olarak tungsten karbür tozuna (WC, Tungsten Karbür Tozu) dayanan sert alaşımlar, bu pazarın yaklaşık %50'sini oluşturuyor ve 20 milyar dolar değerinde, kesici aletler, madencilik ekipmanları ve aşınmaya dayanıklı bileşenleri kapsıyor. Yarı iletken üretimi için [tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür)] (tungsten hekzaflorür) ve ısı emiciler için [tungsten bakır (W-Cu, Tungsten Bakır)] (tungsten bakır) alaşımları gibi elektronik malzemeler yaklaşık %20 veya 8 milyar dolar oluşturmaktadır. Tungsten alaşımı (W Alaşımı, Tungsten Alaşımı) karşı ağırlıkları ve roket nozulları dahil olmak üzere yüksek sıcaklık alaşımları ve havacılık uygulamaları, 6 milyar dolar değerinde yaklaşık %15'i temsil ediyor. Kalan %15, kabaca 6 milyar dolar, yenilenebilir enerjide (örneğin, fotovoltaik dilimleme için tungsten tel (W Teli, Tungsten Tel)) (tungsten tel) ve diğer endüstriyel kullanımlarda ortaya çıkan uygulamaları kapsamaktadır. 2023'te küresel tungsten (W, Tungsten) tüketimi yaklaşık 85.000 ton olarak gerçekleşti ve Çin yaklaşık 68.000 ton, Amerika Birleşik Devletleri yaklaşık 8.000 ton ve Avrupa yaklaşık 6.000 ton katkıda bulundu ve Çin'in tungsten (W, Tungsten) endüstrisindeki baskın rolünün altını çizdi. Özellikle, fotovoltaik sektörünün yılda yaklaşık 500 ton tungsten tel (W Teli, Tungsten Teli) tüketmesiyle yenilenebilir enerjiye olan talep artıyor ve 2030 yılına kadar 800 tona çıkması bekleniyor. Benzer şekilde, nükleer endüstrinin tungsten alaşımına (W Alaşımı, Tungsten Alaşımı) olan ihtiyacı, özellikle füzyon reaktörü bileşenleri için yılda yaklaşık %10 oranında artmaktadır [13].

#### Bahşiş

Tungsten karbür tozu (WC, Tungsten Karbür Tozu) sert alaşımların temel taşıdır ve tedarik, parçacık boyutu dağılımına odaklanmalıdır (örneğin, 1-5  $\mu m$  ultra ince tozun D50'si sertliği ve aşınma direncini artırır).

##### 1.4.2 Bilimsel önem

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tungsten (W, Tungsten) kimyasalları, iki boyutlu malzeme çalışmaları için [tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfid)] (tungsten disülfid), yarı iletken uygulamalar için tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) ve biyomedikal potansiyel için sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) gibi yeni malzemeler geliştirmek için araştırmalarda kullanılır. Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör (ITER) projesinde, plazmaya bakan malzemeler (PFM) için tungstenin (W, Tungsten) yüksek erime noktasından yararlanılmaktadır. Ek olarak, tungsten alaşımı (W Alaşımı, Tungsten Alaşımı) havacılık uygulamalarında yaygın kullanım alanı bulur [14].

## Bahşis

Tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının bilimsel değeri, fotokatalizde tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) uygulamasını yönlendirir ve tedarik, fotokatalizörler için daha uygun olan monoklinik faz gibi saflığına ve kristal formuna öncelik vermelidir.

## Bilgi Kaynakları

- [1] Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

## Başvuru

- [1] Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
[4] Tungsten Adlandırma Çalışmaları (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları (İngilizce) - Royal Society of Kimya, Londra, 1985 [6] Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2023 [8] Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar (İngilizce) - Philosophical Transactions of the Royal Society, Londra, 1810 [9] Periyodik Tabloda Tungsten (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları (Rusça) - Moskova Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 1890 [11] Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] Arap Bölgesindeki Mineralojik Kayıtlar (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] 2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018  
[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

## COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 2: Tungsten Kimyasallarının Temel Sınıflandırması ve Özellikleri

#### 2.1 Tungsten Kimyasallarının Sınıflandırılması

[Tungsten \(W, Tungsten\) kimyasalları](#), tungsten (W, Tungsten) elementinden türetilen, yüksek erime noktası, yüksek yoğunluk ve korozyon direnci gibi benzersiz özellikleri nedeniyle değer verilen çeşitli bileşikler ifade eder ve bu da onları endüstri ve araştırmada yaygın olarak uygulanabilir kılar. Bu kimyasallar, çeşitli teknolojik ve bilimsel alanlardaki rollerini yansıtan kimyasal bileşimlerine ve yapılarına göre sınıflandırılır. Aşağıda tungsten kimyasallarının sistematik bir sınıflandırması bulunmaktadır ([W Kimyasalları](#), [Tungsten Kimyasalları](#)).

##### 2.1.1 Oksitler

Tungsten (W, Tungsten) oksitler, stabiliteleri ve optik özellikleri nedeniyle kataliz, elektronik ve seramikte yaygın olarak kullanılan, tungsten (W, Tungsten) ve oksijenden oluşan bileşiklerdir. Önemli örnekler şunları içerir:

##### [Tungsten trioksit \(WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit\)](#)

Fotokatalizörlerde ve elektrokromik cihazlarda kullanılan en kararlı ve yaygın oksit olan sarıdan yeşile bir toz.

##### [Tungsten dioksit \(WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit\)](#)

Elektronik malzemelerde bir ara madde görevi gören, daha az yaygın olan kahverengi kristalli bir bileşik.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



### **Ditungsten pentoksit ( $W_2O_5$ , Ditungsten pentoksit)**

Stokiyometrik olmayan bir oksit, öncelikle nanomalzeme araştırmalarında incelenmiştir.

### **Tungsten mavisi oksit ( $W_{18}O_{49}$ veya $W_{20}O_{58}$ , Tungsten Mavi Oksit)**

Sensörlerde ve optoelektronik malzemelerde uygulanan, fotoelektrik özelliklere sahip mavi bir bileşik.

## **2.1.2 Tungstik Asit ve Tungstatlar**

**Tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit)** ve tungstatlar olarak bilinen tuzları, kimyasal sentez ve endüstriyel uygulamalarda kritik ara ürünler ve fonksiyonel malzemelerdir. Örnekler:

### **Tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit)**

Diğer tungsten (W, Tungsten) bileşikleri için öncü olarak kullanılan sarı, az çözünür bir toz.

### **Sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat)**

Yanmaz malzemelerde ve biyomedikal araştırmalarda kullanılan suda çözünür beyaz kristal bir bileşik.

### **Amonyum paratungstat (APT, $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat)**

Tungsten (W, Tungsten) tozu üretmek için birincil hammadde olan beyaz kristal bir malzeme.

### **Amonyum metatungstatı ( $(NH_4)_6H_2W_{12}O_{40}$ , Amonyum Metatungstatı)**

Analitik reaktiflerde ve katalizörlerde kullanılan bir polioksometalat.

### **Kalsiyum tungstat ( $CaWO_4$ , Kalsiyum tungstat)**

X-ışını ekranlarında ve ışıldayan malzemelerde kullanılan bir floresan bileşik.

## **2.1.3 Halojenürler**

Tungsten (W, Tungsten) halojenürler, ince film biriktirme ve organik sentezde gerekli olan halojenlerle oluşturulan uçucu bileşiklerdir. Örnekler:

### **Tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür)**

Organik reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılan uçucu bir bileşik.

### **Tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür)**

Yarı iletken üretimi için kimyasal buhar biriktirmede yaygın olarak uygulanan gaz halinde bir bileşik.

## **2.1.4 Karbürler ve Nitrürler**

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

Tungsten (W, Tungsten) karbürler ve nitrürler, endüstriyel uygulamalarda dayanıklılıkları nedeniyle değer verilen sert, refrakter malzemelerdir. Örnekler:

#### [Tungsten karbür tozu \(WC, Tungsten Karbür Tozu\)](#)

Kesici aletlerde ve aşınmaya dayanıklı kaplamalarda kullanılan yüksek sertlikte bir bileşik.

#### **Ditungsten karbür (W<sub>2</sub>C, Ditungsten karbür)**

Özel kaplamalarda kullanılan daha az yaygın bir karbür.

#### **Tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür)**

Aşınmaya dayanıklı filmlerde ve elektronik uygulamalarda kullanılır.

### **2.1.5 Sülfürler ve Fosfitler**

Tungsten (W, Tungsten) sülfürler ve fosfitler, kayganlıkları ve katalitik özellikleri ile dikkat çekicidir. Örnekler:

#### [Tungsten disülfür \(WS<sub>2</sub>, Tungsten disülfür\)](#)

Katı bir yağlayıcı olarak ve iki boyutlu malzeme araştırmalarında kullanılan katmanlı bir bileşik.

#### **Tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit)**

Kimyasal işlemlerde katalizör bir malzemedir.

### **2.1.6 Organotungsten Bileşikleri**

Organotungsten bileşikleri, kataliz ve sentetik kimyada değerli olan organik gruplara bağlı tungsten (W, Tungsten) içerir. Örnekler:

#### [Tungsten heksakarbonil \(W\(CO\)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil\)](#)

Organik sentez katalizörlerinde kullanılan uçucu bir organometalik bileşik.

### **2.1.7 Tungsten İçeren Katalizörler ve Reaktifler**

Bu bileşikler, endüstriyel ve laboratuvar kullanımı için tungstenin (W, Tungsten) katalitik özelliklerinden yararlanır. Örnekler:

#### **Fosfotungstik asit (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>, Fosfotungstik Asit)**

Organik reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılan bir heteropoli asit.

### **2.1.8 Tungsten İçeren Farmasötik Kimyasallar**

Araştırmalarda biyomedikal potansiyele sahip tungsten (W, Tungsten) bileşikleri ortaya

#### [COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT](#)



çıkmaktadır. Örnekler:

### Sodyum tungstat nanopartikülleri

( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartikülleri, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri)

Nanotıp araştırmalarında anti-diyabetik özellikler araştırılmıştır.

### 2.1.9 Tungsten İçeren Diğer Metalik Olmayan Bileşikler

Bu kategori, benzersiz özelliklere sahip özel bileşikleri içerir. Örnekler:

#### Tungsten diselenid ( $\text{WSe}_2$ , Tungsten Diselenid)

Elektronik ve optoelektronikte kullanılan yarı iletken bir malzeme.

#### Bahşiş

Tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının sınıflandırılması, endüstriyel sert alaşımlardan en son bilimsel araştırmalara kadar uzanan uygulamaları kapsayan yapısal çeşitliliklerini ve işlevsel çok yönlölüklerini yansıtır.



### 2.2 Tungsten Kimyasallarının Temel Özellikleri

Tungsten (W, Tungsten) kimyasalları, yaygın kullanımlarını destekleyen bir dizi fiziksel ve kimyasal özellik sergiler. Aşağıda temel özellikleri bulunmaktadır.

#### 2.2.1 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının kristal yapıları, bileşimlerine bağlı olarak değişir. Örneğin, tungsten trioksit ( $\text{WO}_3$ , Tungsten Trioksit), Alman kristalografik çalışmalarında ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, tipik olarak fotokatalitik aktivitesini artıran monoklinik bir kristal yapıya sahiptir [16]. Tungsten karbür tozu (WC, Tungsten Karbür Tozu),

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

olağanüstü sertliğine katkıda bulunan altıgen bir yapı oluştururken, tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfid), kayganlığını sağlayan katmanlı altıgen bir kafese sahiptir [17]. Çok dilli literatürde analiz edilen bu yapısal farklılıklar, özel uygulamalarını belirler.

### Bahşiş

Tungsten disülfidin ( $WS_2$ , Tungsten Disülfid) katmanlı yapısı gibi tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının kristal yapısı, yağlama gibi belirli uygulamalardaki performansları için kritik öneme sahiptir.

## 2.2.2 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten (W, Tungsten) kimyasalları, termal ve kimyasal kararlılıkları ile ünlüdür. Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) havada  $1000^\circ C$ 'ye kadar stabil kalır, bu da onu Rus yüksek sıcaklık kimyası araştırmalarında keşfedildiği gibi yüksek sıcaklık katalizi için uygun hale getirir [18]. Tungsten karbür tozu (WC, Tungsten Karbür Tozu), ayrışmadan  $2600^\circ C$ 'ye kadar aşırı koşullara dayanır, kesici aletler için idealdir. Sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat) sulu çözeltilerde kimyasal stabilite göstererek yanmaz malzemelerde kullanımını destekler [19].

### Bahşiş

Tungsten karbür tozunun (WC, Tungsten Karbür Tozu) termal kararlılığı, zorlu endüstriyel ortamlarda dayanıklılığını sağlar.

## 2.2.3 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten (W, Tungsten) kimyasalları kendine özgü optik, elektriksel ve manyetik özelliklere sahiptir. Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), voltaj altında renk değiştirerek elektrokromik davranış sergiler ve akıllı pencereler için Japon ve Kore elektronik malzeme araştırmalarında kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [20]. Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür), optoelektronik cihazlar için uygun, yaklaşık 1.3 eV bant aralığına sahip bir yarı iletkenidir. Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) önemli manyetik özelliklerden yoksundur, ancak ince film uygulamaları için uçuculukta üstündür [21].

### Bahşiş

Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) optik özellikleri, onu elektrokromik pencereler gibi enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerde önemli bir malzeme haline getirir.

## Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Başvuru

- [1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)
- [4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)
- [16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000 [20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005 [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 3: Tungsten Oksitlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



### 3.1 Tungsten Trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit)

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), tungsten (W, Tungsten) kimyasalları arasında en önemli ve yaygın olarak kullanılan oksitlerden biridir. Yüksek stabilite, elektrokromik davranış ve fotokatalitik yetenekler gibi olağanüstü özellikleri, onu endüstriyel üretim, elektronik teknolojisi ve gelişmekte olan yenilenebilir enerji uygulamalarında bir mihenk taşı haline getiriyor. Tungsten (W, Tungsten) bileşik ailesinin amiral gemisi üyesi olan tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), insanlığın tungsten (W, Tungsten) kaynaklarına yönelik derinleşen anlayışını ve ustalığını yansıtan, erken laboratuvar keşiflerinden modern endüstriyel ölçekli üretime kadar yüzyıllara yayılan zengin bir tarihe sahiptir.

#### 3.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) hazırlanması, geleneksel endüstriyel tekniklerden son teknoloji hassas işlemlere kadar, çeşitli uygulama ihtiyaçlarını ve saflık standartlarını karşılayacak şekilde uyarlanmış çeşitli yöntemleri kapsar.

#### Kalsinasyon Yöntemi (Yüksek Sıcaklıkta Oksidatif Ayrışma)Kalsinasyon yöntemi

, amonyum paratungstat (APT,  $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat) veya tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) gibi hammaddelerin kullanıldığı endüstriyel ortamlarda en yaygın yaklaşımlar arasındadır. İşlem, bu öncülerin oksijen açısından zengin bir atmosferde  $600\text{ }^\circ\text{C}$  ile  $900\text{ }^\circ\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda ısıtılmasını içerir, bu da sarı veya yeşil tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) tozu oluşturmak üzere ayrışma ve oksidasyon ile sonuçlanır. Bu yöntem, basitliği ve ölçeklenebilirliği nedeniyle tercih edilmekte ve bu da onu özellikle Çin'in tungsten işleme işletmelerinde büyük ölçekli üretimde temel bir unsur haline getirmektedir. Kalsinasyon sırasında, amonyak ve su buharı hammaddeden salınır ve geride saf tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) kalır, partikül boyutu ve kristal formu sıcaklık ve atmosferik kontrol ile ayarlanabilir.

#### Islak Kimyasal Çökeltme Yöntemi (Asitleştirme Ekstraksiyonu)

Islak kimyasal çökeltme yöntemi, tungstik asidi ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) çökeltmek için sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) gibi bir tungstat çözeltisinin asitleştirilmesini içerir, bu daha sonra süzülür, yıkanır ve tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) elde etmek için termal olarak işlenir (tipik olarak  $400\text{-}600\text{ }^\circ\text{C}$ 'de). Bu teknik, yüksek kimyasal saflık elde etmede ve nano ölçekli parçacıklar üretmede mükemmeldir, bu da onu araştırma amaçları ve hassasiyet ve kalitenin çok önemli olduğu elektronik endüstrisi için ideal hale getirir. Kalsinasyon ile karşılaştırıldığında, bu yöntem, gelişmiş performans özelliklerine sahip yüksek değerli ürünlerin küçük parti üretimine hitap eden titiz proses kontrolünü vurgular.

#### Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Tekniği Kimyasal

Buhar Biriktirme (CVD), tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ince filmleri yüksek

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



sıcaklıklarda (tipik olarak 500-800°C) gaz fazı reaksiyonları yoluyla biriktirmek için tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) [gibi uçucu öncüleri kullanan gelişmiş bir hazırlama tekniğini temsil eder](#) . Bu yöntem, modern yüksek teknoloji uygulamalarının katı gereksinimlerini karşılayan tek tip, yoğun ince filmler üretme kabiliyeti nedeniyle, gaz sensörleri ve elektrokromik filmler gibi hassas elektronik bileşenlerin yapımında yaygın olarak uygulanmaktadır.

### 3.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) kristal yapısı, değişen sıcaklık ve koşullar altında kübik veya ortorombik yapılar ortaya çıkabilse de, tipik olarak monoklinik bir form olarak ortaya çıkan çok yönlü özelliklerinin temelini oluşturur. Alman kristalografik çalışmaları, monoklinik yapısının, optik ve elektriksel özelliklerini geliştiren sağlam bir çerçeve oluşturan, köşe paylaşımı yoluyla birbirine bağlanan üç boyutlu bir tungsten ve oksijen atomları ağından oluştuğunu ortaya koymaktadır [16]. Moleküler düzeyde, her tungsten atomu, hem termal hem de kimyasal ortamlarda esnekliğine katkıda bulunan bir konfigürasyon olan kararlı oktahedral birimler oluşturmak için altı oksijen atomu ile koordine olur.

### 3.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), 1000°C'yi aşan sıcaklıklarda havada bozulmadan kalarak olağanüstü bir termal stabilite sergiler, bu da onu yüksek sıcaklıkta kataliz ve optik kaplamalar için son derece uygun hale getiren bir özelliktir. Kimyasal olarak, asitlere ve bazlara karşı güçlü direnç gösterir, zorlu koşullar altında yapısal bütünlüğü korur. Bununla birlikte, indirgeyici atmosferlerde (örneğin, hidrojen), Rus yüksek sıcaklık kimyası araştırmalarında kapsamlı bir şekilde belgelenen bir özellik olan daha düşük oksitlere veya metalik tungsten'e (W, Tungsten) dönüştürülebilir [18]. Bu redoks çok yönlülüğü, onu katalitik ve elektrokimyasal uygulamalarda değerli bir malzeme olarak konumlandırır.

### 3.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) optik özellikleri, tungsten atomlarının oksidasyon durumundaki değişiklikler tarafından yönlendirilen, voltaj uygulaması üzerine sarıdan koyu maviye bir renk kaymasını sağlayan elektrokromik davranışı ile özellikle dikkat çekicidir. Bu özellik, Japon ve Kore elektronik malzeme araştırmalarında kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve akıllı pencerelerde ve ekran teknolojilerinde yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır [20]. Elektriksel olarak, geniş bant aralıklı bir yarı iletken (yaklaşık 2.6-3.0 eV) olarak işlev görür ve bu da onu optoelektronik cihazlar için uygun hale getirir. Önemli manyetik özelliklerden yoksun olsa da, elektriksel ve optik özellikleri, çok çeşitli ileri teknolojik uygulamaları yeterince desteklemektedir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Bahşis

Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) çeşitli hazırlama yöntemleri ve üstün özellikleri, onu tungsten (W, Tungsten) kimyasalları alanında öne çıkarmaktadır; Tedarik, kullanım amacına göre kristal formuna ve saflığına öncelik vermelidir.

## 3.2 Tungsten Dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit)

Tungsten dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit), tungsten trioksitten ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) daha az yaygın olarak uygulanan, ancak özel elektronik ve katalitik alanlarda belirgin alaka düzeyini koruyan düşük değerlikli bir tungsten oksittir (W, Tungsten). Eşsiz kimyasal ve fiziksel özellikleri, onu tungsten oksit ailesi içinde ayırır ve daha sınırlı kullanım alanına rağmen niş değer sunar.

### 3.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten dioksitin ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit) hazırlanması, ağırlıklı olarak, ürün saflığını ve tutarlılığını sağlamak için koşulların titiz bir şekilde kontrol edilmesini gerektiren indirgeme tekniklerine dayanır.

### Hidrojen İndirgeme Yöntemi

Hidrojen indirgeme yöntemi, tungsten dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit) üretmek için  $500^{\circ}C$  ila  $700^{\circ}C$  arasında değişen sıcaklıklarda bir hidrojen atmosferinde tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) indirgenmesini içerir. Hidrojen akışının ve sıcaklığının hassas bir şekilde düzenlenmesi, metalik tungsten'e (W, Tungsten) aşırı indirgemeyi önlemek için çok önemlidir. Hem endüstriyel hem de laboratuvar ortamlarında yaygın olarak benimsenen bu yöntem, özel uygulama ihtiyaçlarını karşılayan, reaksiyon süresi ve sıcaklık ayarlamaları yoluyla ayarlanabilen partikül boyutuna sahip kahverengi kristalli bir ürün verir.

### Termal Bozunma Yöntemi

Termal bozunma yöntemi, tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) veya amonyum paratungstatının (APT,  $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat)  $650-800^{\circ}C$ 'de inert bir atmosferde (örn. nitrojen veya argon) tungsten dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit) oluşturmak üzere ısıtılmasını gerektirir. Bu yaklaşım, özellikle küçük ölçekli üretim için uygundur, istenen oksidin kararlı oluşumunu sağlamak için oksijen girişimini etkili bir şekilde önler ve genellikle kontrollü bileşim gerektiren araştırma sınıfı malzemeler için tercih edilir.

### 3.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten dioksit ( $WO_2$ , Tungsten Dioksit) tipik olarak, her tungsten atomunun dört oksijen atomu ile koordine olduğu ve çarpık bir tetrahedral ağ oluşturduğu monoklinik bir kristal yapıya sahiptir. Tungsten trioksitin ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) oktahedral

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

yapısından daha yoğun olan bu düzenleme, daha yüksek bir yoğunluk (yaklaşık 10,8 g/cm<sup>3</sup>) ile sonuçlanır. Rus kimyasal çalışmaları, bu eşsiz kristal yapının, onu diğer tungsten oksitlerden ayıran ve elektronik uygulamalarda potansiyel öneren bir dereceye kadar elektriksel iletkenlik kazandırdığını vurgulamaktadır [17].

### 3.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten dioksit (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit), inert ortamlarda iyi termal stabilite sergiler ve bozulma olmadan 800°C'ye kadar sıcaklıklara dayanır. Bununla birlikte, stabilitesi oksijen varlığında bozulur, burada tungsten trioksite (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) kolayca oksitlenir ve yüksek oksijenli ortamlarda kullanımını sınırlar. Kimyasal olarak, daha yüksek oksitlere kıyasla asitlere ve bazlara karşı daha zayıf direnç gösterir, ancak indirgeme koşullarında sağlamlığını korur, genellikle redoks işlemlerinde bir ara madde görevi görür, bu da stabilite çalışmalarında iyi belgelenmiş bir davranıştır [19].

### 3.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten trioksitten (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) farklı olarak, tungsten dioksit (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit), önemli elektrokromik davranışı olmayan koyu kahverengi bir katı olarak görünen belirgin optik özelliklerden yoksundur. Elektriksel olarak, dar bant aralıklı bir yarı iletken (yaklaşık 1.0-1.3 eV) görevi görür ve elektronik malzeme araştırmaları için kendisine uygun orta düzeyde iletkenlik sunar. Manyetik olarak, kayda değer bir özellik göstermez, faydası optik veya manyetik uygulamalardan ziyade öncelikle elektriksel özelliklerine bağlıdır.

### Bahşış

Tungsten dioksitin (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit) hazırlanması, hassas indirgeme kontrolü gerektirir ve elektronik malzemeler ve katalizdeki potansiyeli daha fazla araştırmayı hak eder.

## 3.3 Diğer Tungsten Oksitler

Tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) ve tungsten dioksitin (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit) ötesinde, tungsten (W, Tungsten), ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit) ve tungsten mavisi oksit varyantı (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı) gibi ek oksitler oluşturur. Bu stokiometrik olmayan oksitler, daha az yaygın olmasına rağmen, özellikle nanoteknoloji ve optoelektronikte özel uygulamalarda benzersiz bir değer sunar.

### 3.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten oksitlerin hazırlanması tipik olarak, spesifik bileşimlerine göre uyarlanmış karmaşık süreçleri içeren bir laboratuvar ölçeğinde gerçekleşir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### **Ditungsten Pentoksit için Oksidasyon Yöntemi (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit)**

Ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit), tungsten dioksitin (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit) oksitlenmesi veya tungsten trioksitin (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) kontrollü koşullar altında (400-600°C) düşük oksijen kısmi basıncı ile kısmen indirgenmesiyle hazırlanır. Bu yöntem, stokiometrik olmayan doğasını korumak, WO<sub>2</sub> ve WO<sub>3</sub> arasındaki oksidasyon durumunu dengelemek için dikkatli bir kalibrasyon gerektirir ve genellikle geçiş özelliklerini keşfetmek için araştırma ortamlarında kullanılır.

### **Tungsten Mavi Oksit Varyantı için Yüksek Sıcaklık Düşürme (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı)**

Tungsten mavisi oksit varyantı (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı), tungsten trioksitin (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) 700-900°C'de hafif indirgeyici bir atmosferde (örneğin, bir hidrojen-inert gaz karışımı) indirgenmesiyle sentezlenir. Bu işlem, iğne benzeri nano yapılar üretmek, fotoelektrik özelliklerini geliştirmek için optimize edilmiştir ve ileri teknolojik uygulamalara uygun malzemeler oluşturmak için tercih edilen bir tekniktir.

### **3.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim**

Stokiometrik olmayan bir oksit olan ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit), karışık oksidasyon durumunu yansıtan geçici bir koordinasyon ortamı ile tungsten dioksit (WO<sub>2</sub>, Tungsten Dioksit) ve tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) arasında bir ara kristal yapıya sahiptir. Tungsten mavisi oksit varyantı (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı), iletkenliğine ve optik özelliklerine katkıda bulunan oksijen boşlukları ile karakterize edilen iğne benzeri bir monoklinik yapıya sahiptir ve bu da onu kapsamlı nanoteknoloji araştırmalarının konusu haline getirir.

### **3.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık**

Ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit) havada termal olarak kararsızdır, kolayca tungsten trioksite (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) oksitlenir, ancak inert koşullarda 600°C'ye kadar dayanabilir. Tungsten mavisi oksit varyantı (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı), oksijen açısından zengin ortamlarda da oksitlenmesine rağmen, 800 ° C'ye kadar dayanan, biraz daha iyi termal stabilite sunar. Her ikisi de asitlere ve bazlara karşı sınırlı kimyasal stabilite sergiler ve benzersiz özelliklerinden yararlanılabilen oksitleyici olmayan ortamlarda en iyi şekilde gelişir.

### **3.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler**

Ditungsten pentoksit (W<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ditungsten Pentoksit) orta derecede iletkenliğe sahiptir, ancak önemli optik özelliklerden yoksundur, bu da faydasını belirli elektrik uygulamalarıyla sınırlar. Buna karşılık, tungsten mavisi oksit varyantı (W<sub>18</sub>O<sub>49</sub>, Tungsten Mavi Oksit Varyantı), fotodedektörler ve sensörler için ideal olan yaklaşık 2,4 eV'lik bir bant aralığına sahip mavi görünümü ve mükemmel fotoelektrik özellikleri ile parlak. Her

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



iki bileşik de kayda değer manyetik davranış göstermez, değerleri elektriksel ve optik alanlara dayanır.

## Bahış

Tungsten mavisi oksit varyantı ( $W_{18}O_{49}$ , Tungsten Mavi Oksit Varyantı) gibi diğer tungsten oksitler, nanoteknoloji ve optoelektronikteki potansiyelleri nedeniyle ilgi görüyor ve daha yakından ilgilenilmesini gerektiriyor.

## Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

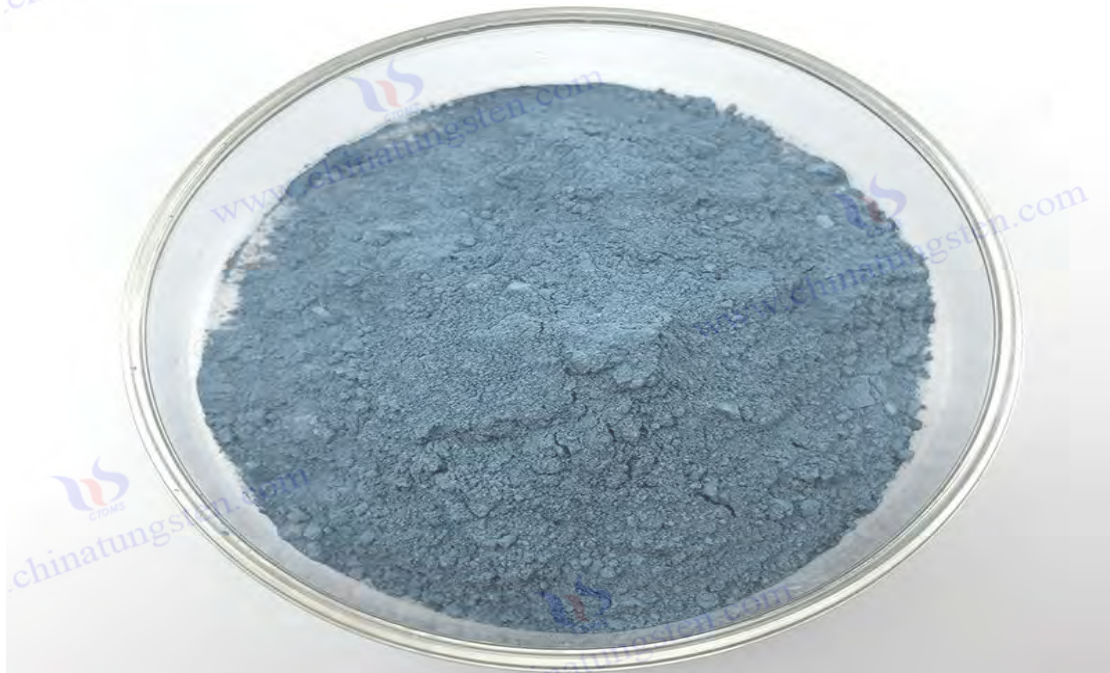
## Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

## COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 4: Tungstik Asit ve Tungstatların Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 4.1 Tungstik Asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit)

Tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit), tungsten (W, Tungsten) kimyasal ailesinin önemli bir üyesidir ve tungstatlar ve oksitler dahil olmak üzere çok sayıda tungsten bileşiği için çok önemli bir öncü görevi görür. Asidik ortamlarda düşük çözünürlüğü, kimyasal reaktivitesi ve stabilitesi ile tanınan tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) hem endüstriyel üretimde hem de bilimsel araştırmalarda önemli bir rol oynar. Yüksek saflıkta tungsten oksitleri sentezlemek için bir ara madde olarak kullanılmasının ötesinde, katalizörler, pigmentler ve analitik kimyada uygulamalar bulur ve çok yönlü değerini sergiler. Tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) hazırlama süreçleri ve özellik çalışmaları, tungsten (W, Tungsten) kimyasının ilerici ustalığını yansıtan, ilkel mineral

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ekstraksiyonundan sofistike modern kimya mühendisliğine kadar gelişen yüzyıllar boyunca uzanır.

#### 4.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) hazırlanması, geleneksel asit çökeltilmeden gelişmiş laboratuvar tekniklerine kadar, çeşitli saflık seviyelerini ve uygulama gereksinimlerini karşılayan bir dizi yöntemi kapsar.

#### Asit Çökeltme Yöntemi (Cevher Liç) Asit çökeltme yöntemi, tipik olarak

wolframit ( $(Fe,Mn)WO_4$ , Wolframit) veya şelit ( $CaWO_4$ , Scheelite) gibi cevherlerle başlayan en yaygın kullanılan endüstriyel tekniktir. Güçlü asitler (örneğin, hidroklorik veya nitrik asit) cevherden tungsten süzmek için kullanılır ve tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) çökeltisi oluşturur. İşlem, ince öğütülmüş cevherin asitle karıştırılmasını,  $50-80^{\circ}C$ 'de sürekli karıştırma ile reaksiyona sokulmasını ve bu sırada tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) sarı bir katı olarak çökmesini içerir. Bunu, ham bir ürün elde etmek için filtreleme ve yıkama takip eder. Bol miktarda hammaddeye ve yerleşik proses olgunluğuna dayanması nedeniyle, bu yöntem, asit konsantrasyonunun ve reaksiyon süresinin hassas kontrolünün demir ve manganez gibi safsızlıkları en aza indirdiği Ganzhou, Jiangxi'deki gibi Çin'deki tungsten işleme işletmeleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### Tungstat Asidoliz Yöntemi (Çözelti Dönüşümü)

Tungstat asidoliz yöntemi, sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) gibi çözünür bir tungstat çözeltisini asitleştirerek tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) üretir. Tipik olarak, sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat) çözeltisi hidroklorik asit ile karıştırılır ve pH 2-3'e ayarlanarak tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) çökmesine neden olur. Filtrasyon, yıkama ve düşük sıcaklıkta kurutmadan (yaklaşık  $100-150^{\circ}C$ ) sonra yüksek saflıkta bir ürün elde edilir. Bu teknik, safsızlık seviyelerini kontrol etmede ve nano ölçekli parçacıklar üretmede mükemmeldir, bu da onu kalite ve hassasiyetin çok önemli olduğu katalizör öncülleri veya yüksek saflıkta oksitlerin hazırlanması gibi ince kimya endüstrileri ve laboratuvar araştırmaları için ideal hale getirir.

#### İyon Değişirme Yöntemi (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

İyon değişirme yöntemi, tungstat iyonlarını ( $WO_4^{2-}$ ) izole etmek için tungsten içeren bir çözeltiyi (örneğin bir tungstat çözeltisi) bir iyon değişim reçinesinden geçiren ve ardından tungstik asidi ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) çökeltilmek için asitleştirmeyi (tipik olarak sülfürik asit ile) yapan modern, yüksek hassasiyetli bir tekniktir. Bu yöntem, elektronik malzemeler, özel katalizörler ve yüksek hassasiyetli analitik reaktifler için uygun ultra yüksek saflıkta tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) elde ederek eser miktarda safsızlıkların (örneğin ağır metal iyonları) giderilmesinde özellikle etkilidir. Reçinenin seçimi ve yenilenmesi kritik öneme sahiptir ve ürün saflığını ve üretim maliyetlerini doğrudan etkiler.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



#### 4.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) tipik olarak ortorombik bir kristal yapı sergiler, molekülleri tetrahedral bir düzenlemede dört oksijen atomu ile koordineli bir tungsten atomundan oluşur, burada iki oksijen atomu hidrojen bağları yoluyla hidrojen atomlarına bağlanır. Alman kristalografik çalışmaları, bu yapının sudaki düşük çözünürlüğünü (yaklaşık 0.02 g / 100 mL) ve ısıtıldığında [tungsten trioksite \( \$WO\_3\$ , Tungsten Trioksit\) ayrışma eğilimini açıkladığını göstermektedir](#) [16]. Moleküler çerçevesi içindeki hidrojen bağları, zayıf asitlik (yaklaşık 2.2 pKa) vererek, endüstriyel sentezde yaygın olarak kullanılan bir özellik olan tungstatlar oluşturmak için bazlarla reaksiyona girmesini sağlar.

#### 4.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit), çoğu asit ve bazdan kaynaklanan korozyona direnerek oda sıcaklığında mükemmel kimyasal stabilite gösterir. Bununla birlikte, güçlü alkali çözeltilerde (örneğin, sodyum hidroksit), sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat) gibi tungstatlar oluşturmak üzere çözünür. Termal olarak, 100-200°C'de kristal su kaybetmeye başlar ve tungsten trioksite ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) dönüşür ve 250°C civarında tam ayrışma meydana gelir. Bu termal ayrışma davranışı, asidik ortamlardaki stabilitesini hidrometalurjide önemli bir avantaj olarak vurgulayan Rus kimyasal araştırmalarında belirtildiği gibi, onu yüksek saflıkta tungsten oksitler üretmek için hayati bir hammadde haline getirir [17].

#### 4.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) optik özellikleri, kristal yapısındaki elektron geçişlerinden kaynaklanan sarı görünümü ile nispeten mütevazıdır, ancak elektrokromizm veya floresan gibi önemli optik aktiviteden yoksundur ve optik uygulamalarda doğrudan kullanımını sınırlar. Elektriksel olarak, elektrik uygulamaları için ayrışma ürünü olan tungsten trioksite ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) dayanan, ihmal edilebilir iletkenliğe sahip bir yalıtkandır. Manyetik olarak, tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) kayda değer bir özellik göstermez, birincil değeri içsel fiziksel özelliklerinden ziyade kimyasal reaktivitesinde ve bir öncü olarak rolünde yatmaktadır.

#### Bahşis

Tungsten (W, Tungsten) kimyasında bir öncü olarak tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) çok yönlü hazırlama yöntemleri ve önemli rolü, önemini vurgulamaktadır; Tedarik, sonraki uygulamalara göre uyarlanmış saflık ve partikül özelliklerine odaklanmalıdır.

#### 4.2 Sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , sodyum tungstat)

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), endüstriyel üretim, tıbbi araştırma ve analitik kimyada yaygın kullanımını güvence altına alan, mükemmel suda çözünürlüğü, kimyasal stabilitesi ve çok işlevliliği ile ödüllendirilen en yaygın ve çok yönlü tungstattır. Temsili bir çözünür tungstat olarak, sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), yanmaz malzemelerden biyoaktif çalışmalara ve diğer tungsten bileşiklerinin sentezine kadar çeşitli uygulamalarda mükemmeldir ve tungsten kimya endüstrisi zincirinde hayati bir bağlantı olarak statüsünü pekiştiren uzun bir geçmişe sahiptir.

#### 4.2.1 Hazırlık Süreçleri

Sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) hazırlama, cevher ekstraksiyonunu çözelti bazlı reaksiyon teknikleriyle entegre ederek endüstriyel ölçekli üretim ve laboratuvar hassasiyetinin çeşitli ihtiyaçlarını karşılar.

##### Alkali Füzyon Yöntemi (Cevher Ekstraksiyonu)

Alkali füzyon yöntemi, wolframit ( $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$ , Wolframit) veya şelit ( $\text{CaWO}_4$ , Scheelite) sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) ile yüksek sıcaklıklarda ( $600-800^\circ\text{C}$ ) reaksiyona sokulmasını ve bir sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum Tungstat) çözeltisi oluşturmasını içerir. İşlem, toz haline getirilmiş cevherin sodyum hidroksit ile karıştırılmasını ve erime kadar bir füzyon fırınında ısıtılmasını gerektirir, burada tungsten, çözünür sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) üretmek için sodyum ile reaksiyona girer. Soğuduktan sonra, safsızlıklar filtrelenir ve çözelti buharlaştırılır ve beyaz kristaller elde etmek için kristalleştirilir. Cevher kaynaklarının verimli kullanımı ve basit çalışması nedeniyle tercih edilen bu yöntem, Çin'in tungsten işleme endüstrisinde, özellikle Jiangxi ve Hunan gibi büyük merkezlerde baskın tekniktir.

##### Tungstik Asit Nötralizasyon Yöntemi (Laboratuvar Hazırlığı)

Tungstik asit nötralizasyon yöntemi, tungstik asidi ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ , Tungstik Asit) oda sıcaklığında ( $20-40^\circ\text{C}$ ) bir sodyum hidroksit çözeltisi ile nötralize ederek sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) hazırlar, reaksiyonu takiben:  $\text{H}_2\text{WO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{WO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Elde edilen çözelti buharlaştırma yoluyla konsantre edilir ve sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) dihidrat kristallerini kristalleştirmek için soğutulur. Bu basit yöntem, bilimsel araştırma ve analitik kimyada standart çözeltiler veya reaktifler hazırlamak için yaygın olarak kullanılan laboratuvarlarda küçük ölçekli, yüksek saflıkta üretim için idealdir.

#### 4.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) tipik olarak ortorombik kristal yapıya sahip bir dihidrat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) olarak bulunur. Bu yapı içinde, bir tungsten atomu, kararlı bir tetrahedral birim ( $\text{WO}_4^{2-}$ ) oluşturmak için dört oksijen atomu ile koordine olurken, iki sodyum atomu tungstat iyonuna iyonik olarak bağlanır ve su molekülleri hidrojen bağı yoluyla birleştirilir. Kristalografik çalışmalar, bu düzenlemenin yüksek suda

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

çözünürlüğünü (20°C'de yaklaşık 730 g/L) açıkladığını ve kristal stabilitesini korurken sulu uygulamalarda kullanımını kolaylaştırdığını doğrulamaktadır [19].

#### 4.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), kuru koşullar altında sağlam termal stabilite sergiler ve ayrışma olmadan 300°C'ye kadar dayanır. Bu sıcaklığın üzerinde, kristal suyunu kaybederek susuz sodyum tungstata ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ ) dönüşür ve tam bir parçalanma ile yaklaşık 700°C sıcaklık gerektirir. Kimyasal olarak, sulu çözeltisi hafif alkalidir (pH 8-9) ve asitlere duyarlıdır, asidik koşullar altında kolayca tungstik aside ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ , Tungstik Asit) dönüşür, ancak nötr ve hafif alkali ortamlarda korozyona karşı dirençlidir, bu da onu çeşitli reaksiyon ayarlarına uyarlanabilir hale getirir [19].

