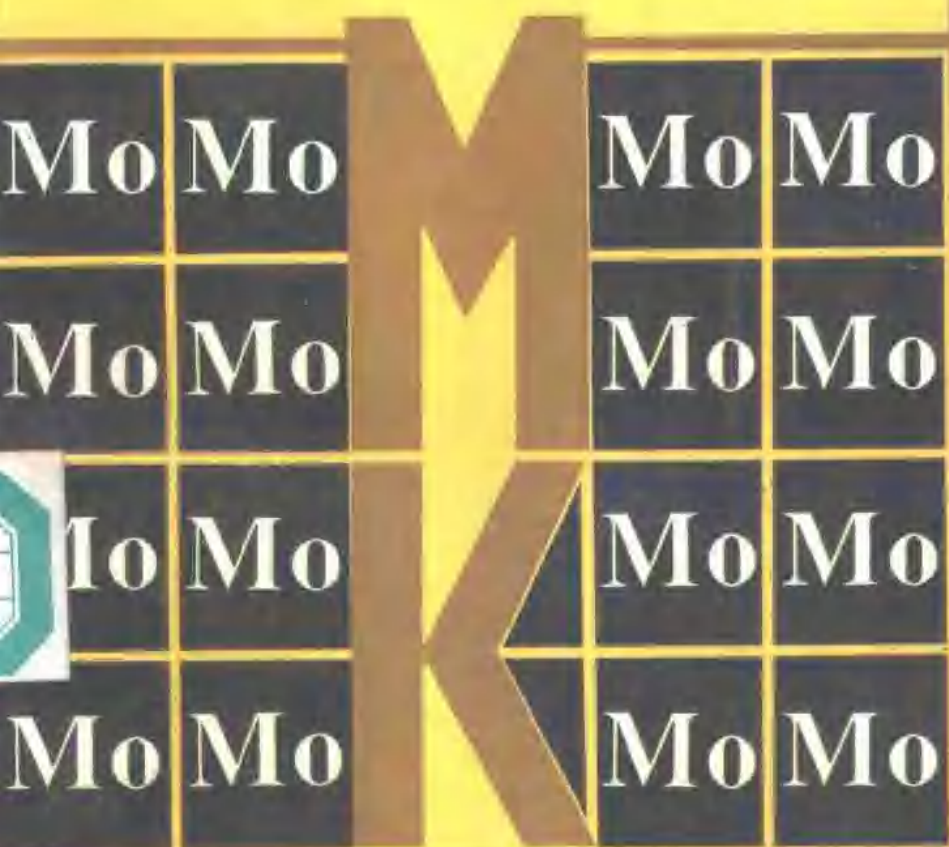


钼矿选矿与深加工

林春元 程秀俭 编著

冶金工业出版社



钼矿选矿与深加工

林春元
程秀俭 编著

冶金工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钨矿选矿与深加工/林春元, 程秀俭编著. - 北京: 冶金工业出版社, 1996

ISBN 7-5024-1884-9

**I. 钨… II. ①林… ②程… III. 稀有金属-钨-选矿
IV. TD954**

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 10117 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

北京黄佳印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行, 各地新华书店经销

1997 年 3 月第 1 版, 1997 年 3 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 13.375 印张; 359 千字 417 页; 1-1000 册

25.00 元

序

钼作为一种难熔金属,与钢、铁组成合金,可以提高合金的硬度、韧性、抗磨性和耐腐蚀性;又是化学制品如润滑剂、颜料、催化剂等的原料,用途广泛。

我国钼资源非常丰富,但开发较晚。新中国成立前仅杨家杖子钼选矿厂一家,更谈不上钼的加工产品了。新中国成立之初,产量虽然有所增加,但幅度不大,直至 60 年代,金堆城和栾川两大钼资源得到开发,产量才逐渐上升。改革开放以来,除国内市场外,尚须满足钼的矿产品和加工产品的出口需要,钼业势必不断发展。

众所周知,矿石中金属矿物的含量一般很低,不经过选矿富集是无法利用的,尤其是钼矿石,钼品位只有千分之几,伴生在其他矿石中的钼品位更低,仅万分之几,因此掌握选矿技术及其加工工艺,就显得更加重要。由西北有色金属研究院林春元高级工程师和洛阳钼都矿冶有限公司总经理程秀俭工程师撰写的《钼矿选矿与深加工》一书正适应当前钼业迅速发展的形势所需,十分及时。

全书从理论到实践,从矿床类型、选矿技术到深加工工艺,内容丰富,文字简练;同时列举了国内外许多钼选矿厂和铜钼选矿厂的生产实际,知识面广,实用性强,不失为一本较好的选矿书籍。深信读者可以从中吸取知识,提高专业水平。

张卯均

1995.7.7

前 言

我国是个铝资源大国,铝地质储量名列在世界前茅。随着经济的发展与科学技术的进步,我国的铝业开发与应用技术发展很快。尤其近年来,国家对铝产品的需求增长,促进了铝业进一步发展。

为适应我国铝业发展现状,满足在铝选矿及深加工行业中从事生产、科研、设计、教学的广大科技人员的需要,特编著此书。

本书以阐述铝的选矿为主,还介绍了铝冶炼、化工等深加工。内容上从理论到实践,力求系统、完整,有较高的深度与广度,希望能反映出铝业发展的现状,希望对读者有所裨益。

此书成书过程中,中国有色金属学会选矿学术委员会名誉主任委员张卯均教授、秘书长赵涌泉高工(教授级)及镇江市冶金局总工程师吴家英高级工程师给予大力帮助与支持,并对稿件作了认真地审阅。另外,林藿同志曾为本书搜集、翻译一些国外资料,林扬同志提供了一些经济分析材料。笔者在此谨致以诚挚的谢意。

