

<<钨粉末冶金过程及钨材料>>

图书基本信息

书名：<<钨粉末冶金过程及钨材料>>

13位ISBN编号：9787030334633

10位ISBN编号：7030334639

出版时间：2012-2

出版时间：科学

作者：谢辉//张国君//王德志//吕振林//赵鹏等

页数：274

字数：344000

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## <<钨粉末冶金过程及钨材料>>

### 内容概要

《钨粉末冶金过程及钨材料》内容主体为作者近年来在钨粉末冶金过程及钨材料方面的研究成果。全书共分为7章。

第1章主要介绍了钨的基本性能和钨材料的主要应用领域；第2章主要论述了钨粉末的还原过程及其理论；第3章主要阐述了钨粉末压制和烧结过程的数值模拟和实验研究；第4章主要论述了稀土氧化物掺杂钨合金的力学性能及强韧化机制；第5章主要介绍了二硅化钨及其复合材料的应用与制备；第6章主要介绍了钨基纳米复合阴极材料的制备及其电性能；第7章主要介绍了氧化钨和硫化钨基纳米材料。

《钨粉末冶金过程及钨材料》可作为高等院校粉末冶金、材料类专业师生的教学参考书，也可供从事钨冶金与钨材料方向的研究人员和技术人员参考。

全书由谢辉统稿。

# <<钼粉末冶金过程及钼材料>>

## 书籍目录

### 前言

### 第1章 概述

- 1.1 钼合金研究现状
  - 1.1.1 纯钼
  - 1.1.2 固溶强化钼合金
  - 1.1.3 ASK掺杂钼合金
  - 1.1.4 氧化物/碳化物掺杂钼合金
  - 1.1.5 多组元钼合金
- 1.2 钼合金的应用
- 1.3 中国钼工业地位及市场现状
- 1.4 中国钼生产现状
- 1.5 钼深加工业技术发展现状
- 1.6 中国钼产业政策现状

### 参考文献

### 第2章 钼粉末还原过程

- 2.1 钼粉制备过程中的相变
  - 2.1.1 原料分析
  - 2.1.2 以钼酸铵为原料分阶段还原制取钼粉
  - 2.1.3 以钼酸铵为原料直接焙解氢还原制取钼粉
  - 2.1.4 蓝钼的发现
- 2.2 钼粉制备过程中的动力学及机理研究
  - 2.2.1 钼酸铵焙解的动力学及机理
  - 2.2.2 MoO<sub>3</sub>氢还原的动力学及机理
- 2.3 钼粉制备工艺优化研究
  - 2.3.1 影响钼粉性能的工艺因素分析
  - 2.3.2 工艺优化设计
  - 2.3.3 回归方程的分析
  - 2.3.4 二阶段还原过程中最佳工艺参数区间的选取

### 参考文献

### 第3章 钼粉末压制与烧结过程

- 3.1 钼粉末冷等静压成形
- 3.2 钼粉末压坯的烧结过程
  - 3.2.1 钼粉末压坯烧结过程的数值模拟
  - 3.2.2 钼粉末压坯烧结过程的实验研究
- 3.3 钼粉末烧结工艺优化初探及评价

### 参考文献

### 第4章 稀土氧化物掺杂钼合金的力学性能及强韧化机制

- 4.1 稀土氧化物颗粒的选择
- 4.2 稀土氧化物掺杂钼合金材料制备技术
- 4.3 稀土氧化物掺杂钼合金拉伸性能
  - 4.3.1 稀土氧化物掺杂钼合金拉伸应力应变曲线
  - 4.3.2 退火温度对纯钼拉伸性能的影响
  - 4.3.3 稀土氧化物种类和含量对钼合金拉伸性能的影响
  - 4.3.4 拉伸试样断口观察
- 4.4 断裂韧度实验结果