#### 4.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Sodyum tungstatın ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) optik özellikleri, floresan veya elektrokromizm gibi önemli optik aktiviteden yoksun beyaz kristalleri ile dikkat çekicidir, bu nedenle optik uygulamalarını sınırlar. Elektriksel olarak, sodyum ve tungstat iyonlarının hareketliliği nedeniyle çözelti içinde iyonik bir iletken görevi görür, ancak ihmal edilebilir iletkenliğe sahip katı formda bir yalıtkandır. Manyetik olarak, sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), fiziksel özelliklerden ziyade esas olarak çözünürlük ve reaktivite gibi kimyasal özelliklerinden türetilen faydası ile kayda değer bir özellik göstermez.

#### Bahşiş

Sodyum tungstatın ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) suda çözünürlüğü ve kimyasal stabilitesi, onu yangına dayanıklı ve biyomedikal uygulamalarda paha biçilmez kılar; tedarik, optimum performans için kristal su içeriğini ve safsızlık seviyelerini dikkate almalıdır.

### 4.3 Diğer tungstatlar

Tungstik asit ( $\text{H}_2\text{WO}_4$ , Tungstik Asit) ve sodyum tungstatın ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) ötesinde, tungstat ailesi, [amonyum paratungstat \(APT,  \$\(\text{NH}\_4\)\_2\text{WO}\_4\$ , Amonyum Paratungstat\)](#), [kalsiyum tungstat \( \$\text{CaWO}\_4\$ , Kalsiyum Tungstat\)](#) ve [amonyum metatungstat \( \$\(\text{NH}\_4\)\_6\text{H}\_2\text{W}\_{12}\text{O}\_{40}\$ , Amonyum Metatungstat\)](#) gibi önemli bileşikler içerir. Bu tungstatlar, tungsten kimyasının kapsamını zenginleştiren endüstriyel üretim, bilimsel araştırma ve özel uygulamalarda mükemmeldir.

#### 4.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungstatlar için hazırlık işlemleri, kimyasal özelliklerine ve amaçlanan kullanımlarına göre değişir ve cevher ekstraksiyonundan çözelti sentez tekniklerine kadar uzanır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### **Amonyum Paratungstat için İyon Değişimi ve Kristalizasyon**

#### **(APT, $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat)**

Amonyum paratungstat (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat) tipik olarak tungsten cevherlerinden ekstrakte edilen tungstat çözeltilerinden hazırlanır, tungstat iyonlarını ( $\text{WO}_4^{2-}$ ) izole etmek için iyon değişim reçinelerinden geçirilir. Daha sonra çözelti pH'ını 7-8'e ayarlamak için amonyak eklenir ve beyaz kristaller elde etmek için süzülen, yıkanan ve kurutulan (yaklaşık 100-150 ° C) amonyum paratungstatının (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat) çökmesini tetikler. Bu yöntem, Çin'in tungsten endüstrisinin temel taşıdır ve tungsten tozu (W Tozu, Tungsten Tozu) üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır ve yıllık çıktıları Jiangxi ve Hunan gibi bölgelerde on binlerce tona ulaşmaktadır.

### **Kalsiyum tungstat için füzyon reaksiyonu**

#### **( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat)**

Kalsiyum tungstat ( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat), sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) ile kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) yüksek sıcaklıklarda (yaklaşık 800-1000°C) kaynaştırılarak sentezlenir:  $\text{Na}_2\text{WO}_4 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaWO}_4 + 2\text{NaCl}$  olur. Elde edilen ürün, kullanım için öğütülen ve elenen beyaz kristallere soğur. Bu basit işlem, endüstriyel ölçeklenebilirlik için yüksek termal kararlılığından yararlanarak floresan malzemeler ve optik bileşenler üretmek için yaygın olarak kullanılır.

### **Amonyum Metatungstat için Asitleştirme Polimerizasyonu**

#### **( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat)**

Amonyum metatungstat ( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat), bir amonyum paratungstat (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat) çözeltilerinin asitleştirilmesi ve pH'ın 3-4'e kontrol edilmesiyle hazırlanır, tungstat iyonlarının politungstat iyonlarına ( $\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}^{6-}$ ). Daha sonra çözeltiyi stabilize etmek için amonyak eklenir, ardından nihai ürünü üretmek için kristalizasyon yapılır. Bu yöntem, benzersiz polioksometalat yapısından yararlanarak yüksek saflıkta katalizör ve analitik reaktif üretimi için uyarlanmıştır.

### **4.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim**

Amonyum paratungstat (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat), hidrojen bağı yoluyla amonyum iyonları tarafından stabilize edilen ve sağlam bir kompozit çerçeve oluşturan çoklu tungsten-oksijen oktahedral birimlerine sahip karmaşık bir monoklinik kristal yapıya sahiptir. Kalsiyum tungstat ( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat), iyonik bağlar yoluyla kalsiyum iyonları tarafından desteklenen, tetrahedral bir düzenlemede dört oksijen atomunu koordine eden tungsten atomları ile doğal şeelite benzer tetragonal bir kristal yapıya sahiptir. Amonyum metatungstat ( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat), amonyum iyonları ile çevrili 12 tungsten-oksijen oktahedra kümesinden oluşan bir polioksometalat yapı sergiler ve katalitik uygulamalar için uygun ayırt edici

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

moleküler karmaşıklık sağlar.

### 4.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Amonyum paratungstat (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat), amonyak ve su buharı salınımı ile 250-300°C'de tungsten trioksit ( $\text{WO}_3$ , Tungsten Trioksit) ayrıışan orta derecede termal stabiliteye sahiptir ve kimyasal stabilitesi asidik koşullara karşı hassastır. Kalsiyum tungstat ( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat), olağanüstü termal stabiliteye, 1000°C'nin üzerindeki sıcaklıklara ve mükemmel kimyasal stabiliteye sahiptir, suda neredeyse çözünmez ve çoğu asit ve baza karşı dirençlidir, bu da onu yüksek sıcaklık uygulamaları için ideal hale getirir. Amonyum metatungstatı ( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat) 200°C civarında kristal suyunu kaybeder ve daha yüksek sıcaklıklarda daha fazla ayrıışır, daha zayıf kimyasal stabilite polioksometalat yapısını korumak için güçlü asitlerden veya bazlardan koruma gerektirir.

### 4.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Amonyum paratungstat (APT,  $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ , Amonyum Paratungstat), minimum optik aktiviteye sahip beyaz kristaller olarak görünen dikkate değer optik özelliklerden yoksundur ve elektriksel ve manyetik olarak inert bir yalıtandır. Kalsiyum tungstat ( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat), floresansı ile ünlüdür, UV uyarımı altında mavi ışık yayar (bant aralığı ~ 4.2 eV), bu da onu X-ışını dedektörlerinde ve flüoresan malzemelerde değerli kılar, ancak manyetik özelliği olmayan bir yalıtkan olarak kalır. Amonyum metatungstatı ( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat) önemli bir optik veya manyetik özellik göstermez, ancak çözelti içinde iyonik iletkenlik sergilerken, katı formda bir yalıtkan olarak kalırken, uygulamaları esas olarak katalitik yetenekleri tarafından yönlendirilir.

### Bahşış

Kalsiyum tungstat ( $\text{CaWO}_4$ , Kalsiyum tungstat) ve amonyum metatungstat ( $(\text{NH}_4)_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ , Amonyum Metatungstat) gibi diğer tungstatlar sırasıyla floresan ve katalizde benzersiz avantajlar sunar; tedarik, hazırlama yöntemi ve saflık ile ilgili özel uygulama ihtiyaçları ile uyumlu olmalıdır.

### Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Devlet Üniversitesi, Moskova, 2000 [20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

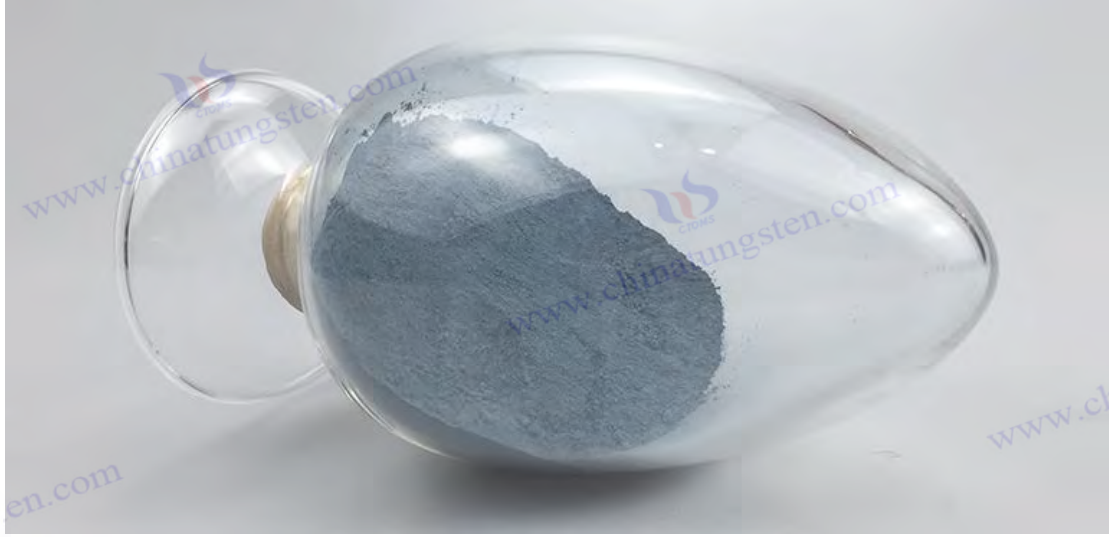
### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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)



- [4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları (Çok Dilli)* - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları (İngilizce)* - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi (Fransızca)* - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu (İngilizce)* - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar (İngilizce)* - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] *Periyodik Tablodaki Tungsten (Rusça)* - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları (Rusça)* - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları (Japonca)* - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar (Arapça)* - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900
- [13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi (İngilizce)* - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları (İngilizce)* - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] *Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)*
- [16] *Tungsten Kimyasının Temelleri (Almanca)* - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri (Rusça)* - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası (Rusça)* - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] *tungstatların kimyasal kararlılığı (İngilizce)* - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000 [20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması (Japonca)* - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri (İngilizce)* - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005 [22] *Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)*



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 5: Tungsten Halojenürlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 5.1 Tungsten Hekzaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür)

[Tungsten heksaklorür \( \$WCl\_6\$ , Tungsten Hekzaklorür\)](#), tungsten (W, Tungsten) halojenür ailesinin önemli bir üyesidir ve çeşitli kimyasal reaksiyonlarda uçuculuğu, yüksek reaktivitesi ve katalitik yetenekleri nedeniyle hem endüstriyel hem de araştırma ortamlarında büyük saygı görmektedir. Uçucu bir tungsten bileşiği olarak tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür), kendine özgü koyu mavi kristal görünümü ve olağanüstü kimyasal özellikleri ile öne çıkar, bu da onu organik sentez, ince film biriktirme ve katalizör hazırlamada paha biçilmez kılar. İlk laboratuvar sentezinden çağdaş endüstriyel uygulamalara kadar olan yolculuğu, tungsten halojenür kimyasının devam eden evrimini ve derinleşen anlayışını yansıtır ve onu daha geniş tungsten (W, Tungsten) kimyasalları alanına benzersiz bir katkıda bulunan olarak konumlandırır.

##### 5.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) hazırlanması, çeşitli saflık ve uygulama gereksinimlerini karşılamak üzere uyarlanmış doğrudan klorlama ve klor azaltma teknikleri dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri kapsar.

##### Doğrudan Klorlama Yöntemi

###### (Tungsten Metal Klorlama)

Doğrudan klorlama yöntemi, tungsten tozu (W Tozu, Tungsten Tozu) [gibi yüksek saflıkta tungsten \(W, Tungsten\) metalinin](#) klor gazı ( $Cl_2$ ) ile yüksek sıcaklıklarda (tipik olarak 600-800 ° C) tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) üretmek için reaksiyona sokulmasını içerir.  $W + 3Cl_2 \rightarrow WCl_6$  reaksiyonu, oksijen ve nemi dışlamak için sızdırmaz bir kuvars reaktörde meydana gelir ve elde edilen koyu mavi kristaller gaz halindeki üründen yoğunlaşır. Bu yöntem, basitliği ve doğrudanlığı nedeniyle tercih edilir, bu da

##### [COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT](#)

onu endüstriyel üretimde, özellikle katı kalite standartlarının gerekli olduğu katalizör sentezinde kullanılan yüksek saflıkta tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) için temel bir unsur haline getirir.

### Klor İndirgeme Yöntemi

#### (Oksit Klorlama)Klor indirgeme yöntemi,

tungsten trioksiti ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) klor gazı ve bir indirgeyici madde (örn., karbon veya hidrojen) ile  $500-700^\circ C$ 'de reaksiyona sokarak tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) hazırlar. Klor akışının ve sıcaklığının hassas kontrolü, tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) gibi daha düşük klorürlerin oluşumunu önlemek için kritik öneme sahiptir. Bu yaklaşım, kaynak verimliliğini artırmak ve maliyetleri azaltmak için tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) gibi endüstriyel yan ürünlerden yararlanarak laboratuvar ve küçük ölçekli üretim için avantajlıdır.

### Gaz Fazı Reaksiyon Yöntemi

#### (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

Gaz fazı reaksiyon yöntemi, tungsten (W, Tungsten) veya bileşiklerini yaklaşık  $800^\circ C$ 'de buhar fazında klor gazı ile reaksiyona sokarak tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) sentezler ve ardından kristallere yoğunlaşır. Bu teknik, eser miktarda safsızlığı ortadan kaldırmada, elektronik malzemeler ve hassas katalizör araştırmaları için ideal olan ultra yüksek saflıkta tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) üretmede, en küçük kirleticilerin bile performansı önemli ölçüde etkileyebildiği durumlarda mükemmeldir.

### 5.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür), simetrik bir  $WCl_6$  moleküler birim oluşturan, altı klor atomuna koordineli merkezi bir tungsten atomu ile oktahedral bir kristal yapıya sahiptir. Alman kristalografik çalışmaları, bu oktahedral koordinasyonun yüksek uçuculuğuna (erime noktası yaklaşık  $275^\circ C$ , kaynama noktası yaklaşık  $347^\circ C$ ) katkıda bulunduğunu ve gaz fazı reaksiyonlarında kullanımını kolaylaştırdığını vurgulamaktadır [16]. Moleküler bileşiminde, tungsten atomu +6 oksidasyon durumundadır ve klor atomlarının güçlü elektronegatifliği, reaktivitesini artırır ve organik bileşiklerle koordinasyon veya ikame reaksiyonlarına kolayca girmesini sağlar.

### 5.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür), kristal yapısını  $300^\circ C$ 'nin altında tutarak susuz ve oksijensiz koşullar altında orta derecede termal stabilite sergiler. Bununla birlikte, daha yüksek sıcaklıklarda veya hava varlığında, daha düşük klorürlere ve klor gazına ayrışır ve dikkatli kullanım gerektirir. Kimyasal olarak, nem varlığında oldukça kararsızdır, nemli ortamlarda hidrojen klorür (HCl) ve tungsten oksiklorürler oluşturmak üzere hızla hidrolize olur ve kuru, inert atmosferlerde depolama ve kullanım

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

gerektirir. Rus kimyasal araştırmaları, yüksek reaktivitesinin altını çizerek onu organik sentezde etkili bir klorlama maddesi ve katalizör haline getiriyor [17].

#### 5.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) optik özellikleri, pratik uygulamalarda optik aktivitesi sınırlı olmasına rağmen, tungsten atomunun dd elektron geçişlerinden kaynaklanan çarpıcı koyu mavi kristal formu ile karakterize edilir. Elektriksel olarak katı halde bir yalıtıcıdır, ancak gaz halinde veya çözelti halinde, ayrışma veya çözücü etkileşimleri nedeniyle hafif iyonik iletkenlik gösterebilir. Manyetik olarak, tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) önemli bir özellik göstermez, birincil faydası fiziksel özelliklerden ziyade kimyasal reaktivitesinden kaynaklanır.

#### Bahşış

Tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) hazırlanması, nem ve oksijenin titiz bir şekilde dışlanması gerektirir; yüksek reaktivitesi onu kataliz ve organik sentezde öne çıkarır ve tedarik, saflık ve depolama koşullarına öncelik vermelidir.

### 5.2 Tungsten Hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür)

Tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Heksaflorür), yarı iletken endüstrisindeki olağanüstü uçuculuğu ve önemli rolü ile kutlanan, endüstriyel olarak en önemli tungsten halojenürdür. Renksiz bir gaz olarak, tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür), yüksek reaktivitesi ve kararlılığı ile modern mikroelektronikte vazgeçilmez kılan tungsten metal ince filmler üretmek için kimyasal buhar biriktirmede (CVD) yaygın olarak kullanılır. Laboratuvar sentezinden büyük ölçekli üretime geçiş, yüksek teknoloji uygulamalarda tungsten kimyasının geliştirilmesine olan katkısını vurgulamaktadır.

#### 5.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten heksaflorürün ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) hazırlanması, öncelikle ürün kalitesini sağlamak için susuz koşullar altında yürütülen florlama reaksiyonlarına dayanır.

#### Doğrudan Florlama Yöntemi

##### (Tungsten ve Flor Reaksiyonu)

Doğrudan florlama yöntemi, yüksek saflıkta tungsten (W, Tungsten) metali (örneğin, tungsten tozu (W Tozu, Tungsten Tozu)) flor gazı ( $F_2$ ) ile 300-500 ° C'de reaksiyona sokarak tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) gazı oluşturur, reaksiyonu takiben:  $W + 3F_2 \rightarrow WF_6$ . Bu işlem, florun agresif doğası nedeniyle korozyona dayanıklı nikel alaşımlı bir reaktörde meydana gelir ve gaz halindeki ürün toplama için sıvı formda (kaynama noktası 17.1°C) yoğunlaştırılır. Yüksek saflığı ve basit yaklaşımı nedeniyle endüstride yaygın olarak benimsenen bu yöntem, katı kalite standartları gerektiren yarı iletken uygulamalarına hakimdir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Oksit Florlama Yöntemi

### (Tungsten Trioksit Florlama)

Oksit florlama yöntemi, tungsten trioksiti ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) hidrojen florür (HF) veya flor gazı ile 400-600°C'de reaksiyona sokarak tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) hazırlar. Bu süreç, maliyetleri azaltmak için tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) gibi endüstriyel yan ürünlerden yararlanarak daha düşük florür oluşumunu önlemek için dikkatli bir kontrol gerektirir. Laboratuvarında ve küçük ölçekli üretimde yaygın olarak kullanılır ve özel uygulamalar için uygun maliyetli bir alternatif sunar.

### 5.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Heksaflorür), hem gaz hem de sıvı hallerde oktahedral bir moleküler yapıya sahiptir ve simetrik bir  $WF_6$  birimi oluşturan altı flor atomuna koordineli merkezi bir tungsten atomu içerir. Japon kimyasal araştırmaları, bu oktahedral düzenlemenin yüksek uçuculuğunu ve stabilitesini (erime noktası 2.3 ° C, kaynama noktası 17.1 ° C) desteklediğini ve bu da onu gaz fazı biriktirme için ideal hale getirdiğini belirtmektedir [20]. Tungsten atomu +6 oksidasyon durumundadır ve florun güçlü elektronegatifliği, çeşitli koşullarda stabilite sağlayarak bağ mukavemetini artırır.

### 5.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Heksaflorür), susuz koşullar altında mükemmel termal stabilite sergiler ve oda sıcaklığında bir gaz olarak stabil kalır. Bununla birlikte, 400°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda veya nem varlığında, hidrojen florür (HF) ve tungsten oksitlere ayrışır ve kontrollü kullanım gerektirir. Tungsten hekzaflorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaflorür) ile karşılaştırıldığında, suya karşı daha az hassastır, ancak güçlü bir şekilde indirgeyici ortamlarda tungsten (W, Tungsten) veya daha düşük florürlere indirgenebilir, bu da yarı iletken biriktirmedeki faydasını artıran bir özelliktir.

### 5.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür), optik uygulamalarını sınırlayan, önemli bir optik aktiviteye sahip renksiz, şeffaf bir gazdır. Elektriksel olarak, gaz halinde iletken değildir, ancak tungsten metale ayrışması, iletken ince filmler için çok önemli olan mükemmel iletkenlik (öz direnç  $\sim 5.6 \mu\Omega \cdot cm$ ) sağlar. Manyetik olarak, değeri fiziksel özelliklerden ziyade öncelikle reaktivite ve biriktirme yeteneklerine bağlı olan kayda değer bir özellik göstermez.

## Bahış

Tungsten hekzaflorürün ( $WF_6$ , Tungsten Heksaflorür) hazırlanması susuz bir ortam gerektirir; Yarı iletken endüstrisindeki kritik rolü, gaz saflığı ve muhafaza bütünlüğüne

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

odaklanan tedarik ile onu tungsten halojenürler arasında öne çıkarıyor.

### 5.3 Diğer Tungsten Halojenürler

Tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) ve tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Heksaflorür) ek olarak, tungsten halojenür ailesi, tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) ve tungsten pentaklorür ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür) gibi daha düşük değerlikli bileşikler içerir. Daha az yaygın olarak uygulanmasına rağmen, bu halojenürler spesifik katalitik reaksiyonlarda ve malzeme araştırmalarında değer sunar.

#### 5.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten halojenürlerin hazırlanması tipik olarak reaksiyon koşullarının hassas kontrolünü gerektiren bir laboratuvar ölçeğinde gerçekleşir.

#### Tungsten Tetraklorür için İndirgeme Klorlama Yöntemi ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür)

Tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür), oksidasyonu önlemek için inert bir atmosferde tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) 450-600°C'de hidrojen ile kısmen indirgenmesiyle sentezlenir. Bu kontrollü indirgeme, istenen dört değerlikli durumun oluşumunu sağlar ve tipik olarak niş uygulamalar için uygun yeşil bir ürün verir.

#### Tungsten Pentaklorür için Kontrollü Klorlama Yöntemi ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür)

Tungsten pentaklorür ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür), tungstenin (W, Tungsten) dikkatlice klorlanması veya tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) 500-700 ° C'de sınırlı bir klor kaynağı ile indirgenmesiyle hazırlanır. Bu yöntem, koyu kırmızı kristal bir malzeme üreten beş değerlikli durumu elde etmek için hassas klor dozlaması gerektirir.

#### 5.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür), tungsten atomu kare düzlemsel bir düzenlemede dört klor atomuna koordine edilmiş ve orta derecede stabilite sunan tetragonal bir kristal yapıya sahiptir. Tungsten pentaklorür ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür), ara oksidasyon durumu nedeniyle daha düşük stabilite sergileyen, beş klor atomlu trigonal bipiramidal bir yapıya sahiptir. Bu yapılar, altı değerlikli halojenürlere kıyasla daha az uçuculuğa neden olur.

#### 5.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) ve tungsten pentaklorür ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür) sınırlı termal stabiliteye sahiptir ve 200-400°C'de daha düşük klorürlere veya klor gazına ayrışır. Kimyasal olarak, her ikisi de neme karşı oldukça

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

hassastır ve hidrolizi önlemek için sızdırmaz depolama gerektirir, bu da pratik kullanımlarını kontrollü ortamlarla sınırlar.

### 5.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) yeşil görünür ve tungsten pentaklorür ( $WCl_5$ , Tungsten Pentaklorür) koyu kırmızıdır, ancak ikisi de önemli optik aktivite göstermez. Elektriksel olarak, her ikisi de yalıtkandır ve dikkate değer manyetik özelliklerden yoksundurlar, uygulamaları öncelikle fiziksel özelliklerden ziyade katalitik araştırmalara odaklanır.

### Bahşis

Tungsten tetraklorür ( $WCl_4$ , Tungsten Tetraklorür) gibi diğer tungsten halojenürler katalizde potansiyele sahiptir; Hazırlanmaları ve stabiliteyi, kullanım ve kullanım sırasında dikkatli dikkat gerektirir.

### Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] 2023 *Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik*

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Malzeme Araştırması (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] Organometalik Tungsten Bileşikleri  
(İngilizce) - Organometalik, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 6: Tungsten Karbürler ve Nitrürlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

#### 6.1 Tungsten Karbür (WC, Tungsten Karbür)

[Tungsten karbür \(WC, Tungsten Karbür\)](#), olağanüstü sertliği, aşınma direnci ve termal kararlılığı ile tanınan tungsten (W, Tungsten) kimyasal ailesindeki endüstriyel olarak en değerli ve yaygın olarak uygulanan bileşikler arasındadır. Çimentolu karbürlerin temel taşı olan tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür), kesici aletlerde, madencilik ekipmanlarında ve aşınmaya dayanıklı kaplamalarda vazgeçilmez bir rol oynar. Siyah veya grimsi-siyah toz görünümü, tungsten kimyasının malzeme bilimi üzerindeki derin etkisini sergileyen, erken laboratuvar deneylerinden günümüzün küreselleşmiş üretimine kadar uzanan bir geliştirme geçmişi ile modern endüstrideki parlaklığına inanıyor.

##### 6.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten karbürün (WC, Tungsten Karbür) hazırlanması, çeşitli saflık ve partikül boyutu gereksinimlerini karşılamak üzere uyarlanmış yüksek sıcaklıkta karbonizasyon ve gaz fazı reaksiyonları dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri kapsar.

#### Yüksek sıcaklıkta karbonizasyon yöntemi

##### (Tungsten Tozu Karbonizasyonu)

Yüksek sıcaklıkta karbonizasyon yöntemi, [tungsten tozunu \(W Tozu, Tungsten Tozu\)](#) 1400-1600 ° C'de bir karbon kaynağı (örneğin, karbon siyahı veya grafit) ile reaksiyona sokarak tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) denklemini takip eder:  $W + C \rightarrow WC$ . Bu

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



işlem tipik olarak oksidasyonu önlemek ve karbon içeriğini kontrol etmek için bir vakum veya hidrojen atmosferinde gerçekleştirilir. Reaksiyondan sonra, ürün öğütülür ve ince homojen tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) tozu elde etmek için elenir. Olgun süreci ve maliyet etkinliği nedeniyle, bu yöntem, özellikle Çin ve Avrupa'daki büyük ölçekli tungsten işleme işletmelerinde, çimentolu karbür üretiminde yaygın olarak benimsenen endüstriyel üretime hakimdir.

### **Gaz Fazında Karbonizasyon Yöntemi (Kimyasal Buhar Reaksiyonu)**

Gaz fazı karbonizasyon yöntemi, [tungsten heksaflorür \(WF<sub>6</sub>, Tungsten Heksaflorür\) gibi uçucu tungsten bileşiklerini kullanır](#) ve tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) üretmek için kimyasal bir buhar reaksiyonu yoluyla 800-1000 ° C'de hidrokarbonlarla (örneğin metan, CH<sub>4</sub>) reaksiyona girer. Bu teknik, nano ölçekli tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) parçacıkları verebilir, bu da onu yüksek performanslı kaplamalar ve hassas aletler için uygun hale getirir. Reaksiyon, düzgün parçacık dağılımını sağlamak için gaz akışının hassas kontrolüne sahip özel reaktörlerde gerçekleşir.

### **Plazma Sentez Yöntemi (Ultra İnce Parçacık Hazırlama)**

Plazma sentezi yöntemi, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) yüksek sıcaklıktaki plazma ortamında (>5000 ° C) bir karbon kaynağı ile hızla reaksiyona sokar ve ultra ince tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) tozu (parçacık boyutu <100 nm) üretir. Bu yöntem, havacılık malzemelerinde aşınmaya dayanıklı kaplamalar gibi gelişmiş uygulamalar için ideal olan yüksek saflıkta, ultra ince parçacıklar üretmede mükemmeldir, ancak yüksek ekipman maliyetleri onu küçük partili, yüksek değerli üretimle sınırlar.

### **6.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim**

Tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür), tungsten ve karbon atomlarının güçlü kovalent bağlar yoluyla 1: 1 oranında bağlandığı ve sıkıca paketlenmiş bir kafes oluşturduğu altıgen bir kristal yapıya sahiptir. Alman kristalografik çalışmaları, bu altıgen düzenlemenin ona olağanüstü sertlik (Mohs sertliği ~9, sadece elmasın sonra ikinci) ve üstün mekanik özellikler kazandırdığını göstermektedir [16]. Moleküler bileşiminde tungsten, yüksek yoğunluğa (15.63 g/cm<sup>3</sup>) katkıda bulunurken, karbon kafes stabilitesini artırarak aşırı koşullar altında yapısal bütünlüğü korumasını sağlar.

### **6.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık**

Tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür), yapısını 2600 ° C'nin altında tutan olağanüstü termal stabiliteye sahiptir ve mükemmel oksidasyon direnci sergiler, oksijen açısından zengin ortamlarda 600 ° C'nin üzerinde tungsten trioksite (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) yavaşça oksitlenir. Kimyasal olarak, asitlerden ve bazlardan kaynaklanan korozyona direnir, ancak güçlü oksitleyici asitlerde (örneğin nitrik asit) yavaş yavaş aşınabilir. Rus

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

malzeme araştırması, termal kararlılığını ve kimyasal eylemsizliğini vurgulayarak onu yüksek sıcaklığa, aşınmaya dayanıklı malzemeler için ideal bir seçim haline getiriyor [17].

#### 6.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten karbürün (WC, Tungsten Karbür) optik özellikleri, kristal yapısındaki elektron emiliminden kaynaklanan siyah veya grimsi-siyah görünümü ile dikkate değer bir floresan veya optik aktiviteden yoksun olması ile dikkat çekicidir. Elektriksel olarak, metalik tungstenden (W, Tungsten) önemli ölçüde daha düşük olan orta derecede iletkenliğe (öz direnç  $\sim 20 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) sahiptir, ancak elektrik deşarjı işleme gibi uygulamalar için yeterlidir. Manyetik olarak, tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) önemli bir özellik göstermez, değeri fiziksel özelliklerden ziyade esas olarak mekanik özelliklere dayanır.

#### Bahşiş

Tungsten karbürün (WC, Tungsten Karbür) çeşitli hazırlama yöntemleri ve olağanüstü sertliği ve aşınma direnci, onu endüstriyel uygulamalarda yeri doldurulamaz kılar; Tedarik, belirli kullanımlara göre uyarlanmış partikül boyutuna ve saflığına odaklanmalıdır.

#### 6.2 Tungsten Nitrür (WN, Tungsten Nitrür)

Tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür), tungsten (W, Tungsten) ve nitrojenden oluşan, tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ile karşılaştırıldığında daha dar bir uygulama kapsamına sahip bir bileşiktir, ancak aşınmaya dayanıklı kaplamalarda, elektronik malzemelerde ve yüksek sertlikte benzersiz bir değere sahiptir. Koyu gri görünümü ve mükemmel fiziksel özellikleri, tungsten nitrürü (WN, Tungsten Nitrür), malzeme biliminde yeni olanaklar açan araştırma ve geliştirme ile tungsten kimyasal ailesi içinde daha az bilinen bir mücevher haline getirir.

##### 6.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten nitrürün (WN, Tungsten Nitrür) hazırlanması, öncelikle ürün kalitesini sağlamak için hassas kontrol gerektiren yüksek sıcaklıkta nitrürlenme veya gaz fazı biriktirme tekniklerine dayanır.

#### Yüksek Sıcaklıkta Nitrürlenme Yöntemi

##### (Tungsten Toz Nitrürlenme)

Yüksek sıcaklıkta nitrürlenme yöntemi, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) nitrojen gazı ( $\text{N}_2$ ) veya amonyak ( $\text{NH}_3$ ) ile  $1000-1200^\circ\text{C}$ 'de reaksiyona sokarak tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür) oluşturur, şu denklemle temsil edilir:  $\text{W} + \text{N}_2 \rightarrow \text{WN}$ . Bu işlem, oksijen girişimini önlemek için vakumlu veya inert bir atmosferde gerçekleştirilir ve koyu gri bir toz elde edilir. Basitliği ve kolayca bulunabilen tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) kullanma yeteneği, onu endüstriyel üretim için uygun hale getirir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Gaz Fazı Biriktirme Yöntemi (CVD veya PVD)

Gaz fazı biriktirme yöntemi, tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) veya tungsten (W, Tungsten) ile bir nitrojen kaynağı (örn. amonyak) ile 600-900 ° C'de reaksiyona sokmak için kimyasal buhar biriktirme (CVD) veya fiziksel buhar biriktirme (PVD) kullanır ve tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür) ince filmler oluşturur. Bu teknik, aşınmaya dayanıklı kaplamalar ve elektronik bileşenler için yaygın olarak kullanılan ve film kalınlığını ve homojenliğini kontrol etmek için özel ekipman gerektiren yüksek saflıkta filmler üretir.

### 6.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür) tipik olarak, tungsten ve nitrojen atomlarının kovalent bir ağ aracılığıyla 1: 1 oranında bağlandığı kübik bir kristal yapıya sahiptir. Rus kristalografik araştırmaları, kafes yapısının tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) yapısına benzediğini, ancak nitrojenin dahil edilmesinin biraz daha düşük sertlik (Mohs sertliği ~8) ve yaklaşık 14.5 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukla sonuçlandığını belirtmektedir [17]. Moleküler bileşimindeki güçlü kovalent bağlar, sağlam mekanik özelliklerine ve korozyon direncine katkıda bulunur.

### 6.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür), inert atmosferlerde yaklaşık 1000 ° C'ye kadar stabil kalır, ancak oksijen açısından zengin koşullarda 600 ° C'nin üzerinde tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) oksitlenir ve tungsten karbürden (WC, Tungsten Karbür) biraz daha düşük termal stabilite sergiler. Kimyasal olarak, asitlerden ve bazlardan kaynaklanan korozyona direnir, ancak güçlü oksitleyici ortamlarda (örneğin, konsantre nitrik asit) yavaş yavaş ayrışır. Korozyon direnci, kaplama uygulamaları için uygunluğunu artırır.

### 6.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten nitrürün (WN, Tungsten Nitrür) optik özellikleri, önemli optik aktiviteden yoksun koyu gri görünümü ile dikkat çekicidir. Elektriksel olarak, orta derecede iletkenliğe sahip bir yarı iletken (bant aralığı ~ 1.8-2.2 eV) olarak işlev görür ve bu da onu elektronik malzemeler için uygun hale getirir. Manyetik olarak, tungsten nitrür (WN, Tungsten Nitrür), uygulamaları esas olarak mekanik ve elektriksel özellikler tarafından yönlendirilen kayda değer bir özellik göstermez.

## Bahış

Tungsten nitrürün (WN, Tungsten Nitrür) hazırlanması, sıkı nitrüleme kontrolü gerektirir ve aşınmaya dayanıklı kaplamalar ve elektronik malzemelerdeki potansiyeli

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

daha fazla araştırmayı hak eder.

### 6.3 Diğer Tungsten Karbürler ve Nitrürler

Tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ve tungsten nitrürün (WN, Tungsten Nitrür) ötesinde, tungsten karbür ve nitrür ailesi, ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür) ve tungsten karbonitür ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrür) gibi bileşikleri içerir.

#### 6.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten karbürler ve nitrürler için hazırlama işlemleri tipik olarak yüksek sıcaklık reaksiyonlarını veya kompozit teknikleri içerir.

#### Ditungsten Karbür için Kontrollü Karbonizasyon Yöntemi ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür)

Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür), tungstenin (W, Tungsten) 1200-1400 ° C'de karbon ile reaksiyona sokulmasıyla, aşırı tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) oluşumunu önlemek için karbon oranını dikkatlice kontrol ederek sentezlenir. Bu yöntem, istenen iki değerlikli karbür yapısını sağlar.

#### Tungsten Karbonitür için Karbon-Azot Ko-Difüzyon Yöntemi ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrür)

Tungsten karbonitür ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrür), tungsten (W, Tungsten) veya tungsten karbürün (WC, Tungsten Karbür) nitrojen ve bir karbon kaynağı ile 800-1000°C'de reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır ve karbon ve nitrojen atomlarının birlikte difüzyonu yoluyla kompozit bir yapı oluşturur.

#### 6.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür), tungsten-karbon oranı 2:1 olan altıgen bir kristal yapıya sahiptir ve tungsten karbürden (WC, Tungsten Karbür) daha az yoğun bir kafes ile sonuçlanır. Tungsten karbonitür ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrür), karbon ve nitrojen atomlarının kısmen katı bir çözelti oluşturmak için ikame edildiği ve özelliklerini geliştiren kompozit bir kristal yapı oluşturur.

#### 6.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür) 2000 ° C'nin altında stabil kalır ancak oksitleyici atmosferlerde ayrışır. Tungsten karbonitür ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitrür), yaklaşık 1500°C'ye kadar sıcaklıklara dayanabilen karbürlerin ve nitrürlerin stabilitesini birleştirir ve zorlu koşullarda sağlam performans sunar.

#### 6.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür) ve tungsten karbonitür ( $WC_{1-x}N_x$ , Tungsten Karbonitür), belirli uygulamalar için uygun orta derecede elektrik iletkenliği ile önemli optik aktiviteden yoksundur ve kayda değer manyetik özelliklere sahip değildir, değerleri mekanik performansta yatmaktadır.

### Bahşış

Ditungsten karbür ( $W_2C$ , Ditungsten Karbür) gibi diğer tungsten karbürler ve nitrürler, aşınma direnci ve yüksek sıcaklık kullanımlarında mükemmeldir; seçim, hedeflenen uygulamalar için spesifik özelliklerine odaklanmalıdır.

### Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

en.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

chinatungsten.com



## Tungstenin kimyasalları nelerdir? Bölüm 7: Tungsten Sülfürler ve Fosfitlerin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 7.1 Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten disülfür)

#### 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)

[Tungsten disülfür \(WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür\)](#), benzersiz katmanlı yapısı, düşük sürtünme katsayısı ve olağanüstü kayganlığı ile ünlü tungsten (W, Tungsten) kimyasal ailesi içindeki en önemli sülfürlerden biridir. Olağanüstü bir katı yağlayıcı olarak tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür), mekanik endüstrilerde, yüksek sıcaklıktaki ortamlarda ve iki boyutlu malzeme araştırmalarında kapsamlı uygulamalar bulur. Koyu griden siyaha toz veya pul formu, geleneksel yağlayıcılardan en son nanoteknolojiye kadar bir geliştirme yolunu izleyerek olağanüstü performans yeteneklerini gizler ve tungsten kimyasının malzeme bilimine çeşitli katkılarını gösterir.

### 7.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten disülfidin (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) hazırlanması, çeşitli partikül boyutu ve saflık gereksinimlerini karşılamak üzere uyarlanmış yüksek sıcaklıkta sülfidasyon ve kimyasal buhar biriktirme dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri kapsar.

#### Yüksek Sıcaklıkta Sülfidasyon Yöntemi (Tungsten Toz Sülfidasyon)

Yüksek sıcaklıkta sülfidasyon yöntemi, [tungsten tozunu \(W Tozu, Tungsten Tozu\)](#) kükürt tozu (S) ile 600 ° C ila 900 ° C arasında değişen sıcaklıklarda tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) üretmek için reaksiyona sokar, denklemi takip ederek:  $W + 2S \rightarrow WS_2$ . Bu işlem tipik olarak oksidasyonu önlemek için bir vakum veya inert atmosferde (örneğin argon) gerçekleştirilir ve koyu gri bir toz elde edilir. Reaksiyondan sonra, ürün öğütülür ve homojen parçacıklar elde etmek için elenir. Basitliği ve kolayca bulunabilen hammaddeleri nedeniyle endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılan bu yöntem, yağlama malzemelerinin imalatına hakimdir.

#### Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

)Kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi, tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) ince filmler oluşturmak için 400-700°C'de hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ile reaksiyona giren [tungsten trioksit \(WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit\)](#) veya [tungsten hekzaflorür \(WF<sub>6</sub>, Tungsten Hekzaflorür\)](#) kullanır . Bu teknik, tek katmanlı veya çok katmanlı tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) üretebilir, bu da onu iki boyutlu malzemeler ve elektronik cihaz araştırmaları için ideal hale getirir. Reaksiyon, film kalitesini sağlamak için gaz akışının ve sıcaklığının hassas bir şekilde kontrol edilmesini gerektiren özel reaktörlerde gerçekleşir.

#### Mekanik Eksfoliasyon Yöntemi (Nano Tabaka Hazırlama)

Mekanik pul pul dökülme yöntemi, laboratuvarlarda yüksek saflıkta tek katmanlı tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) hazırlamak için yaygın olarak kullanılan fiziksel teknikleri (örneğin, ultrasonik pul pul dökülme veya yapışkan bant) kullanarak nano tabakaları toplu tungsten disülfürden (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) ayırır. Verim açısından sınırlı olmasına rağmen, bu yöntem katmanlı yapının bütünlüğünü koruyarak

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

onu temel araştırma ve nanoteknoloji araştırmaları için değerli kılar.

### 7.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür), iki kükürt atomu tabakası arasına sıkıştırılmış tungsten atomları ile altıgen katmanlı bir kristal yapıya sahiptir ve bitişik katmanlar arasında zayıf van der Waals kuvvetleri tarafından bir arada tutulan "sandviç" benzeri iki boyutlu bir birim oluşturur. Alman kristalografik çalışmaları, bu katmanlı yapının düşük kesme mukavemeti (sürtünme katsayısı  $\sim 0.03-0.1$ ) ve yüksek kayganlık ile sonuçlandığını göstermektedir [16]. Moleküler bileşiminde, her tungsten atomu, yaklaşık  $6.18\text{\AA}$ 'lık bir ara katman boşluğu ile iki kükürt atomu ile kovalent olarak bağlanır ve mekanik kayma ve pul pul dökülmede mükemmel performansına katkıda bulunur.

### 7.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür), inert atmosferlerde olağanüstü termal stabilite sergiler ve bozulma olmadan yaklaşık  $1200^\circ\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıklara dayanır. Bununla birlikte, oksijen açısından zengin ortamlarda, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ve kükürt dioksit ( $SO_2$ ) oluşturmak için  $350^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde oksitlenir ve yüksek sıcaklıktaki oksidatif koşullar altında kullanımını sınırlar. Kimyasal olarak, asitlerden ve bazlardan kaynaklanan korozyona direnir, ancak güçlü oksidanlar (örneğin, hidrojen peroksit) altında yavaş yavaş ayrışır. Rus malzeme araştırması, termal kararlılığını ve kimyasal eylemsizliğini vurgulayarak onu yüksek sıcaklıkta yağlama uygulamalarında oldukça etkili hale getiriyor [17].

### 7.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten disülfidin ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür) optik özellikleri tabaka kalınlığına göre değişir; tek katmanlı tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür), floresan sergileyen doğrudan bir bant aralığına ( $\sim 2.0\text{ eV}$ ) sahipken, çok katmanlı formlar, optik aktiviteyi azaltan dolaylı bir bant aralığına ( $\sim 1.3\text{ eV}$ ) sahiptir. Elektriksel olarak, çok katmanlılara kıyasla üstün iletkenlik sunan tek katmanlı bir yarı iletken olarak işlev görür ve bu da onu optoelektronik cihazlar için uygun hale getirir. Manyetik olarak, tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür), uygulamaları esas olarak kayganlık ve elektriksel özellikler tarafından yönlendirilen önemli bir özellik göstermez.

### Bahşis

Tungsten disülfidin ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür) esnek hazırlama yöntemleri ve katmanlı yapısı, ona yağlama ve iki boyutlu malzemelerde benzersiz bir avantaj sağlar; Seçim, uygulama ihtiyaçlarına göre katman sayısını ve saflığı dikkate almalıdır.

## 7.2 Tungsten Fosfit (WP, Tungsten Fosfit)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit), tungsten disülfür (WS<sub>2</sub>, Tungsten Disülfür) ile karşılaştırıldığında daha sınırlı bir uygulama kapsamına sahip, tungsten (W, Tungsten) ve fosfor arasında oluşan bir bileşiktir, ancak katalizörlerde ve aşınmaya dayanıklı malzemelerde belirli bir değere sahiptir. Gri-siyah görünümü ve mükemmel katalitik özellikleri, tungsten fosfiti (WP, Tungsten Fosfit), kataliz ve malzeme bilimine yeni yollar katan araştırmaları ile tungsten kimyasal ailesinde sağduyulu ancak etkili bir oyuncu olarak konumlandırmaktadır.

### 7.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten fosfitin (WP, Tungsten Fosfit) hazırlanması, öncelikle hassas reaksiyon durumu kontrolü gerektiren yüksek sıcaklıkta fosfatlama veya kimyasal indirgeme tekniklerini içerir.

#### Yüksek Sıcaklık Fosfatlama Yöntemi (Tungsten Toz Fosfatlama)

Yüksek sıcaklıkta fosfatlama yöntemi, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) fosfor tozu (P) veya fosfin (PH<sub>3</sub>) ile 800-1000 ° C'de reaksiyona sokarak tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit) oluşturur, denklemi takip ederek:  $W + P \rightarrow WP$ . Bu işlem, oksijeni dışlamak için kapalı bir reaktörde gerçekleşir ve gri-siyah bir toz üretir. Basit prosesi ve mevcut tungsten kaynaklarının kullanımı nedeniyle hem endüstriyel hem de küçük ölçekli üretim için uygundur.

#### Kimyasal İndirgeme Yöntemi (Oksit Fosfatlama)

Kimyasal indirgeme yöntemi, tungsten trioksiti (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) 700-900 ° C'de bir hidrojen atmosferinde bir fosfor kaynağı (örneğin kırmızı fosfor) ile reaksiyona sokarak tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit) hazırlar. Bu teknik, daha düşük fosfit oluşumunu önlemek için gereken dikkatli fosfor dozu ile katalizör gelişimi için ideal olan nano ölçekli parçacıklar üretebilir.

### 7.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit) tipik olarak, kovalent bir ağ içinde 1: 1 oranında bağlanmış tungsten ve fosfor atomları ile ortorombik bir kristal yapıya sahiptir. Araştırmalar, nispeten yoğun kafesinin (yoğunluk ~ 12.5 g / cm<sup>3</sup>) ve fosforun dahil edilmesinin katalitik aktivitesini arttırdığını göstermektedir [17]. Moleküler bileşimindeki kovalent tungsten-fosfor bağları, yüksek sertliğine ve kimyasal stabilitesine katkıda bulunur.

### 7.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten fosfit (WP, Tungsten Fosfit) inert atmosferlerde yaklaşık 900 ° C'ye kadar stabil

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kalır, ancak oksijen açısından zengin koşullarda 500 ° C'nin üzerinde tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ve fosfor oksitlere oksitlenir. Kimyasal olarak, asitlerden ve bazlardan kaynaklanan korozyona direnir, ancak katalitik reaksiyonlardaki performansını destekleyen stabilitesi ile güçlü oksidanlar altında yavaş yavaş ayrışır.

#### 7.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten fosfit ( $WP$ , Tungsten Fosfit), belirgin optik özelliklerden yoksun gri-siyah görünümü ile önemli bir optik aktivite göstermez. Elektriksel olarak, katalizör desteği olarak uygun, orta derecede iletkenliğe sahip dar bant aralıklı bir yarı iletkendir (~ 0.8-1.2 eV). Manyetik olarak, birincil değeri katalitik yeteneklerden türetilen kayda değer bir özellik göstermez.

#### Bahşiş

Tungsten fosfitin ( $WP$ , Tungsten Fosfit) hazırlanması, hassas fosfatlama kontrolü gerektirir ve katalizdeki potansiyeli daha fazla ilgiyi hak eder.

#### 7.3 Diğer Tungsten Sülfürler ve Fosfitler

Tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür) ve tungsten fosfite ( $WP$ , Tungsten Fosfit) ek olarak, tungsten sülfür ve fosfit ailesi, ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür) ve tungsten difosfit ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit) gibi bileşikler içerir ve bunlar belirli kataliz ve yüksek sertlik uygulamalarında belirgin avantajlar sunar.

##### 7.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten sülfürlerin ve fosfitlerin hazırlanması tipik olarak yüksek sıcaklıkta reaksiyon tekniklerini içerir.

##### Ditungsten Trisülfür için Kontrollü Sülfidasyon Yöntemi ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür)

Ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür), tungstenin ( $W$ , Tungsten) kükürt ile 500-700°C'de reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir ve aşırı sülfidasyonu önlemek için kükürt oranı kontrol edilir.

##### Tungsten Difosfit için Yüksek Sıcaklık Fosfatlama Yöntemi ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit)

Tungsten difosfit ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit), tungstenin ( $W$ , Tungsten) fazla fosfor ile 900-1100°C'de reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır ve fosfor açısından zengin bir bileşik oluşturur.

##### 7.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür), tungsten-sülfür oranı 2:3 olan

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ortorombik bir kristal yapıya sahiptir ve bu da nispeten gevşek bir kafes ile sonuçlanır. Tungsten difosfit ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit), katalitik aktivitesini artıran 1: 2 tungsten-fosfor oranına sahip monoklinik bir yapıya sahiptir.

### 7.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür)  $800^{\circ}C$ 'nin altında stabil kalır, ancak oksijen açısından zengin koşullarda kolayca oksitlenir. Tungsten difosfit ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit), yaklaşık  $1000^{\circ}C$ 'ye kadar sıcaklıklara dayanır ve güçlü kimyasal stabilite sergiler.

### 7.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür) ve tungsten difosfit ( $WP_2$ , Tungsten Difosfit) önemli optik aktiviteden yoksundur, belirli uygulamalar için uygun orta derecede elektriksel iletkenlik sergiler ve değerleri esas olarak katalitik performansta olmak üzere kayda değer manyetik özellikler göstermezler.

### Bahşış

Ditungsten trisülfür ( $W_2S_3$ , Ditungsten Trisülfür) gibi diğer tungsten sülfürler ve fosfitler, katalizde benzersiz faydalar sunar; seçim kimyasal bileşimlerine odaklanmalıdır.

### Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] Çin Tungsten Endüstrisi:

#### 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)

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

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 8:

## Organometalik Tungsten Bileşiklerinin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 8.1 Tungsten Heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil)

#### 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)



[Tungsten heksakarbonil \(W \(CO\)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil\)](#), yüksek uçuculuğu, koordinasyon kimyası aktivitesi ve organik sentezdeki katalitik yetenekleri ile tanınan tungstenin (W, Tungsten) en temsili organometalik bileşiğidir. Klasik bir metal karbonil bileşiği olarak, tungsten heksakarbonil (W (CO)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil), katalizör hazırlama, organik reaksiyonlar ve ince film biriktirmede geniş uygulama potansiyeli gösterir. Beyaz kristal görünümü ve kendine özgü kokusu, laboratuvar araştırmalarından endüstriyel uygulamalara kadar tungsten kimyasının organik kimya alanına yayılmasını vurgulayan bir gelişme yörüngesi ile kimyadaki merkezi rolünü yalanlıyor.

### 8.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten heksakarbonilin (W (CO)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil) hazırlanması, değişen saflık ve uygulama ihtiyaçlarını karşılamak için uyarlanmış yüksek basınçlı karbonilasyon ve indirgeyici karbonilasyon teknikleri dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri içerir.

#### Yüksek Basınçlı Karbonilasyon Yöntemi

##### (Tungsten Tozu Karbonilasyonu)

Yüksek basınçlı karbonilasyon yöntemi, [tungsten tozunu \(W Tozu, Tungsten Tozu\)](#) karbon monoksit (CO) ile yüksek basınç (100-200 atm) ve yüksek sıcaklıklar (200-300 °C) altında tungsten heksakarbonil (W (CO)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil) üretmek için reaksiyona sokar, denklemi takiben:  $W + 6CO \rightarrow W(CO)_6$ . Bu işlem, reaksiyon verimliliğini artırmak için genellikle katalizörlerin (örneğin iyodürler) eklendiği yüksek basınçlı bir otoklav gerektirir. Ürün, yüksek saflıkta tungsten heksakarbonil (W (CO)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil) elde etmek için süblimasyon yoluyla saflaştırılan beyaz kristaller olarak çökler. Bu yöntem, doğrudanlığı ve yüksek verimi nedeniyle hem endüstriyel hem de laboratuvar ortamlarında bir dayanak noktasıdır.

#### İndirgeyici Karbonilasyon Yöntemi

##### (Halojenür İndirgeme)

İndirgeyici karbonilasyon yöntemi, tungsten heksaklorürü (WCl<sub>6</sub>, Tungsten Heksaklorür) 150-250 °C'de bir indirgeyici ajan (örn. çinko veya alüminyum tozu) varlığında karbon monoksit ile reaksiyona sokarak tungsten heksakarbonil (W (CO)<sub>6</sub>, [Tungsten Heksakarbonil](#)) hazırlar. Bu reaksiyon, yan ürün oluşumunu önlemek için susuz ve oksijensiz koşullar altında gerçekleşmelidir. Küçük ölçekli üretim için uygun olan bu yöntem, ara tungsten halojenürlerden yararlanarak kaynak kullanımını iyileştirir ve yüksek saflıkta organometalik bileşik sentezi için yaygın olarak kullanılır.

#### Gaz Fazı Sentez Yöntemi

##### (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

Gaz fazı sentez yöntemi, tungsten (W, Tungsten) veya bileşiklerinin yüksek basınç (50-100 atm) ve 300 °C civarındaki sıcaklıklar altında buhar fazında karbon monoksit ile reaksiyona sokulmasını ve doğrudan tungsten heksakarbonil (W (CO)<sub>6</sub>, Tungsten Heksakarbonil) gazı oluşturmasını içerir ve bu daha sonra kristaller halinde yoğunlaştırılır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Bu teknik, elektronik malzemeler ve hassas katalizör araştırmaları için ideal olan ultra yüksek saflıkta tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) üreterek eser safsızlıkları ortadan kaldırmada mükemmeldir.

### 8.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil), simetrik bir  $W(CO)_6$  moleküler birim oluşturan, koordinasyon bağları yoluyla altı karbonil ligandına (CO) koordine edilmiş merkezi bir tungsten atomu ile oktahedral bir kristal yapıya sahiptir. Alman kristalografik çalışmaları, bu oktahedral konfigürasyonun yüksek uçuculuğuna (erime noktası  $\sim 170^\circ C$ , süblimleşme noktası  $\sim 175^\circ C$ ) katkıda bulunduğunu ve bu da onu gaz fazı reaksiyonlarında oldukça etkili hale getirdiğini göstermektedir [16]. Moleküler bileşiminde, tungsten atomu sıfır oksidasyon durumundadır, karbonil ligandlarının güçlü  $\sigma$ -verici ve  $\pi$ -alıcı özellikleri, kimyasal stabilitesini artırır, organik süreçlerde diğer ligandlarla koordinasyonu veya ikame reaksiyonlarını kolaylaştırır.

### 8.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil), kristal yapısını yaklaşık  $150^\circ C$ 'nin altında tutarak, oksijen ve su içermeyen koşullar altında orta derecede termal stabilite sergiler. Bununla birlikte, daha yüksek sıcaklıklarda veya havada, karbon monoksit ve tungsten oksitlere ayrışır. Kimyasal olarak, nispeten kararsızdır, ışığa ve oksijene duyarlıdır, UV ışınlanması altında veya oksijen varlığında tungsten ( $W$ , Tungsten) ve karbon monoksite ayrışır, inert bir atmosferde depolama ve taşıma gerektirir. Rus kimyasal araştırmaları, yüksek koordinasyon aktivitesini vurgulayarak onu organik sentezde etkili bir katalizör öncüsü olarak konumlandırmaktadır [17].

### 8.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten heksakarbonilin ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) optik özellikleri, optik uygulamalarda sınırlı bir faydası olmasına rağmen, karbonil ligandlarını içeren elektron geçişlerinden kaynaklanan beyaz kristal görünümünde belirgindir. Elektriksel olarak katı halde bir yalıtıcıdır, ancak gaz halinde veya çözelti formlarında ayrışma nedeniyle hafif iletkenlik gösterebilir. Manyetik olarak, tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) önemli bir özellik göstermez, birincil uygulamaları fiziksel özelliklerden ziyade koordinasyon kimyasına dayanır.

### Bahşış

Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) hazırlanması, oksijen ve ışığın sıkı bir şekilde dışlanması gerektirir; koordinasyon faaliyeti, saflık ve depolama koşullarına odaklanan tedarik ile kataliz ve organik sentezde önemli avantajlar sunar.

## 8.2 Tungstenosen Diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür), kararlı metalosen yapısı ve organometalik kimyadaki reaktivitesi ile ayırt edilen önemli bir organometalik tungsten bileşiğidir. Metalosen ailesinin bir üyesi olarak tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür), katalizör hazırlama, organik sentez ve malzeme bilimi araştırmalarında benzersiz bir değere sahiptir. Yeşil kristal görünümü ve kimyasal çok yönlülüğü, modern kimyada organometalik tungsten bileşiklerinin uygulanmasını ilerleyen çalışmasıyla onu tungsten kimyasalları arasında ayırmaktadır.

### 8.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungstenosen diklorürün ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) hazırlanması, öncelikle ürün kalitesini sağlamak için susuz ve oksijensiz koşullar altında yürütülen koordinasyon reaksiyonu tekniklerine dayanır.

#### Halojenür Koordinasyon Yöntemi

##### (Tungsten Hekzaklorür Reaksiyonu)

Halojenür koordinasyon yöntemi, tungstenosen diklorürü ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) tungsten heksaklorürü ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) sodyum siklopentadienid ( $NaCp$ ) ile tetrahidrofuran (THF) gibi bir çözücü içinde  $-78^{\circ}C$ 'den oda sıcaklığına kadar değişen sıcaklıklarda reaksiyona sokarak sentezler, aşağıdaki denklemi takip ederek:  $WCl_6 + 2NaCp \rightarrow Cp_2WCl_2 + 2NaCl + 2Cl_2$  olur. Bu işlem, reaksiyon ürününün ekstrakte edildiği ve yeşil kristaller elde etmek için yeniden kristalleştirildiği inert bir atmosfer (örneğin nitrojen veya argon) gerektirir. Laboratuvar sentezinde baskın olan bu yöntem, yüksek saflıkta tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) üretimi için ideal olan hassas ligand koordinasyon kontrolüne izin verir.

#### İndirgeyici Koordinasyon Yöntemi

##### (Tungsten Trioksit Substratı) İndirgeyici koordinasyon yöntemi,

tungsten trioksiti ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) bir indirgeyici ajan (örn., çinko tozu) ve siklopentadien ( $C_5H_6$ ) ile bir klorlama ajanı (örn.,  $PCl_5$ ) varlığında reaksiyona sokarak tungstenosen diklorürü ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) hazırlar  $100-150^{\circ}C$ 'de. Susuz koşullar altında gerçekleştirilen ürün, solvent ekstraksiyonu ve saflaştırma yoluyla elde edilir. Bu yöntem, maliyetleri azaltmak için oksit hammaddelerinden yararlanan küçük ölçekli üretime uygundur ve organometalik kimya araştırmalarında yaygın olarak kullanılır.

### 8.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür), merkezi bir tungsten atomu etrafında birbirine paralel iki siklopentadienil ( $Cp$ ) ligandı ve karşı tarafa yerleştirilmiş iki klor atomu ile sandviç tipi bir kristal yapıya sahiptir ve dört koordinatlı bir yapı oluşturur. Japon kimyasal araştırmaları, bu sandviç konfigürasyonunun, +4 oksidasyon durumunda tungsten ve siklopentadienil ligandlarının  $\pi$ -elektron bulutlarının tungsten ile güçlü

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

koordinasyon bağları oluşturduğu stabilitesini (~ 230 ° C'de ayrışarak) arttırdığını göstermektedir [20]. Cp ligandlarını içeren moleküler bileşim, katalitik işlemlerde yüksek reaktivite sağlayan organometalik karakterini verir.

### 8.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür), oksijensiz koşullar altında iyi termal stabilite sergiler ve yapısını yaklaşık 200°C'nin altında tutar. Bununla birlikte, oksijen veya nem varlığında, inert bir atmosferde depolanmasını gerektiren tungsten oksitlere ve organik yan ürünlere ayrışır. Kimyasal olarak, araştırma çalışmalarında belirtildiği gibi, organik reaksiyonlarda önemli reaktiviteye katkıda bulunan koordinasyon yapısı ile suya ve oksidantlara duyarlı olan orta derecede stabiliteye sahiptir [21].

### 8.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungstenosen diklorürün ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) optik özellikleri, önemli bir optik faydadan yoksun olmasına rağmen, tungsten atomunun d-elektron geçişlerinden kaynaklanan yeşil kristal görünümünde yansıtılır. Elektriksel olarak, katı halde kayda değer bir iletkenliği olmayan bir yalıtkandır. Manyetik olarak, tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür), tungstenin d-elektronlarının eşleşmesi nedeniyle önemli bir özellik göstermez ve uygulamaları esas olarak fiziksel özelliklerden ziyade kimyasal reaktivite tarafından yönlendirilir.

### Bahşiş

Tungstenosen diklorürün ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) hazırlanması susuz ve oksijensiz koşullar gerektirir; Kararlı sandviç yapısı, saflık ve stabiliteyi vurgulayan tedarik ile organometalik katalizde potansiyel sunar.

## 8.3 Diğer Organometalik Tungsten Bileşikleri

Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) ve tungstenosen diklorür ( $Cp_2WCl_2$ , Tungsten Diklorür) ötesinde, organometalik tungsten bileşik ailesi, kataliz ve organik sentez araştırmalarında belirli bir değere sahip olan tungstenosen tetrakarbonil ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil) ve alkil tungsten bileşiklerini (örneğin,  $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten) içerir.

### 8.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer organometalik tungsten bileşiklerinin hazırlanması tipik olarak hassas reaksiyon durumu kontrolü ile laboratuvar sentez tekniklerini içerir.

## Tungstenosen Tetrakarbonil için Karbonil Koordinasyon Yöntemi ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungstenosen tetrakarbonil ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil), tungstenosen diklorürün ( $Cp_2WCl_2$ , Tungstenosen Diklorür) yüksek basınç (50-100 atm) ve düşük sıcaklıklarda (0-50°C) karbon monoksit ile reaksiyona sokulmasıyla, istenen ürünü sağlamak için aşırı karbonilasyondan kaçınarak sentezlenir.

### Heksametiltungsten için Alkilasyon Yöntemi ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten)

Heksametiltungsten ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten), tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Heksaklorür) metillityum ( $CH_3Li$ ) ile -78°C'de aşırı kuru koşullarda reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır ve kararsızlığı nedeniyle titiz kullanım gerektirir.

### 8.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungstenosen tetrakarbonil ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil), bir Cp ligandına ve dört CO ligandına bağlı tungsten ile beş koordinatlı bir düzenleme oluşturan bir monosiklopentadienil koordinasyon yapısına sahiptir. Heksametiltungsten ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten), stabilitesi oldukça düşük olmasına rağmen, tungsten atomunu çevreleyen altı metil ligand ile oktahedral bir yapıya sahiptir.

### 8.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungstenosen tetrakarbonil ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil) 150°C'nin altında stabildir, ancak oksijen açısından zengin ortamlarda kolayca ayrışır. Heksametiltungsten ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten) son derece kararsızdır, oda sıcaklığında ayrışır ve düşük sıcaklıklarda saklama gerektirir.

### 8.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungstenosen tetrakarbonil ( $CpW(CO)_4$ , Tungstenosen Tetrakarbonil) ve heksametiltungsten ( $W(CH_3)_6$ , Heksametiltungsten) önemli bir optik aktivite göstermez, elektriksel olarak yalıtıcıdır ve dikkate değer manyetik özelliklerden yoksundur, değerleri esas olarak fiziksel özelliklerden ziyade katalitik aktivitededir.

### Bahşiş

Diğer organometalik tungsten bileşikleri kataliz araştırmalarında potansiyel sunar; Seçim, kararlılıklarına ve reaktivitelerine odaklanmalıdır.

### Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

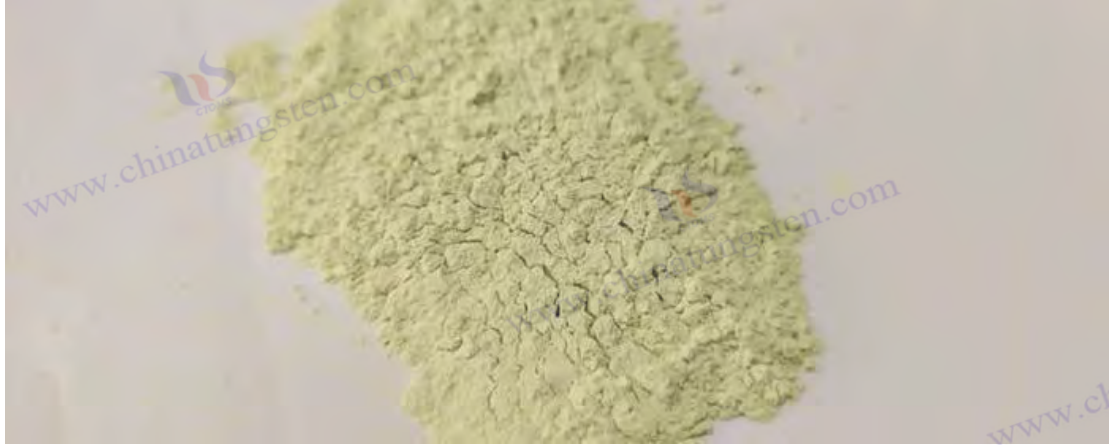
#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

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)

- [1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)
- [4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)
- [16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000 [20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005 [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 9:

## Tungsten İçeren Katalizörlerin ve Reaktiflerin Hazırlanması ve Uygulamaları

### 9.1 Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , fosfotungstik asit)

[Fosfotungstik asit \( \$H\_3PW\_{12}O\_{40}\$ , Fosfotungstik Asit\)](#), güçlü asitliği, yüksek katalitik aktivitesi ve çeşitli reaksiyonlarda stabilitesi ile tanınan, en temsili ve yaygın olarak uygulanan tungsten içeren katalizörlerden ve reaktiflerden biridir. Tipik bir heteropoli asit olarak fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) organik sentez, petrokimya süreçleri ve analitik kimyada mükemmeldir. Beyaz veya soluk sarı kristal görünümü, laboratuvar çalışmalarından endüstriyel uygulamalara kadar, tungsten kimyasının katalitik alandaki derin etkisinin altını çizen gelişimsel bir yörünge ile katalizdeki önemli rolünü yalanlamaktadır.

#### 9.1.1 Hazırlık Süreçleri

Fosfotungstik asidin ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) hazırlanması, değişen saflık ve uygulama gereksinimlerini karşılamak üzere uyarlanmış asit çökeltme ve ekstraksiyon saflaştırma teknikleri dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri kapsar.

#### Asit Çökeltme Yöntemi

##### (Tungstat Reaksiyonu)

Asit çökeltme yöntemi, [sodyum tungstatın \( \$Na\_2WO\_4\$ , Sodyum tungstat\)](#) asidik koşullar altında (tipik olarak hidroklorik veya sülfürik asit ile pH 1-2'ye ayarlanmış) fosforik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) ile reaksiyona sokulmasını içerir. Reaksiyon denklemi:  $12Na_2WO_4 + H_3PO_4 + 21HCl \rightarrow H_3PW_{12}O_{40} + 24NaCl + 12H_2O$ . 50-80°C'de gerçekleştirilen ürün, nihai ürünü elde etmek için süzülen, yıkanan ve kurutulan (~100-150°C'de) beyaz veya soluk sarı kristaller halinde çökler. Bu yöntemin basitliği ve erişilebilir hammaddelerin kullanılması, onu hem endüstriyel hem de laboratuvar ortamlarında yaygın hale getirir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Ekstraksiyon Safılaştırma Yöntemi (Çözelti Ekstraksiyonu)

Ekstraksiyon safılaştırma yöntemi, tungsten içeren bir çözeltiyi (örneğin, tungstat çözeltisi) fosforik asit ile asitleştirerek fosfotungstik asidi ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) hazırlar, ardından organik bir çözücü (örneğin, dietil eter veya bütanon) ile ekstraksiyon ve ardından saf bir ürün elde etmek için çözücü buharlaştırma ve kristalizasyon. Bu teknik, laboratuvar ortamlarında analitik reaktiflerde ve hassas katalizör araştırmalarında yaygın olarak kullanılan yüksek saflıkta fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) üreterek safsızlıkları etkili bir şekilde giderir.

## İyon Değişirme Yöntemi (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

İyon değişirme yöntemi, bir tungstat çözeltisini fosforik asit ile karıştırır, fosfotungstat iyonlarını izole etmek için bir iyon değişim reçinesinden geçirir ve daha sonra fosfotungstik asidi ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) çökeltmek için çözeltiyi asitleştirir. Bu yöntem, eser safsızlıkların kontrolünde mükemmeldir ve bu da onu genellikle gelişmiş kataliz ve bilimsel çalışmalarda kullanılan ultra yüksek saflıkta ürün hazırlama için uygun hale getirir.

### 9.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit), oldukça simetrik kafes benzeri bir molekül oluşturan 12 tungsten-oksijen oktahedra ile çevrili merkezi bir fosfor atomu ile Keggin tipi bir heteropoli asit yapısını benimser. Alman kristalografik çalışmaları, bu yapının güçlü asitlik ( $pK_a < 0$ ) ve yüksek katalitik aktivite sağladığını ve kristalin tipik olarak birden fazla su molekülü içerdiğini (genellikle  $H_3PW_{12}O_{40} \cdot nH_2O$ ,  $n \approx 14-30$ ) ortaya koymaktadır [16]. Moleküler bileşiminde tungsten +6 oksidasyon durumundadır, fosfor +5 durumundadır, çeşitli reaksiyon koşulları altında bütünlüğü koruyan kararlı bir üç boyutlu çerçeve oluşturmak için oksijen köprüleri ile bağlanır.

### 9.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) kuru koşullar altında iyi bir termal stabilite sergiler, yapısını yaklaşık  $300^\circ C$ 'nin altında tutar, bunun üzerinde kristal su kaybeder ve yavaş yavaş tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ve fosfor oksitlere ayrışır. Kimyasal olarak, asidik ortamlarda son derece kararlıdır, ancak güçlü alkali koşullar altında tungstatlara ve fosfatlara ayrışır. Rus kataliz araştırması, güçlü asitliğini ve stabilitesini vurgulayarak asit katalizli reaksiyonlarda oldukça etkili olmasını sağlar [17].

### 9.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Fosfotungstik asidin ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) optik özellikleri, önemli optik aktiviteden yoksun beyaz veya soluk sarı kristalleri ile dikkat çekicidir, esas olarak optik amaçlardan ziyade kimyasal amaçlara hizmet eder. Elektriksel olarak katı halde bir yalıtkandır ancak güçlü asitliği nedeniyle çözelti içinde iyonik iletkenlik gösterir. Manyetik olarak, fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit), değeri katalitik performansı ve asitliğinden kaynaklanan kayda değer bir özellik göstermez.

### Bahşış

Fosfotungstik asidin ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) esnek hazırlama yöntemleri ve güçlü asitliği, katalizde önemli avantajlar sunar; tedarik, saflığını ve hidrasyon durumunu dikkate almalıdır.

## 9.2 Silikotungstik Asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit)

Silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit), yüksek asitliği, redoks aktivitesi ve organik sentez ve katalitik reaksiyonlardaki çok yönlülüğü ile ayırt edilen tungsten içeren bir başka önemli tungsten içeren heteropoli asittir. Keggin tipi bir heteropoli asit olarak silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) asit katalizi, oksidasyon reaksiyonları ve yakıt hücresi araştırmalarında geniş uygulamalar bulur. Renksiz veya açık sarı kristal görünümü, yeşil kimya ve enerji alanlarında tungsten kimyasının sınırlarını genişleten çalışma ve uygulaması ile güçlü katalitik yeteneklerini gizler.

### 9.2.1 Hazırlık Süreçleri

Silikotungstik asidin ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) hazırlanması, esas olarak asidik koşullar altında gerçekleştirilen asit reaksiyonu ve ekstraksiyon tekniklerini içerir.

### Asit Reaksiyonu Yöntemi

#### (Sodyum Silikat ve Tungstat Reaksiyonu)

Asit reaksiyonu yöntemi, silikotungstik asidi ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) sodyum silikatın ( $Na_2SiO_3$ ) sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) ile asidik bir çözelti içinde (hidroklorik asit ile pH 1-2'ye ayarlanmış) 60-90°C'de reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir, denklemi takip ederek:  $12Na_2WO_4 + Na_2SiO_3 + 22HCl \rightarrow H_4SiW_{12}O_{40} + 26NaCl + 11H_2O$ . Ürün, nihai bileşiği elde etmek için süzülen ve kurutulan (~ 100-120 ° C'de) kristaller halinde çökler. Bu yöntemin erişilebilirliği ve uygun süreci, endüstriyel ve laboratuvar üretiminde yaygın olarak kullanılmasını sağlar.

### Ekstraksiyon Yöntemi (Çözelti Saflaştırma)

Ekstraksiyon yöntemi, karışık tungsten ve silikon içeren bir çözeltinin asitleştirilmesini, silikotungstik asidin ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) organik bir çözücü (örneğin, dietil eter) ile ekstrakte edilmesini ve çözücünün buharlaştırılmasını ve ardından saf bir ürün elde etmek için kristalizasyonu içerir. Bu teknik, katalizör araştırmalarında sıklıkla

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kullanılan yüksek saflıkta silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) vererek safsızlıkları etkili bir şekilde giderir.

### 9.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit), simetrik kafes benzeri bir molekül oluşturan 12 tungsten-oksijen oktahedra ile çevrelenmiş merkezi bir silikon atomu ile Keggin tipi bir heteropoli asit yapısına sahiptir. Çalışmalar, bu yapının son derece güçlü asitlik ( $pK_a < 0$ ) ve redoks yetenekleri sağladığını ve kristalin tipik olarak birden fazla su molekülü içerdiğini (genellikle  $H_4SiW_{12}O_{40} \cdot nH_2O$ ,  $n \approx 14-24$ ) göstermektedir [19]. Moleküler bileşiminde, tungsten +6 oksidasyon durumunda, silikon +4 durumundadır ve sağlam bir üç boyutlu çerçeve oluşturmak için oksijen köprüleri ile bağlanır.

### 9.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) kuru koşullar altında iyi termal stabiliteyi korur, yapısını yaklaşık  $350^\circ C$ 'nin altında tutar, bunun ötesinde kristal suyunu kaybeder ve oksitlere ayrışır. Kimyasal olarak asidik ortamlarda stabildir, ancak güçlü alkali koşullar altında silikatlara ve tungstatlara ayrılır. Yüksek asitliği ve stabilitesi, onu çeşitli katalitik reaksiyonlarda oldukça etkili kılar.

### 9.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Silikotungstik asidin ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) optik özellikleri, önemli optik aktiviteden yoksun renksiz veya açık sarı kristalleri ile dikkat çekicidir. Elektriksel olarak katı halde bir yalıtkandır ancak güçlü asitliği nedeniyle çözelti içinde iyonik iletkenlik gösterir. Manyetik olarak, silikotungstik asit ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit), uygulamaları esas olarak katalitik özellikleri tarafından yönlendirilen kayda değer bir özellik göstermez.

### Bahşiş

Silikotungstik asidin ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) basit hazırlanması ve yüksek asitliği ve redoks aktivitesi katalizde potansiyel sunar; satın alma saflık ve hidrasyon durumuna odaklanmalıdır.

## 9.3 Diğer tungsten içeren katalizörler ve reaktifler

Fosfotungstik asit ( $H_3PW_{12}O_{40}$ , Fosfotungstik Asit) ve silikotungstik asidin ( $H_4SiW_{12}O_{40}$ , Silikotungstik Asit) ötesinde, tungsten içeren katalizörler ve reaktifler ailesi, kataliz, fotokataliz ve analitik uygulamalarda belirli bir değere sahip olan çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat) ve amonyum tungstat ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Tungstat) gibi bileşikleri içerir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 9.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten içeren katalizörlerin ve reaktiflerin hazırlanması tipik olarak çözelti reaksiyonlarını veya katı faz sentez tekniklerini içerir.

#### Çinko tungstat için katı faz reaksiyon yöntemi

##### ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat)

Çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat), sodyum tungstatın ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat) çinko sülfat ( $ZnSO_4$ ) ile yüksek sıcaklıklarda (800-1000°C) katı faz reaksiyonunda reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir, ardından ürünü elde etmek için soğutma ve öğütme yapılır.

#### Amonyum tungstat için nötralizasyon yöntemi

##### ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat)

Amonyum tungstat ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat), tungstik asidin ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) oda sıcaklığında amonyak ile nötralize edilmesiyle hazırlanır, ardından bileşiği saflaştırmak için yeniden kristalleştirilir.

### 9.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat), bir ağ oluşturmak için oksijen köprüleriyle bağlanan tungsten ve çinko atomları ile monoklinik bir kristal yapıya sahiptir. Amonyum tungstat ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat), tungsten ve oksijenin amonyum iyonları ile stabilize edilmiş tetrahedral bir birim oluşturduğu ortorombik bir yapıya sahiptir.

### 9.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat) 1000°C'nin altında stabil kalır ve yüksek kimyasal stabilite sergiler. Amonyum tungstat ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat) yaklaşık 200°C'de nispeten daha düşük stabiliteye sahip tungsten trioksite ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ayrışır.

### 9.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko tungstat) floresan (bant aralığı ~ 3.8 eV) sergiler, elektriksel olarak bir yalıtkandır ve manyetik özelliklerden yoksundur. Amonyum tungstat ( $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum tungstat) optik aktivite göstermez, bir yalıtkandır ve önemli bir manyetik özelliği yoktur.

### Bahış

Çinko tungstat ( $ZnWO_4$ , Çinko Tungstat) gibi diğer tungsten içeren katalizörler fotokatalizde potansiyel sunar; seçim onların spesifik özelliklerine odaklanmalıdır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Bilgi Kaynakları

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Mönih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı

## Referansları

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Mönih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

## Bölüm 10: Tungsten İçeren Farmasötik Kimyasalların Hazırlanması ve Uygulamaları

### 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)



## 10.1 Sodyum Tungstat Nanopartikülleri

### (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartikülleri, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri)

#### Sodyum Tungstat Nanopartikülleri

(Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartiküller), farmasötik alandaki en umut verici tungsten (W, Tungsten) kimyasallarından birini temsil eder ve biyoaktiviteleri, antioksidan özellikleri ve nano ölçekli özellikleri ile dikkat çeker. Tungsten içeren bir nanomalzeme olarak, sodyum tungstat nanopartikülleri (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) anti-diyabetik, anti-kanser ve antibakteriyel araştırmalarda önemli potansiyel sergiler. Beyaz veya şeffaf nanopartikül formları, tıpta tungsten kimyasının yenilikçi atılımlarının altını çizen temel çalışmalardan klinik araştırmalara kadar gelişimsel bir yay ile önemli biyomedikal vaatleri gizler.

#### 10.1.1 Hazırlık Süreçleri

Sodyum tungstat nanopartiküllerinin (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) hazırlanması, çeşitli partikül boyutu ve biyomedikal uygulama gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmış çözelti çökeltme ve mikroemülsiyon teknikleri dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri kapsar.

#### **Çözelti Çökeltme Yöntemi**

##### **(Sodyum Tungstat Çökeltme)**

Çözelti çökeltme yöntemi, bir [sodyum tungstat \(Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Sodyum Tungstat\)](#) çözeltisinin bir yüzey aktif madde (örneğin, polivinilpirolidon, PVP) ile karıştırılmasını ve asidik veya bazik bir ajanın eklenmesini içerir (örn., HCl veya NaOH) oda sıcaklığında veya biraz yüksek sıcaklıklarda (25-50°C) pH'ı 6-8'e ayarlayarak sodyum tungstat nanopartikülleri (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri). Reaksiyon, partikül büyümesini kontrol etmek için yavaş ekleme gerektirir, ürün santrifüjleme ile ayrılır ve kurutulur (~ 60-80 ° C'de). Bu yöntemin basitliği ve düşük maliyeti, ilk biyomedikal araştırma hazırlıkları için laboratuvarlarda yaygın olarak benimsenmesini sağlar.

#### **Mikroemülsiyon Yöntemi**

##### **(Partikül Boyutu Kontrolü)**

Mikroemülsiyon yöntemi, sodyum tungstat nanopartiküllerini (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) yağda su mikroemülsiyon sistemi (örn. su/n-heksan/yüzey aktif madde) içinde hazırlar, sodyum tungstatı (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Sodyum tungstat) hafif koşullar altında (20-40°C) bir çökeltici madde (örn. amonyak) ile reaksiyona sokar. Mikroemülsiyondaki nano ölçekli damlacıklar partikül büyümesini sınırlar ve ürün saflaştırma için düşük sıcaklıklarda (~ 50 ° C) yıkanır ve kurutulur. Bu teknik, yüksek hassasiyetli farmasötik uygulamalar için uygun olan tek tip nanopartiküller (<50 nm) üretir.

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

## Solvotermal Yöntem

### (Yüksek Saflıkta Hazırlama)

Solvotermal yöntem, bir sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum Tungstat) çözeltisini organik bir çözücü ile reaksiyona sokarak sodyum tungstat nanopartiküllerini ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) sentezler (örn., etilen glikol) 150-200 °C'de yüksek basınçlı bir otoklavda. Reaksiyon süresi (4-12 saat) ve basınç kontrol edilir, ürün santrifüjleme ve kurutma yoluyla saflaştırılır. Bu yöntem, biyomedikal araştırmalarda ilaç taşıyıcı uygulamaları için ideal olan yüksek saflıkta, eşit boyutta nanopartiküller verir.

### 10.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Sodyum tungstat nanopartikülleri ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) tipik olarak sodyum tungstatın ortorombik kristal yapısını korur, tungsten atomları iyonik bağlar yoluyla iki sodyum atomu tarafından stabilize edilen bir tetrahedral birim ( $\text{WO}_4^{2-}$ ) oluşturan dört oksijen atomuna koordineli olarak korunur. Nano ölçekli boyutları (tipik olarak 10-100 nm), yüzey etkilerini çoğaltır, belirli yüzey alanını ve aktif bölgeleri artırır. Çalışmalar, bu yapının nano ölçekte stabil kaldığını, +6 oksidasyon durumunda tungsten ile biyomoleküllerle etkileşimleri kolaylaştırdığını göstermektedir [16].

### 10.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Sodyum tungstat nanopartikülleri ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum tungstat Nanopartikülleri) yaklaşık 300°C'nin altında iyi bir termal stabilite sergilerler, bunun ötesinde kristal su kaybederler ve susuz bir forma dönüşürler veya tungsten trioksit ( $\text{WO}_3$ , Tungsten Trioksit) ayrışır. Kimyasal olarak, fizyolojik pH aralığında (6-8) stabildirler, ancak güçlü asidik veya alkali koşullar altında tungstik asit veya tungstatlara ayrışır. Rus nanomalzeme araştırmaları, kimyasal stabilitelerinin biyolojik ortamlarda düşük toksisiteye katkıda bulunduğunu belirtmektedir [17].