## <<钼粉末冶金过程及钼材料>>

4.4.1 稀土氧化物种类和含量对钼合金断裂韧度的影响

4.4.2 裂纹扩展方式观察

4.4.3 断口形貌观察

4.5 稀土氧化物掺杂钼合金的强韧化机制

4.5.1 钼合金材料的变形和强韧化机制

4.5.2 稀土氧化物掺杂钼合金的强化机制

4.5.3 稀土氧化物掺杂钼合金的韧化机制

参考文献

第5章 MoSi<sub>2</sub>及其复合材料

5.1 MoSi<sub>2</sub>的晶体结构和基本特性

5.1.1 MoSi<sub>2</sub>的晶体结构

5.1.2 MoSi<sub>2</sub>的性能

5.1.3 MoSi<sub>2</sub>的制备

5.1.4 MoSi<sub>2</sub>的应用

5.2 MoSi<sub>2</sub>基复合材料

5.2.1 MoSi<sub>2</sub>基复合材料的制备

5.2.2 MoSi<sub>2</sub>基复合材料的性能

参考文献

第6章 钼基纳米复合阴极材料及其电性能

6.1 钼阴极材料的研究进展

6.1.1 Mo-稀土氧化物阴极材料的研究

6.1.2 W/Mo-稀土氧化物阴极材料发射机理的研究

6.1.3 显微组织细化提高电极材料发射能力的研究

6.2 纳米复合稀土氧化物钼粉体的制备

6.2.1 高能球磨制备纳米复合稀土氧化物钼粉

6.2.2 溶胶-凝胶法制备的纳米复合Mo-La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末

6.3 纳米复合Mo-LaO<sub>3</sub>合金的制备

6.4 Mo-LaO<sub>3</sub>合金的显微组织分析

6.4.1 Mo-LaO<sub>3</sub>合金的物相分析

6.4.2 Mo-LaO<sub>3</sub>合金显微组织的SEM分析

6.4.3 Mo-LaO<sub>3</sub>合金中氧化物粒子的TEM分析

6.4.4 烧结温度对Mo-LaO<sub>3</sub>合金显微组织的影响

6.5 阴极材料的真空击穿场强比较

6.6 阴极材料抗烧蚀性能比较

6.6.1 真空一次击穿后阴极表面的形貌及分析

6.6.2 真空100次连续击穿后阴极表面的形貌及分析

参考文献

第7章 钼基纳米材料

7.1 纳米MoO<sub>3</sub>国内外研究情况及其应用领域

7.1.1 纳米MoO<sub>3</sub>国内外研究情况

7.1.2 纳米MoO<sub>3</sub>的应用领域

7.2 水热法制备MoO<sub>3</sub>纳米纤维

7.2.1 MoO<sub>3</sub>纳米纤维的国内外研究情况

7.2.2 水热法制备MoO<sub>3</sub>纳米纤维工艺过程

7.2.3 影响水热法合成MoO<sub>3</sub>纳米纤维的工艺因素

7.2.4 MoO<sub>3</sub>纳米纤维的结构表征

7.2.5 MoO<sub>3</sub>纳米纤维形成机理分析

## <<钼粉末冶金过程及钼材料>>

### 7.3 用MoO<sub>3</sub>纳米纤维制备超细金属钼粉

#### 7.3.1 钼金属纳米粉体国内外研究进展

#### 7.3.2 MoO<sub>3</sub>纳米纤维的氢气还原实验

#### 7.3.3 MoO<sub>3</sub>纳米纤维还原机理探讨

### 7.4 气相法合成无机富勒烯结构纳米MoS<sub>2</sub>

#### 7.4.1 制备IF-MoS<sub>2</sub>纳米材料的方法

#### 7.4.2 化学气相反应合成IF-MoS<sub>2</sub>纳米材料的研究进展

#### 7.4.3 IF-MoS<sub>2</sub>纳米材料的应用

#### 7.4.4 IF-MoS<sub>2</sub>纳米颗粒的合成实验

#### 7.4.5 IF-MoS<sub>2</sub>的HRTEM表征

#### 7.4.6 IF-MoS<sub>2</sub>纳米粒子的形成机理

### 参考文献

## &lt;&lt;钼粉末冶金过程及钼材料&gt;&gt;

## 章节摘录

版权页：插图：第1章 概述 现代工业的高速发展对高温环境下使用的结构材料性能提出了更高的要求。这一要求促使研究开发具有高强韧性的耐高温材料成为热点，其中对难熔金属及其合金的研究最为活跃。

难熔金属是指元素周期表中VB和VIB族的金属。

所有难熔金属都具有1800 以上的高熔点，与普通金属相比，难熔金属及其合金能够在更高的温度下使用。

常用的难熔金属包括钒（V）、铌（Nb）、钽（Ta）、铬（Cr）、铼（Re）、钼（Mo）和钨（W）。

比较这几种金属可得：钒和铬的熔点（1902 和1857 ）不够高；钨太重，性脆，加工困难；钽是稀有金属；铼加工硬化厉害，塑性成型困难；铌塑性潜力很大，但价格较高；钼不但具有高熔点（2620 ）、高弹性模量（320~350GPa）、高耐磨性、良好的导电导热性能、低膨胀系数（ $5.03 \times 10^{-6}/K$ ）、良好的耐酸碱及耐液体金属的腐蚀等性能，而且地球储量较丰富。