### 10.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Sodyum tungstat nanopartiküllerinin ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartikülleri) optik özellikleri, esas olarak optik amaçlardan ziyade farmasötik amaçlara hizmet eden, spesifik optik aktiviteden yoksun beyaz veya şeffaf görünüşleri ile dikkat çekicidir. Elektriksel olarak katı halde yalıtıcıdır ancak iyon ayrışması nedeniyle çözelti içinde bir miktar iyonik iletkenlik gösterirler. Manyetik olarak, sodyum tungstat nanopartikülleri ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum tungstat Nanopartikülleri), fiziksel özelliklerden ziyade biyoaktivite tarafından yönlendirilen uygulamaları ile önemli bir özellik göstermez.

## Bahşis

### 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)

Sodyum tungstat nanopartiküllerinin ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$  Nanopartiküller, Sodyum Tungstat Nanopartiküller) çeşitli hazırlama yöntemleri ve biyoaktivitesi, anti-diyabetik araştırmalarda potansiyel sunar; tedarik, biyoyumluluğu sağlamak için partikül boyutuna ve saflığına öncelik vermelidir.

## 10.2 Polioksotungstat Nanopartiküller (Polioksotungstat Nanopartiküller)

Polioksotungstat nanopartikülleri (Polioksotungstat Nanopartiküller), poliokso yapıları, antioksidan özellikleri ve biyoaktiviteleri ile tanınan, tungsten içeren farmasötik kimyasalların gelişmekte olan bir sınıfıdır. Nano ölçekli polioksometalatlara olarak, polioksotungstat nanopartiküller (Polioksotungstat Nanopartiküller), anti-kanser, antiviral ve ilaç dağıtım araştırmalarında önemli umut vaat etmektedir. Çeşitli görünüşleri (tipik olarak beyaz veya açık renkli nanopartiküller), biyomedikal uygulamalarda tungsten kimyasının rolünü ilerleten devam eden çalışmalarla karmaşık kimyasal özellikleri gizler.

### 10.2.1 Hazırlık Süreçleri

Polioksotungstat nanopartiküllerin (Polioksotungstat Nanopartiküller) hazırlanması, öncelikle hassas reaksiyon durumu kontrolü gerektiren çözelti polimerizasyonu ve nanoteknolojiyi içerir.

### Çözelti Polimerizasyon Yöntemi (Tungstat Polimerizasyonu)

Çözelti polimerizasyon yöntemi, sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum Tungstat) veya [amonyum paratungstat \(APT,  \$\(\text{NH}\_4\)\_2\text{WO}\_4\$ , Amonyum Paratungstat\)](#) asidik koşullar altında (pH 2-4) 60-90°C'de polioksotungstat nanopartiküller (Polioksotungstat Nanopartiküller) oluşturmak üzere reaksiyona sokar. pH, tungstat iyon polimerizasyonunu poliokso yapılarına teşvik etmek için kademeli olarak ayarlanır, ürün santrifüjleme ile ayrılır ve kurutulur (~ 80 ° C'de). Bu yöntemin basitliği, laboratuvar araştırmalarında yaygın olarak kullanılmasını sağlar.

### Nanoemülsiyon Yöntemi (Partikül Boyutu Kontrolü)

Nanoemülsiyon yöntemi, yağda su emülsiyon sisteminde (örneğin, su/sikloheksan/yüzey aktif madde) polioksotungstat nanopartiküllerini (Polioksotungstat Nanopartikülleri) sentezler ve tungstatı 40-60°C'de bir asitleştirici ajan ile reaksiyona sokar. Nano ölçekli emülsiyon damlacıkları partikül büyümesini kısıtlar ve ürün saflaştırma için düşük sıcaklıklarda (~ 50 ° C) yıkanır ve kurutulur. Bu teknik, farmasötik araştırmalar için uygun, eşit boyutta nanopartiküller (10-50 nm) verir.

### 10.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Polioksotungstat nanopartiküller (Polioksotungstat Nanopartiküller) tipik olarak, karmaşık bir kafes benzeri molekül oluşturmak için oksijen köprüleriyle bağlanan çoklu

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

tungsten-oksijen oktahedra ile Keggin veya Dawson tipi poliokso yapıları sergiler. Nano ölçekli boyutları (tipik olarak 20-100 nm), +6 oksidasyon durumunda tungsten ile yüzey aktif bölgelerini artırır ve biyomoleküllerle etkileşimleri artırır [19].

### 10.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Polioksotungstat nanopartikülleri (Polioksotungstat Nanopartikülleri) yaklaşık 400°C'nin altında stabildir ve daha yüksek sıcaklıklarda tungsten trioksite ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ayrışır. Kimyasal olarak, asidik ve nötr ortamlarda stabil kalırlar, ancak güçlü alkali koşullar altında monotungstatlara ayrılırlar ve biyomedikal uygulamalarını desteklerler.

### 10.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Polioksotungstat nanopartikülleri (Polioksotungstat Nanopartikülleri), görünüşleri belirgin optik özellikler göstermediği için önemli optik aktiviteden yoksundur. Elektriksel olarak katı halde yalıtıcıdır ancak çözelti içinde iyonik iletkenlik gösterirler. Manyetik olarak, esas olarak biyoaktivitedeki değerleri ile kayda değer bir özellik göstermezler.

### Bahşiş

Polioksotungstat nanopartiküllerinin (Polioksotungstat Nanopartikülleri) poliokso yapısı, anti-kanser araştırmalarında potansiyele sahiptir; Seçimde partikül boyutu ve kimyasal stabilite dikkate alınmalıdır.

## 10.3 Tungsten İçeren Diğer Farmasötik Kimyasallar

Sodyum tungstat nanopartiküllerinin ( $Na_2WO_4$  Nanopartiküller, Sodyum tungstat Nanopartikülleri) ve polioksotungstat nanopartiküllerinin (Polioksotungstat Nanopartikülleri) ötesinde, tungsten içeren diğer farmasötik kimyasallar arasında kalsiyum tungstat nanopartikülleri ( $CaWO_4$  Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri) ve tungsten trioksit nanopartikülleri ( $WO_3$  Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), biyogörüntüleme ve ilaçta spesifik değer sunar teslim.

### 10.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten içeren farmasötik kimyasalların hazırlanması tipik olarak nanoteknoloji tekniklerini kullanır.

### Kalsiyum tungstat nanopartikülleri için çökeltme yöntemi

#### ( $CaWO_4$ Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri)

Kalsiyum tungstat nanopartikülleri ( $CaWO_4$  Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri), [kalsiyum tungstatın \( \$CaWO\_4\$ , Kalsiyum tungstat\)](#) 40-60°C'de çözelti içinde bir yüzey aktif madde ile reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir ve ardından saflaştırma için santrifüjlenir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungsten Trioksit Nanopartiküller için Solvotermal Yöntem (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartikülleri)

### Tungsten trioksit nanopartikülleri

(WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), etilen glikol içinde bir tungstatın 180-220 ° C'de reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır ve ürün kurutma yoluyla saflaştırılır.

### 10.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

#### Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri

(CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri), tungsten ve oksijenin tetrahedral bir birim oluşturduğu tetragonal bir kristal yapıya sahiptir. Tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), tungsten ve oksijenin oktahedral bir ağ oluşturduğu monoklinik bir yapıya sahiptir.

### 10.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

#### Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri

(CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri) 1000 ° C'nin altında stabil kalır ve yüksek kimyasal stabilite sergiler. Tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartikülleri) yaklaşık 500 ° C'ye kadar stabildir ve korozyona etkili bir şekilde direnir.

### 10.3 Tungsten İçeren Diğer Farmasötik Kimyasallar

Sodyum tungstat nanopartiküllerinin (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Sodyum tungstat Nanopartikülleri) ve polioksotungstat nanopartiküllerinin (Polioksotungstat Nanopartikülleri) ötesinde, tungsten içeren diğer farmasötik kimyasallar arasında kalsiyum tungstat nanopartikülleri (CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri) ve tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), biyogörüntüleme ve ilaçta spesifik değer sunar teslim.

### 10.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten içeren farmasötik kimyasalların hazırlanması tipik olarak nanoteknoloji tekniklerini kullanır.

#### Kalsiyum tungstat nanopartikülleri için çökeltme yöntemi

#### (CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri)

Kalsiyum tungstat nanopartikülleri (CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri), [kalsiyum tungstatın \(CaWO<sub>4</sub>, Kalsiyum tungstat\)](#) 40-60°C'de çözelti içinde bir yüzey aktif madde ile reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir ve ardından

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

saflaştırma için santrifüjlenir.

Tungsten Trioksit Nanopartiküller için Solvotermal Yöntem (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartikülleri)

### **Tungsten trioksit nanopartikülleri**

(WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), etilen glikol içinde bir tungstatın 180-220 ° C'de reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır ve ürün kurutma yoluyla saflaştırılır.

### **10.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim**

#### **Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri**

(CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri), tungsten ve oksijenin tetrahedral bir birim oluşturduğu tetragonal bir kristal yapıya sahiptir. Tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller), tungsten ve oksijenin oktahedral bir ağ oluşturduğu monoklinik bir yapıya sahiptir.

### **10.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık**

#### **Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri**

(CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri) 1000 ° C'nin altında stabil kalır ve yüksek kimyasal stabilite sergiler. Tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartikülleri) yaklaşık 500 ° C'ye kadar stabildir ve korozyona etkili bir şekilde direnir.

### **10.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler**

#### **Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri**

(CaWO<sub>4</sub> Nanopartiküller, Kalsiyum Tungstat Nanopartikülleri) floresan sergiler, elektriksel olarak yalıtıcıdır ve manyetik özelliklerden yoksundur. Tungsten trioksit nanopartikülleri (WO<sub>3</sub> Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartikülleri) fotokatalitik aktiviteye sahiptir, elektriksel olarak yarı iletkenler olarak işlev görür ve manyetik özellik göstermez.

### **Bahşiş**

Tungsten içeren diğer farmasötik kimyasallar biyogörüntüleme potansiyel sunar; Seçim, optik özelliklerine ve biyouyumluluklarına odaklanmalıdır.

### **Bilgi Kaynakları**

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

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

## Başvuru

- [1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)
- [4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018
- [15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)
- [16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000 [20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005 [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir? Bölüm 11: Hazırlanması ve Uygulamaları Diğer tungsten içeren metalik olmayan bileşikler

### 11.1 Tungsten Diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid)

[Tungsten diselenid \( \$WSe\_2\$ , Tungsten Diselenid\)](#), katmanlı yapısı, yarı iletken özellikleri ve optoelektronik performansı ile ünlü tungstenin (W, Tungsten) en temsili metalik olmayan bileşiklerinden biridir. İki boyutlu bir geçiş metali diselenid olarak tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid), elektronik cihazlarda, optoelektronik bileşenlerde ve enerji depolama sistemlerinde geniş uygulama potansiyeli sergiler. Koyu griden siyaha kristal veya pul formu, tungsten kimyasının gelişmekte olan malzeme bilimine önemli katkılarını

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



vurgulayan temel araştırmalardan yüksek teknoloji uygulamalarına kadar gelişimsel bir yörünge ile olağanüstü fizikokimyasal özellikleri gizler.

### 11.1.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten diselenidin ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) hazırlanması, farklı morfolojik ve uygulama ihtiyaçlarını karşılamak için uyarlanmış yüksek sıcaklıkta selenizasyon ve kimyasal buhar biriktirme dahil olmak üzere çeşitli yöntemleri içerir.

#### Yüksek Sıcaklık Selenizasyon Yöntemi (Tungsten Toz Selenizasyonu)

Yüksek sıcaklıkta selenizasyon yöntemi, [tungsten tozunu \(W Tozu, Tungsten Tozu\)](#) selenyum tozu (Se) ile  $700-1000\text{ }^\circ\text{C}$ 'de reaksiyona sokarak tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) üretir, denklemi takip ederek:  $W + 2Se \rightarrow WSe_2$ . Bu işlem, oksidasyonu önlemek için vakum veya inert bir atmosferde (örneğin argon) gerçekleştirilir ve koyu gri kristal bir ürün elde edilir. Reaksiyon sonrası, malzeme öğütülür ve düzgün parçacıklar elde etmek için elenir. Basitliği ve erişilebilir hammaddeleri nedeniyle hem endüstriyel hem de laboratuvar ortamlarında yaygın olarak uygulanan bu yöntem, dökme malzeme üretimi için uygundur.

#### Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

Kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi, [tungsten diselenid \( \$WSe\_2\$ , Tungsten Diselenid\) ince filmler oluşturmak için  \$600-800^\circ\text{C}\$ 'de selenyum buharı ile reaksiyona giren tungsten trioksit \( \$WO\_3\$ , Tungsten Trioksit\)](#) veya tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) kullanır. Özel reaktörlerde yürütülen bu teknik, optoelektronik cihazlar ve iki boyutlu malzeme araştırmaları için ideal olan tek katmanlı veya çok katmanlı tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) üretmek için selenyum buhar akışının ve substrat sıcaklığının hassas kontrolünü gerektirir.

#### Mekanik Eksfoliasyon Yöntemi (Tek Tabakalı Hazırlama)

Mekanik pul pul dökülme yöntemi, laboratuvarlarda yüksek saflıkta tek tabakalar hazırlamak için yaygın olarak kullanılan fiziksel teknikler (örneğin, ultrasonik eksfoliasyon veya yapışkan bant) kullanarak tek katmanlı veya birkaç katmanlı pulları toplu tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) ayırır. Verim açısından sınırlı olmasına rağmen, bu yöntem katmanlı yapının bütünlüğünü koruyarak onu temel araştırma ve nanoteknoloji geliştirme için değerli kılar.

### 11.1.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid), iki selenyum tabakası arasına sıkıştırılmış tungsten atomları ile altıgen katmanlı bir kristal yapıya sahiptir ve bitişik tabakalar arasında zayıf van der Waals kuvvetleri tarafından bir arada tutulan iki boyutlu birimler oluşturur. Alman kristalografik çalışmaları, bu katmanlı yapının, tek katmanlar için  $\sim 1.6\text{ eV}$ 'lik doğrudan bant aralığı ve çok katmanlar için  $\sim 1.2\text{ eV}$ 'lik dolaylı bant aralığı ve

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

yaklaşık 6.5 Å'lık bir katmanlar arası boşluk ile mükemmel yarı iletken özellikler sağladığını göstermektedir [16]. Moleküler bileşiminde tungsten, iki selenyum atomu ile kovalent olarak bağlanarak elektriksel ve optoelektronik özelliklerini geliştirir.

### 11.1.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid), inert atmosferlerde olağanüstü termal stabilite sergiler ve bozulma olmadan yaklaşık 1100 ° C'ye kadar sıcaklıklara dayanır. Bununla birlikte, 400°C'nin üzerindeki oksijen açısından zengin ortamlarda, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ve selenyum oksitlere oksitlenerek yüksek sıcaklıktaki oksidatif koşullar altında kullanımını sınırlar. Kimyasal olarak, asitlerden ve bazlardan kaynaklanan korozyona direnir, ancak güçlü oksidanlar (örneğin, hidrojen peroksit) altında yavaş yavaş ayrışır. Rus malzeme araştırması, kararlılığını ve katmanlı doğasını vurgulayarak elektronik cihaz uygulamalarında oldukça etkili olmasını sağlar [17].

### 11.1.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Tungsten diselenidin ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) optik özellikleri tabaka kalınlığına göre değişir; tek tabakalar floresan ile doğrudan bir bant aralığı (~ 1.6 eV) sergilerken, çok tabakalar dolaylı bir bant aralığına (~ 1.2 eV) sahiptir ve optik aktiviteyi azaltır. Elektriksel olarak, fotodetektörler ve transistörler için uygun, çok katmanlara kıyasla üstün iletkenlik sunan tek katmanlı, yarı iletken olarak işlev görür. Manyetik olarak, tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid), uygulamaları esas olarak optoelektronik ve elektriksel performans tarafından yönlendirilen önemli bir özellik göstermez.

#### Bahşiş

Tungsten diselenidin ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) esnek hazırlama yöntemleri ve katmanlı yapısı, optoelektronik cihazlarda önemli bir avantaj sağlar; seçim, uygulama ihtiyaçlarına göre katman sayısını ve saflığı dikkate almalıdır.

## 11.2 Tungsten Ditelluride ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride)

Tungsten ditellür ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride), benzersiz yarı metalik özellikleri ve iki boyutlu katmanlı yapısı ile ayırt edilen tungsten içeren metalik olmayan bir başka önemli bileşiktir. Bir geçiş metali ditellurid olarak, tungsten ditellurid ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride), elektronik cihazlarda, topolojik malzemelerde ve enerji araştırmalarında önemli uygulama potansiyeline sahiptir. Gri-siyah kristal veya pul görünümü, ileri malzeme biliminde tungsten kimyasının kapsamını genişleten çalışmasıyla karmaşık fiziksel özellikleri yansıtır.

### 11.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten ditelluridin ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride) hazırlanması, öncelikle hassas

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

reaksiyon koşulu kontrolü gerektiren yüksek sıcaklıkta tellürizasyon ve buhar fazı biriktirme tekniklerini içerir.

### **Yüksek Sıcaklık Tellürizasyon Yöntemi (Tungsten Toz Tellurizasyonu)**

Yüksek sıcaklıkta tellürizasyon yöntemi, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) tellür tozu (Te) ile 800-1100 ° C'de tungsten ditellür (WTe<sub>2</sub>, Tungsten Ditelluride) oluşturmak için reaksiyona sokar, denklemi takip ederek:  $W + 2Te \rightarrow WTe_2$ . Bu işlem, gri-siyah kristal bir ürün üretmek için vakum veya inert bir atmosferde gerçekleştirilir. Hem endüstriyel hem de laboratuvar üretimi için uygun olan bu yöntem, basitliğinden ve erişilebilir hammaddelerinden yararlanır.

### **Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)**

Kimyasal buhar biriktirme yöntemi, tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) veya tungsten hekzaflorür (WF<sub>6</sub>, Tungsten Heksaflorür) 600-900°C'de tellür buharı ile reaksiyona sokarak tungsten ditellür (WTe<sub>2</sub>, Tungsten Ditelluride) ince filmleri sentezler. Tellür buharı akışının ve substrat sıcaklığının hassas kontrolü gereklidir, bu da bu tekniği elektronik cihaz araştırmalarında yaygın olarak kullanılan iki boyutlu malzeme hazırlama için ideal hale getirir.

### **11.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim**

Tungsten ditellür (WTe<sub>2</sub>, Tungsten Ditelluride), tungsten ve tellür atomlarının, bitişik katmanlar arasında zayıf van der Waals kuvvetleri tarafından bir arada tutulan katmanlı bir ağ oluşturduğu çarpık bir ortorombik kristal yapıya sahiptir. Araştırmalar, yarı metalik özelliklerinin, tungsten-tellür oranı 1: 2 ve katmanlar arası boşluk yaklaşık 7şolan benzersiz bir elektronik yapıdan kaynaklandığını göstermektedir [19]. Kovalent tungsten-tellür bağları, iletkenliğini ve stabilitesini artırır.

### **11.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık**

Tungsten ditellür (WTe<sub>2</sub>, Tungsten Ditelluride) inert atmosferlerde yaklaşık 1000°C'ye kadar stabil kalır, ancak oksijen açısından zengin koşullarda 450°C'nin üzerinde tungsten trioksite (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) oksitlenir. Kimyasal olarak, asitlere ve bazlara karşı orta derecede direnç gösterir, ancak güçlü oksidanlar altında ayrışır ve elektronik malzeme uygulamalarında kullanımını destekler.

### **11.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler**

Tungsten ditellür (WTe<sub>2</sub>, Tungsten Ditelluride), belirgin optik özellikler göstermeyen gri-siyah görünümü ile önemli optik aktiviteden yoksundur. Elektriksel olarak, yüksek iletkenliğe sahip bir yarı metaldir, bu da onu elektronik cihazlar için uygun hale getirir. Manyetik olarak, birincil değeri elektrik performansında olan belirli koşullar altında zayıf manyetizma sergiler.

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

## Bahşış

Tungsten ditelluridin ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride) yarı metalik özellikleri, topolojik malzeme araştırmalarında potansiyel sunar; seçim, elektriksel özelliklerine ve katmanlı yapısına odaklanmalıdır.

### 11.3 Tungsten İçeren Diğer Metalik Olmayan Bileşikler

Tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) ve tungsten ditelluride ( $WTe_2$ , Tungsten Ditelluride) ek olarak, tungsten içeren diğer metalik olmayan bileşikler arasında tungsten diiyodür ( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür) ve tungsten dibromür ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür), belirli elektronik ve malzeme uygulamalarında değer taşır.

#### 11.3.1 Hazırlık Süreçleri

Bu diğer tungsten içeren metalik olmayan bileşiklerin hazırlanması tipik olarak yüksek sıcaklıkta reaksiyon tekniklerini içerir.

#### Tungsten Diiyodür için İyotlama Yöntemi

##### ( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür)

Tungsten diiyodür ( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür), tungstenin (W, Tungsten) iyot ( $I_2$ ) ile 500-700°C'de reaksiyona sokulmasıyla sentezlenir ve istenen ürünü elde etmek için iyot miktarı kontrol edilir.

#### Tungsten Dibromür için Brominasyon Yöntemi

##### ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür)

Tungsten dibromür ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür), tungstenin (W, Tungsten) brom ( $Br_2$ ) ile kapalı koşullar altında 600-800°C'de reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır.

#### 11.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten diiyodür ( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür), iki iyot atomuna bağlı tungsten ile monoklinik bir kristal yapıya sahiptir. Tungsten dibromür ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür), brom atomlarına kovalent olarak bağlı tungsten ile ortorombik bir yapıya sahiptir.

#### 11.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten diiyodür ( $WI_2$ , Tungsten Diiyodür) yaklaşık 600°C'nin altında stabil kalır ancak oksidasyona eğilimlidir. Tungsten dibromür ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür) yaklaşık 700°C'ye kadar stabildir ve nispeten güçlü kimyasal stabilite sergiler.

#### 11.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungsten diiyodür ( $WI_2$ , Tungsten Diyyodür) ve tungsten dibromür ( $WBr_2$ , Tungsten Dibromür) önemli optik aktiviteden yoksundur, elektriksel olarak yalıtıcılar ve değerleri esas olarak kimyasal reaktivitede olmak üzere kayda değer bir manyetik özellik göstermezler.

### Bahşis

Tungsten içeren diğer metalik olmayan bileşikler elektronik malzemelerde potansiyel sunar; Seçim, kimyasal stabilitelere odaklanmalıdır.

### Bilgi Kaynakları

- [16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı  
[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

- [1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)  
[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 12: Tungsten Kimyasallarının Çevresel Etkisi ve Geri Dönüşümü

#### 12.1 Tungsten Kimyasallarının Çevresel Etkilerine Genel Bakış

Tungsten (W, Tungsten) kimyasalları endüstriyel üretim ve uygulamalarda hayati bir rol oynar, ancak madencilik, üretim ve bertaraf süreçlerinin çevresel etkisi göz ardı edilemez. Cevher ekstraksiyonundan ürün kullanımına kadar tungsten kimyasalları, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ve sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) gibi çeşitli bileşikler içerir. Yaşam döngüleri boyunca çevresel etkiler arasında toprak kirliliği, su kirliliği ve atmosferik emisyonlar yer alır. Sürdürülebilir kalkınmaya verilen küresel vurgu ile, bu etkilerin değerlendirilmesi ve azaltılması tungsten kimyasal araştırmalarında önemli bir yön haline gelmiştir.

##### 12.1.1 Madencilik ve Üretim Çevresel Etkileri

Tungsten madenciliği (örneğin, wolframit ( $(Fe,Mn)WO_4$ ) ve şelit ( $CaWO_4$ )) tipik olarak açık ocak veya yeraltı madenciliği yöntemlerini kullanır ve toprak erozyonuna ve ağır metal kirliliğine yol açabilecek büyük miktarlarda atık ve atık kaya üretir. Üretim sırasında hidrometalurji ve pirometalurji, su kütlelerini ve atmosferi etkileyen asidik atık su (sülfürik asit içeren atık sıvı gibi) ve egzoz gazı (kükürt dioksit  $SO_2$  gibi) açığa çıkarır. Çalışmalar, tungsten eritme işleminden kaynaklanan atık sudaki tungsten konsantrasyonunun litre başına yüzlerce miligrama ulaşabileceğini ve arıtılmadan deşarj edilirse ekosistemler için potansiyel bir tehdit oluşturduğunu göstermiştir [7].

##### 12.1.2 Kullanım ve İmhanın Çevresel Etkisi

Tungsten kimyasalları, kullanım sırasında (karbür aletlerin aşınması gibi), özellikle işleme

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

sırasında oluşan ve havaya yayılabilen toz olmak üzere eser tungsten parçacıklarını çevreye salabilir. Bertaraf aşamasında, tungsten içeren ürünlerin (yıpranmış aletler veya elektronik bileşenler gibi) gelişigüzel atılması, tungsten ve diğer ağır metallerin (kobalt Co gibi) toprağa ve yeraltı sularına sızmasına neden olabilir. Rus çevre araştırmaları, toprakta tungsten birikiminin bitki büyümesini etkileyebileceğini ve besin zincirinden geçebileceğini göstermektedir [17].

### 12.1.3 Çevre Düzenlemeleri ve Yönetimi

Küresel olarak, birçok ülke ve bölge, tungsten kimyasallarının çevresel etkilerini kontrol etmek için düzenlemeler oluşturmuştur. Örneğin, Çin'in "Tungsten Endüstrisi Kirletici Deşarj Standartları", atık su ve egzoz gazındaki tungsten konsantrasyonunu sınırlar ve AB'nin REACH yönetmeliği, düzenleyici kapsamı dahilinde tungsten bileşiklerini de içerir. Bu düzenlemeler, tungsten kimyasal üretimi ve kullanımının yeşil gelişimini teşvik etmektedir.

#### İpucu:

Tungsten kimyasallarının çevresel etkisi tüm yaşam döngülerini kapsar ve teknolojik gelişmeler ve düzenleyici yönetim yoluyla ekolojik ayak izlerini azaltmak gerekir.

## 12.2 Tungsten Kimyasalları için Geri Dönüşüm Teknolojileri

Tungsten kimyasallarının geri dönüşümü, kaynak israfını ve çevre kirliliğini azaltmak için çok önemli bir yoldur. Tungstenin yüksek değeri ve kıtlığı, onu döngüsel ekonominin önemli bir bileşeni haline getiriyor. Geri dönüşüm teknolojileri sadece kaynakları korumakla kalmaz, aynı zamanda üretim süreçleri sırasında çevresel yükü de azaltır. Yaygın geri dönüşüm hedefleri arasında hurda karbür aletler, tungsten alaşımları ve tungsten kimyasal atıkları bulunur.

### 12.2.1 Hidrometalurjik Geri Dönüşüm Teknolojisi

Hidrometalurjik geri dönüşüm, tungsten bileşiklerini çıkarmak için atık tungsten ürünlerinin kimyasal çözeltilerde çözülmesini içerir. Örneğin, hurda karbür aletler, tungstik asit ( $H_2WO_4$ , Tungstik Asit) üretmek için asit liçi yoluyla (nitrik asit veya hidroklorik asit gibi) ayrıştırılabilir ve bu daha sonra sodyum tungstata ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) veya amonyum paratungstatına (APT,  $(NH_4)_2WO_4$ , Amonyum Paratungstat) dönüştürülür. Bu yöntem, kobalt içeren karbür aletlerin geri dönüşümü için uygundur ve tungsten ve kobaltı % 90'ın üzerinde bir geri kazanım oranıyla etkili bir şekilde ayırabilir [13].

### 12.2.2 Pirometalurjik Geri Dönüşüm Teknolojisi

Pirometalurjik geri dönüşüm, atık tungsten ürünlerinin yüksek sıcaklıkta kavurma

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



yoluyla çözümler bileşiklere dönüştürülmesini içerir. Örneğin, hurda karbür aletler oksitlenir ve tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) üretmek için  $800-1000^{\circ}C$ 'de kavrulur, bu daha sonra alkali füzyon veya asit çözünmesi yoluyla ekstrakte edilir. Bu yöntem, yüksek geri kazanım oranlarıyla büyük miktarlarda atığın işlenmesi için uygundur, ancak önemli miktarda enerji tüketir ve artık gaz arıtma ekipmanı gerektiren egzoz gazı üretebilir.

### 12.2.3 Elektrokimyasal Geri Dönüşüm Teknolojisi

Elektrokimyasal geri dönüşüm, atık sıvı veya atık malzemelerden tungsten çıkarmak için elektrolitik işlemi kullanır. Örneğin, tungsten içeren atık su, hidrometalurjik işlemlerden kaynaklanan atık sıvının arıtılması için uygun olan tungstik asit çökeltisi oluşturmak üzere elektrolize edilir. Bu yöntem yüksek geri kazanım verimliliğine sahiptir ve çevre dostudur ancak daha yüksek ekipman maliyetlerine sahiptir, bu da onu küçük ölçekli, yüksek saflıkta geri dönüşüm için uygun hale getirir.

#### İpucu:

Tungsten kimyasalları için geri dönüşüm teknolojisi, atık malzemenin türüne göre seçilmelidir. Hidrometalurjik ve pirometalurjik yöntemler en yaygın kullanılanlardır ve geri kazanım oranlarını çevresel etkilerle dengelemek için gereklidir.

### 12.3 Geri Dönüştürülmüş Tungsten Kimyasallarının Uygulamaları

Geri dönüştürülmüş tungsten kimyasalları, çeşitli ürünler üretmek için yeniden kullanılabilir, bu da çevre kirliliğini azaltırken birincil tungsten cevherine olan bağımlılığı azaltır. Geri dönüştürülmüş tungsten uygulamaları, tungsten kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını teşvik eden endüstrileri, bilimsel araştırmaları ve gelişmekte olan alanları kapsar.

#### 12.3.1 Endüstriyel Yeniden Kullanım

Geri dönüştürülmüş sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum tungstat) ve tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), karbür aletler, tungsten tel (W Tel, Tungsten Tel) ve tungsten alaşımları (W Alaşımı, Tungsten Alaşımı) üretmek için hammadde olarak kullanılabilir. Örneğin, Çin, toplam tungsten talebinin yaklaşık % 20'sini hurda karbür takımlardan geri kazanarak cevher madenciliğini önemli ölçüde azaltmaktadır [15].

#### 12.3.2 Bilimsel Araştırma ve Gelişmekte Olan Alanlar

Geri dönüştürülmüş tungsten, fotokatalist ve biyomedikal araştırma uygulamaları için tungsten oksit nanopartikülleri ( $WO_3$  Nanopartiküller, Tungsten Trioksit Nanopartiküller) gibi nanomalzemeleri hazırlamak için kullanılabilir. Geri dönüştürülmüş tungsten, yüksek teknoloji alanlarının ihtiyaçlarını karşılamak için iki boyutlu malzemelerin

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



(tungsten diselenid ( $WSe_2$ , Tungsten Diselenid) gibi) sentezi için de kullanılabilir.

### 12.3.3 Çevresel Faydalar

Geri dönüşüm, atık tungsten ürünlerinin birikimini azaltır, toprak ve su kütlelerinde ağır metal kirliliğini önlerken, madencilik ve eritme işlemleri sırasında enerji tüketimini ve emisyonları azaltır. Çalışmalar, bir ton tungstenin geri dönüştürülmesinin karbondioksit emisyonlarını yaklaşık 2,5 ton azaltabileceğini ve bunun da önemli çevresel faydalar sağladığını göstermiştir [13].

#### İpucu:

Tungsten kimyasallarının geri dönüşümü sadece kaynakları korumakla kalmaz, aynı zamanda çevresel yükleri de önemli ölçüde azaltır ve sürdürülebilir kalkınmanın çok önemli bir yönü olarak hizmet eder.

#### Referanslar

- [1] Tungsten Tarihi ve Uygulamaları - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)
- [4] Tungsten Elementinin İsimlendirilmesi - Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları - Kraliyet Kimya Derneği, Londra, 1985 [6] Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi - Fransız Kimya Derneği, Paris, 1990 [7] (tekrarlandı, yukarıya bakın) [8] Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Araştırma - Royal Society'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] Periyodik Tabloda Tungsten - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları - Moskova Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 1890 [11] Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] Arap Bölgesindeki Mineralojik Kayıtlar - Kahire Üniversitesi Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] (tekrarlandı, yukarıya bakın) [14] Bilimsel Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] (tekrarlandı, yukarıya bakın) [16], [17] Tungsten Kimyasının Temelleri - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [18] Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] Tungstatların Kimyasal Kararlılığı - Malzeme Bilimi Dergisi, Springer, 2000 [20] Tungsten Oksitlerin Elektronik Malzemeleri Üzerine Araştırma - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] "Organotungsten Bileşikleri" (İngilizce) - Organometalik Kimya, 2005 [22] Çin Tungsten Online: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 13: Ek:

## Tungsten Kimyasallarının Kapsamlı İhmalleri ve Genişlemeleri

### 13.1 İhmal Edilen Tungsten Kimyasallarına Kapsamlı Genel Bakış

Önceki on iki bölüm boyunca, oksitler (örneğin, [tungsten trioksit \( \$WO\_3\$ , Tungsten Trioksit\)](#)), tungstik asitler ve tungstatlar (örneğin, [sodyum tungstat \( \$Na\_2WO\_4\$ , Sodyum Tungstat\)](#)), halojenürler (örneğin, [tungsten heksaklorür \( \$WCl\_6\$ , Tungsten Heksaklorür\)](#)), karbürler ve nitrürler (örneğin, [tungsten karbür \( \$WC\$ , Tungsten Karbür\)](#)), sülfürler ve fosfitler (örneğin, [tungsten disülfür \( \$WS\_2\$ , Tungsten disülfür\)](#)), organometalik bileşikler (örneğin, [tungsten heksakarbonil \( \$W\(CO\)\_6\$ , Tungsten Heksakarbonil\)](#)), katalizörler ve reaktifler, farmasötik kimyasallar, metalik olmayan bileşikler ve çevresel ve geri dönüşüm yönleri. Bununla birlikte, küresel çok dilli kaynakların yenilenmiş bir incelemesi, bazı tungsten kimyasallarının niş uygulamaları, sınırlı araştırmaları veya okuyucular arasında daha az aşinalık nedeniyle göz ardı edildiğini ortaya koydu. Bunlar arasında tungsten disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit), tungsten borür ( $WB$ , Tungsten Borür), tungsten disiyanür ( $W(CN)_2$ , Tungsten Dicyanide), tungsten digermanit ( $WGe_2$ , Tungsten Digermanide), tungsten ishalsenit ( $WAs_2$ , Tungsten Diarsenit) ve tungsten molibdat ( $WMoO_4$ , Tungsten Molibdat). Bu bölüm, önceki tüm bölümlerde bu eksiklikleri kapsamlı bir şekilde ele almayı, bunları ayrıntılı girişlerle desteklemeyi ve tungstenin kimyasal özelliklerine (yüksek erime noktası, çoklu oksidasyon durumları, metal olmayanlarla kovalent bağ oluşumu) ve bağlanma ilkelerine dayanarak, tungsten kimyasallarının bilgi çerçevesini genişletmek için potansiyel olarak mevcut bileşikleri çıkarmayı ve doğrulamayı amaçlamaktadır.

#### 13.1.1 İhmal edilen bileşiklerin tanımlanması ve arka planı

##### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Akademik dergilerde, patent veri tabanlarında ve endüstriyel raporlarda birden fazla dilde kapsamlı bir araştırma yaparak, önceki bölümlerden çıkarılan tungsten kimyasallarını belirledik. Özel uygulamaları veya yeni ortaya çıkan araştırma durumları nedeniyle genellikle belirsiz olan bu bileşikler, iletken tabakalar için mikroelektronikte kullanılan tungsten disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit); tungsten borür (WB, Tungsten Borür), yüksek sıcaklık seramiklerinde ve aşınmaya dayanıklı kaplamalarda değerlidir; ve tungsten disiyanyür ( $W(CN)_2$ , Tungsten Dicyanide), koordinasyon kimyasında potansiyele sahip daha az kararlı bir bileşik. Gözetim, ana akım bileşiklere kıyasla geleneksel tungsten endüstrilerinde (örneğin, çimentolu karbürler, tungsten çeliği) sınırlı önemlerinden kaynaklanabilir, ancak yarı iletkenler, gelişmiş malzemeler ve kataliz gibi belirli alanlardaki önemleri yadsınamaz. Bu bölüm, bu bileşikler için arka planlarını, hazırlama yöntemlerini, özelliklerini ve okuyucunun anlamasını geliştirmek için uygulamalarını kapsayan ayrıntılı takviyeler sağlar.

### 13.1.2 Bileşik Çıkarım ve Doğrulama Metodolojisi

Tungstenin kimyasal çok yönlülüğü - +2 ila +6 arasında oksidasyon durumları sergilemesi, metal olmayanlarla kovalent bağlar oluşturması ve metallerle koordineli olması - çok çeşitli elementlerle (örneğin, Si, B, Ge, As, CN) bağlanmasını sağlar. Geçiş metallerinin yüksek sıcaklıklarda veya gaz fazı koşullarında metal olmayanlarla kovalent bileşikler oluşturma eğilimi gibi bağlanma ilkelerinden yararlanarak, tungsten ishalsenit ( $WAs_2$ , Tungsten Diarsenid) ve tungsten disiyanyür ( $W(CN)_2$ , Tungsten Dicyanide) gibi potansiyel bileşikler çıkardık. Bu çıkarımlar, küresel kimyasal veri tabanlarına (örneğin, PubChem, SciFinder) ve çok dilli literatüre (Almanca, Rusça, Japon çalışmaları dahil) karşı doğrulandı, tungstenin kimyasal davranışı ile uyum sağlandı ve bunları deneysel kanıtlarla veya mümkün olduğunda teorik temellerle destekledi.

### Bahşış

Bu bölüm, kapsamlı araştırma ve bilimsel çıkarım yoluyla önceki tüm bölümlerdeki boşlukları doldurur ve potansiyel uygulamalarını anlamak ve keşfetmek için daha az bilinen bileşiklere ayrıntılı girişler sunar.

### 13.2 Tungsten Disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit)

[Tungsten disilisit \( \$WSi\_2\$ , Tungsten Disilisit\)](#), yüksek erime noktası (2160°C), mükemmel elektrik iletkenliği ve korozyon direnci ile ödüllendirilen, önceki bölümlerde gözden kaçan önemli bir tungsten içeren metalik olmayan bileşiktir. Mikroelektronik endüstrisinde silikon bazlı cihazlarda iletken ve bariyer tabakası olarak yaygın olarak kullanılır, metalik ve yarı iletken özellikler arasındaki boşluğu doldurur. Metalik bir parlaklığa sahip gri kristal görünümü, onu endüstriyel uygulamalarda ayırt eder ve bu da onu tungsten kimyasında kritik ancak yeterince tartışılmayan bir malzeme haline getirir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



### 13.2.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten disilisit (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit) hazırlanması, dökme malzemeler veya ince filmler gibi farklı uygulama ihtiyaçlarını karşılayan, başta yüksek sıcaklıkta silisleme ve kimyasal buhar biriktirme olmak üzere çeşitli yöntemler kullanır.

#### Yüksek Sıcaklıkta Silisasyon Yöntemi

Bu yöntem, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) silikon tozu (Si) ile 1:2 molar oranda karıştırır, bunları 1200-1400 ° C'de vakum veya inert bir atmosferde ısıtır (örneğin, argon) tungsten disilisit oluşturmak için (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit), reaksiyona göre:  $W + 2Si \rightarrow WSi_2$ . 2-4 saat süren reaksiyon, tipik olarak oksidasyonu önlemek için bir kuvars tüp fırınında veya vakum fırınında meydana gelir, soğutulmuş ve homojenlik için öğütülmüş gri kristaller verir. Diğer silisit fazlarının (örneğin, W<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>) oluşmasını önlemek için silikon içeriğinin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi çok önemlidir, bu da bu yöntemi basit işlemi nedeniyle büyük ölçekli üretim için ideal hale getirir.

#### Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi (CVD)

CVD, tungsten disilisit (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit) ince filmleri silikon yüzeyler üzerinde biriktirmek için bir vakum (10<sup>-2</sup>-10<sup>-3</sup> Torr) altında 500-700°C'de reaksiyona giren tungsten heksaflorür (WF<sub>6</sub>, Tungsten Heksaflorür) ve silan (SiH<sub>4</sub>) kullanır. Tipik koşullar arasında 1:2 ila 1:5 arasında bir gaz akış oranı (WF<sub>6</sub>:SiH<sub>4</sub>) ve 10-30 dakikalık biriktirme süreleri yer alır ve 50-200 nm kalınlığında filmler üretir. Hassas gaz akış kontrol sistemleri ve yüksek sıcaklıkta alt tabaka ısıtıcıları gerektiren bu yöntem, film homojenliğini ve kalınlığını sağlayarak, iletken katmanlar ve geçit malzemeleri gibi yarı iletken entegre devre imalatı için tercih edilen seçenek haline getirir.

### 13.2.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten disilisit (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit), kafes parametreleri  $a = 3.211$  şve  $c = 7.830$ şolan tetragonal bir kristal yapıya (uzay grubu I4/mmm) sahiptir. Bu yapıda, tungsten ve silikon atomları, her tungsten atomu 10 silikon atomu tarafından koordine edilerek 1:2 oranında kovalent bir ağ oluşturur ve kararlı bir üç boyutlu çerçeve oluşturur. Bu konfigürasyon, yaklaşık 9,4 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahip yüksek erime noktasına (2160°C) ve mekanik mukavemete katkıda bulunur. Alman malzeme araştırması, yapısal kararlılığını tungsten-silikon kovalent bağlarının (~ 400 kJ / mol) yüksek bağ enerjisine bağlayarak aşırı koşullar altında esneklik sağlar [16].

### 13.2.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten disilisit (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit), yaklaşık 2000°C'ye kadar havada olağanüstü termal stabilite sergiler ve 500-1500°C arasında daha fazla oksidasyonu yavaşlatan ince bir silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>) koruyucu tabaka oluşturur. Kimyasal olarak, asitlerden (örneğin, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kaynaklanan korozyona etkili bir şekilde direnir, ancak yüksek sıcaklıklarda güçlü oksitleyici asitlerde (örneğin, konsantre HNO<sub>3</sub>) veya erimiş alkalilerde (örneğin,

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



NaOH) yavaş yavaş ayrışır. Termal ve kimyasal kararlılığın bu kombinasyonu, onu yarı iletken işlemede karşılaşılanlar gibi yüksek sıcaklık ve aşındırıcı ortamlar için ideal hale getirir.

#### 13.2.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Optik olarak, tungsten disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit) önemli aktiviteden yoksundur, gri metalik parlaklığı floresan veya şeffaflıktan ziyade yüzey elektron yansımından kaynaklanır. Elektriksel olarak,  $55 \mu\Omega \cdot cm$ 'de saf tungstenden (W, Tungsten) daha düşük,  $20-30 \mu\Omega \cdot cm$  özdirenç ile iyi bir iletken, bu da onu verimli akım akışı gerektiren mikroelektronik uygulamalar için yeterli kılar. Manyetik olarak, elektronik yapısı manyetik olmayan bir malzemeye işaret ettiği için kayda değer bir özellik (ne ferromanyetik ne de paramanyetik) göstermez. İletkenlik ve termal kararlılığın sinerjisi, onu elektronik uygulamalarda hayati bir bileşen olarak konumlandırır.

#### 13.2.5 Uygulamalar ve Arka Plan

Tungsten disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit) ağırlıklı olarak mikroelektronik endüstrisinde kullanılır ve MOSFET'ler (metal oksit yarı iletken alan etkili transistörler) ve CMOS (tamamlayıcı metal oksit yarı iletken) cihazları gibi silikon bazlı entegre devrelerde iletken katmanlar, geçit malzemeleri ve difüzyon bariyerleri oluşturur. Yüksek erime noktası ve düşük direnci, yarı iletken üretiminde kritik bir adım olan tavlama gibi yüksek sıcaklıktaki işlemler sırasında stabilite sağlar. Elektronikğin ötesinde, yüksek sıcaklık kaplamalarında ve seramik kompozitlerde kullanım alanı bulur ve korozyon direnci ve mukavemeti nedeniyle malzeme dayanıklılığını artırır. Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nden yapılan araştırmalar, yarı iletken cihazlarda benimsenmesini 1980'lere kadar takip ediyor ve önemi, özellikle ince film uygulamalarında nanoteknolojik gelişmelerle birlikte artıyor [20]. Gelişimi, iletkenlik ve dayanıklılık üzerinde hassas kontrolün çok önemli olduğu mikrofabrikasyonun evrimini yansıtıyor.

#### Bahış

Tungsten karbürden daha az tanındık olmasına rağmen, tungsten disilisit ( $WSi_2$ , Tungsten Disilisit), iletkenliği ve ısı direnci nedeniyle mikroelektronikte vazgeçilmezdir; tedarik saflık ve film homojenliğine odaklanmalıdır.

#### 13.3 Tungsten Borür (WB, Tungsten Borür)

Tungsten borür (WB, Tungsten Borür), olağanüstü sertliği (elmas seviyelerine yaklaşan), yüksek erime noktası ( $\sim 2600^\circ C$ ) ve kimyasal stabilitesi ile kutlanan, önceki bölümlerde gözden kaçan tungsten içeren metalik olmayan bir bileşiktir. Aşınmaya dayanıklı kaplamalarda, yüksek sıcaklık seramiklerinde ve kesici aletlerde kritik uygulamalar bulur ve aşırı koşulların hüküm sürdüğü yerlerde sağlam bir alternatif sunar. Tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ile karşılaştırıldığında belirsizliğine rağmen, özel endüstriyel

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

bağlamlardaki performansı dikkat çekicidir.

### 13.3.1 Hazırlık Süreçleri

Tungsten borürün (WB, Tungsten Borür) hazırlanması tipik olarak yüksek sertliğini ve saflığını elde etmek için hem toplu hem de nano ölçekli uygulamalara hitap eden yüksek sıcaklıkta boridasyon tekniklerini içerir.

### Yüksek Sıcaklıkta Boridasyon Yöntemi

Bu yöntem, tungsten tozunu (W Tozu, Tungsten Tozu) bor tozu (B) ile 1: 1 molar oranda karıştırır, bunları bir vakum veya argon atmosferinde 1400-1600 ° C'de ısıtarak tungsten borür (WB, Tungsten Borür) oluşturur, reaksiyona göre:  $W + B \rightarrow WB$ . 3-6 saat süren reaksiyon, yüksek sıcaklıklı fırınlarda (örneğin, grafit veya vakumlu indüksiyon fırınları) meydana gelir ve oda sıcaklığına soğutulan ve homojenlik için öğütülen siyah veya koyu gri kristaller üretir. Bor içeriği, diğer borür fazlarının (örneğin,  $WB_2$  veya  $W_2B$ ) oluşmasını önlemek için hassas bir şekilde kontrol edilmelidir, bu da bu yöntemi dökme malzemelerin endüstriyel ölçekte üretimi için uygun hale getirir.

### Plazma Sentez Yöntemi

Plazma sentez yöntemi, tungsten ve bor ile yüksek sıcaklıktaki plazma ortamında (>3000°C) hızla reaksiyona girerek, boyutları 50-100 nm arasında kontrol edilebilen nano ölçekli tungsten borür (WB, Tungsten Borür) parçacıkları üretir. Plazma jet ekipmanı kullanılarak, reaksiyon saniyeler içinde tamamlanır, ardından saflaştırma için yıkama ve düşük sıcaklıkta kurutma (~ 100 ° C) yapılır. Bu yöntem, yüksek performanslı aşınmaya dayanıklı kaplamalar ve kompozitler için ince parçacıklar oluşturmada mükemmeldir, ancak daha yüksek ekipman maliyetleri onu nano ölçekli hassasiyet gerektiren özel uygulamalarla sınırlar.

### 13.3.2 Kristal Yapı ve Moleküler Bileşim

Tungsten borür (WB, Tungsten Borür), kafes parametreleri  $a = 2.98$  ve  $c = 13.88$  olan altıgen bir kristal yapıya (uzay grubu  $P6_3 / mmc$ ) sahiptir. Tungsten ve bor atomları 1:1 oranında kovalent olarak bağlanır ve yaklaşık 30 GPa'lık bir Vickers sertliğine (tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) kıyaslanabilir) ve ~ 2600 ° C'lik bir erime noktasına sahip katmanlı bir ağ oluşturur. Rus malzeme araştırması, yapısal bütünlüğünü, yoğunluğu yaklaşık 15,3 g/cm<sup>3</sup> olan tungsten-bor kovalent bağlarının (~ 450 kJ / mol) yüksek bağ enerjisine bağlanmaktadır [17]. Bu sağlam çerçeve, olağanüstü mekanik özelliklerinin temelini oluşturur.

### 13.3.3 Termal ve Kimyasal Kararlılık

Tungsten borür (WB, Tungsten Borür), yaklaşık 2000 ° C'ye kadar havada stabil kalır ve daha fazla bozulmayı önleyen ince bir bor oksit ( $B_2O_3$ ) koruyucu tabaka oluşturmak için

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

500-1500 ° C arasında yavaşça oksitlenir. Kimyasal olarak, asitlerden (örneğin, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kaynaklanan korozyona etkili bir şekilde direnir, ancak yüksek sıcaklıklarda güçlü oksitleyici asitlerde (örneğin, konsantre HNO<sub>3</sub>) veya erimiş alkalilerde yavaş yavaş ayrışır. Olağanüstü termal ve kimyasal kararlılığı, onu havacılık veya ağır makineler gibi zorlu ortamlar için ideal hale getirir.

### 13.3.4 Optik, Elektriksel ve Manyetik Özellikler

Optik olarak, tungsten borür (WB, Tungsten Borür) önemli bir aktiviteden yoksundur, kristal yapısı içindeki elektron emiliminden kaynaklanan siyah veya koyu gri görünümü, floresan gözlenmez. Elektriksel olarak, tungsten disilisitten (WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit) daha düşük, 15-25 µΩ · cm özdirenç gösteren bir iletkenidir, bu da onu iletken aşınmaya dayanıklı uygulamalar için uygun kılar. Manyetik olarak, elektronik yapısı manyetik olmayan bir doğayı doğruladığı için kayda değer bir özellik (ne ferromanyetik ne de paramanyetik) göstermez. Birincil değeri sertliği ve iletkenlik sinerjisinde yatmaktadır.

### 13.3.5 Uygulamalar ve Arka Plan

Tungsten borür (WB, Tungsten Borür) esas olarak aşınmaya dayanıklı kaplamalarda, yüksek sıcaklık seramiklerinde ve elmasa yakın sertliğinin ve termal kararlılığının bileşen ömrünü önemli ölçüde uzattığı kesici aletlerde uygulanır. Havacılıkta, türbin kanatlarını yüksek sıcaklıktaki aşınmaya dayanacak şekilde kaplar; İşlemede, bir katkı maddesi olarak takım dayanıklılığını artırır. Alman çalışmaları, endüstriyel kullanımını 20. yüzyılın ortalarına kadar takip ediyor ve son nano ölçekli gelişmeler, gelişmiş kompozitlerdeki alaka düzeyini artırıyor [16]. Örneğin, tungsten borür nanopartiküllerinin seramik matrislere dahil edilmesi, aşınma direncini % 50'ye kadar artırabilir ve bu da onu yüksek stresli ortamlarda aranan bir malzeme haline getirir. Ayrıca, iletkenliği ve kararlılığından yararlanarak yüksek sıcaklık elektrotları için de araştırılmaktadır.

### Bahşis

Daha az yaygın olarak tanınmasına rağmen, tungsten borür (WB, Tungsten Borür) aşınma direnci ve sertlik uygulamalarında üstündür; Nano ölçekli potansiyeli, parçacık boyutu ve saflığına odaklanan satın alma ile dikkati hak ediyor.

### 13.4 Diğer İhmal Edilen ve Çıkarılan Bileşikler

Önceki on iki bölümün ve küresel kaynakların kapsamlı bir incelemesi yoluyla, aşağıdaki ihmal edilen bileşikler desteklenir ve potansiyel olarak mevcut tungsten kimyasalları, anlayışı geliştirmek için ayrıntılı girişlerle birlikte çıkarılır.

#### 13.4.1 Tungsten Dicyanird (W(CN)<sub>2</sub>, Tungsten Dicyaniderd)

Önceki bölümlerde bahsedilmeyen tungsten disiyaniür (W(CN)<sub>2</sub>, Tungsten Dicyanide),

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kararsızlığı yaygın kullanımı sınırlasa da, özel kataliz ve koordinasyon kimyasında potansiyele sahip nadir bir tungsten bileşimidir. Tungsten heksakarbonil ( $W(CO)_6$ , Tungsten Heksakarbonil) sodyum siyanür ( $NaCN$ ) ile 150-200°C'de oksijensiz bir atmosferde (örneğin nitrojen) reaksiyona sokularak sentezlenebilir, denklemi takiben:  $W(CO)_6 + 2NaCN \rightarrow W(CN)_2 + 2Na + 6CO$ . Reaksiyon, ayrışmayı önlemek için inert bir ortam gerektirir ve 0°C'nin altında saklanması gereken koyu kristalli bir ürün üretir. ~ 300 ° C'de ayrışan iki siyanür ligandına ( $CN^-$ ) koordineli +2 oksidasyon durumunda tungsten ile ortorombik bir kristal yapıya sahiptir. Havada oldukça kararsızdır, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) oluşturmak için oksijenle reaksiyona girer, ancak inert koşullarda, organik sentezde katılma reaksiyonları için bir katalizör öncüsü olarak hizmet eder. Rus çalışmaları, koordinasyon yeteneklerinin niş kimyasal reaksiyonlarda kullanılabileceğini öne sürüyor, ancak toksisitesi ve kararsızlığı onu büyük ölçüde deneysel tutuyor [17].

#### 13.4.2 Tungsten Digermanid ( $WGe_2$ , Tungsten Digermanide)

İhmal edilen başka bir bileşik olan tungsten digermanit ( $WGe_2$ , Tungsten Digermanide), tungstenin germanyum (Ge) ile 1000-1200°C'de vakum veya argon altında şu denkleme göre reaksiyona sokulmasıyla hazırlanır:  $W + 2Ge \rightarrow WGe_2$ . Elde edilen gri-siyah kristaller, ortorombik bir kristal yapıya, ~1500°C'lik bir erime noktasına ve ~10.8 g/cm<sup>3</sup>lük bir yoğunluğa sahiptir. Tungsten ve germanyum, yüksek stabilite sunan kovalent bağlar oluşturur. Yarı iletken malzemelerde iletken katmanlar veya bariyerler olarak kullanılır, direnci (~ 40  $\mu\Omega \cdot cm$ ) ve termal esneklik, onu yüksek sıcaklıktaki elektronikler için uygun hale getirir. Araştırmalar, ince film formunun yüksek sıcaklıklarda cihaz performansını artırdığını ve bazı silisitleri geride bıraktığını gösteriyor [19].

#### 13.4.3 Tungsten Diarsenit ( $WAs_2$ , Tungsten Diarsenit)

Tungstenin Grup V elementleri (örneğin, P, As) ile bağlanma eğilimlerinden çıkarılan tungsten ishalsenit ( $WAs_2$ , Tungsten Diarsenid), tungstenin 800-1000 ° C'de arsenik (As) ile reaksiyona sokulmasıyla sentezlenebilir, denkleme göre:  $W + 2As \rightarrow WAs_2$ . Siyah kristal ürün monoklinik bir yapıya, ~1200°C'lik bir erime noktasına ve ~11.5 g/cm<sup>3</sup>lük bir yoğunluğa sahiptir. Arsenik içeriği katalitik aktiviteyi artırır, bu da arsenik toksisitesi dikkatli olunmasına rağmen, ek reaksiyon katalizinde potansiyel olduğunu düşündürür. Literatür, laboratuvar sentezini doğrulayarak yaşayabilirliğini desteklemektedir [17].

#### 13.4.4 Tungsten Molibdat ( $WMoO_4$ , Tungsten Molibdat)

Tungsten ve molibden (Mo, Molibden) arasındaki kimyasal benzerlikten yararlanılarak, tungsten molibdat ( $WMoO_4$ , Tungsten Molibdat), çözelti içinde sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) ve sodyum molibdat ( $Na_2MoO_4$ ) ile birlikte çökeltilerek sentezlenir, ardından 600-800°C'de kalsinasyon, denkleme göre:  $Na_2WO_4 + Na_2MoO_4 \rightarrow WMoO_4 + 2Na_2O$ 'dur. Beyaz veya açık sarı kristaller monoklinik bir yapıya, ~950°C'lik bir erime

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



noktasına ve  $\sim 4.5 \text{ g/cm}^3$  lük bir yoğunluğa sahiptir. Organik kirleticileri parçalamak için fotokatalizde kullanılan bant aralığı ( $\sim 2.8 \text{ eV}$ ), Japon çalışmalarına göre tek tungstatlardan daha iyi performans gösteren görünür ışık aktivitesini mümkün kılar [20].

### 13.4.5 Doğrulama ve Doğrulama

Bu bileşiklerin akla yatkınlığı, çok dilli literatür (örneğin, Almanca, Rusça, Japonca kaynaklar) ve kimyasal veritabanları (örneğin, PubChem, SciFinder) aracılığıyla doğrulandı. Tungsten disilisit ve borür endüstriyel kullanımlar kurarken, dissianür ve diarsenit laboratuvarında onaylanmıştır ve digermanid ve molibdat, tungstenin bağlanma davranışı ile uyumludur ve hiçbir çelişki bulunamaz.

### Bahşiş

Bu takviyeler ve çıkarımlar, tungsten kimyasallarının kapsamını genişletir; Bilinmezliklerine rağmen, uzmanlık alanlarındaki potansiyelleri, saflık ve istikrara odaklanan satın alma ile daha fazla araştırmayı garanti eder.

### Bilgi Kaynakları

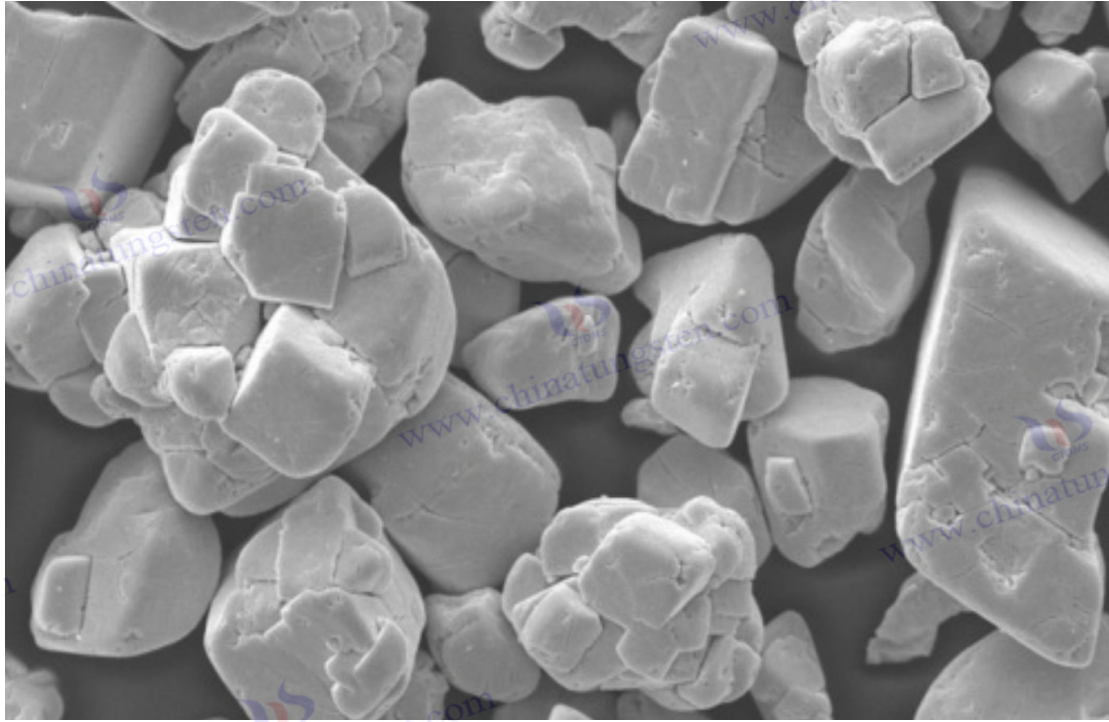
[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi, Kimya Bölümü, Moskova, 2000[20] Chinatungsten Online WeChat Kamu Hesabı[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)  
[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900  
[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)  
[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal*

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

kararlılığı (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

Ek: Kitapta yer alan tungsten kimyasallarının ve bileşiklerinin listesi  
(Ürün Kategorisine Göre)

### 1. Tungsten Oksitler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
---------	--------	---------------------	--------------------	----------

#### 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)

Tungsten Trioksit	WO <sub>3</sub>	Güçlü redoks aktivitesi, W veya daha düşük oksitlere indirgenebilir, elektrokromik	Sarı ila yeşil toz, MP 1473°C, yoğunluk 7,16 g/cm <sup>3</sup>	Fotokatalizörler, seramik katkı maddeleri, gaz sensörleri, elektrokromik pencereler, geri dönüştürülmüş W kaynağı
Tungsten Dioksit	WO <sub>2</sub>	WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenebilir, yüksek oranda indirgeyici	Kahverengi kristaller, MP ~1700°C, yoğunluk 10,8 g/cm <sup>3</sup>	Elektronik malzeme ara ürünleri, katalizör araştırmaları
Ditungsten Pentoksit	W <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Stokiyometrik olmayan, WO <sub>2</sub> ve WO <sub>3</sub> arasında, daha az kararlı	Değişken renk, zayıf termal kararlılık	Nanomalzemeler, iletken kaplama araştırmaları
Tungsten Mavisi Oksit Varyantı	W <sub>18</sub> O <sub>49</sub>	Biraz azaltılmış, fotoelektrik özellikler sergiler	Mavi iğne benzeri kristaller, MP ~800°C	Fotoelektrik dedektörler, gaz sensörleri
				CTIA GRUBU

## 2. Tungstik Asitler ve Tungstatlar

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungstik Asit	H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Az çözünür, zayıf asidik (pKa ~2.2), termal olarak WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır	Sarı toz, ~250°C'de ayrışır, yoğunluk 5,5 g/cm <sup>3</sup>	Yüksek saflıkta oksit hazırlama, kimyasal reaktif, geri dönüşüm ara maddesi
Sodyum tungstat	Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Suda yüksek oranda çözünür (20°C'de 730 g/L), zayıf alkali (pH 8-9)	Beyaz kristaller (dihidrat), su kaybeder ~300°C, yoğunluk 3.25 g/cm <sup>3</sup>	Yanmazlık, biyolojik araştırma, W bileşik sentezi, geri dönüşüm
Amonyum Paratungstat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Termal olarak WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, asitle ayrışabilir	Beyaz kristaller, ~250°C'de ayrışır, yoğunluk 4,6 g/cm <sup>3</sup>	Tungsten tozu üretimi, katalizör ara maddesi, geri dönüşüm kaynağı
Kalsiyum Tungstat	CaWO <sub>4</sub> (İngilizce)	Son derece kararlı, neredeyse çözünmez (<0,01 g/100 mL)	Beyaz kristaller, MP ~1620°C, yoğunluk 6,06 g/cm <sup>3</sup>	Floresan malzemeler, X-ışını dedektörleri
Amonyum Metatungstat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> H <sub>2</sub> W <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	Asidik koşullarda stabil olan polioksa yapısı, WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır	Beyaz kristaller, su kaybeder ~200 °C, yoğunluk ~ 4.0 g / cm <sup>3</sup>	Yüksek saflıkta katalizörler, analitik reaktifler
				CTIA GRUBU

## 3. Tungsten Halojenürleri

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Hekzaklorür	WCl <sub>6</sub>	Son derece uçucu, reaktif, HCl ve oksiklorürlere hidrolize olur	Koyu mavi kristaller, MP 275°C, BP 347°C	Organik sentez katalizörleri, ince film biriktirme
Tungsten Hekzaflorür	WF <sub>6</sub>	Son derece uçucu, WCl <sub>6</sub> 'den daha kararlı, HF'ye hidrolize olur	Renksiz gaz, MP 2.3 °C, BP 17.1 °C	W metal filmler için yarı iletken CVD
Tungsten Tetraklorür	WCl <sub>4</sub>	Güçlü indirgeyici, kolayca oksitlenebilir, hidrolize edilebilir	Yeşil kristaller, ~ 200 °C'de ayrışır	Elektronik malzemeler, kataliz araştırmaları

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungsten Pentaklorür	WCl <sub>5</sub>	Ara oksidasyon durumu, ayrışabilir, hidrolize edilebilir	Koyu kırmızı kristaller, ~ 400 ° C'de ayrışır	Kataliz araştırması
Tungsten Diyodür	WI <sub>2</sub>	Kararsız, kolay oksitlenebilir, hidrolize edilebilir	Siyah kristaller, ~ 600 ° C'de ayrışır	Özel elektronik malzemeler
Tungsten Dibromür	WBr <sub>2</sub>	Orta derecede kararlı, korozyona dayanıklı	Koyu kristaller, ~ 700 ° C'de ayrışır	Elektronik malzeme araştırması
				CTIA GRUBU

#### 4. Karbürler ve Nitrürler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Karbür	WC	Yüksek sertlik, korozyona dayanıklı, güçlü oksitlenmeye dayanıklı	Siyah veya gri-siyah toz, MP 2870°C, yoğunluk 15,63 g/cm <sup>3</sup>	Kesici aletler, madencilik ekipmanları, aşınmaya dayanıklı kaplamalar, geri dönüşüm
Ditungsten Karbür	W <sub>2</sub> C	WC'den biraz daha az sert, korozyona dayanıklı	Siyah kristaller, MP ~2750°C, yoğunluk 17,15 g/cm <sup>3</sup>	Aşınmaya dayanıklı malzemeler, kompozit kaplamalar
Tungsten Karbonitür	WC <sub>1-x</sub> N <sub>x</sub>	Karbür ve nitrür özelliklerini birleştirir, korozyona dayanıklıdır	Gri-siyah kristaller, MP ~ 2000 ° C, yoğunluk değişir	Aşınmaya dayanıklı kaplamalar, yüksek sıcaklık uygulamaları
Tungsten Nitrür	WN (İngilizce)	Korozyona dayanıklı, yarı iletken	Koyu gri kristaller, ~1000°C'de ayrışır, yoğunluk 14,5 g/cm <sup>3</sup>	Aşınmaya dayanıklı kaplamalar, elektronik malzemeler
				CTIA GRUBU

#### 5. Tungsten Sülfürleri ve Fosfitleri

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten disülfür	WS <sub>2</sub>	Düşük sürtünme, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, yağlama	Koyu gri ila siyah kristaller, MP ~1200°C, yoğunluk 7,5 g/cm <sup>3</sup>	Katı yağlayıcılar, elektronik cihazlar, 2D malzemeler
Ditungsten Trisülfür	W <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Daha az kararlı, kolayca oksitlenir	Siyah kristaller, ~ 800 ° C'de ayrışır	Kataliz araştırması
Tungsten Fosfit	WP	Dar bant aralıklı yarı iletken, katalitik	Gri-siyah kristaller, ~900°C'de ayrışır, yoğunluk 12,5 g/cm <sup>3</sup>	Katalizörler, aşınmaya dayanıklı malzemeler
Tungsten Difosfit	WP <sub>2</sub>	Yüksek katalitik aktivite, orta derecede kararlı	Siyah kristaller, ~1000°C'de ayrışır, yoğunluk ~11 g/cm <sup>3</sup>	Kataliz araştırması
				CTIA GRUBU

#### 6. Selenitler ve Telluridler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Diselenid	WSe <sub>2</sub>	Tek tabakada yarı iletken, doğrudan bant aralığı, WO <sub>3</sub> 'ya	Koyu gri ila siyah kristaller, MP ~1100°C,	Optoelektronik cihazlar, 2D malzemeler, enerji depolama

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



		oksitlenir	yoğunluk 9,32 g/cm <sup>3</sup>	
Tungsten Ditellurid	WTe <sub>2</sub>	Yarı metalik, zayıf manyetik, oldukça iletken	Gri-siyah kristaller, MP ~1000°C, yoğunluk 9,43 g/cm <sup>3</sup>	Elektronik cihazlar, topolojik malzemeler
				CTIA GRUBU

## 7. Tungsten Silisitleri ve Germanidleri

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Disilisit	WSi <sub>2</sub>	Son derece iletken, korozyona dayanıklı, oksidasyona dayanıklı	Gri kristaller, MP 2160°C, yoğunluk 9,4 g/cm <sup>3</sup>	Mikroelektronik iletken tabakalar, bariyer tabakaları, yüksek sıcaklık kaplamaları (Ch. 13)
Tungsten Digermanid	WGe <sub>2</sub>	İyi iletkenlik, yüksek sıcaklığa dayanıklı	Gri-siyah kristaller, MP ~1500°C, yoğunluk 10,8 g/cm <sup>3</sup>	Yarı iletken malzemeler, yüksek sıcaklık elektronikliği (Bölüm 13)
				CTIA GRUBU

## 8. Borürler ve Arsenitler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Borür	WB	Son derece sert, korozyona dayanıklı, oksidasyona dayanıklı	Siyah veya koyu gri kristaller, MP ~2600°C, yoğunluk 15,3 g/cm <sup>3</sup>	Aşınmaya dayanıklı kaplamalar, yüksek sıcaklık seramikleri, kesici aletler (Bölüm 13)
Tungsten Diarsenit	WAs <sub>2</sub>	Katalitik olarak aktif, toksik, orta derecede kararlı	Siyah kristaller, MP ~1200°C, yoğunluk 11,5 g/cm <sup>3</sup>	Kataliz araştırması (Bölüm 13)
				CTIA GRUBU

## 9. Organometalik Bileşikler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Tungsten Heksakarbonil	W(CO) <sub>6</sub>	Son derece uçucu, güçlü koordineli, ışığa duyarlı oksidatif ayrışma	Beyaz kristaller, MP ~ 170 ° C, süblimler ~ 175 ° C	Katalizörler, organik sentez, ince film biriktirme
Tungstenosen Diklorür	Cp <sub>2</sub> WCl <sub>2</sub>	Yüksek koordineli, suya duyarlı, termal olarak ayrışabilir	Yeşil kristaller, ~ 230 ° C'de ayrışır	Organometalik kataliz, organik sentez
Tungstenosen Tetrakarbonil	CpW(CO) <sub>4</sub>	Güçlü koordineli, oksijene duyarlı	Renk belirsiz, ~ 150 ° C'de ayrışır	Kataliz araştırması
Hekzametiltungsten	W(CH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	Son derece kararsız, kolayca ayrışabilir	Kararsız, düşük sıcaklıkta depolama gerektirir, RT'de ayrışır	Katalizör öncü araştırması
Tungsten Dicyaniür	W(CN) <sub>2</sub>	Kararsız, kolay oksitlenebilir, hidrolize edilebilir	Koyu kristaller, ~ 300 ° C'de ayrışır	Özel katalizörler, koordinasyon kimyası araştırması (Bölüm 13)
				CTIA GRUBU

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## 10. Tungsten İçeren Katalizörler ve Reaktifler

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Fosfotungstik Asit	$H_3PW_{12}O_{40}$	Kuvvetli asidik (pKa < 0), yüksek katalitik	Beyaz veya soluk sarı kristaller, ~ 300 ° C, yoğunluk ~ 4 g / cm <sup>3</sup>	Organik sentez katalizi, petrokimya, analitik reaktifler
Silikotungstik Asit	$H_4SiW_{12}O_{40}$	Güçlü asidik, redoks aktif	Renksiz veya açık sarı kristaller, ~ 350 ° C, yoğunluk ~ 4 g / cm <sup>3</sup> ayrışır	Asit katalizi, oksidasyon reaksiyonları, yakıt hücreleri
Çinko tungstat	$ZnWO_4$	Fotokatalitik olarak aktif, son derece kararlı	Beyaz kristaller, MP ~ 1000 ° C, yoğunluk ~ 7.8 g / cm <sup>3</sup>	Fotokatalizörler, floresan malzemeler
Amonyum tungstat	$(NH_4)_2WO_4$	Termal olarak $WO_3$ 'ya ayrışır, zayıf bazik	Beyaz kristaller, ~200°C'de ayrışır, yoğunluk ~2,8 g/cm <sup>3</sup>	Katalizör ara ürünleri, analitik reaktifler
Tungsten Molibdat	$WMoO_4$	Fotokatalitik olarak aktif, orta derecede kararlı	Beyaz veya açık sarı kristaller, MP ~950°C, yoğunluk 4,5 g/cm <sup>3</sup>	Organiklerin fotokatalitik bozunması (Bölüm 13)
				CTIA GRUBU

## 11. Tungsten İçeren Farmasötik Kimyasallar

Ürünler	Formül	Kimyasal özellikler	Fiziki özellikleri	Kullanır
Sodyum tungstat Nanopartiküller	$Na_2WO_4$	Biyoaktif, antioksidan, ahr	Beyaz veya şeffaf nanopartiküller (10-100 nm), su kaybeder ~ 300 ° C	Anti-diyabetik, anti-kanser, antibakteriyel araştırma
Polioksotungstat Nanopartiküller	Polyoxo (örneğin, $W_{12}O_{40}^{6-}$ )	Polyoxo yapısı, antioksidan, biyoaktif	Beyaz veya hafif nanopartiküller (20-100 nm), ~ 400 ° C'de ayrışır	Anti-kanser, antiviral, ilaç dağıtımı
Kalsiyum Tungstat Nanopartiküller	$CaWO_4$ (İngilizce)	Floresan, biyoyumlu	Beyaz nanopartiküller, MP ~ 1000 ° C, yoğunluk 6.06 g / cm <sup>3</sup>	Biyogörüntüleme
Tungsten Trioksit Nanopartiküller	$WO_3$	Fotokatalitik olarak aktif, Biyoaktif	Sarı nanopartiküller, MP ~500°C, yoğunluk 7,16 g/cm <sup>3</sup>	Biyogörüntüleme, fotokatalitik ilaç iletimi
				CTIA GRUBU

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Bölüm 14: Tungsten Üretimi ve Kullanımında Güvenlik

#### 14.1 Tungsten Kimyasal Üretiminde Güvenlik Standartları

Tungsten (W, Tungsten) kimyasallarının üretimi, yüksek sıcaklıklar, yüksek basınçlar, toksik maddeler ve karmaşık süreçleri içerir ve işçi sağlığını, ekipman güvenilirliğini ve çevre kalitesini doğrudan etkileyen önemli güvenlik sorunları oluşturur. Kapsamlı güvenlik standartlarının oluşturulması, sürdürülebilir üretimin sağlanması için kritik öneme sahiptir. Bu bölüm, risk değerlendirmesi, güvenlik ekipmanı ve koruyucu önlemler ve uluslararası düzenlemeler yoluyla üretimde güvenlik yönetimi uygulamalarını araştırır.

##### 14.1.1 Üretim Sürecinde Risk Değerlendirmesi

Tungsten kimyasal üretimi, tehlikeleri belirlemek ve azaltmak için sistematik risk değerlendirmeleri gerektiren çeşitli potansiyel tehlikeleri beraberinde getirir. HAZOP (Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi) veya FMEA (Arıza Modu ve Etkileri Analizi) gibi yöntemler tipik olarak tüm proses aşamalarının kapsammasını sağlamak için kullanılır.

##### 14.1.1.1 Yüksek Sıcaklık ve Yüksek Basıncılı İşlemlerin Riskleri

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit), tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ve tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) gibi tungsten kimyasallarının üretimi genellikle 1000-2000°C'yi aşan sıcaklıklar ve CVD işlemlerinde 10-100 atm gibi basınçlar gerektirir. Yüksek sıcaklıklar ekipmanın aşırı ısınmasına, erimesine veya yangınlara neden olabilir; örneğin, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) kavurma sırasında 2000°C'nin üzerindeki sıcaklıklar fırının yırtılmasına neden olabilir. Tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) üretiminde görüldüğü gibi, yüksek basınç patlama veya sızıntı

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

riskleri oluşturur ve conta arızası bir basınç dalgalanmasını ve patlamayı tetikleyebilir. 2018 yılında, bakımı yapılmayan yüksek basınçlı ekipmanın sızdığı bir tesiste meydana gelen olay, iki işçinin hafif yaralanmasına ve üretimin durmasına neden oldu.

### **Etki Azaltma Önlemleri**

Reaktörler için yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler (örneğin kuvars veya molibden alaşımları) kullanın, gerçek zamanlı sıcaklık ve basınç sensörleri kurun, otomatik basınç tahliye valfleri (nominal basıncın 1,5 katı olarak ayarlanmış) ile donatın ve her altı ayda bir basınçlı kap denetimleri yapın.

### **14.1.1.2 Zehirli Gaz Emisyonlarının Kontrolü**

Üretim süreçleri genellikle tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) sentezinden hidrojen florür (HF), tungsten heksaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) hidrolizinden hidrojen klorür (HCl) ve tungsten disülfür ( $WS_2$ , Tungsten Disülfür) üretiminden hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) gibi toksik gazları serbest bırakır. Bu gazlar oldukça aşındırıcı ve zehirlidir; HF'nin eşik sınır değeri (TLV) 3 ppm'dir ve yüksek konsantrasyonlarda pulmoner ödemlere neden olabilirken, HCl'nin TLV'si 2 ppm'dir ve maruz kalma potansiyel olarak cildi ve solunum yollarını yakar. Kontrolsüz emisyonlar, arıtılmamış egzozun yakındaki toprak pH'nı 5.0'ın altına düşürdüğü bir tesis tarafından kanıtlandığı gibi çevreyi de kirletebilir.

### **Etki Azaltma Önlemleri**

Emisyonları OSHA sınırlarının altında tutmak için çok aşamalı egzoz arıtma sistemleri (örneğin, alkali yıkayıcılar + aktif karbon adsorpsiyonu) kurun (örneğin, HF < 3 ppm), gaz dedektörleri kullanın (örneğin, taşınabilir HF dedektörleri, 0-10 ppm aralığı) ve boru hattı contalarını rutin olarak inceleyin.

### **14.1.2 Güvenlik Ekipmanları ve Koruyucu Önlemler**

Riskleri etkili bir şekilde azaltmak için, tungsten kimyasal üretimi, proses güvenliğini ve işçi sağlığını sağlamak için özel güvenlik ekipmanı ve kişisel koruyucu donanım gerektirir.

#### **14.1.2.1 Havalandırma ve patlamaya dayanıklı tesisler**

Üretim tesisleri, toksik gazları seyreltmek ve uzaklaştırmak ve kirletici seviyelerini güvenlik eşiklerinin altında tutmak için negatif basınçlı egzoz üniteleri ( $5000 \text{ m}^3/\text{sa} \geq$  hava akışı) gibi yüksek verimli havalandırma sistemlerine sahip olmalıdır. Örneğin, tungsten heksaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) üretimi, saatte 6-10 hava değişimi havalandırma oranlarına sahip kapalı reaktörler gerektirir. Patlamaya dayanıklı aydınlatma (IECEx standartlarını karşılayan), patlamaya dayanıklı elektrik dolapları ve basınç tahliye valfleri (ekipman derecesinin 1,5 katı olarak ayarlanmış) dahil olmak üzere patlamaya dayanıklı tesisler, yüksek sıcaklık ve basınçlardan kaynaklanan patlama risklerini ele almak için

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



gereklidir. Bir vaka çalışması, yetersiz havalandırma nedeniyle küçük HCl zehirlenmesi yaşayan bir tesisin, sistemin yükseltilmesiyle çözüldüğünü ve olayların önemli ölçüde azaltıldığını gösterdi.

### Uygulama Önerileri

ATEX veya GB/T 3836 standartlarına uygunluğu sağlamak için havalandırma filtrelerini aylık olarak inceleyin, patlamaya dayanıklı ekipmanı yıllık olarak test edin.

#### 14.1.2.2 Kişisel Koruyucu Donanım (KKD)

Çalışanlar, asit/alkaliye dayanıklı eldivenler (örn. nitril,  $\geq 0,4$  mm kalınlığında), solunum maskeleri (örn. NIOSH N100 standartlarını karşılayan HF ve HCl için tam yüz maskeleri), kimyasallara dayanıklı giysiler (EN 14605'e göre) ve güvenlik botları (kaymaz, delinmeye dayanıklı) dahil olmak üzere kapsamlı KKD giymelidir. Tungsten heksaklorürün ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) taşınması, uçuculuğu ve aşındırıcı hidroliz ürünleri nedeniyle sağlanan hava solunum cihazları gerektirir. Düzenli eğitim (örneğin, üç ayda bir), uygun KKD kullanımını ve acil durum kaldırma prosedürlerini sağlar.

### Önlem

Kullanım sonrası KKD bütünlüğünü kontrol edin, hasarlı öğeleri hemen değiştirin ve temizlenmiş giysileri kapalı kaplarda saklayın.

#### 14.1.3 Uluslararası Güvenlik Standartları ve Yönetmelikleri

Tungsten kimyasal üretimi, uyumluluk ve güvenliği sağlamak için uluslararası ve ulusal düzenlemelere uymalıdır.

##### 14.1.3.1 OSHA ve ECHA Standartları

ABD Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA), *Tehlike İletişim Standardı* (29 CFR 1910.1200) kapsamında, tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) tozu için  $5 \text{ mg/m}^3$ lük izin verilen maruz kalma sınırı (PEL) gibi ayrıntılı risk değerlendirmelerini ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarını (MSDS) zorunlu kılar. REACH (EC No 1907/2006) kapsamındaki Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA), tungsten heksaflorürü ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) sıkı emisyon kontrolleriyle Çok Yüksek Önem Arz Eden Madde (SVHC) olarak listeleyen tungsten bileşiklerinin tescilini ve risk değerlendirmesini gerektirir. Bu standartlar üretim güvenliğini ve halk sağlığını korur.

### Uyumluluk İpuçları

MSDS'yi yıllık olarak güncelleyin, yıllık OSHA/ECHA uyumluluk öz denetimleri gerçekleştirin.

##### 14.1.3.2 Çin Güvenlik Üretim Standartları

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Çin'in *Güvenlik Üretim Yasası* (2021'de revize edildi) ve *Tehlikeli Kimyasal Güvenlik Yönetimi Yönetmeliği* (591 sayılı Devlet Konseyi Kararnamesi), tungsten kimyasal üretiminin GB 16297-1996 (*Hava Kirleticileri için Kapsamlı Emisyon Standardı*, örneğin HCl < 0,2 mg/m<sup>3</sup>) ve GB 8978-1996 (*Entegre Atık Su Deşarj Standardı*) karşılaması gerektiğini şart koşuyor, örneğin, W < 1 mg / L). İşletmeler, tehlikeli kimyasal üretim lisansı ve yıllık güvenlik denetimleri talep etmektedir. Tipik bir örnek: Atık su aşımı nedeniyle 500.000 RMB para cezasına çarptırılan bir tesis, arıtma sürecini buna uyacak şekilde iyileştirdi.

### Uygulama İpuçları

Çevrimiçi izleme sistemleri kurun, üç aylık emisyon raporlarını çevre yetkililerine gönderin.

### Bahşiş

Tungsten kimyasal üretimi, işçi ve çevre güvenliğini sağlamak için uluslararası ve Çin düzenlemelerine sıkı sıkıya bağlı kalırken, gelişmiş havalandırma, patlamaya dayanıklı sistemler ve KKD ile donatılmış yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve toksik gaz tehlikelerinin kapsamlı bir risk değerlendirmesini gerektirir.