因此，钼及其合金成为在钢铁、冶金、机械、化工、原子能、电子、宇航等各工业部门都得到广泛应用的耐高温材料。

钼元素发现于1778年，是用硝酸分解辉钼矿时得到钼酸，并获得了钼盐以及氧化钼 [ 1 ]。

在1782年，Hjelm得到了纯金属钼 [ 2 ]。

但因为当时没有熔炼钼所需要的高温设备，所以没有能够再炼出这种金属。

直到1893年Moissan用电炉加热碳和二氧化钼（ $MoO_2$ ）的混合物，才得到了含钼92%~96%的铸态金属 [ 3 ]。

直至生产致密金属的粉末冶金法和压力加工工艺研究获得成功，才开始金属钼的工业生产。

钼晶体结构为A2型体心立方，空间群为O9h（1m3m）。

钼不会因改变温度而发生晶体学相变。

钼金属材料具有体心立方金属所固有的韧脆转变和低温脆性的本征特性，特别是钼金属材料对氧、氮等间隙原子在晶界的偏聚非常敏感，使得钼金属材料的塑性在室温下就降低到了脆性范畴，这种脆性是造成钼金属材料深加工困难的本质原因 [ 4~6 ]。

钼是地壳中分布量很少的一种元素，其丰度为 $3 \times 10^{-4}$ 。

据2008年美国地质调查局统计，全世界钼资源的储量为3000万吨，钼工业储量超过750万吨。

其中美国钼储量为270万吨，居世界第一位；中国钼储量为214万吨，居世界第二位；智利钼储量为110万吨，居世界的第三位；加拿大、墨西哥等其他国家拥有钼储量150余万吨。

由此可见，除了美国、加拿大外，钼资源储量主要集中于第三世界国家。

1.1钼合金研究现状 1.1.1纯钼 图1-1为再结晶状态的纯钼在不同实验温度条件下的力学性能 [ 7~9 ]。

图1-1（a）表明，随着温度的升高，纯钼的弹性模量降低幅度较小，到达2000 时仍然具有较高的抵抗弹性变形的能力。

图1-1（b）表明，强度降低幅度较大，虽然在900 以后强度值趋于稳定，但可以看出无论是在室温还是高温，纯钼金属的强度值都偏低。

图1-1（c）表明，尽管断裂韧性随着温度的升高而升高，但断裂韧性的绝对值普遍偏低。

对纯钼金属而言，由于韧脆转变温度在室温附近，导致其在室温下也呈现脆性，即塑性较差，尤其在受冲击载荷作用时塑性更差。

而随着科技的发展，对耐高温材料的高温性能，特别是综合性能（包括热冲击、中子辐照、高能粒子轰击等），提出了越来越高的要求，纯钼金属早已不能胜任如此苛刻的工作条件。

1.1.2固溶强化钼合金 为提高纯钼的强度，降低脆性和改善其塑性，人们通过添加合金元素形成固溶强化钼合金来改善纯钼的性能，其中包括添加微量固溶元素的钼合金和添加大量固溶元素的钼合金两种。

在钼中添加微量钴（Co），可以用来制造电子管栅极或其他要求有较高延伸率的钼丝。

## &lt;&lt;钼粉末冶金过程及钼材料&gt;&gt;

钴均匀分布在钼的晶格内，利用钴在钼中的固溶强化作用来改善钼丝的延性。钴的掺杂可以使钼丝退火后在大的变形速率下不但具有较纯钼稍高的屈服强度，还具有较大的延伸率。

掺钴钼丝在1150℃下退火时延伸率高达32%，甚至在2000℃下退火后，其延伸率仍在20%以上 [ 10 ]。例如添加质量分数为0.05%的钴可使灯泡生产中细钼丝的卷绕螺旋变得更为有利 [ 11 ]，因此添加微量钴的钼合金在电灯及电子工业领域获得广泛应用。