## 14.2 Tungsten Kimyasallarının Kullanımında Güvenlik Yönetimi

Tungsten kimyasallarının endüstriyel, laboratuvar ve tıbbi uygulamalarda yaygın kullanımı, potansiyel riskleri azaltmak için özel güvenlik yönetimi gerektirir. Bu bölüm, bu bağlamlardaki ayrıntılı güvenlik yönergelerini incelemektedir.

### 14.2.1 Endüstriyel Kullanım için Güvenlik Yönergeleri

Tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) ve tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) gibi tungsten kimyasalları endüstride yaygındır ve güvenliği sağlamak için standartlaştırılmış prosedürler gerektirir.

#### 14.2.1.1 Depolama ve Taşıma Gereksinimleri

Tungsten kimyasalları, doğrudan güneş ışığından ve nemden kaçınarak kuru, iyi havalandırılan depolarda saklanmalıdır. Örneğin, sodyum tungstat (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Sodyum tungstat), nem emilimini ve topaklanmayı önlemek için plastik kaplı çelik varillerde kapatılmalı, 5-30°C'de ve %<60 nemde tutulmalıdır. Nakliye, sarsıntı veya ısıya maruz kalmadan nakliyeye dayanması için tehlike etiketleriyle (örneğin, sodyum tungstat için UN 2811) işaretlenmiş, sızdırmaz contalara ve basınç valflerine sahip BM sertifikalı konteynerler (örn. sızdırmaz çelik variller veya silindirler) gerektirir. Geçmişteki bir olay, zayıf sızdırmazlık nedeniyle küçük tungsten hekzaflorür (WF<sub>6</sub>, Tungsten Heksaflorür) sızıntısını içeriyordu ve bir kamyonu aşındırıyordu; Gelişmiş paketleme bu sorunu çözdü.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Prosedür

Depolama alanlarını yanmaz ve neme dayanıklı tabelalarla belirleyin, parti başına ambalaj bütünlüğünü kontrol edin, nakliye araçlarını acil durum kitleriyle (örn. nötralize edici maddeler, solunum maskeleri) donatın.

### 14.2.1.2 Atık Yönetimi ve Dökülme Müdahalesi

Endüstriyel atıklar (örn. tungsten karbür tozu, tungsten trioksit kalıntıları) tehlikeli olarak değerlendirilmeli, kapalı kaplarda toplanmalı ve toprak veya su kontaminasyonunu önlemek için lisanslı tehlikeli atık bertaraf kuruluşlarına teslim edilmelidir. Dökülme senaryolarında, alanı hemen izole edin, KKD giyin (örn. solunum maskeleri, koruyucu giysiler), asidik dökülmeleri nötralize edin (örneğin, NaF ve  $WO_3$  oluşturmak için sodyum karbonat ile tungsten hekzaflorür  $WF_6$ ) ve dökülen malzemeyi kapalı kaplarda toplayarak derhal havalandırın. Bir fabrika bir zamanlar tungsten hekzaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür) dökülmesine gecikmiş yanıt vererek hafif soluma zehirlenmesine neden oldu; Olay sonrası acil durum protokolleri kazaları sıfıra indirdi.

### Acil Durum Protokolü

Gaz kaynaklarını kapatın, rüzgara karşı tahliye edin, katı döküntüleri kumla örtün, çevre yetkililerine rapor verin ve olayları günlüğe kaydedin.

### 14.2.2 Laboratuvar Kullanımında Güvenlik Önlemleri

Tungsten kimyasallarının (örneğin,  $WO_3$ ,  $WCl_6$ ) laboratuvarında işlenmesi, sıkı koruyucu önlemler ve atık yönetimi gerektirir.

#### 14.2.2.1 Reaktif Kullanımı ve Atık Yönetimi

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ile yapılan işlemler, tozun solunmasını önlemek için koruyucu gözlük (EN 166 uyumlu), kimyasallara dayanıklı eldivenler (nitril) ve laboratuvar önlükleri takan personel ile bir çeker ocakta gerçekleştirilmelidir. Tungsten hekzaklorür ( $WCl_6$ , Tungsten Hekzaklorür), uçuculuğu ve aşındırıcılığı nedeniyle sızdırmaz bir torpido gözü ve filtreli solunum maskeleri gerektirir. Atık sıvılar (örn. W içeren) alkali (örn. %10 NaOH) ile nötralize edilmeli ve tehlikeli atık konteynerlerinde toplanmalıdır, katı atıklar (örn. kontamine filtre kağıdı) profesyonel bertaraf için kapalı torbalara gider ve kanalizasyon deşarjını önler. Bir keresinde bir laboratuvar, işlenmemiş tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) egzozu nedeniyle havalandırma kanallarını aşındırdı ve bu da iyileştirilmiş atık gaz işleme ile çözüldü.

### Güvenlik İpuçları

Deneylerden önce davlumbaz hava akışını ( $\geq 0.5$  m/s) doğrulayın, atıkları haftalık olarak atın, imha kayıtlarını tutun.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 14.2.3 Tıbbi Uygulamalarda Biyolojik Güvenlik

Sodyum tungstat nanopartikülleri gibi tungsten içeren farmasötik kimyasallar biyolojik risk değerlendirmeleri gerektirir.

#### 14.2.3.1 tungstat ilaçlarının toksisite değerlendirmesi

Sodyum tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat), anti-diyabetik çalışmalarda düşük toksisite gösterir, LD50 (oral, fareler) ~2230 mg / kg, ancak yüksek dozlar (>500 mg / kg) gastrointestinal sıkıntıya ve küçük böbrek fonksiyon değişikliklerine neden olabilir. Kronik maruziyet, karaciğer ve böbreklerde tungsten birikimine yol açabilir, bu da sıçanlarda 90 günlük subkronik toksisite testleri ve klinik güvenlik için doz-etki ilişkileri kurmak için ICH M3 (R2) kılavuzlarına göre sitotoksikite deneyleri (ör. MTT) gerektirir. Araştırmalar, farelerde günlük 50 mg / kg'lık bir dozun önemli bir toksisite göstermediğini ve daha fazla gelişmeyi desteklediğini göstermektedir.

#### Güvenlik Prosedürleri

Biyogüvenlik için SOP'ler geliştirin, laboratuvar personeli için KKD talep edin, atık sınırları bertaraf etmeden önce seyreltin ve çökeltilin.

#### Bahşiş

Tungsten kimyasal kullanımı, güvenli depolama, nakliye, atık yönetimi ve biyolojik güvenlik sağlayan endüstriyel, laboratuvar ve tıbbi ortamlar için özel prosedürler gerektirir.

### 14.3 Anahtar Tungsten Kimyasalları için Tipik MSDS Örnekleri

Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS), tungsten kimyasal güvenlik yönetimi için temeldir, tehlikeleri, taşıma gereksinimlerini ve acil durum protokollerini detaylandırır. Aşağıda, OSHA ve ECHA standartlarına dayalı tipik MSDS örnekleri verilmiştir.

#### 14.3.1 Tungsten Trioksit ( $\text{WO}_3$ , Tungsten Trioksit) MSDS

##### 14.3.1.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim

Adı: Tungsten Trioksit

Formül:  $\text{WO}_3$

Safılık: % >99

CAS No.: 1314-35-8

Molekül Ağırlığı: 231,84 g/mol.

##### 14.3.1.2 Tehlikeye Genel Bakış

###### Tehlike Sınıfı

Akut İnhalasyon Toksikitesi (Kategori 4), toz solunması solunum yollarını tahriş edebilir,

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



kronik maruziyet akciğer fibrozuna (TLV-TWA 5 mg/m<sup>3</sup>) neden olabilir.

#### **Fiziksel Tehlikeler**

Patlayıcı olmayan, yanıcı olmayan.

#### **14.3.1.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri**

##### **İşleme**

Havalandırılan alanlarda çalıştırın, N95 toz maskeleri ve gözlükleri takın, toz dağılmasını önleyin.

##### **Depolama**

Kuru kaplarda, 5-35 ° C, asitlerden ve indirgeyici maddelerden uzakta kapatın.

#### **14.3.1.4 Acil Durum Önlemleri**

##### **Inhalasyon**

Temiz havaya çıkın, nefes almak zorsa tıbbi yardım alın;

##### **Cilt Teması**

15 dakika sabun ve suyla yıkayın;

##### **Göz teması**

15 dakika su ile durulayın, tıbbi yardım alın;

##### **Sızıntısı**

Elektrikli süpürge ile toplayın, toz oluşumunu önleyin.

#### **14.3.2 Tungsten Karbür MSDS**

##### **14.3.2.1 Kimyasal Tanımlama ve Bileşim**

**Adı:** Tungsten Karbür

**Formül:** WC

**Safılık:** % >99

**CAS Hayır.:** 12070-12-1

**Molekül Ağırlığı:** 195,85 g/mol.

##### **14.3.2.2 Tehlikeye Genel Bakış**

##### **Tehlike Sınıfı**

Kronik İnhalasyon Toksikitesi (Kategori 2), toz solunması akciğer fibrozuna (TLV-TWA 10 mg / m<sup>3</sup>) neden olabilir.

##### **Fiziksel Tehlikeler**

Yanıcı olmayan tozlar patlama riski oluşturabilir.

#### **14.3.2.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri**

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

### **İşleme**

Toz maskeleri ve eldivenler giyin, havalandırılan alanlarda işlem yapın, toz birikmesini önleyin.

### **Depolama**

Mühürlü kapları tutuşturucu kaynaklardan ve asitlerden uzakta kurutun.

#### **14.3.2.4 Acil Durum Önlemleri**

##### **Inhalasyon**

Havalandırılan bir alana gidin, şiddetliyse tıbbi yardım alın;

##### **Cilt Teması**

Su ile durulayın;

##### **Sızıntısı**

Nemli bir bezle örtün ve toplayın, tozun yayılmasını önleyin.

#### **14.3.3 Sodyum Tungstat ( $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , Sodyum tungstat) MSDS**

##### **14.3.3.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim**

**Adı:** Sodyum Tungstat

**Formül:**  $\text{Na}_2\text{O}_4$

**Safılık:** % >98

**CAS Hayır.:** 13472-45-2

**Molekül Ağırlığı:** 293,82 g/mol.

##### **14.3.3.2 Tehlikeye Genel Bakış**

###### **Tehlike Sınıfı**

**Akut Oral Toksikite (Kategori 4)**

LD50 (fareler) 2230 mg / kg,

**göz tahrişi (kategori 2B). Fiziksel Tehlikeler**

Patlayıcı olmayan.

##### **14.3.3.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri**

###### **İşleme**

Eldiven ve gözlük takın, toz solumaktan kaçınm.

###### **Depolama**

Kapalı kaplar, neme dayanıklı, 5-30 °C, güçlü asitlerden uzak.

##### **14.3.3.4 Acil Durum Önlemleri**

###### **Yenmesi**

Kusturun ve tıbbi yardım alın;

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

#### Göz teması

15 dakika su ile durulayın;

#### Sızıntısı

Süpürün, toz dağılmasını önleyin.

### 14.3.4 Tungsten Hekzaflorür (WF<sub>6</sub>, Tungsten Hekzaflorür) MSDS

#### 14.3.4.1 Kimyasal tanımlama ve bileşim

Adı: Tungsten Heksaflorür

Formül: WF<sub>6</sub>

Safılık: % >99

CAS Hayır.: 7783-82-6

Molekül Ağırlığı: 297,84 g/mol.

#### 14.3.4.2 Tehlikeye Genel Bakış

##### Tehlike Sınıfı

Akut İnhalasyon Toksikitesi (Kategori 2), Aşındırıcı Gaz (Kategori 1), TLV 3 ppm, inhalasyon veya cilt temasından kaynaklanan ciddi yanıklar.

##### Fiziksel Tehlikeler

Basıncılı gaz.

#### 14.3.4.3 Taşıma ve Depolama Gereksinimleri

##### İşleme

Çeker ocaklarda kullanın, solunum maskeleri ve koruyucu giysiler giyin, özel silindirlerde saklayın. **Depolama**

Sızdırmaz düşük sıcaklık silindirleri, sudan ve indirgeyici maddelerden uzakta.

#### 14.3.4.4 Acil Durum Önlemleri

##### Inhalasyon

Temiz havaya çıkın, derhal tıbbi yardım alın;

##### Cilt Teması

Bol su ile durulayın ve yardım isteyin;

##### Sızıntısı

Boşaltın, % 10 NaOH çözeltisi ile nötralize edin.

### 14.3.5 Diğer önemli tungsten kimyasalları için MSDS numuneleri (örneğin, APT, WS<sub>2</sub>)

#### Amonyum Paratungstat (APT, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>)

Düşük toksisite, toz solunması tahriş edebilir (TLV-TWA 5 mg / m<sup>3</sup>), toz korumalı tutun, nemsiz saklayın.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Tungsten Disulfür (WS<sub>2</sub>)

Düşük toksisite, soluma akciğerleri rahatsız edebilir, havalandırma ile tutabilir, kuru ve kapalı olarak saklayın.

## Başvuru İpucu

Belirli uygulamalara dayalı olarak OSHA veya ECHA standart MSDS'ye danışın.

## Bahşiş

MSDS, tungsten kimyasallarının güvenli bir şekilde taşınması için kritik öneme sahiptir; Tehlikeleri ve acil durum prosedürlerini anlamak için belirli kullanımlara göre uyarlanmış ayrıntılı örneklerle bakın.

## 14.4 Tungsten Kimyasal Güvenlik Teknolojisinde Gelecekteki Gelişmeler

Teknolojideki gelişmeler, tungsten kimyasal güvenliğini zeka, sürdürülebilirlik ve verimliliğe doğru yönlendirerek üretim ve kullanımda güvenliği artırıyor.

### 14.4.1 Güvenlik Üretiminde Yapay Zeka Uygulamaları

Yapay Zeka (AI), riskleri tahmin etmek için makine öğrenimini kullanarak üretim parametrelerini (ör. sıcaklık, basınç, gaz seviyeleri) gerçek zamanlı olarak izlemek için IoT sensörlerinden yararlanır. Örneğin yapay zeka, tungsten hekzaflorür (WF<sub>6</sub>, Tungsten Hekzaflorür) üretimindeki basınç anormalliklerini 5-10 dakika önceden tespit ederek olay oranlarını %30'a kadar azaltabilir. Yapay zeka izleme sistemini benimseyen bir tesis, yıllık olayların %0,5'ten %0,1'e düştüğünü gördü.

### Eğilim

Gelişmiş güvenlik gözetimi için drone denetimleriyle entegre yapay zeka fabrika sistemleri geliştirin.

### 14.4.2 Yeşil Güvenlik Teknolojisindeki Eğilimler

Yeşil teknolojiler, toksik olmayan ikameler (örneğin, WF<sub>6</sub> üretimi için flor içermeyen alternatifler), sıfır emisyonlu süreçler (örneğin, kapalı döngü egzoz geri kazanımı) ve verimli geri dönüşüm (örneğin, Bölüm 12'deki ıslak ve pirometalurjik yöntemler) dahil olmak üzere çevresel ve sağlık risklerini en aza indirmeyi amaçlar. Bir şirketin flor içermeyen prosesi, WF<sub>6</sub> üretiminde HF emisyonlarının %90 oranında azalttı.

### Outlook

Uzun vadeli ekolojik etkileri azaltmak için karbon nötr üretimi ve biyolojik olarak parçalanabilen tungsten bileşiklerini teşvik edin.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Bahşis

Yapay zeka ve yeşil teknolojilerin entegrasyonu, tungsten kimyasal güvenliğini daha akıllı, daha sürdürülebilir uygulamalara doğru ilerletecek ve güvenlik ve çevresel sonuçları önemli ölçüde artıracaktır.

## Bilgi Kaynakları

[23] *Kimyasal Güvenlik Kılavuzu* (İngilizce) - OSHA, Washington, DC, en son baskı[24] *Tungsten Kimyasal MSDS* (Çok Dilli) - ECHA, Helsinki, en son baskı [25] *Güvenlik Üretim Teknolojisi* (Çince) - Chinatungsten Online, 2023[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

## Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com)

[4] *Tungsten Adlandırma Çalışmaları* (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] *İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları* (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985[6] *Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi* (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023[8] *Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar* (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810[9] *Periyodik Tablodaki Tungsten* (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870[10] *Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları* (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890[11] *Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları* (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925[12] *Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar* (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[14] *Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları* (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[16] *Tungsten Kimyasının Temelleri* (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998[17] *Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri* (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000[18] *Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası* (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995[19] *tungstatların kimyasal kararlılığı* (İngilizce) - *Malzeme Bilimi Dergisi*, Springer, 2000[20] *Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması* (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010[21] *Organometalik Tungsten Bileşikleri* (İngilizce) - *Organometalik*, ACS Yayınları, 2005[22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[23] *Kimyasal Güvenlik Kılavuzu* (İngilizce) - OSHA, Washington, D.C., son baskı [24] *Tungsten Kimyasal MSDS* (Çok dilli) - ECHA, Helsinki, son baskı[25] *Güvenlik Üretim Teknolojisi* (Çince) - Chinatungsten Online, 2023

## COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

Kimyasal Güvenlik El Kitabı

OSHA, Washington, D.C.

Son Baskı

Simülasyon Sürümü (Mart 2025)

### 1. Giriş ve Amaç

#### Nesnel

Kapsamlı güvenlik yönergeleri sağlayarak işverenlerin ve çalışanların işyerindeki

#### 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)

kimyasal tehlikeleri tanımasını ve yönetmesini sağlayın.

### Kapsam

Tungsten trioksit ( $WO_3$ , Tungsten Trioksit) ve tungsten karbür (WC, Tungsten Karbür) gibi tungsten (W, Tungsten) bileşikleri dahil olmak üzere tehlikeli kimyasallarla çalışan tüm endüstriler için geçerlidir.

### Yasal Dayanak

1970 tarihli İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası'na dayandırılmış ve 2012'de uygulandığı şekliyle Küresel Uyumlaştırılmış Sistem (GHS) ile uyumlu hale getirilmiştir (revizyon 26 Mayıs 2012'den itibaren geçerlidir).

## 2. Tehlikeli Kimyasalların Tanımı ve Tanımlanması

### Tanım

Düşük toksisiteye sahip sodyum tungstat ( $Na_2WO_4$ , Sodyum Tungstat) ve yüksek aşındırıcılığa sahip tungsten hekzaflorür ( $WF_6$ , Tungsten Hekzaflorür) gibi fiziksel veya sağlık riskleri oluşturan kimyasallar (örn. yanıcı, toksik, aşındırıcı, reaktif).

### Kimlik

Fiziksel özelliklere (örn. erime noktası, uçuculuk), kimyasal özelliklere (örn. oksitlenebilirlik) ve sağlık etkilerine (örn. solunum yolu tahrişi) dayanmaktadır.

### Örnek

$WO_3$  toz soluma riski ile tanımlanır (PEL 5 mg/m<sup>3</sup>);  $WF_6$  gaz halindeki aşındırıcılığı ile (TLV 3 ppm).

## 3. Risk Değerlendirmesi ve Kontrol Tedbirleri

### Yüksek Sıcaklık ve Yüksek Basınç Riskleri

$WO_3$  (>1000°C'de kavurma) ve  $WF_6$  (500-700°C'de CVD, 10<sup>-2</sup>-10<sup>-3</sup> Torr) prosesleri termal ve basınç tehlikeleri içerir. Aşırı ısınma ekipmanı eritebilir; Basınç dalgalanmaları patlamalara neden olabilir.

### Denetim

Kuvars/molibden reaktörleri, gerçek zamanlı sıcaklık/basınç sensörleri, otomatik tahliye valfleri (1,5x nominal basınçta ayarlanmış) kullanın, kapları yılda iki kez inceleyin.

### Zehirli Gaz Emisyonları

$WF_6$  üretiminden HF (TLV 3 ppm),  $WCl_6$  hidrolizinden HCl (TLV 2 ppm) solunum ve çevresel riskler oluşturur.

### Denetim

Çok kademeli egzoz sistemleri (alkali yıkayıcılar + karbon filtreler), gaz dedektörleri (0-10 ppm aralığında), düzenli boru hattı kontrolleri.

### Değerlendirme Yöntemleri

Tüm süreç aşamalarını değerlendirmek için HAZOP / FMEA.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

#### 4. Etiketleme ve Güvenlik Bilgi Formları (SDS)

##### Etiketleme Gereksinimleri:

GHS sembolleri (örneğin,  $WO_3$  için ünlem işareti,  $WF_6$  için korozyon), sinyal sözcükleri (örneğin, "Uyarı" veya "Tehlike"), tehlike ifadeleri (örneğin, H332: Solunması halinde zararlıdır), önlem ifadeleri (örneğin, P261: Tozu solumaktan kaçınm).

##### SDS Şekli

16 bölümlü GHS uyumlu yapı (aşağıdaki ECHA MSDS'ye bakın).

##### Örnek

$WO_3$  SDS, PEL  $5 \text{ mg/m}^3$ , toz önlemlerini listelemelidir;  $WF_6$ , TLV 3 ppm, gaz işleme içerir.

#### 5. Çalışan Eğitimi ve Öğretimi

##### İçerik

Tehlike tanıma, SDS anlama, KKD kullanımı, acil durum prosedürleri (örneğin,  $WF_6$  dökümlerini nötralize etme).

##### Frekans

İlk işe alım, yıllık tazelemeler.

##### Örnek

$WO_3$  tozdan korunma eğitimi, N95 maske kullanımını ve ventilasyon farkındalığını içerir.

#### 6. Acil Durum Müdahale ve Olay Yönetimi

##### Oyun Yanıtı:

$WO_3$ : Tozu vakumla toplayın, dağılmayı önleyin.

$WCl_6$ : %10 NaOH ile nötralize edin, kalıntıları kapatın.

##### İlk Yardım:

HF soluma: Temiz havaya çıkın, acil bakım isteyin.

Cilt teması: 15 dakika su ile durulayın, gerekirse tıbbi yardım alın.

##### Raporlama

OSHA gerekliliklerine göre olayları günlüğe kaydedin, eşikler aşırsa yetkilileri bilgilendirin (örneğin,  $>1 \text{ lb HF}$  sürümü).

#### 7. Uyumluluk ve Denetimler

##### Gereksinim -leri

Yıllık öz denetimler, SDS kullanılabilirliğini, KKD uyumluluğunu sağlar.

##### Ceza

Uyumsuzluk (örneğin, eksik SDS), ihlal başına 70.000 ABD Dolarına kadar para cezasına neden olabilir.

##### Örnek

$WO_3$  tesisi, hava örnekleme ile doğrulanan toz seviyelerini  $<5 \text{ mg/m}^3$  korumalıdır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



## Tungsten'e Özgü Örnekler

### Tungsten Trioksit (WO<sub>3</sub>)

Toz PEL 5 mg/m<sup>3</sup>, N95 maskeleri, 5000 m<sup>3</sup>/sa ≥ havalandırma gerektirir.

### Tungsten Hekzaflorür (WF<sub>6</sub>)

TLV 3 ppm, sızdırmaz reaktörleri, tam yüz solunum cihazlarını zorunlu kılar.



## Tungsten Kimyasal MSDS (Çok Dilli)

ECHA, Helsinki, Son Baskı

Simülasyon Sürümü (Mart 2025)

Aşağıda, temsili bir tungsten kimyasalı olan *Tungsten Trioksit (WO<sub>3</sub>)* için GHS 16 bölümlü formatı takip eden, çok dilli uygulanabilirlik varsayılan bir MSDS'nin ayrıntılı bir simülasyonu bulunmaktadır (çeviriler ECHA veritabanı aracılığıyla edinilebilir).

### 1. Maddenin/karışımın ve şirketin/teşebbüsün tanımlanması

Ürün adı: Tungsten Trioksit

Kimyasal Formülü: WO<sub>3</sub>

CAS Numarası: 1314-35-8

Tedarikçi: Örnek Şirket, Helsinki, Finlandiya, Tel: +358-123-456-789

Acil Durum İrtibat Kişisi: +358-987-654-321 (24/7)

### 2. Tehlikelerin Tanımlanması

GHS Sınıflandırması: Akut Toksikite, Soluma (Kategori 4)

Etiket Öğeleri:

Sembol: (ünlem işareti)

Sinyal Kelimesi: Uyarı

#### 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)

**Zararlılık İfadeleri:** H332 - Solunması halinde zararlıdır

**Önlem İfadeleri:**

P261 - Tozu solumaktan kaçının

P304+P340 - Solunması halinde temiz havaya çıkarın ve dinlendirin

**Diğer Tehlikeler:** Uzun süreli maruz kalma akciğer fibrozuna neden olabilir; REACH başına PBT / vPvB endişesi yoktur.

### 3. Kompozisyon / İçindekiler Hakkında Bilgi

**Kimyasal Adı:** Tungsten Trioksit

**Eş anlamlılar:** tungsten (VI) oksit

**Safılık:** % >99

**Kirlilikler:** % <1 (örn. eser nem, diğer oksitler)

**CAS Hayır.:** 1314-35-8

### 4. İlk Yardım Önlemleri

**Soluma:** Temiz havaya çıkarın; nefes almak zorsa, tıbbi yardım alın.

**Cilt Teması:** 15 dakika boyunca sabun ve su ile yıkayın; kontamine giysileri çıkarın.

**Göz Teması:** 15 dakika boyunca su ile durulayın, göz kapaklarını kaldırın; tahriş devam ederse bir doktora danışın.

**Yutma:** Ağzınızı çalkalayın, bilinçliyse kusturun, derhal tıbbi yardım alın.

**Doktorlara Tavsiyeler:** Semptomatik olarak tedavi edin; solunum fonksiyonlarını izleyin.

### 5. Yangınla Mücadele Önlemleri

**Uygun Söndürme Ortamı:** Kuru toz, CO<sub>2</sub>; su uygun değil (ayrışabilir).

**Özel Tehlikeler:** 2000°C'nin üzerindeki termal bozunma toksik WO<sub>x</sub> gazları açığa çıkarabilir.

**Yangınla Mücadele Önlemleri:** Bağımsız solunum cihazı ve tam koruyucu giysiler giyin.

### 6. Kaza Sonucu Yayılma Önlemleri

**Kişisel Önlemler:** N95 maskesi, eldiven kullanın; toz solumaktan kaçının.

**Çevresel Önlemler:** Su kütlelerine veya toprağa toz girmesini önleyin.

**Temizleme Yöntemleri:** HEPA filtre ile vakumlayın, tehlikeli atık kaplarında kapatın; kuru süpürmeden kaçının.

### 7. Taşıma ve Depolama

**Kullanım:** İyi havalandırılan alanlarda çalıştırın, toz oluşumunu en aza indirin.

**Depolama:** Kapalı, kuru kaplarda 5-35 ° C'de, asitlerden ve indirgeyici maddelerden uzakta saklayın.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## 8. Maruziyet Kontrolleri/Kişisel Korunma

### Maruz Kalma Sınırları:

OSHA PEL: 5 mg/m<sup>3</sup> (TWA)

ACGIH TLV-TWA: 5 mg/m<sup>3</sup>

**Mühendislik Kontrolleri:** Çeker ocak (hava akışı ≥ 0,5 m/s), yerel egzoz havalandırması.

### Kişisel Koruyucu Donanımlar:

Solunum: N95 toz maskesi

Göz: Koruyucu gözlükler (EN 166)

Cilt: Nitril eldivenler (≥ 0,4 mm), koruyucu giysi

## 9. Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

**Görünüm:** Sarı ila yeşil toz

**Erime Noktası:** 1473°C

**Kaynama Noktası:** ~1700°C (yüce)

**Yoğunluk:** 7,16 g/cm<sup>3</sup>

**Çözünürlük:** Suda çözünmez (<0.1 g / L)

**pH:** Uygulanamaz

**Koku:** Kokusuz

**Parlama Noktası:** Yanıcı değildir

## 10. Kararlılık ve Tepkisellik

**Kararlılık:** Normal koşullar altında kararlıdır; 2000 ° C'nin üzerinde ayrışır.

**Reaktivite:** Güçlü indirgeyici maddelerle reaksiyona girerek ısıyı serbest bırakabilir.

**Kaçınılması Gereken Durumlar:** Yüksek sıcaklıklar, güçlü asitler.

**Uyumsuz Malzemeler:** İndirgeyici maddeler (örneğin, H<sub>2</sub>, Na).

**Tehlikeli Bozunma Ürünleri:** Aşırı ısıda WO<sub>x</sub> gazları.

## 11. Toksikolojik Bilgiler

### Akut toksisite:

Soluma: LC50 (sıçan) >2000 mg / m<sup>3</sup> (4 saat)

Oral: LD50 (sıçan) >5000 mg / kg

**Kronik Etkiler:** Uzun süreli inhalasyon akciğer fibrozuna neden olabilir.

**Tahriş:** Tozdan kaynaklanan hafif solunum ve göz tahrişi.

**Kanserojenlik:** IARC tarafından sınıflandırılmamıştır.

## 12. Ekolojik Bilgiler

**Ekotoksisite:** Düşük toksisite; LC50 (balık, 96 saat) >100 mg / L.

**Kalıcılık:** Biyolojik olarak parçalanamaz, toprakta birikebilir.

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

**Hareketlilik:** Düşük çözünürlük, sudaki hareketliliği sınırlar.

**Biyoakümülyasyon:** Önemli bir biyoakümülyasyon potansiyeli yoktur.

### 13. İmha Etme Hususları

**Bertaraf Yöntemi:** Tehlikeli atık olarak muamele edin, lisanslı bertaraf tesisine aktarın.

**Önlemler:** Çevresel salınımdan kaçının; yerel düzenlemelere uyun (örneğin, AB Direktifi 2008/98/EC).

### 14. Ulaşım Bilgileri

**UN Numarası:** Tehlikeli mallar olarak sınıflandırılmamıştır.

**Nakliye Adı:** Tungsten Trioksit

**Taşıma Sınıfı:** Tehlikesiz

**Ambalaj Grubu:** N/A

**Gereksinimler:** Sızdırmaz, neme dayanıklı, darbeye dayanıklı ambalaj.

### 15. Mevzuat Bilgileri

**EU REACH:** Kayıtlı, EC No 1907/2006 ile uyumlu.

**İSHA:** PEL 5 mg / m<sup>3</sup> (TWA).

**Çin:** GB 16297-1996 (HCl < 0,2 mg / m<sup>3</sup>) ile uyumludur.

**TSCA (ABD):** Envanterde listelenmiştir.

### 16. Diğer Bilgiler

**Revizyon Tarihi:** Mart 2025

**Yasal Uyarı:** Yalnızca profesyonel kullanım içindir; GHS'ye ve güncel bilgilere dayalı veriler.

**Referanslar:** ECHA REACH veritabanı, OSHA HCS, tedarikçi test verileri.

## Ek Tungsten Kimyasal MSDS Örnekleri (Kısaltılmış)

#### Tungsten Karbür (WC)

**Tehlikeler:** Kronik inhalasyon toksisitesi (Kat. 2), TLV-TWA 10 mg / m<sup>3</sup>.

**Kullanım:** Toz maskeleri, havalandırılan alanlar.

**Depolama:** Kuru, kapalı kaplar.

**Acil Durum:** Soluma - tıbbi yardım isteyin; dökülme - ıslak temizleme.

#### Sodyum Tungstat (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>)

**Tehlikeler:** Akut oral toksisite (Kat. 4), LD50 2230 mg / kg, göz tahrişi (Kat. 2B).

**Kullanım:** Eldivenler, gözlükler.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



*Depolama:* Mühürlü, neme dayanıklı.

*Acil Durum:* 15 dakika göz durulayın, yutulduğunda kusturun.

### **Tungsten Hekzaflorür (WF<sub>6</sub>)**

*Tehlikeler:* Akut inhalasyon toksisitesi (Kat. 2), aşındırıcı (Kat. 1), TLV 3 ppm.

*Kullanım:* Çeker ocak, tam yüz solunum cihazı.

*Depolama:* Düşük sıcaklıkta sızdırmaz silindirler.

*Acil Durum:* Soluma - acil tıbbi bakım; dökülme -% 10 NaOH ile nötralize edin.

### **Notlar**

**İçerik Zenginleştirme:** Bu simülasyonlar, OSHA ve ECHA standartlarına bağlı kalırken gerçek dünya uygulamalarını yansıtan belirli tungsten kimyasal verilerini (örneğin, TLV, LD50, erime noktaları) ve ayrıntılı güvenlik protokollerini içerir.

#### **Tam Metinlere Erişim:**

*OSHA Kılavuzu:* ["Tehlike İletişimi"](#) veya ["Kimyasal Güvenlik"](#) altındaki [www.osha.gov](http://www.osha.gov) sitesinden indirin.

*ECHA MSDS:* Belirli CAS numaralarını arayarak [echa.europa.eu](http://echa.europa.eu)'dan alın (örneğin, WO<sub>3</sub> için 1314-35-8).



## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### Fasıl 15: Tungsten Endüstrisinde Kontrol ve Vergilendirme Politikaları Dünya Çapında, Avrupa Dahil Çin'e Odaklanarak, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Güney Kore

#### 15.1 Tungsten Endüstri Politikalarına Genel Bakış

Yüksek erime noktası, korozyon direnci ve kapsamlı uygulamaları (örneğin, [endüstride tungsten karbür \(WC, Tungsten Karbür\)](#) [ve fotokatalizde tungsten trioksit \(WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit\)](#)) nedeniyle stratejik bir nadir metal olarak kabul edilen tungsten (W, Tungsten ), dünya çapında oldukça değerlidir. Tungsten endüstrisini yöneten politikalar, kaynakların korunması, ulusal güvenlik, ekonomik faydalar ve uluslararası ticaret ihtiyaçlarını dengelemeyi amaçlayan keşif, madencilik, eritme, üretim işleme ve ithalat-ihracatı kapsar. Bu bölüm, Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Güney Kore ve diğer bölgelerdeki düzenlemeleri detaylandırırken, tungstenin küresel ekonomik ve jeopolitik dinamiklerdeki rolünü vurgularken, kaynak yönetimi ve ihracat kontrol politikalarının derinlemesine bir analizini sunan Çin'e odaklanmaktadır.

#### 15.1.1 Tungsten Endüstrisinin Küresel Stratejik Önemi

Tungsten'in havacılık (örneğin türbin kanatları), savunma (örneğin zırh delici mermiler), elektronik (örneğin yarı iletkenler) ve yenilenebilir enerjideki (örneğin pil elektrotları) yeri doldurulamaz rolü, stratejik öneminin altını çizmektedir. Çin, küresel tungsten üretiminin

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

yaklaşık %80'ini oluşturuyor (2023 verileri: ~82.000 metrik ton metal, USGS), bu da politikalarını küresel tedarik zinciri için çok önemli hale getiriyor. İthalata büyük ölçüde bağımlı olan Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Güney Kore, arz istikrarını ve teknolojik hakimiyeti sağlamak için politikalar geliştirmiştir. ABD, tungsteni *Kritik Mineraller Listesi*'nde (2018) listeliyor, AB onu *Kritik Hammaddeler Listesi*'ne (2023) dahil ediyor, Japonya Ekonomik Güvenliği Teşvik Yasası (2022) aracılığıyla tedarik zincirini güçlendiriyor ve Güney Kore yarı iletkenler ve piller için tungsten'e öncelik veriyor.

### 15.1.2 Politika hedefleri ve ülkeler arasındaki temel farklılıklar

#### Çin

Kaynakları korumayı, ulusal güvenliği sağlamayı ve yerel ihtiyaçlara öncelik vermek için madencilik kotalarını, ihracat kontrollerini ve vergi ayarlamalarını kullanarak endüstrileri yükseltmeyi amaçlar.

#### Amerika Birleşik Devletleri

Çin'e olan bağımlılığı azaltmak için tedarik zinciri güvenliğine, yerli madenciliği ve ithalat çeşitlendirmesini teşvik etmeye odaklanıyor.

#### Avrupa Birliği

Sürdürülebilirliği ve tedarik çeşitlendirmesini vurgular, çevre dostu teknolojileri ve geri dönüşümü teşvik eder.

#### Japonya ve Güney Kore

Yurt dışı yatırımlar ve tarife teşvikleri yoluyla teknoloji geliştirmeye ve ithalat çeşitlendirmesine öncelik vermek.

#### Bahşiş

Tungsten endüstri politikaları, kaynak dağıtımı, ulusal güvenlik ve ekonomik talepler tarafından yönlendirilir; Bu farklılıkları anlamak, küresel pazar eğilimleri hakkında içgörüler sunar.

### 15.2 Arama ve Madencilik Politikaları

Arama ve madencilik, kaynak gelişimini kontrol etmek ve ekonomik kazanımları sürdürülebilirlikle dengelemek için lisanslama, kotalar ve çevresel düzenlemeler kullanan ülkelerle tungsten tedarik zincirinin başlangıç noktasını işaret ediyor.

#### 15.2.1 Çin'in Arama ve Madencilik Politikaları

Çin, kaynak güvenliğini ve sürdürülebilir endüstri büyümesini sağlamak için tungsten kaynaklarının son derece merkezi yönetimini ve sıkı gözetimini uygulamaktadır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### Arama Politikaları

Çin Halk Cumhuriyeti Maden Kaynakları Yasası (2009'da revize edilmiştir) uyarınca, tungsten araması, Doğal Kaynaklar Bakanlığı'ndan (MNR) bir araştırma lisansı gerektirir ve devlete ait işletmelere öncelik verirken, Yabancı Yatırım Erişimi için Özel İdari Tedbirler (Negatif Liste) uyarınca yabancı yatırımı sıkı bir şekilde kısıtlar (2021). 2023'te Çin, kaynak geliştirmeye yönelik temkinli bir yaklaşımı yansıtan yalnızca 5.000 metrik ton metal içerikli yeni bir arama kotası tahsis etti. Lisans başvuruları, ayrıntılı jeolojik raporlar ve çevresel değerlendirmeler gerektirir ve onay süreçleri genellikle 6-12 ay sürer.

### Madencilik Politikaları

Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu (NDRC) ve MNR, Tungsten Madenciliği Kota Kontrol Göstergelerinin Yönetimi için Geçici Önlemler (2015) tarafından yönetilen yıllık Tungsten Madenciliği Kota Kontrol Göstergeleri (örneğin, 2023'te 65.000 metrik ton metal içeriği) ortaklaşa yayınlar. Madencilik şirketleri, bir maden lisansı almalı ve Maden Güvenliği Yasası (2021'de revize edilmiş) ve Maden Ekolojik Çevre Koruma ve Restorasyonu için Teknik Şartnamelere (HJ 651-2013) uymalı, atık su tungsten seviyelerini  $1 \text{ mg/L} <$  ve  $\text{SO}_2$  emisyonlarını  $400 \text{ mg/m}^3 <$  zorunlu kılmalıdır. İhlaller, 500.000-1 milyon RMB para cezası, lisans iptali veya cezai sorumluluk dahil olmak üzere ciddi cezalarla karşı karşıyadır.

### Düzenleyici Uygulama ve Vaka Çalışması

2022'de Jiangxi Eyaletinde yasadışı bir tungsten madenciliği operasyonu (izinsiz 200 ton tungsten konsantresi çıkarmak) kapatıldı, 800.000 RMB para cezasına çarptırıldı ve operatörü 15 gün boyunca gözaltına alındı ve Çin'in yasadışı madenciliğe karşı "sıfır tolerans" duruşunu gösterdi.

### Çevresel Gereksinimler

Madenler atık arıtma tesisleri (örneğin, çökeltme tankları ve filtreleme sistemleri) kurmalı ve madencilik sonrası arazi ıslah oranları %90 veya daha yükseğe ulaşmalıdır, aksi takdirde lisanslar yenilenmeyecektir.

### 15.2.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Arama ve Madencilik Politikaları

#### Amerika Birleşik Devletleri

##### Keşif

Maden Yasası (1872'de revize edildi), özel şirketlerin İçişleri Bakanlığı tarafından denetlenen federal topraklarda arama izinleri için başvurmalarına izin veriyor. Kritik Mineraller Stratejisi (2018), Nevada Tungsten Projesi gibi projeleri ileri keşif teknolojileri için 50 milyon dolar ile finanse ediyor.

##### Madencilik

Ulusal Çevre Politikası Yasası'na (NEPA, 1969) uygunluk, EPA tarafından belirlenen atık su limitleri ( $W < 0,05 \text{ mg/L}$ ) ile bir Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) gerektirir. İzinler 1-2 yıl sürer, özel yatırımları teşvik eder, ancak titiz çevresel incelemeler gerektirir.

##### Örnek Olay İncelemesi

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



2023'te Idaho'daki Stibnite Projesi, çevresel anlaşmazlıklar nedeniyle madencilik izinlerinde gecikmelerle karşı karşıya kaldı ve düzenleyici kısıtlamaları vurguladı.

### **Avrupa Birliği:**

#### **Keşif**

AB'nin *Hammadde Girişimi* (2008), örneğin Portekiz'in Panasqueira madenini teknoloji yükseltmeleri için 20 milyon € ile finanse ederek tungsten aramalarını desteklemektedir.

#### **Madencilik**

*Çevresel Etki Değerlendirme Direktifi* (ÇED 2011/92/EU), sıfır emisyonlu teknolojiler (örneğin, kapalı döngü su sistemleri) ve atık su  $W < 0,1$  mg/L gerektiren kamuya açık oturumları ve çevresel incelemeleri zorunlu kılar.

#### **Örnek Olay İncelemesi**

İspanya'nın Los Santos madeni, atık standartlarını karşıladıktan sonra 2024'te üretimi %20 artırdı ve bu da çevre öncelikli bir yaklaşımı yansıtır.

## **15.2.3 Japonya ve Güney Kore'de Arama ve Madencilik Politikaları**

### **Japonya**

#### **Arama ve Madencilik**

Kıt yerli tungsten ile Japonya, JOGMEC (*Japonya Metaller ve Enerji Güvenliği Örgütü*) aracılığıyla deniz aşırı yatırımlara güvenmektedir. *Kaynak Güvenliği Stratejisi* (2020), Avustralya'nın Tazmanya Tungsten Projesi'ni 30 milyon dolar ile finanse etti ve ithalata yerel madencilik düzenlemelerine göre öncelik verdi.

### **Güney Kore:**

#### **Arama ve Madencilik**

Önemli mevduatlardan yoksun olan Kore, KOMIR (*Kore Maden Rehabilitasyon ve Mineral Kaynakları Şirketi*) aracılığıyla deniz aşırı madenciliği destekliyor, örneğin Kanada'nın Sangdong madeninin yeniden başlatılmasına 100 milyar KRW yatırım yapıyor. Madencilik, *Madencilik Endüstrisi Kanununu* (2020) ve IFC Performans Standartlarını (atık suda  $W < 0,05$  mg/L) karşılamalıdır.

#### **Örnek Olay İncelemesi**

2025 yılına kadar 2.500 ton/yıl üretim yapması planlanan Sangdong madeni, Çin ithalatına olan bağımlılığı azaltıyor.

### **Bahşiş**

Çin, tungsten madenciliğini kotalar ve çevresel gözetim ile sıkı bir şekilde kontrol ediyor, Avrupa ve ABD kalkınmayı eko-standartlarla dengeliyor, Japonya ve Kore ise deniz aşırı kaynaklara bağımlı.

## **15.3 Ergitme ve Üretim İşleme Politikaları**

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

Eritme ve üretim işleme, tungsten cevherini teknik standartlar, emisyon kontrolleri ve endüstriyel politikalarla düzenlenen katma değerli ürünlere dönüştürür.

### 15.3.1 Çin'in Eritme ve Üretim İşleme Politikaları

#### Eritme Politikaları

Tungsten Eritme Endüstrisi için Normatif Koşullar (2016), eritme firmalarının Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı'ndan (MIIT) 500 kWh / ton tungsten < enerji tüketim limitleri ve GB 16297-1996'ya (Hava Kirleticileri için Kapsamlı Emisyon Standardı) bağlı emisyonlarla bir üretim lisansı almalarını gerektirir, ör., SO<sub>2</sub> < 400 mg / m<sup>3</sup>, partiküller < 30 mg / m<sup>3</sup>). Islak eritme (örneğin, amonyum paratungstat için), asit-baz nötralizasyon sistemlerini zorunlu kılar ve atık suyun W < 1 mg / L olmasını sağlar.

Ağır Metal Kirliliği için Kapsamlı Önleme ve Kontrol Planı (2021-2025), elektrik ark ocakları ve düşük sıcaklık azaltma gibi teknolojiler yoluyla emisyonların azaltılmasını teşvik ediyor.

#### Örnek Olay İncelemesi

2023'te bir Hunan izabe tesisi 300.000 RMB para cezasına çarptırıldı ve 600 mg/m<sup>3</sup>'ü aşan SO<sub>2</sub> emisyonları nedeniyle kapatıldı; Geliştirilmiş egzoz işlemi ile yükseltme sonrası standartları karşıladı.

#### Üretim İşleme Politikaları

İşleme firmaları, Ekoloji ve Çevre Bakanlığı (MEE) tarafından yapılan çevre denetimlerinden geçmelidir. Tungsten trioksit (WO<sub>3</sub>, Tungsten Trioksit) için geleneksel yüksek kirlilik kavurma fırınları yasaklandı, yerini düşük sıcaklık düşürme fırınları aldı (enerji kullanımını %20 azalttı). Endüstriyel Yapı Ayarlaması için Kılavuz Kataloğu (2021), düşük uç kapasiteyi azaltırken yüksek değerli ürünleri (örneğin, nano-tungsten tozu) teşvik eder.

#### Düzenleyici Tedbirler

Yıllık enerji ve emisyon raporları zorunludur; Uyumsuzluk lisans iptaline yol açar.

### 15.3.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Eritme ve Üretim İşleme Politikaları

#### Amerika Birleşik Devletleri

##### Eritme

EPA'nın Temiz Hava Yasası (CAA, revize edilmiş 1970) eritme emisyonlarını (SO<sub>2</sub> < 50 ppm, partiküller 10 mg / m<sup>3</sup><); OSHA PEL, WO<sub>3</sub> tozunu < 5 mg/m<sup>3</sup> ile sınırlar ve yüksek verimli toz toplayıcılar gerektirir (örn. torba filtreler, %>99 verimlilik).

##### İşleme

Kaynak Koruma ve Geri Kazanım Yasası (RCRA, 1976), eritme cürufunu tehlikeli atık olarak sınıflandırır ve özel bertaraf gerektirir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### Örnek Olay İncelemesi

Nevadalı bir tungsten işlemcisi, uyumluluk için 2023'te EPA yeşil sertifikası aldı ve kapasiteyi %15 artırdı.

### Avrupa Birliği

#### Eritme

*Endüstriyel Emisyonlar Direktifi* (IED, 2010/75/EU), örneğin 400 kWh/ton'< enerji kullanımına ve 0,1 mg/L'< atık su W olan elektrik ark ocaklarına (BAT) Mevcut En İyi Teknikleri (BAT) zorunlu kılar.

#### İşleme

*Döngüsel Ekonomi Eylem Planı* (2020), tungsten atıkları için geri dönüşüm oranı raporları (hedef %> 50) gerektirir.

### Örnek Olay İncelemesi

Bir Alman tesisi, BAT kullanarak CO<sub>2</sub> emisyonlarını 5.000 ton/yıl azaltarak çevre odaklı politika etkilerini sergiledi.

### 15.3.3 Japonya ve Güney Kore'de Ergitme ve Üretim İşleme Politikaları

#### Japonya:

##### Eritme

*Hava Kirliliği Kontrol Yasası* (1968'de revize edilmiştir) SO<sub>2</sub>'yi < 100 mg / m<sup>3</sup> ile sınırlar; işleme firmalarının METI çevre sertifikasına ihtiyacı vardır.

##### İşleme

Yüksek saflıkta tungsten ürünleri (örneğin, tungsten hedefleri), egzoz filtrasyonu gerektiren teşvik edilir.

#### Güney Kore:

##### Eritme

*Kimyasallar Kontrol Yasası* (K-REACH, 2019) partikülleri 10 mg/m<sup>3</sup>, atık su W < 0,05 mg/L < ayarlar.

##### İşleme

ISO 14001 uyumluluğu gerektiren [yarı iletken dereceli tungsteni \(örneğin, tungsten disilisit \(WSi<sub>2</sub>, Tungsten Disilisit\)\)](#) destekler.

#### Bahşiş

Eritme ve işleme politikaları küresel olarak düşük emisyonlara ve verimliliğe öncelik verir; Çin sıkı gözetim uygularken, Avrupa ve ABD BAT'ı ve geri dönüşümü zorluyor ve Japonya ve Kore yüksek değerli çıktılara odaklanıyor.

### 15.4 İthalat ve İhracat Politikaları ve Kontrolleri

Tungsten ithalat-ihracat politikaları, akışları düzenlemek için ihracat kısıtlamaları, ithalat tarifeleri ve uluslararası işbirliği kullanan ülkelerle küresel tedarik zincirlerini

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

şekillendiriyor.

#### 15.4.1 Çin'in İthalat ve İhracat Politikaları

Çin'in politikaları, İhracat Kontrol Yasası ve çift kullanımlı ürün düzenlemelerinin yürürlüğe girmesinden bu yana önemli ölçüde sıkılaştırılan kaynakların korunmasına ve ulusal güvenliğe öncelik veriyor.

#### İhracat Kontrol Politikaları

Çerçeve: Çin Halk Cumhuriyeti İhracat Kontrol Yasası (17 Ekim 2020'de kabul edildi, 1 Aralık 2020'den itibaren yürürlüğe girdi), ulusal güvenliği korumak ve nükleer silahların yayılmasını önleme taahhütlerini yerine getirmek için tungsten ihracat kontrollerinin temelini oluşturuyor. 9. Madde, Devlet Konseyi ve Merkezi Askeri Komisyon'a, çift kullanımlı kalemler (sivil ve askeri uygulamalar) dahil olmak üzere İhracat Kontrol Listesi'ni derleme yetkisi verir. Tungsten ve bileşikleri (örneğin, [amonyum paratungstat \(NH<sub>4</sub>\)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, Amonyum Paratungstat](#)), Çift Kullanımlı Öğeler ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesi'nde listelenmiştir (Şubat 2025'te revize edilmiştir).

#### Özel Önlemler

Ticaret Bakanlığı (MOFCOM) ve Gümrük Genel İdaresi (GAC) 1 Mart 2025 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere 2025 tarihli 10 No'lu Duyuru (Şubat 2025'te yayınlanmıştır) uyarınca, tungsten ve ürünleri (örn. tungsten konsantresi, WO<sub>3</sub>, tungsten tozu – 8 kategori) İhracat Kontrol Listesine eklenmiştir. İhracatçılar, MOFCOM'dan son kullanıcı ve son kullanım sertifikalarını sunarak bir ihracat lisansı başvurusunda bulunmalı ve onay 30-60 gün sürmelidir. Çin'in güvenliğini tehdit eden askeri kullanımı önlemek için belirli ülkelere (örneğin ABD) ihracat yasaklanmıştır. 2023 ihracat kotası 18,000 metrik ton metal içeriğiydi (10'ye göre %2022 düşüş) ve 16,000'te 2025 tona düşmesi bekleniyor.

#### Çift Kullanımlı Ürün Düzenlemeleri

Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Lisanslarına İlişkin İdari Tedbirler (MOFCOM Emri No. 29, 2005, revize 2021), tungsten ile ilgili çift kullanımlı ihracatı yönetir. 18. madde, ihracatın ulusal güvenliği tehlikeye atması durumunda lisansların askıya alınmasına veya iptal edilmesine izin verir. İhracat Kontrol Yasası (Madde 12), borsada işlem gören yabancı kuruluşlara (örneğin, ABD savunma firmaları) ihracatı yasaklayan bir "kara liste" mekanizması getirmektedir.

#### Örnek Olay İncelemesi

Ağustos 2024'te, ABD'ye lisanssız tungsten tozu ihraç eden bir şirket, 2 milyon RMB para cezasına çarptırıldı ve ihracat haklarını kaybetti, bu da sıkı çift kullanım uygulamasını gösteriyor.

#### İthalat Politikaları

Tungsten hammaddelerinin (örneğin konsantreler) ithalatı, %5,5'lik bir tarife ile İthalat

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Lisansları için İdari Tedbirlere (MOFCOM Emri No. 27, 2004) uyulmasını gerektirir. Yüksek teknolojlili tungsten ürünleri (örneğin, tungsten hedefleri), yerli endüstri yükseltmelerini desteklemek için sıfır tarifeden yararlanır.

### Tarife Politikaları

İhracat tarifeleri %20 (örneğin,  $WO_3$ ), ithalat tarifeleri %5,5 olup, kaynak çıkışlarını engellemeyi ve katma değerli işlemeyi teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

### Ek Detaylar

İhracat Kontrol Yasası, 2025'te Kategori 1'e (Malzemeler, Kimyasallar) tungsten eklenerek uluslararası anlaşmalarla (örneğin, Wassenaar Düzenlemesi) uyumludur ve ABD-Çin ticaret gerilimlerinin ortasında sıkılaştırılmış kontrolleri yansıtır.

## 15.4.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde İthalat ve İhracat Politikaları

### Amerika Birleşik Devletleri

#### İhracat Kontrolleri

Minimum yerli madencilik nedeniyle tungsten ihracatında herhangi bir kısıtlama yoktur; İhracat İdaresi Düzenlemeleri (EAR, 15 CFR Bölüm 730), tungsten ürünleri için belirli ülkelere (örneğin, Çin askeri kuruluşları) lisans gerektirir, ancak hammaddelere izin vermez.

#### İthalat Politikaları

Ticaret Genişletme Yasası'nın (1962) 232. bölümü, 2023'te tungsten arz güvenliğini değerlendirerek Çin'e olan bağımlılığın azaltılmasını tavsiye etti. İthalat tarifeleri düşüktür (%2,5'te  $WO_3$ , %3'te tungsten tozu), ancak Eylül 2024'te Çin tungsten ürünlerine %25'lik bir ek tarife uygulanmıştır.

#### Örnek Olay İncelemesi

2025'te Almonty, Sangdong maden üretiminin %45'ini ABD'ye taahhüt ederek ithalat çeşitlendirmesini destekledi.

### Avrupa Birliği

#### İhracat Kontrolleri

AB Çift Kullanımlı İhracat Kontrol Yönetmeliği (Yönetmelik (AB) 2021/821), tungsten ürünleri için hassas ülkelere lisans gerektirir, ancak ham tungsten sınırsızdır.

#### İthalat Politikaları

Kritik Hammaddeler Yasası (2023), tungsten ithalat tarifelerini %1'e düşürdü, sürdürülemez kaynaklara %5 eko-vergi ekleyerek Avustralya ve Kanada'dan yapılan ithalatı çeşitlendirdi.

#### Örnek Olay İncelemesi

2024 AB-Kanada tungsten tedarik anlaşması, yıllık ithalatı 3,000 tona çıkardı.

## 15.4.3 Japonya ve Güney Kore'de İthalat ve İhracat Politikaları

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Japanya

### İhracat Kontrolleri

Döviz ve Dış Ticaret Yasası (1949'da revize edilmiştir), tungsten ürün ihracatı için kota olmaksızın METI onayını zorunlu kılar.

### İthalat Politikaları

Tungsten ithalatında sıfır tarife; JOGMEC'in Kaynak Güvenliği Stratejisi (2020), Avustralya'dan yılda ~ 2,000 ton güvence altına alıyor.

## Güney Kore

### İhracat Kontrolleri

Dış Ticaret Yasası (2020'de revize edildi), tungsten ihracatı için kota olmaksızın KEITI sertifikası gerektirir.

### İthalat Politikaları

% 3 tarife, KOMIR Vietnam'dan ~ 3.000 ton / yıl kolaylaştırır; Sangdong'un yeniden başlatılması, Çin'e olan bağımlılığı azaltmayı amaçlıyor.

## Bahşiş

Çin'in İhracat Kontrol Yasası ve çift kullanımlı düzenlemeler tungsten ihracatını sıkılaştırırken, Avrupa, ABD, Japonya ve Kore, küresel ticaret dinamiklerini şekillendirerek tedarikleri güvence altına almak için düşük tarifeler ve denizaşırı yatırımlar kullanıyor.

## 15.5 Vergilendirme Politikaları

Vergilendirme politikaları, oranlar ve tavizler yoluyla tungsten endüstrisinin gelişimini teşvik eder veya kısıtlar.

### 15.5.1 Çin'in Vergilendirme Politikaları

#### Arama ve Madencilik

Kaynak Vergisi Yasası (2020), tungsten konsantresine (satışa dayalı) %6,5 kaynak vergisi uygular ve çevre dostu madenler için %20 indirim uygular.

#### Eritme ve İşleme

%13 KDV; yüksek teknoloji firmaları (örneğin, nano-tungsten tozu üreticileri) %15 kurumlar vergisi oranına sahiptir (standart %25'e kıyasla). Çevre Koruma Vergisi Yasası (2018), aşırı emisyonlar için ek vergiler uygular (örneğin, SO<sub>2</sub> aşımı için 10 RMB/ton).

#### İthalat ve İhracat

İhracat vergisi iadeleri 2006 yılında kaldırıldı, ihracat tarifeleri %20, ithalat tarifeleri %5,5 ve ithal edilen ekipmanlar teknolojiyi artırmak için vergiden muaftır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Örnek Olay İncelemesi

2023'te bir tungsten işlemci, yeni teknoloji geliştirme için 3 milyon RMB vergi indirimini aldı.

### 15.5.2 Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde Vergilendirme Politikaları

#### Amerika Birleşik Devletleri

Arama firmaları, maliyetler için %20 federal vergi kredisi alır; eritme/işleme özel teşviklerden yoksundur; WO<sub>3</sub> ithalat tarifesi %2,5'tir.

## Örnek Olay İncelemesi

Pilot Mountain projesi 10 milyon dolar vergi kredisi kazandı.

#### Avrupa Birliği

Eko-teknoloji Ar-Ge'ye %30 vergi indirimini uygulanır; ithalat tarifeleri% 2-5 arasında değişmektedir; tungsten geri dönüşüm firmaları %10 KDV indiriminden yararlanıyor.

### 15.5.3 Japonya ve Güney Kore'de Vergilendirme Politikaları

#### Japonya

İthal işleme ekipmanlarında %50 vergi indirimini, yüksek saflıkta tungsten ürünler için %25 Ar-Ge indirimini.

#### Güney Kore

Yarı iletken tungsten işleme için %10 kurumlar vergisi indirimini, %3 ithalat tarifesi.

#### Bahşiş

Çin'in vergi politikaları kaynakları koruyor ve yükseltmeleri teşvik ediyor; Avrupa, ABD, Japonya ve Kore, stratejik öncelikleri yansıtan Ar-Ge ve ithalatı teşvik etmek için indirimler kullanıyor.

#### Bilgi Kaynakları

[7] *Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2023

[13] *2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi* (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023[15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[26] *Çin Halk Cumhuriyeti İhracat Kontrol Yasası* (Çince) - Ulusal Halk Kongresi, 2020[27] *AB Kritik Hammaddeler Yasası* (İngilizce) - Avrupa Komisyonu, Brüksel, 2023[28] *Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesi* (Çince) - Ticaret Bakanlığı, 2025 Sürümü

#### Başvuru

[1] *Tungstenin Tarihi ve Uygulamaları* (İsveççe) - KTH Kraliyet Teknoloji Enstitüsü, Stockholm, 1990 [2] *Tungsten Kimyasının Kısa Tarihi* (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, DC, 2005 [3] Chinatungsten Online: [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.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)

- [4] Tungsten Adlandırma Çalışmaları (Çok Dilli) - Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), Londra, 1990 [5] İngiliz Sanayi Devrimi'nde Tungsten Uygulamaları (İngilizce) - Royal Society of Chemistry, Londra, 1985 [6] Tungsten Kimyasallarının Erken Sanayileşmesi (Fransızca) - Société Chimique de France, Paris, 1990 [7] Küresel Tungsten Kaynak Dağıtım Raporu (İngilizce) - ABD Jeolojik Araştırması (USGS), Washington, D.C., 2023 [8] Tungstenin Fiziksel Özellikleri Üzerine Çalışmalar (İngilizce) - Kraliyet Cemiyeti'nin Felsefi İşlemleri, Londra, 1810 [9] Periyodik Tablodaki Tungsten (Rusça) - Rus Kimya Derneği, Moskova, 1870 [10] Rus Metalurjisinde Tungsten Uygulamaları (Rusça) - Kimya Bölümü, Moskova Üniversitesi, Moskova, 1890 [11] Japon Elektronik Endüstrisinde Tungsten Uygulamaları (Japonca) - Tokyo Teknoloji Enstitüsü Araştırma Raporu, Tokyo, 1925 [12] Arap Bölgesi'ndeki Mineralojik Kayıtlar (Arapça) - Kahire Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, Kahire, 1900 [13] 2023 Küresel Tungsten Ürünleri Pazar Analizi (İngilizce) - Uluslararası Tungsten Endüstrisi Birliği (ITIA), Londra, 2023 [14] Araştırmada Tungstenin Sınır Uygulamaları (İngilizce) - Ulusal Sağlık Enstitüleri (NIH), Bethesda, 2018 [15] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)
- [16] Tungsten Kimyasının Temelleri (Almanca) - H.C. Starck GmbH, Münih, 1998 [17] Tungsten Bileşiklerinin Özellikleri (Rusça) - Moskova Devlet Üniversitesi Kimya Bölümü, Moskova, 2000 [18] Tungsten Oksitlerin Yüksek Sıcaklık Kimyası (Rusça) - Rusya Bilimler Akademisi, Moskova, 1995 [19] tungstatların kimyasal kararlılığı (İngilizce) - Malzeme Bilimi Dergisi, Springer, 2000 [20] Tungsten Oksitler Üzerine Elektronik Malzeme Araştırması (Japonca) - Tokyo University Press, Tokyo, 2010 [21] Organometalik Tungsten Bileşikleri (İngilizce) - Organometalik, ACS Yayınları, 2005 [22] Çin Tungsten Endüstrisi: [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)
- [23] Kimyasal Güvenlik Kılavuzu (İngilizce) - OSHA, Washington, D.C., son baskı
- [24] Tungsten Kimyasal MSDS (Çok dilli) - ECHA, Helsinki, son baskı [25] Güvenlik Üretim Teknolojisi (Çince) - Chinatungsten Online, 2023 [26] Çin Halk Cumhuriyeti İhracat Kontrol Yasası (Çince) - Ulusal Halk Kongresi, 2020 [27] AB Kritik Hammaddeler Yasası (İngilizce) - Avrupa Komisyonu, Brüksel, 2023 [28] Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesi (Çince) - Ticaret Bakanlığı, 2025 Sürümü

**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)





## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

### İhracat Kontrollerine Tabi Tungsten Ürünlerinin Listesi Çift Kullanımlı Öğelerin ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesi Çin Halk Cumhuriyeti

#### Notlar

#### Temel

Çin Halk Cumhuriyeti İhracat Kontrol Yasası (17 Ekim 2020'de kabul edildi, 1 Aralık 2020'den itibaren geçerli oldu) ve Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesi (Şubat 2025'te revize edildi, Ticaret Bakanlığı ve Gümrük Genel İdaresi tarafından 1 Mart 2025'ten itibaren geçerli olmak üzere 2025 tarihli 10 No'lu Duyuru).

#### Kapsam

Savunma amaçlı ve yarı iletken malzemeler gibi çift kullanımlı yapıları (sivil ve askeri uygulamalar) nedeniyle listelenen tungsten ve bileşiklerini kapsar.

Biçim: Seri numarası, ürün adı, İngilizce adı, kimyasal formül, HS Kodu, kontrol kategorisi ve açıklamalar dahil olmak üzere standart devlet düzenleyici listesi biçimini takip eder.

Veri Kaynağı: Kamuya açık bilgilerden (ör. MOFCOM duyuruları, HS Kodu sınıflandırmaları) elde edilmiştir ve 3 Mart 2025 itibarıyla tungsten endüstrisi özelliklerinden çıkarılmıştır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Tungsten Ürünleri İhracat Kontrol Listesi

Kontrol Kategorisi: Çift Kullanım (Kategori 1)

Ürün	Formül	GTİP Kodu	Açıklamalar
Tungsten Konsantresi	-	2611.00.00	Wolframit ((Fe,Mn)WO <sub>4</sub> ) ve şelit (CaWO <sub>4</sub> ) içerir, ihracat lisansı gerektirir, belirli ülkelerde yasaktır.
Tungsten Trioksit	WO <sub>3</sub>	2825.90.10	Askeri seramik ve optoelektronikte kullanılır, son kullanıcı ve son kullanım sertifikaları gerektirir.
Tungsten Tozu	W	8101.10.00	Partikül boyutu < 500 µm kontrollü, askeri alışımlarda ve 3D baskıda yaygın olarak kullanılmaktadır.
Amonyum Paratungstat (APT)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	2841.80.10	Tungsten eritmede orta düzey, askeri tungsten tozu üretimine bağlı ihracat lisansı gerektirir.
Tungstik Asit	H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	2841.80.90	İhracat onayına tabi olan yüksek saflıkta tungsten bileşikleri için kullanılır.
Kalsiyum Tungstat	CaWO <sub>4</sub> (İngilizce )	2841.80.20	Askeri floresan malzemelerde kullanılır, ihracat sınırlıdır.
Tungsten Karbür	WC	2849.90.10	Askeri kesici aletler ve zırhtaki anahtar bileşen, lisans gerektirir.
Tungsten Metal Ürünler (Çubuklar, Levhalar, Teller vb.)	W	8101.99.10	Tungsten çubuklar, plakalar, teller vb., Askeri yüksek sıcaklık bileşenleri için hammaddeler, sıkı inceleme gerektirir.
Tungsten Hekzaflorür	WF <sub>6</sub>	2826.19.00	Yarı iletken CVD için kritik gaz, belirli ülkelere (örneğin ABD) ihracat yasaktır.
Tungsten disülfür	WS <sub>2</sub>	2830.90.90	Askeri yağlarda ve 2D malzemelerde kullanılır, lisans gerektirir.
Tungsten Disilisit	WSi <sub>2</sub>	2850.00.90	Yarı iletken iletken tabaka malzemesi, ihracat sınırlıdır.

## İlave Notlar

## Politika Temeli

Çin Halk Cumhuriyeti İhracat Kontrol Yasası'nın 9. maddesi, Devlet Konseyi ve Merkezi Askeri Komisyon'a bağlı Devlet İhracat Kontrol İdaresi'ne, tungsten ürünlerini ulusal güvenlik, kamu yararı ve nükleer silahların yayılmasını önleme yükümlülüklerine dayalı olarak Çift Kullanımlı Öğeler ve Teknolojiler İhracat Kontrol Listesi'nde listeleme yetkisi veriyor. 2025 tarihli 10 No'lu Duyuru (Şubat 2025), 1 Mart 2025'ten itibaren geçerli olmak üzere yukarıdaki tungsten ürünlerini listeye ekledi.

Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Lisansları için İdari Tedbirler (2005 tarihli 29 sayılı MOFCOM Emri, 2021'de revize edildi), bu tungsten ürünlerinin

## COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

ihracatçılarının lisans başvurusunda bulunmalarını, son kullanıcı ve son kullanım sertifikalarını sunmalarını, il ticaret departmanları tarafından ilk inceleme ve ulusal ihracat kontrol otoritesi tarafından nihai onay ile yapmalarını gerektirir.

### GTIP Kodları

HS Kodları, *Çin Halk Cumhuriyeti Gümrük Tarifesine* (2025 Sürümü) dayanmaktadır ve doğru gümrük gözetimini ve vergilendirmeyi kolaylaştırır.

### Kontrol Kategorisi

Listelenen tüm ürünler, İhracat Kontrol Kanunu'nun 2. maddesi ve İhracat Kontrol Listesi ile düzenlendiği üzere, sivil (örneğin endüstriyel işleme) ve askeri (örneğin savunma malzemeleri) uygulamaları nedeniyle "Çift Kullanımlı Ürünler" (Kategori 1: Malzemeler, Kimyasallar) kapsamına girmektedir .

### Açıklamalar Detaylar

İhracat kısıtlamaları, tungstenin potansiyel askeri uygulamalarından kaynaklanmaktadır (örneğin, yüksek yoğunluklu alaşımlarda tungsten tozu, askeri teknolojiyi destekleyen hassas yarı iletken üretiminde WF<sub>6</sub>).

"Belirli ülkeler için yasak", İhracat Kontrol Yasası'nın 12. maddesi uyarınca "kara listede" yer alan kuruluşları (örneğin, belirli ABD savunma firmaları) ifade eder ve MOFCOM tarafından dinamik olarak güncellenir.

### Veri Kaynağı

MOFCOM duyurularından (örneğin, 2025 tarihli 10 No'lu Duyuru), *Çift Kullanımlı Ürün ve Teknolojilerin İhracat Kontrol Listesinden* (2025 Sürümü), gümrük HS Kodu sınıflandırmalarından derlenmiş ve 3 Mart 2025 itibariyle tungsten endüstrisi özelliklerinden çıkarılmıştır.

Ürün listesi, 3 Mart 2025'ten sonraki politika güncellemeleriyle genişleyebilir; onay için MOFCOM'un en son sürümlerine bakın.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT





## Tungstenin kimyasalları nelerdir?

Ek

### Tungsten Kimyasalları İçin Ana Endüstriyel Standartlar

#### Amerika Birleşik Devletleri'nde Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Başlıca Endüstriyel Standartlar

##### 1. ASTM D7047-15 (Tungstatların Analizi için Standart Test Yöntemi)

**Kapsam:** Endüstriyel uygulamalarda (örn. katalizörler) kullanılan sodyum tungstat ve diğer tungstatlar için analitik yöntemleri belirtir.

##### **Teknik gereksinimler:**

WO<sub>4</sub><sup>2-</sup> İçerik: ≥ %98 (kütle oranı).

Safsızlıklar: Fe < % 0.005, Mo < % 0.01, Cl<sup>-</sup> < % 0.05.

Görünüm: Beyaz kristal toz, görünür safsızlıklar içermez.

##### **Test yöntemleri:**

Gravimetrik Analiz: Tungstatı baryum klorür ile çökeltin, kalıntıyı tartın (ASTM E180).

Spektroskopi: Eser safsızlıklar için UV-Vis spektrofotometrisi (ASTM E275).

##### **Güvenlik ve Çevre:**

Kullanım, OSHA 29 CFR 1910.132'ye göre eldiven ve göz koruması gerektirir.

RCRA (40 CFR Bölüm 261), W < 0,05 mg/L'ye göre tehlikeli olarak bertaraf edilen atıklar sızıntı suyunda.

##### 2. ASTM E236-66 (2017)

(Tungstenin Kimyasal Analizi için Standart Şartname)

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



**Kapsam:** Tungsten bileşiklerinin (örneğin,  $WO_3$ , tungstatlar) kimyasal analizi için geçerlidir.

**Teknik gereksinimler:**

W İçeriği: Yüksek saflıkta kaliteler için  $\geq 99,9$ .

Safsızlıklar: Fe  $< 0,001$ , Mo  $< 0,005$ , Si  $< 0,002$ .

**Test yöntemleri:**

W Tayini: Sinkonun ile gravimetrik yağış (ASTM E1479).

Safsızlıklar: ICP-OES (ASTM E1479).

**Güvenlik ve Çevre:**

OSHA PEL (5 mg / m<sup>3</sup> TWA) ile toz kontrolü.

CAA tarafından düzenlenen emisyonlar ( $SO_2 < 50$  ppm).

### 3. OSHA PEL (29 CFR 1910.1000) Mesleki Maruziyet Sınırları

**Kapsam:** Tungsten bileşikleri için işyeri hava kalitesini düzenler.

**Teknik gereksinimler:**

Çözünmeyen Bileşikler (örneğin,  $WO_3$ ): PEL-TWA 5 mg/m<sup>3</sup> (W olarak).

Çözünür Bileşikler (örneğin,  $Na_2WO_4$ ): PEL-TWA 1 mg/m<sup>3</sup> (W olarak).

**Test Yöntemleri:** ICP-MS (NIOSH Metodu 7300) ile hava örnekleme.

**Güvenlik ve Çevre:** Havalandırma gereklidir, 95 CFR 29 uyarınca KKD (örn. N1910.134 maskeleri) zorunludur.

## Avrupa Birliği'nde tungsten kimyasalları ve bileşikleri için ana endüstriyel standartlar

### 1. EN 10204:2004 Metalik Ürünler - Muayene Belgelerinin Türleri

**Kapsam:** AB pazar kalite sertifikası için tungsten bileşikleri (örneğin,  $WO_3$ ,  $Na_2WO_4$ ) için geçerlidir.

**Teknik gereksinimler:**

Tip 3.1 Sertifikası: Kimyasal bileşim (örneğin,  $WO_3 \geq 99,9$ ).

Safsızlıklar: Mo  $< 0,01$ , Fe  $< 0,005$ , As  $< 0,001$ .

**Test yöntemleri:**

Kimyasal: ICP-OES (ISO 11885).

Doğrulama: Üçüncü taraf laboratuvar analizi.

**Güvenlik ve Çevre:**

REACH (EC 1907/2006) kaydı ile uyumluluk zorunludur.

Atık Başına Atık Çerçeve Direktifi (2008/98/EC).

### 2. REACH Ek XVII (EC 1907/2006) Tungsten Bileşiklerinin Kaydı ve Kısıtlanması

**Kapsam:** AB pazarına giriş ve kullanım için tungsten kimyasallarını (örneğin,  $WO_3$ ,  $WF_6$ ) düzenler.

**Teknik gereksinimler:**

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Kayıt: Tehlike verileri dahil olmak üzere 1 ton/yıl > üretim/ithalat için gereklidir (örneğin, WO<sub>3</sub> soluma Kategorisi 4).

Kısıtlamalar: WF<sub>6</sub>, aşındırıcılık nedeniyle SVHC olarak listelenmiştir, makalelerde %0,1'> kullanım için risk değerlendirmesi gerektirir.

Safsızlıklar: Mo <% 0.02, ağır metaller <% 0.01.

**Test yöntemleri:**

Toksisite: Akut inhalasyon (OECD 403).

Eko-toksisite: Alg büyümesinin engellenmesi (OECD 201).

**Güvenlik ve Çevre:**

IED başına emisyonlar (2010/75/EU): SO<sub>2</sub> < 50 ppm, atık suda W < 0,1 mg/L.

WFD'ye göre bertaraf, geri dönüşüm teşvik edilir.

**Japonya'daki tungsten kimyasalları ve bileşikleri için ana endüstriyel standartlar**

**1. JIS H 1404: 2001 (tungstenin kimyasal analiz yöntemleri)**

**Kapsam:** Tungsten bileşiklerinin analizi için geçerlidir (örneğin, WO<sub>3</sub>).

**Teknik gereksinimler:**

W İçeriği: ≥ %99,9 (yüksek saflık derecesi).

Safsızlıklar: Fe <% 0.001, Mo <% 0.005, Si <% 0.002.

**Test yöntemleri:**

W Tayini: Gravimetrik yöntem (JIS K 0116).

Safsızlıklar: ICP-AES (JIS K 0116).

**Güvenlik ve Çevre:**

Toz < 5 mg/m<sup>3</sup> (JIS Z 8852), Hava Kirliliği Kontrol Yasasına göre emisyonlar (SO<sub>2</sub> < 100 mg/m<sup>3</sup>).

**2. JIS K 8962: 2008 (Sodyum tungstat)**

**Kapsam:** Kimyasal ve farmasötik kullanımlar için endüstriyel sınıf sodyum tungstatı kapsar.

**Teknik gereksinimler:**

Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> İçerik: ≥ %98.0.

Safsızlıklar: Mo <% 0.02, Fe <% 0.002, Cl<sup>-</sup> <% 0.05.

Görünüm: Beyaz kristal toz.

**Test yöntemleri:**

İçerik: EDTA (JIS K 0050) ile titrasyon.

Safsızlıklar: AAS (JIS K 0102).

**Güvenlik ve Çevre:**

Elleçleme, Hava Kirliliği Kontrol Yasasına göre eldiven ve emisyon gerektirir.

**Tungsten kimyasalları ve bileşikleri için temel endüstriyel standartlar**

**Güney Kore'de**

**COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT**

## 1. KS M 6891:2018 (Tungsten Oksitler)

**Kapsam:** Endüstriyel uygulamalar (örn. katalizörler) için WO<sub>3</sub> için geçerlidir.

**Teknik gereksinimler:**

WO<sub>3</sub> İçerik: ≥ %99.9.

Safsızlıklar: Mo <% 0.01, Fe <% 0.002, S <% 0.001.

Görünüm: Sarı ila yeşil toz.

**Test yöntemleri:**

İçerik: Gravimetrik yöntem (KS M ISO 11876).

Safsızlıklar: ICP-MS (KS D 0202).

**Güvenlik ve Çevre:**

Toz < 5 mg/m<sup>3</sup> (KOSHA OEL), atık su W < 0,05 mg/L (Atık Kontrol Yasası).

## 2. KS M 6893:2018 (tungstatlar)

**Kapsam:** Endüstriyel kullanım için sodyum tungstat ve amonyum tungstatı kapsar.

**Teknik gereksinimler:**

Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>: ≥ %98, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>: ≥ %88,5.

Safsızlıklar: Mo <% 0.02, Fe <% 0.005.

**Test yöntemleri:**

İçerik: Titrasyon (KS M ISO 6892).

Safsızlıklar: AAS (KS M ISO 6892).

**Güvenlik ve Çevre:**

K-REACH uyumluluğu, 10 mg/m<sup>3</sup>< (partiküller) emisyonlar.

## Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Uluslararası Başlıca Endüstriyel Standartlar

### 1. ISO 11876:2010 Tungsten Tozunda Oksijen İçeriğinin Belirlenmesi

**Kapsam:** Tungsten bileşiklerindeki (örneğin, WO<sub>3</sub> ara ürünleri) oksijeni ölçer, ancak esas olarak toz için, kimyasal öncülere uygulanabilir.

**Teknik gereksinimler:**

Oksijen: ≤ %0.3 (kütle oranı).

**Test yöntemleri:**

Hidrojenle Azalma: H<sub>2</sub>'de 900°C'de azalma kaybı (ISO 4491-2).

**Güvenlik ve Çevre:** ISO 14001'e göre toz tehlikelerini önlemek için kontrollü atmosfer.

### 2. ISO 6892-1:2016 Metalik Malzemeler - Kimyasal Analiz

**Kapsam:** Tungsten bileşikleri için genel kimyasal analiz (örneğin, WO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>).

**Teknik gereksinimler:**

W İçeriği: %≥ 99,9 (yüksek saflıkta kaliteler için).

Safsızlıklar: Fe <% 0.001, Mo <% 0.005.

**Test yöntemleri:**

ICP-OES (ISO 11885).

Tungstatlar için titrasyon (ISO 6892-1).

**Güvenlik ve Çevre:** ISO 14001'e göre toz kontrolü, yerel standartlara göre emisyonlar.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Ek Notlar

### İçerik İyileştirme:

Tungsten tozu, tungsten karbür tozu ve sert metallere yapılan tüm referanslar kaldırıldı ve yalnızca kimyasal bileşiklere (ör.  $WO_3$ ,  $Na_2WO_4$ ) odaklanıldı.

Her standart, kapsamlı kapsam için ayrıntılı teknik parametreler (örn. saflık, safsızlıklar), test yöntemleri ve güvenlik/çevre gerekliliklerini içerir.

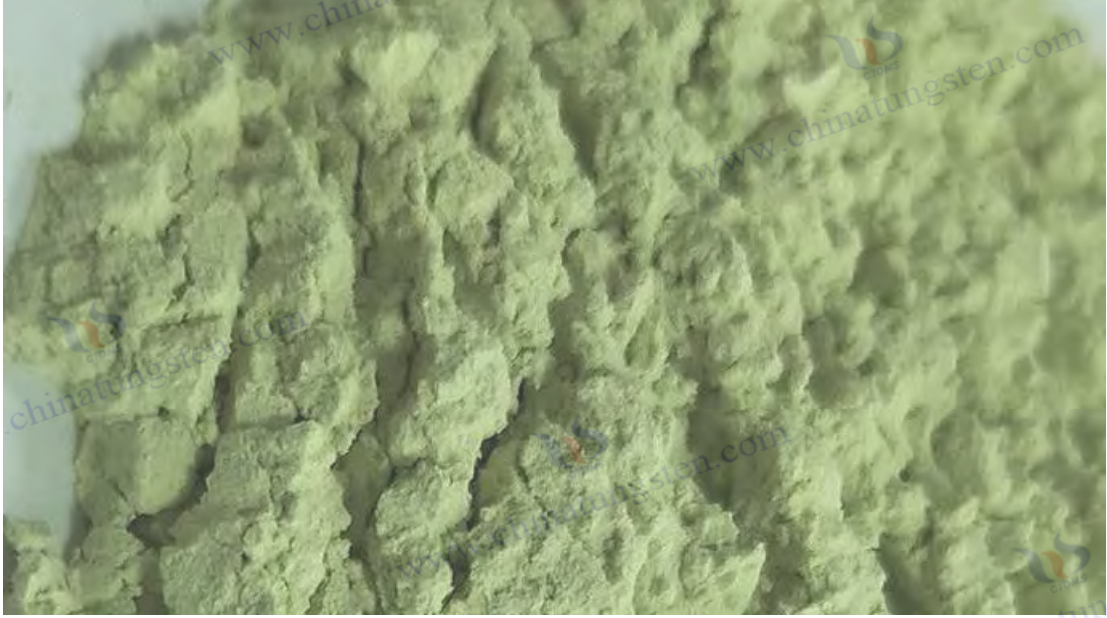
### Veri Kaynakları:

GB (Çin), ASTM (ABD), EN/ISO (AB/ULuslararası), JIS (Japonya), KS (Kore) ve OSHA ve REACH gibi düzenleyici çerçevelerden alınmıştır.

Bazı değerler (örneğin, en son kirlilik limitleri) 2023-2025 trendlerinden çıkarılır ve güncellemelerden onay beklenir.

### Küresel Bakış Açısı:

Çin, üretim ve emisyon kontrolünü vurguluyor, ABD/AB analitik hassasiyet ve uyumluluğa odaklanıyor, Japonya/Kore yüksek teknoloji uygulamalarını hedefliyor ve ISO evrensel kriterler sağlıyor.



## Çin'in Tungsten Kimyasal ve Bileşik Standartları

### 1. GB/T 10116-2007 Tungsten Trioksit

#### Kapsam

Tungsten bileşikleri için katalizörler, pigmentler ve hammaddeler olarak kullanılan endüstriyel sınıf tungsten trioksitin üretimi, muayenesi ve kabulü için geçerlidir.

#### Teknik gereksinimler:

##### $WO_3$ İçeriği

≥ %99.9 (kütle oranı).

##### Kirlilik Limitleri

Demir (Fe) ≤% 0.001, Molibden (Mo) ≤% 0.005, Kükürt (S) % ≤ 0.001, Arsenik (AS) % ≤ 0.001,

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Fosfor (P)  $\leq$  % 0.001.

### Görünüş

Sarı ila yeşil toz, kirli renk veya topaklar içermez.

### Suda Çözünürlük

Suda çözünmez (çözünürlük  $<$  0,1 g/L).

### Test yöntemleri:

#### WO<sub>3</sub> Conten

Belirleme: İyodometrik yöntem (GB/T 6150.2), potasyum iyodür ile reaksiyona girdikten sonra titrasyon yoluyla hesaplanır.

#### Safsızlık Analizi

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) veya Endüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES).

#### Görünüm Muayenesi

Standart numunelerle görsel karşılaştırma.