这种微量固溶元素的加入尽管可明显提高钼合金的延性，但强化效果很弱，只稍高于纯钼。

添加大量固溶元素的强化型合金，主要指钼铌、钼钨系列合金。

主要是依靠大量合金元素的加入后能与钼形成合金固溶体来提高合金的耐热强度和硬度。

钼铌合金因其高温强度高、低温延性好、优良的焊接性及耐蚀性行为而著称。

图1-2为钼铌合金和纯钼的力学性能随退火温度的变化曲线 [ 12 ]。

从图中可以看出，添加铌提高了钼合金的再结晶温度，退火温度即使升至2200℃，添加铌的钼合金强度及韧性均优 [ 13 ]。

同时发现，添加40%铌的钼合金的性能要优于添加5%铌的钼合金。

实验结果表明添加40%~50%铌的钼合金的性能最优，例如Mo-46%Re合金，其韧脆转变温度总是低于-70℃及高于-180℃ [ 14 ]。

钼铌合金的强化系数很低，允许在室温下进行冷变形，直到获得显微尺寸的丝材和箔材。

钼铌合金还具有抗中子辐射和耐腐蚀性能 [ 15, 16 ]。

该合金独一无二的力学性能和许多有价值的物理性能综合在一起，使其可以应用在电子器件、电器、无线电技术等方面。

文献 [ 10 ] 指出，用铌合金化引起金属电子结构发生变化，降低了金属原子键的方向性，以及堆垛缺陷的能量，提高了剪切模量和间隙杂质的溶解度，所有这些因素都促进了金属塑性的提高。

但是铌的稀缺和昂贵大大限制了这种合金的广泛应用。

图1-2退火温度对1mm钼-铌 ( Mo-Re ) 丝材及纯钼片材力学性能的影响 [ 12 ] 钼中添加铌可以形成连续固溶体，当铌的添加量不超过10%时，对钼的热变形没有影响；当铌的含量超过20%时，合金锻造塑性变形抗力增加；当铌的含量继续升高时，合金用自由锻造进行变形很困难，铸件内甚至出现大量裂纹，但是合金的耐热强度明显提高 [ 1 ]。

钼钨合金 ( Mo- ( 5 ~ 30 ) W ) 还具有优良的耐液态锌腐蚀的能力 [ 1 ]，因此该合金在钨材生产工业中取得应用，但钼钨合金较差的加工性能限制了其应用范围的进一步拓展。

1.1.3 ASK掺杂钼合金 ASK掺杂钼合金这种方法是20世纪70年代末开发出来的，所谓ASK掺杂钼合金是在氧化钼被还原之前掺杂铝 ( Al )、钾 ( K ) 及硅 ( Si ) 的化合物的混合物后所制备的钼合金。

ASK掺杂剂被还原以后，铝、钾和硅元素都混入钼粉颗粒中。

铝会在随后洗涤时被排除或在烧结时被挥发，在烧结棒中将残留硅、钾以及硅钾化合物。

由于它们在钼中是不溶的，所以最终被封入气泡中，形成的“钾泡”直径很小，并能导致燕尾状连锁的长晶搭接结构的再结晶钼晶粒的形成，这样的晶粒结构使ASK掺杂钼合金在高温下具有比纯钼高的强度和韧性 [ 17, 18 ] ( 图1-3 )，以及优良的抗下垂性能和蠕变性能。

“钾泡”理论认为ASK掺杂钼合金经过大变形加工后，钾泡阻碍了晶界移动和位错运动，从而提高了钼合金的力学性能 [ 19 ]。

由于ASK掺杂钼合金制备工艺复杂，对强度和韧性的提高幅度不显著，目前已被稀土氧化物掺杂钼合金所取代。

1.1.4 氧化物/碳化物掺杂钼合金 氧化物/碳化物掺杂钼合金是目前应用最广泛的钼合金。

此类掺杂钼合金制备比ASK掺杂钼合金制备简单方便，效果更明显，主要包括碳化物掺杂钼合金和氧化物掺杂钼合金两种，也有采用硫化物、氮化物和金属间化合物作为弥散相的研究报道 [ 20 ~ 22 ]。

碳化物掺杂钼合金是添加钛 ( Ti )、锆 ( Zr )、铪 ( Hf ) 等活性元素与碳反应生成难熔碳化物 ( TiC、ZrC、HfC ) 的钼合金。

其中应用最广泛的碳化物掺杂钼合金是添加TiC和ZrC所制备的TZM合金，该钼合金具有较纯钼及ASK掺杂钼合金高的强度和韧性 [ 15, 23 ~ 27 ]，如图1-3所示。

<<钼粉末冶金过程及钼材料>>

当TZM合金被剧烈地冷加工及在低于再结晶温度下使用时，其蠕变强度高于纯钼金属，如图1-4所示 [ 28 ]。



## <<钼粉末冶金过程及钼材料>>

### 编辑推荐

《钼粉末冶金过程及钼材料》可作为高等院校粉末冶金、材料类专业师生的教学参考书，也可供从事钼冶金与钼材料方向的研究人员和技术人员参考。

<<钼粉末冶金过程及钼材料>>

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>