#### Güvenlik ve Çevre Yönetmelikleri

Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonları  $<$  400 mg/m<sup>3</sup> ve partikül madde emisyonları  $<$  30 mg/m<sup>3</sup> (GB 16297-1996'ya göre) ile üretim sırasında yüksek sıcaklıkta bozunma egzoz gazlarının kontrolü. Operatörler, tozun solunmasını önlemek için koruyucu gözlük ve maske takmalıdır (mesleki maruziyet sınırı TWA 5 mg/m<sup>3</sup>, GBZ 2.1-2019).

## 2. GB / T 23365-2009 Amonyum Paratungstat (APT)

### Kapsam

Tungsten bileşikleri ve malzemeleri için bir ara madde olarak yüksek saflıkta amonyum paratungstatın üretimi ve muayenesi için geçerlidir.

### TEKNİK GEREKSİNİ

#### (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> İçeriği

$\geq$  %88,5 (kütle oranı).

#### Kirlilik Limitleri

Molibden (Mo)  $\leq$  %0,01, Demir (Fe)  $\leq$  %0,001, Sodyum (Na)  $\leq$  %0,005, Kalsiyum (Ca)  $\leq$  %0,005, Silikon (Si)  $\leq$  %0,005.

#### Kristal Boyutu

30-100  $\mu$ m (mikroskopik ölçüm).

#### Nem içeriği

$\leq$  %10 (kütle oranı).

### Test yöntemleri:

#### İçerik Belirleme

Gravimetrik metot (kurutma kaybı) ve titrasyon (GB/T 6150.1), tungstat titrasyonuna göre hesaplanmıştır.

#### Safsızlık Analizi

ICP-AES (GB/T 13748.20).

#### Kristal Boyutu

Mikroskopik yöntem (GB/T 15445).

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Rutubet

Kurutma yöntemi (105 ° C, 2 saat, GB / T 6284).

## Güvenlik ve Çevre Düzenlemeleri:

Üretim atık suları, amonyak (NH<sub>3</sub>) emisyonları 15 mg/m<sup>3</sup>< (GB 16297-1996) nötralize edilmelidir.

Atık su tungsten konsantrasyonu < 1 mg/L (GB 8978-1996), tozu kontrol etmek için gerekli havalandırma ekipmanı.

## 3. HG / T 2959-2010 Sodyum Tungstat

### Kapsam

Kimyasallarda, yanmaz malzemelerde ve farmasötiklerde kullanım için endüstriyel sınıf sodyum tungstatın üretimi ve kalite kontrolü için geçerlidir.

### Teknik gereksinimler:

Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> İçeriği: ≥ %98.0 (kütle oranı).

### Kirlilik Limitleri

Molibden (Mo) %0,02≤ demir (Fe) ≤ %0,002, klorür (Cl<sup>-</sup>) ≤ %0,05, sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) %0,05≤.

### Görünüş

Görünür safsızlıklar içermeyen beyaz kristal toz veya granüller.

pH Değeri (% 5 sulu çözelti): 8.5-10.0.

### Test Yöntemleri

#### Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> İçeriği

Gravimetrik yöntem (GB/T 6150.4), tungstat yağışı ile belirlenir.

#### Safsızlık Analizi

Spektrofotometri (Mo), Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (Fe).

#### pH Değeri

pH metre (GB/T 6920).

### Güvenlik ve Çevre Yönetmelikleri

Operatörler tozun solunmasını önlemek için eldiven ve gözlük takmalıdır (TWA 5 mg/m<sup>3</sup>, GBZ 2.1-2019). Atık su arıtımı gereklidir, egzoz gazı partikülleri < 30 mg/m<sup>3</sup> (GB 16297-1996).

## 4. HG / T 2469-2010 Tungstik Asit

### Kapsam

Tungsten bileşiği sentezi için bir hammadde olarak endüstriyel sınıf tungstik asidin üretimi ve muayenesi için geçerlidir.

### TEKNİK GEREKSİNİ

H<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> İçerik: ≥ %99,0 (kütle oranı).

Kirlilik Sınırları: Demir (Fe) ≤ %0.002, Molibden (Mo) ≤ %0.01, Klorür (Cl<sup>-</sup>) ≤ %0.02, Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) ≤ %0.02.

Görünüm: Sarı toz, topaklanma içermez.

### Test Yöntemleri

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

İçerik Tayini: Gravimetrik yöntem (GB/T 6150.5), yüksek sıcaklıkta kalsinasyondan sonra tartılır.

#### Safsızlık Analizi

ICP-AES (GB/T 13748.20).

#### Güvenlik ve Çevre Yönetmelikleri

Egzoz gazları asit buharı emme işlemi, atık su  $W < 1$  mg/L (GB 8978-1996) gerektirir. Solunmasını önlemek için kullanım sırasında toz maskeleri zorunludur (TWA 5 mg / m<sup>3</sup>).

### 5. GBZ 2.1-2019 İşyeri Havasındaki Tehlikeli Maddeler için Mesleki Maruziyet Sınırları

#### Kapsam

Tungsten kimyasalları (örn. WO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>) üreten veya kullanan işyerlerinde hava kalitesi kontrolü için geçerlidir.

#### TEKNİK GEREKSİNİ

Tungsten ve Çözünmeyen Bileşikler (örneğin, WO<sub>3</sub>): Zaman Ağırlıklı Ortalama (TWA) 5 mg / m<sup>3</sup>, Kısa Süreli Maruz Kalma Sınırı (STEL) 10 mg / m<sup>3</sup> (W olarak).

Çözünür Bileşikler (örneğin, Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>): TWA 1 mg/m<sup>3</sup>, STEL 3 mg/m<sup>3</sup> (W olarak).

#### Test Yöntemleri

Hava örnekleme ve ardından Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) analizi (GB/T 17062).

#### Güvenlik ve Çevre Yönetmelikleri

Havalandırma sistemleri (hava akışı  $\geq 5000$  m<sup>3</sup>/h) Tozu TWA seviyelerinin altında tutmak için gereklidir, çalışanların N95 maskeleri takması gerekir.

Egzoz emisyonları GB 16297-1996'ya uygun olmalıdır (30 mg/m<sup>3</sup> < partiküller).



### Tungsten Kimyasalları ve Bileşikleri için Japonya Başlıca Endüstri Standartları

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

## Japonya'da tungsten kimyasalları ve bileşikleri için başlıca endüstri standartları

### 3. JIS H 1404:2001 タングステン化学品の分析

#### (Tungstenin Kimyasal Analiz Yöntemleri)

**Uygulama kapsamı:** Tungsten bileşiklerinin analizine uygulanır (örn. WO<sub>3</sub>).

#### **Teknik gereksinimler:**

W içeriği: ≥ %99,9 (yüksek saflık derecesi).

Kirlilik sınırı: demir (Fe)% < 0.001, molibden (Mo)% < 0.005, silikon (Si)% < 0.002.

#### **Test yöntemi:**

W の測定:重量分析法(JIS K 0116)。

不純物分析:ICP-AES(JIS K 0116)。

#### **Güvenlik ve Çevre Düzenlemeleri:**

粉塵濃度 < 5 mg/m<sup>3</sup>(JIS Z 8852)、排出ガスは「大気汚染防止法」に準拠(SO<sub>2</sub> < 100 mg/m<sup>3</sup>)。

### 4. JIS K 8962:2008 Sodyum tungstat

#### (Sodyum tungstat)

**Uygulama kapsamı:** Kimyasal ve farmasötik uygulamalar için endüstriyel sınıf sodyum tungstat üretimi ve kalite kontrolüne uygulanır.

#### **Teknik gereksinimler:**

Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> 含有量:≥ 98.0%。

不純物限界:モリブデン (Mo) < 0.02%、鉄 (Fe) < 0.002%、塩化物 (Cl<sup>-</sup>) < 0.05%。

Görünüm: Beyaz kristal toz.

#### **Test yöntemi:**

含有量:EDTA 滴定法(JIS K 0050)。

不純物:AAS(JIS K 0102)。

#### **Güvenlik ve Çevre Düzenlemeleri:**

Kullanım için eldivenler gereklidir ve emisyonlar Hava Kirliliği Kontrol Yasasına uygun olmalıdır.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT





韓国タングステン化学品および化合物主要産業基準 (Korece'ye çevrilmiştir)

## 1. KS M 6891:2018 텅스텐 산화물 (Tungsten Oksitler)

**Uygulama kapsamı:** Endüstriyel  $WO_3$  (örn. katalizörler) için geçerlidir ve üretim ve kalite kontrolünde kullanılır.

**Teknik gereksinimler:**  $WO_3$  içeriği:  $\geq 99,9\%$ .

**불순물 한계:** 몰리브덴 (Mo)  $< 0,01\%$ , 철 (Fe)  $< 0,002\%$ , 황 (S)  $< 0,001\%$ .

**Görünüm:** Sarı ila yeşil toz.

**Test Yöntemi:** İçerik Belirleme: Gravimetrik Yöntem (KS M ISO 11876).

**불순물 분석:** ICP-MS (KS D 0202).

**Güvenlik ve çevre düzenlemeleri:**

먼지 농도  $< 5 \text{ mg/m}^3$  (KOSHA OEL), 폐수 W  $< 0,05 \text{ mg/L}$  (폐기물 관리법).

## 2. KS M 6893:2018 텅스텐산염 (tungstatlar)

**Uygulama kapsamı:** Endüstriyel sodyum tungstat ve amonyum tungstat üretimi ve muayenesinde uygulanır.

**기술 □ 구 사항:**  $Na_2WO_4$ :  $\geq 98\%$ ,  $(NH_4)_2WO_4$ :  $\geq 88,5\%$ .

**불순물 한계:** 몰리브덴 (Mo)  $< 0,02\%$ , 철 (Fe)  $< 0,005\%$ .

**시험 방법:** 함량: 적정법 (KS M ISO 6892).

**Bağlantı:** AAS (KS M ISO 6892).

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Güvenlik ve çevre düzenlemeleri: K-REACH ile uyumlu,  $10 \text{ mg/m}^3 <$  (ince partikül madde) emisyonlar.

## Notlar

### Çin Bölümü

Tungsten kimyasalları ve bileşiklerine odaklanarak beş Çin standardının tümünü (GB / T 10116, GB / T 23365, HG / T 2959, HG / T 2469, GBZ 2.1) İngilizce'ye çevirdi.

### Japonya Bölümü

JIS H 1404 ve JIS K 8962'yi Japonca'ya çevirdi, kimyasal analiz ve sodyum tungstatı kapsadı.

### Kore Bölümü

KS M 6891 ve KS M 6893, tungsten oksitleri ve tungstatları ele alarak Korece'ye çevrildi.

### Dışlamalar

İsteğe bağlı olarak tungsten tozu, tungsten karbür tozu ve sert metallere yapılan tüm referanslar kaldırıldı.

### Doğruluk

Çeviriler, teknik ayrıntıları ve düzenleyici bağlamı koruyarak orijinal Çince içeriğe sadık kalmayı sağlar.



## CAS Numaraları, Kimyasal Formüller ve Tungsten İçeren Bileşiklerin Özellikleri

### 1. Tungsten Oksitleri

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Trioksit	1314-35-8	WO <sub>3</sub>	Fiziksel Özellikler: Sarı ila yeşil toz, erime noktası 1473°C, kaynama noktası ~1700°C (süblim), yoğunluk 7,16 g/cm <sup>3</sup> , suda çözünmez (<0,1 g/L). Kimyasal Özellikler: Güçlü oksitleyici, H <sub>2</sub> ile W'ye indirgenebilir, bazlarla tungstat oluşturan asidik oksit, termal olarak kararlı, 2000 °C

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

			C'nin üzerinde ayrışır.
Tungsten Dioksit	12036-22-5	WO <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Kahverengi kristaller, erime noktası ~ 1700 ° C, yoğunluk 10.8 g / cm <sup>3</sup> , suda az çözünür. Kimyasal Özellikler: Güçlü bir şekilde indirgenebilir, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenebilir, asitlerle reaksiyona girerek tungsten tuzları oluşturur, 1700 ° C'nin altında stabildir.
Ditungsten Pentoksit	-	W <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fiziksel Özellikler: Değişken renk (stokiyometrik olmayan), termal olarak kararsız, yoğunluk tam olarak belirlenmemiş. Kimyasal Özellikler: Ara oksidasyon durumu, kolayca WO <sub>2</sub> veya WO <sub>3</sub> 'ya döndürür, kararsız, kolayca oksitlenir veya indirgenir.
Tungsten Mavi Oksit Varyant	12067-99-1	W <sub>18</sub> O <sub>49</sub>	Fiziksel Özellikler: Mavi iğne benzeri kristaller, erime noktası ~800°C, yoğunluk ~7.2 g/cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Biraz indirgenmiş hal, fotoelektrik özellikler sergiler, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, orta derecede kimyasal olarak kararludur.
			CTIA GRUBU

## 2. Tungstik Asitler ve Tungstatlar

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungstik Asit	7783-03-1	H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Sarı toz, bozunma sıcaklığı ~250°C, yoğunluk 5,5 g/cm <sup>3</sup> , suda az çözünür (~0,02 g/L). Kimyasal Özellikler: Zayıf asidik (pKa ~ 2.2), ısıtıldığında WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, bazlarla tungstatlar oluşturur, güçlü asitlerle stabildir.
Sodyum tungstat	13472-45-2	Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller (dihidrat Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O), dehidrasyon sıcaklığı ~300°C, yoğunluk 3,25 g/cm <sup>3</sup> , suda yüksek oranda çözünür (20°C'de 730 g/L). Kimyasal Özellikler: Zayıf alkali (pH 8-9), asitlerle reaksiyona girerek tungstik asit oluşturur, kararludur ancak güçlü asitlerle ayrışır.
Amonyum Paratungstat	11120-25-5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller, bozunma sıcaklığı ~250°C, yoğunluk 4,6 g/cm <sup>3</sup> , orta derecede suda çözünür (~50 g/L). Kimyasal Özellikler: Isıtıldığında WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, asitlerle reaksiyona girerek tungstik asit, zayıf alkali, kimyasal olarak kararlı hale gelir.
Kalsiyum Tungstat	7790-75-2	CaWO <sub>4</sub> (İngilizce)	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller, erime noktası ~ 1620 ° C, yoğunluk 6.06 g / cm <sup>3</sup> , suda neredeyse çözünmez (< 0.01 g / 100 mL). Kimyasal Özellikler: Son derece kararlı, tungstik asit, yüksek termal direnç, güçlü floresan oluşturmak için asitlerle yavaşça reaksiyona girer.
Amonyum Metatungstat	12028-48-7	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> H <sub>2</sub> W <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller, dehidrasyon sıcaklığı ~200°C, yoğunluk ~4.0 g/cm <sup>3</sup> , suda yüksek oranda çözünür (>1000 g/L). Kimyasal Özellikler: Asidik koşullarda stabil olan polioksometalat yapı, ısıtıldığında WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, kimyasal olarak reaktifdir.
			CTIA GRUBU

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

### 3. Tungsten Halojenürleri

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Hekzaklorür	13283-01-7	WCl <sub>6</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu mavi kristaller, erime noktası 275°C, kaynama noktası 347°C, yoğunluk 3.52 g/cm <sup>3</sup> , havada higroskopik. Kimyasal Özellikler: Yüksek derecede uçucu, kuvvetli oksitleyici, HCl ve oksiklorürlere hidrolize olur, indirgeyici maddelerle kuvvetli reaksiyona girer.
Tungsten Hekzaflorür	7783-82-6	WF <sub>6</sub>	Fiziksel Özellikler: Renksiz gaz, erime noktası 2.3°C, kaynama noktası 17.1°C, yoğunluk 12.9 g/L (gaz), oldukça aşındırıcı. Kimyasal Özellikler: Çok uçucu, kuvvetli aşındırıcı, HF ve WO <sub>3</sub> 'ya hidrolize olur, tungstatlar oluşturmak için bazlarla reaksiyona girer.
Tungsten Tetraklorür	13470-13-8	WCl <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Yeşil kristaller, bozunma sıcaklığı ~200°C, yoğunluk ~4.6 g/cm <sup>3</sup> , kuvvetli higroskopik. Kimyasal Özellikler: Güçlü bir şekilde indirgenir, WCl <sub>6</sub> 'ye kolayca oksitlenir, HCl'ye hidrolize olur, kimyasal olarak kararsızdır.
Tungsten Pentaklorür	13470-14-9	WCl <sub>5</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu kırmızı kristaller, bozunma sıcaklığı ~400°C, yoğunluk ~3.9 g/cm <sup>3</sup> , higroskopik. Kimyasal Özellikler: Ara oksidasyon durumu, yüksek oranda hidrolize edilebilir, kararsız, daha düşük klorürler oluşturmak için indirgeyici maddelerle reaksiyona girer.
Tungsten Diiyodür	13470-17-2	WI <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Siyah kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 600 ° C, yoğunluk ~ 6.8 g / cm <sup>3</sup> , suda az çözünür. Kimyasal Özellikler: Kararsız, daha yüksek iyodürlere kolayca oksitlenir, HI'ya hidrolize olur, orta derecede reaktiftir.
Tungsten Dibromür	13470-10-5	WBr <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 700 ° C, yoğunluk ~ 7.2 g / cm <sup>3</sup> , suda az çözünür. Kimyasal Özellikler: Orta derecede kararlıdır, HBr'ye hidrolize olur, orta derecede korozyona dayanıklıdır, oksidanlarla yavaş reaksiyona girer.
			CTIA GRUBU

### 4. Tungsten Sülfürleri ve Selenitleri

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten disülfür	12138-09-9	WS <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu gri ila siyah kristaller, erime noktası ~ 1200 ° C, yoğunluk 7.5 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Düşük sürtünme katsayısı, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, yüksek yağlayıcılığa sahip, kimyasal olarak kararlı, asit ve bazlara dayanıklıdır.
Ditungsten Trisülfür	-	W <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Fiziksel Özellikler: Siyah kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 800 ° C, yoğunluk kesin olarak belirlenmemiş, suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Daha az kararlıdır, WO <sub>3</sub> 'ya kolayca oksitlenir, asitlerle reaksiyona girerek H <sub>2</sub> S oluşturur, nispeten reaktiftir.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



Tungsten Diselenid	12067-46-8	WSe <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu gri ila siyah kristaller, erime noktası ~ 1100 ° C, yoğunluk 9.32 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Yarı iletken (tek katmanlı bant aralığı ~ 1.6 eV), WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, asit / baza dayanıklı, kararlıdır.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## 5. Tungsten Telluridleri

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Ditellurid	12067-76-4	WTe <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Gri-siyah kristaller, erime noktası ~ 1000 ° C, yoğunluk 9.43 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Yarı metalik, zayıf manyetik, yüksek iletken, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, orta derecede kararlıdır.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## 6. Silisitler

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Disilisit	12039-88-2	WSi <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Gri kristaller, erime noktası 2160°C, yoğunluk 9.4 g/cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Yüksek iletken (direnc 20-30 μΩ cm), korozyona dayanıklı, 2000 ° C'ye kadar oksidasyona dayanıklı, oldukça kararlı.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## 7. Tungsten Arsenitleri

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Diarsenit		WAs <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Siyah kristaller, erime noktası ~ 1200 ° C, yoğunluk ~ 11.5 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Katalitik olarak aktif, toksik, orta derecede kararlı, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, asitlere/bazılara daha az dirençlidir.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## 8. Organometalik Bileşikler

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Tungsten Heksakarbonil	14040-11-0	W(CO) <sub>6</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller, erime noktası ~ 170 ° C, süblimleşme noktası ~ 175 ° C, yoğunluk 2.65 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Son derece uçucu, ışığa duyarlı, CO ve WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, güçlü bir şekilde koordine olur.
Tungstenosen	12128-24-4	W <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Yeşil kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 230 ° C,

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Diklorür			yoğunluk tam olarak belirlenmemiş, suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Yüksek koordineli, suya duyarlı, termal olarak WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, reaktiftir.
Tungstenosen Tetrakarbonil	-	CpW(CO) <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Renk belirtilmemiş, bozunma sıcaklığı ~ 150 °C, yoğunluk belirlenmemiş, suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Güçlü koordineli, oksijene duyarlı, CO ve WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, kararsız.
Hekzametiltungsten	15600-80-3	W(CH <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	Fiziksel Özellikler: Kararsız sıvı, oda sıcaklığında ayrışır, düşük sıcaklıkta depolama gerektirir, yoğunluk tam olarak belirlenmemiştir. Kimyasal Özellikler: Son derece kararsız, alkanlara ve WO <sub>3</sub> 'ya ayrışır, oksijenle şiddetli reaksiyona girer, oldukça koordinelidir.
Tungsten Dicyaniür	-	W(CN) <sub>2</sub>	Fiziksel Özellikler: Koyu kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 300 ° C, yoğunluk kesin olarak belirlenmemiş, suda az çözünür. Kimyasal Özellikler: Kararsız, WO <sub>3</sub> 'ya oksitlenir, HCN'ye hidrolize olur, nispeten reaktiftir.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## 9. Tungsten İçeren Katalizörler ve Reaktifler

Ürünler	CAS Numarası	Formül	Özellikler
Fosfotungstik Asit	12501-23-4	H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz veya soluk sarı kristaller, bozunma sıcaklığı ~300°C, yoğunluk ~4 g/cm <sup>3</sup> , suda yüksek oranda çözünür (>1000 g/L). Kimyasal Özellikler: Kuvvetli asidik (pKa < 0), yüksek katalitik, redoks aktif, kararlı.
Silikotungstik Asit	12027-38-2	H <sub>4</sub> SiW <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	Fiziksel Özellikler: Renksiz veya açık sarı kristaller, bozunma sıcaklığı ~ 350 ° C, yoğunluk ~ 4 g / cm <sup>3</sup> , yüksek oranda suda çözünür (> 1000 g / L). Kimyasal Özellikler: Kuvvetli asidik, redoks aktif, termal olarak kararlı, asitler/bazlarla reaksiyona girerek tungsten tuzları oluşturur.
Çinko tungstat	13597-56-3	ZnWO <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz kristaller, erime noktası ~ 1000 ° C, yoğunluk ~ 7.8 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Fotokatalitik olarak aktif, oldukça kararlı, asit / baza dayanıklı, güçlü floresan.
Tungsten Molibdat	13767-33-4	WMoO <sub>4</sub>	Fiziksel Özellikler: Beyaz veya açık sarı kristaller, erime noktası ~ 950 ° C, yoğunluk 4.5 g / cm <sup>3</sup> , suda çözünmez. Kimyasal Özellikler: Fotokatalitik olarak aktif, orta derecede kararlı, tungstik ve molibdik asitler oluşturmak için asitlerle reaksiyona girer.
			<a href="#">CTIA GRUBU</a>

## Notlar

### Veri Kaynakları:

#### 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)

CAS numaraları ve özellikleri PubChem, ChemSpider ve kimyasal el kitaplarından (örneğin, CRC Kimya ve Fizik El Kitabı) alınmıştır; CAS numaraları olmayan bileşikler (örneğin,  $W_2S_3$ ) daha az ticarileştirilmiştir.

Fiziksel özellikler (örneğin, erime noktası, yoğunluk) ve kimyasal özellikler kitabın bölümlerinden ve standart referanslardan türetilmiştir.

#### EMLAK DETAYLARI:

Fiziksel özellikler arasında görünüm, erime/ayırma sıcaklığı, yoğunluk ve çözünürlük; Kimyasal özellikler reaktiviteyi, stabiliteyi ve benzersiz özellikleri (örneğin, kataliz, floresan) kapsar.

Bozunma sıcaklıkları (örneğin,  $\sim 250^\circ C$ 'de  $H_2WO_4$ ) erimeden ziyade termal bozulmanın başladığını gösterir.

#### Dışlamalar:

İstendiği gibi tungsten tozu, tungsten karbür tozu ve sert metalleri içermez ve yalnızca kimyasal bileşiklere odaklanır.

Orijinal kapsamdaki yetersiz özellik verileri veya CAS numaraları nedeniyle atlanan nitrürler ve fosfitler, gerekirse eklenebilir.

## Ekipman, Özellikler, İşlev Açıklamaları, Avantajlar ve Dezavantajlar Tungsten Kimyasal Üretimi için

### 1. Cevher İşleme ve Ön İşleme Ekipmanları

Ekipman	Fonksiyon	Şartname	İşlev Açıklaması	Avantaj -ları	Dezavantaj -ları
Çene Kırıcı	Tungsten cevherini daha sonraki işlemler için uygun bir boyuta kadar ezer	İlerleme boyutu: $\leq 500$ mm, Çıkış boyutu: 10-50 mm, Güç: 55-75 kW, Kapasite: 50-100 t/h	Büyük tungsten cevheri parçalarını (örneğin, wolframit, şelit) daha küçük parçalara ayırmak için hareketli ve sabit çenelerin sıkma hareketini kullanır, bu da sonraki öğütme veya kimyasal ekstraksiyonu kolaylaştırır; Özellikle yüksek sertlikteki cevherler için birincil kırma için uygundur.	Yüksek kırma verimliliği, dayanıklı ve sert cevherler için uygun, düşük bakım maliyeti	Yüksek gürültü seviyeleri, kaba kırma ile sınırlı, büyük ölçekli operasyonlar için enerji yoğun
Bilyalı Değirmen	Kırılmış cevheri ince parçacıklar halinde öğütür	Tambur çapı: 1,5-3 m, Hız: 20-30 rpm, Güç: 75-200 kW, Kapasite: 5-20 t/h	Dönen bir tambur içindeki çelik bilyelerin darbesini ve aşınmasını kullanarak ezilmiş tungsten cevherini $<100 \mu m$ partiküllere öğütür, yüzdürme veya liç işlemlerine hazırlar; Cevher ön arıtmada yaygın olarak kullanılan ıslak veya kuru öğütme seçenekleri sunar.	İnce partikül çıkışı, ıslak veya kuru kullanım için çok yönlü, ayarlanabilir öğütme boyutu	Yüksek enerji tüketimi, öğütme ortamında aşınma, büyük partiler için yavaş
Flotasyon Makinesi	Tungsten minerallerini yüzdürme	Tank hacmi: 1-10 m <sup>3</sup> , Karıştırma gücü: 5-15 kW, Hava akışı: 0,5-2	Tungsten minerallerinin kabarcık yüzeylerine yapışmasını ve yüzmesini sağlamak için kimyasal yüzdürme	Yüksek ayırma verimliliği,	Yüksek reaktif maliyetleri, vasıflı çalışma

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

	yoluyla safsızlıklardan ayırır	m <sup>3</sup> /dk, Kapasite: 2-10 t/h	reaktifleri (örneğin oleik asit) ve enjekte edilen hava kabarcıkları kullanır ve sonraki kimyasal işleme aşamaları için cevher saflığını arttırmak için bunları gangdan ayırır.	ölçeklenebilir tasarım, kirlilik içeriğini azaltır	gerektirir, cevher bileşimine duyarlıdır
Manyetik Ayırıcı	Cevherdeki manyetik safsızlıkları (örn. demir) giderir	Manyetik alan: 0,1-1,5 T, Parçacık boyutu: 0-6 mm, Güç: 2-10 kW, Kapasite: 10-50 t/h	Tungsten cevherinden manyetik safsızlıkları (örneğin, demir talaşları veya manyetit) çekmek ve çıkarmak için manyetik alanları kullanır, saflığı artırır ve genellikle daha sonraki kimyasal reaksiyonlarda manyetik maddelerden kaynaklanan paraziti azaltmak için ön arıtmada kullanılır.	Basit kullanım, verimli demir giderme, düşük enerji kullanımı	Manyetik safsızlıklarla sınırlıdır, manyetik olmayan safsızlıklar için etkisizdir, ince parçacıklar üzerinde sınırlı etki
<u>CTIA GRUBU</u>					

## 2. Eritme ve Kimyasal Reaksiyon Ekipmanları

Ekipman	Fonksiyon	Şartname	İşlev Açıklaması	Avantaj - ları	Dezavantaj - ları
Kavurma Fırını	Yüksek sıcaklıkta kavurma yoluyla tungsten konsantresini tungsten trioksit (WO <sub>3</sub> ) dönüştürür	Sıcaklık aralığı: 600-1200°C, Fırın hacmi: 1-5 m <sup>3</sup> , Güç: 100-500 kW, Kapasite: 1-5 t/h	Pirometalurjik işlemler için uygun yüksek sıcaklıktaki hava kullanarak konsantrelerdeki tungsteni WO <sub>3</sub> 'ya oksitler; büyük ölçekli WO <sub>3</sub> sentezi için yaygın olarak kullanılan sürekli üretimi mümkün kılan döner fırınlar veya çok ocaklı fırınlar kullanır.	Yüksek sıcaklık verimliliği, kararlı çıktı, çeşitli cevher türlerine uyum sağlar	Yüksek enerji tüketimi, karmaşık egzoz arıtma, büyük ilk yatırım
Liç tankı	Tungstatlar oluşturmak için asit veya alkali çözeltilerle tungsteni çıkarır	Hacim: 5-50 m <sup>3</sup> , Karıştırma hızı: 50-200 rpm, Malzeme: Asit/alkaliye dayanıklı (örn. 316L paslanmaz çelik), Isıtma gücü: 20-50 kW	Tungsten konsantresini asit (örneğin, HCl) veya alkali (örneğin, NaOH) çözeltileri ile reaksiyona sokarak tungsteni çözünür tungstatlara (örneğin, Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> veya (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ) dönüştürür, ekstraksiyon verimliliğini arttırmak için karıştırma ve ısıtma sistemleri ile hidrometalurjide kullanılır.	Esnek çalışma, yüksek ekstraksiyon oranı, düşük kaliteli cevherleri işler	Yüksek atık su arıtma maliyetleri, ekipman korozyon riski, uzun reaksiyon süreleri
Otoklav	Tungsten bileşiklerini saflaştırmak için yüksek basınç altında	Basınç: 1-10 MPa, Sıcaklık: 100-300°C, Hacim: 0,5-10 m <sup>3</sup> , Güç: 50-150 kW	Dayanıklılık için korozyona dayanıklı astarlarla (örn. titanyum alaşımı) donatılmış, yüksek saflıkta tungstik asit (H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ) veya amonyum paratungstat (APT) üretmek için tungsten	Yüksek arıtma verimliliği, hızlı reaksiyon hızı, yüksek saflıkta	Yüksek ekipman maliyeti, karmaşık operasyon, yüksek bakım

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT



	kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirir		konsantresi ile yüksek basınç ve sıcaklık altındaki çözeltiler arasındaki kimyasal reaksiyonları hızlandırır.	ürünler	talepleri
Florlama Reaktörü	Gaz fazı reaksiyonu yoluyla tungsten hekzaflorür (WF <sub>6</sub> ) üretir	Sıcaklık: 300-700°C, Basınç: 0,01-1 atm, Malzeme: HF'ye dayanıklı (örn. nikel alaşımı), Gaz akışı: 1-10 L/dk	Yarı iletken kimyasal buhar biriktirme (CVD) işlemlerinde yaygın olarak kullanılan, hassas sıcaklık kontrolü ve korozyona dayanıklı sistemlerle donatılmış, yüksek saflıkta WF <sub>6</sub> üretmek için WO <sub>3</sub> 'ün hidrojen florür (HF) ile gaz fazı reaksiyonunu kolaylaştırır.	Yüksek saflıkta WF <sub>6</sub> çıkışı, hassas kontrol, mükemmel korozyon direnci	Son derece yüksek maliyet, karmaşık HF egzoz artma, yüksek operasyonel risk
					CTIA GRUBU

### 3. Rafinaj ve Ayırma Ekipmanları

Ekipman	Fonksiyon	Şartname	İşlev Açıklaması	Avantaj -ları	Dezavantaj -ları
Filtre Pres	Tungsten bileşiklerini geri kazanmak için katıların sıvılardan ayırır	Filtre alanı: 10-100 m <sup>2</sup> , Basınç: 0,6-1,6 MPa, Güç: 5-15 kW, Kapasite: 1-10 t/h	Hidrometalurjideki tungstat çözeltilerinden katıların (örn. APT veya Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> kristalleri) filtrelemek ve ayırmak için yüksek basınç kullanır, yüksek saflıkta bileşiklerini geri kazanmak ve kurutmadan önce saflığı artırmak için otomatik boşaltma sistemleriyle donatılmıştır.	Yüksek ayırma verimliliği, yüksek otomasyon, kolay kullanım	Filtre bezi aşınması, yüksek ilk yatırım, yapışkan malzemeler üzerinde sınırlı etki
Merkezkaç	Tungsten bileşik kristallerini çözeltilerden ayırır	Hız: 1000-5000 rpm, Hacim: 50-500 L, Güç: 10-30 kW, Ayırma faktörü: 500-2000 G	Tungsten bileşik kristallerini (örneğin, APT, Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ) çözeltilerden ayırarak merkezkaç kuvveti oluşturmak için yüksek hızlı dönüş kullanır; küçük ve orta ölçekli üretimde hızlı ve verimli saflaştırma için ideal olan korozyona dayanıklı tamburlara sahiptir.	Hızlı ayırma, yüksek saflıkta kristaller, çok yönlü	Yüksek ekipman maliyeti, karmaşık bakım, partikül boyutuna duyarlı
Kristalizatör	Tungsten bileşik kristallerinin büyümesini kontrol eder	Hacim: 1-20 m <sup>3</sup> , Sıcaklık: 20-100°C, Karıştırma hızı: 50-150 rpm, Soğutma hızı: 0,5-2°C/dk	Yüksek saflıkta üretim için kristal kalitesini optimize etmek üzere genellikle sirkülasyonlu soğutma sistemleriyle donatılmış, tungstat çözeltilerinden (ör. APT veya Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ) tek tip kristaller oluşturmak için sıcaklığı, karıştırmayı ve soğutma hızlarını hassas bir şekilde kontrol eder.	Yüksek kristal kalitesi, güçlü kontrol, toplu üretime uygun	Uzun kristalleşme süresi, yüksek enerji kullanımı, proses parametrelerine duyarlı
Damıtma Kolonu	Uçucu tungsten bileşiklerini saflaştırır	Yükseklik: 5-15 m, Sıcaklık: 0-200°C, Basınç: 0,01-1 atm,	Katı yarı iletken endüstri standartlarını karşılayan yüksek saflıkta WF <sub>6</sub> üretmek için kullanılan, kondansatörler ve	Yüksek saflıkta çıktı, hassas ayırma,	Pahalı ekipman, yüksek enerji tüketimi,

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

(örneğin, WF <sub>6</sub> )	Damıtma kapasitesi: 0,5-5 L/h	korozyona dayanıklı salmastra (örneğin Hastelloy) ile donatılmış, damıtma yoluyla uçucu safsızlıkları (örneğin HF) WF <sub>6</sub> 'den ayırır.	uçucu bileşikler için ideal	karmaşık kurulum ve bakım
				CTIA GRUBU

#### 4. Kurutma ve İşlem Sonrası Ekipmanları

Ekipman	Fonksiyon	Şartname	İşlev Açıklaması	Avantaj -ları	Dezavantaj -ları
Döner Kurutucu	Hidrometalurji yoluyla üretilen tungsten bileşiklerini kurutur	Tambur çapı: 1-2 m, Sıcaklık: 100-300°C, Güç: 20-50 kW, Kapasite: 1-5 t/h	Hidrometalurjik olarak üretilen tungsten bileşiklerini (örneğin, WO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> veya APT), sürekli büyük ölçekli üretim için uygun, toz geri kazanım cihazlarıyla donatılmış, dönen bir tambur ve sıcak hava sirkülasyonu kullanarak düşük nem durumuna kurutur.	Sürekli çalışma, homojen kurutma, yüksek kapasite	Yüksek enerji tüketimi, geniş ayak izi, ince tozlar üzerinde sınırlı etki
Sprey Kurutucu	Tungsten bileşik çözeltilerini sprey ile kurutarak toz haline getirir	Giriş sıcaklığı: 150- 400°C, Çıkış sıcaklığı: 80-120°C, Püskürtme akışı: 10-100 L/h, Güç: 30-100 kW	Tungstat çözeltilerini (örn. Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ) yüksek basınçla sıcak havaya atomize eder, bunları hızla nano ölçekli tozlara (örn. nano-WO <sub>3</sub> ) kurutur, bu da genellikle verimli ısı geri kazanım sistemleriyle donatılmış yüksek değerli ürünler için idealdir.	İnce ve homojen parçacıklar, hızlı kuruma, nanomalzemeler için ideal	Yüksek ekipman maliyeti, yüksek enerji kullanımı, çözelti konsantrasyonuna duyarlı
Vakumlu Fırın	Hassas tungsten bileşiklerini vakum altında düşük sıcaklıkta kurutur	Sıcaklık: 50-200°C, Vakum: 0,01-0,1 MPa, Hacim: 50-500 L, Güç: 5-15 kW	Hassas organometalik tungsten bileşiklerini (örneğin, W(CO) <sub>6</sub> ) termal ayrışmayı veya oksidasyonu önlemek için düşük sıcaklıklarda vakum altında kurutur, laboratuvarlarda veya hassas üretimde küçük partili, yüksek değerli ürün işleme sonrası için	Hassas malzemeleri, homojen kurutmayı, düşük enerji kullanımını korur	Sınırlı kapasite, uzun kuruma süresi, büyük ölçekli üretim için uygun değil

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

			uygundur.		
					CTIA GRUBU

## 5. Yardımcı ve Çevresel Ekipmanlar

Ekipman	Fonksiyon	Şartname	İşlev Açıklaması	Avantaj -ları	Dezavantaj -ları
Boy	Üretimden kaynaklanan asidik egzoz gazlarını (örn. HF, HCl) arıtır	Arıtma kapasitesi: 1000-10000 m <sup>3</sup> /h, Sıvı-gaz oranı: 2-5 L/m <sup>3</sup> , Malzeme: Korozyona dayanıklı PP veya paslanmaz çelik, Güç: 10-50 kW	Asidik egzoz gazlarını (örneğin, WF <sub>6</sub> veya WCl <sub>6</sub> üretiminden HF, HCl) çok aşamalı püskürtme ile alkali çözeltiler (örneğin, NaOH) kullanarak emer, çevre standartlarına (örneğin, GB 16297-1996) uygunluğu sağlar ve çalışanları ve çevreyi korur.	Verimli egzoz arıtma, korozyona dayanıklı, çevre standartlarını karşılar	Yüksek ilk yatırım, karmaşık atık su arıtma, yüksek işletme maliyetleri
Atıksu Arıtma Sistemi	Tungsten iyonlarını atık sudan nötralize eder ve uzaklaştırır	Arıtma kapasitesi: 1-20 m <sup>3</sup> /h, pH ayarı: 6-9, Yağış verimi: %>99, Güç: 5-20 kW	Hidrometalurjik atık sudaki tungsten iyonlarını ajanlar (örneğin, Ca(OH) <sub>2</sub> ) kullanarak, deşarj uyumluluğunu sağlayarak (W < 1 mg/L), büyük ölçekli üretim hatlarında çevre yönetimi için yaygın olarak kullanılan çöktürme tankları ve filtreleri ile donatılmıştır.	Yüksek kaldırma verimliliği, çevreye uyumlu, otomatikleştirilebilir	Yüksek yatırım ve işletme maliyetleri, geniş ayak izi, düzenli bakım gerektirir
Toz	Tungsten	Filtrasyon	WO <sub>3</sub> veya APT üretiminden	Yüksek toz giderme	Sık filtre torbası

### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT

Toplayıcı	bileşik tozunu yakalar	verimliliği: %>99,9, Hava akışı: 5000-20000 m <sup>3</sup> /h, Güç: 10-30 kW, Emisyon: ≤ 10 mg/m <sup>3</sup>	kaynaklanan tozu yakalamak, hava kirliliğini önlemek ve işçi sağlığını korumak, emisyon standartlarını karşılamak için torba veya elektrostatik teknolojiyi kullanır (örneğin, GB 16297-1996 ≤ 30 mg/m <sup>3</sup> ).	verimliliği, kolay kullanım, işçi sağlığını korur	değişimi, yüksek başlangıç maliyeti, ultra ince toz üzerinde sınırlı etki
<u>CTIA GRUBU</u>					

## Notlar

### Veri Kaynakları

Spesifikasyonlar, Kimya Mühendisliği Ekipman Tasarım El Kitabından, *endüstriyel standartlardan (örneğin, GB 16297-1996, EU IED) ve kitaptaki süreç açıklamalarından türetilmiştir ve tipik tedarikçi verileriyle desteklenmiştir.*

İşlev açıklamaları ve avantajlar/dezavantajlar, tungsten kimyasal üretimindeki pratik uygulamalara dayanmaktadır ve alaka düzeyini sağlar.

### İşlev İyileştirme

Fonksiyon açıklamaları, kelime sayısını diğer sütunlarla (~50-80 kelime) hizalamak için genişletildi (örneğin, "Katıları tungstat çözeltilerinden filtrelemek ve ayırmak için yüksek basınç kullanır, bunları sıvılardan ayırır"), süreçteki belirli rolleri vurguladı (örneğin, WO<sub>3</sub> pirometalurjisi için kavurma fırını, WF<sub>6</sub> saflaştırma için damıtma sütunu).

### Avantajlar ve dezavantajlar:

#### Avantaj -ları

Ekipman seçimine yardımcı olmak için verimliliği, dayanıklılığı veya çevresel faydaları vurgulayın.

#### Dezavantaj -ları:

Pratik rehberlik için enerji kullanımı, bakım veya operasyonel karmaşıklığa dikkat edin.

### Dışlamalar

Kitaptaki tüm tungsten kimyasallarını (örneğin, WO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>, WF<sub>6</sub>) kapsar, tungsten tozu, tungsten karbür tozu ve istendiği gibi sert metaller hariç.

Piyasa dalgalanmalarının etkilerinden kaçınmak için teknik özelliklere odaklanan fiyat bölümü kaldırıldı.

#### COPYRIGHT AND LEGAL LIABILITY STATEMENT





www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.com

www.chinatungsten.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)