本书自始至终都得到洛阳铝都矿冶有限公司和中国有色金属学会选矿学术委员会的全力支持,笔者在此谨致以诚挚的谢意。

由于笔者水平所限,谬误和遗漏在所难免,敬请读者斧正。

编著者 1996年春节于西安

目 录

第一章 总论	(1)
第一节 钼的性质及用途	(1)
一、钼的发现	(1)
二、钼的性质	(1)
三、钼的用途	(6)
第二节 钼的资源	(12)
第三节 钼矿物与钼矿床	(22)
一、钼矿物	(22)
二、钼矿床	(27)
第四节 钼选矿概述	(30)
一、钼矿石的评价标准	(30)
二、钼精矿的质量标准	(35)
三、辉钼矿的选矿特点	(37)
四、选钼工艺的特点	(38)
五、钼选矿技术新进展	(40)
参考文献	(44)
第二章 钼的选矿技术	(45)
第一节 钼的工艺矿物特征	(45)
一、钼的地球化学学习性与成矿	(45)
二、辉钼矿结构	(49)
三、辉钼矿破裂面	(53)
第二节 辉钼矿的可浮性	(60)
一、辉钼矿天然可浮性	(60)
二、辉钼矿氧化与可浮性	(62)
三、辉钼矿粒度与可浮性	(74)

第三节 硫化钼矿石的浮选	(84)
一、辉钼矿的捕收与捕收剂	(84)
二、辉钼矿的抑制与抑制剂	(115)
三、脉石矿物的抑制与抑制剂	(118)
四、非钼硫化矿物的抑制与脱除	(147)
五、高纯钼精矿的制备	(178)
第四节 氧化钼矿石的选别	(183)
一、钼钙矿的选别	(183)
二、铁钼华的选别	(188)
第五节 综合回收	(189)
一、硫化矿石中综合回收钼及其他	(190)
二、氧化矿石中综合回收钼及其他	(195)
参考文献	(198)
第三章 钼的选矿实践	(201)
第一节 主产钼矿选厂	(201)
一、金堆城钼业公司	(209)
二、杨家杖子矿务局	(217)
三、洛阳钼都矿冶有限公司(附栾川地区)	(221)
四、洛阳栾川钼业公司	(228)
五、赤土店乡二选厂	(232)
六、钢屯地区	(233)
七、克莱麦克斯	(236)
八、亨德森	(242)
九、奎斯塔	(244)
十、恩达科	(245)
十一、博斯山	(249)
第二节 铜-钼矿选矿	(251)
一、德兴铜业公司	(266)
二、小寺沟铜-钼矿	(271)
三、宝山铜矿	(274)

四、宾厄姆	(277)
五、西雅丽塔	(281)
六、圣曼纽尔	(284)
七、皮马	(287)
八、巴格达德	(290)
九、布伦达	(292)
十、海蒙特	(295)
十一、洛奈克斯	(298)
十二、丘基卡马塔	(300)
十三、特尼恩特	(305)
十四、萨尔瓦多	(308)
十五、托克帕拉	(310)
十六、夸霍内	(313)
十七、卡里达德	(316)
十八、萨尔切什迈	(319)
十九、巴尔哈什	(321)
二十、卡扎兰	(325)
二十一、索尔斯克	(328)
二十二、阿尔玛雷克	(331)
二十三、额尔登特	(334)
第三节 钨钼选矿厂	(335)
一、韶关精选厂	(337)
二、提尔内阿乌兹	(340)
第四节 其他	(344)
一、柿竹园	(345)
二、闲林埠	(348)
参考文献	(351)
第四章 钼精矿的深度加工	(353)
第一节 钼焙砂生产工艺和实践	(354)
一、氧化焙烧机理	(354)

二、氧化焙烧实践	(358)
* 钼铁冶炼工艺和实践	(365)
1. 氧化焙烧	(365)
二、硅铝热法原理	(367)
三、硅铝热冶炼钼铁的实践	(369)
第三节 钼酸铵生产工艺与实践	(376)
一、钼酸铵火法工艺	(379)
二、钼酸铵的湿法生产工艺	(385)
第四节 高纯 MoO_3 生产工艺和实践	(392)
一、钼酸铵热解生产三氧化钼	(393)
二、钼焙砂升华法生产三氧化钼	(393)
第五节 二硫化钼生产工艺和实践	(396)
一、润滑特性	(396)
二、合成法生产二硫化钼	(399)
三、天然法生产二硫化钼	(402)
四、二硫化钼粉的胶体化	(406)
第六节 其他	(407)
一、氧化钼块	(407)
二、钼酸钙	(410)
三、钼颜料	(412)
四、钼催化剂	(413)
五、钼粉生产工艺简介	(415)
参考文献	(416)

第一章 总 论

第一节 钼的性质及用途

一、钼的发现

1778 年瑞典化学家 C. W. 希尔首先发现辉钼矿,用它制造出钼酸和氧化钼。1782 年,另一位瑞典化学家 P. J. 杰尔姆灼烧装在密闭容器中的木炭与钼酸混合物,首次获得钼金属粉末。因辉钼矿外表似铅,杰尔姆把新发现的金属命名为钼,它的古希腊文意为“铅”。直到 100 多年后的 1893 年, M. 莫思森才在电炉里熔炼炭和三氧化钼的混合物,首次获得含 Mo 92%~96% 的铸态金属。1894 年法国首先将钼添进合金钢,以提高装甲钢板的强度。1909~1910 年间, W. D. 库勒兹首先提出粉末冶金法生产钼的工艺。这个工艺直到 30 多年后的 1946 年才被用于工业生产,成为金属钼冶炼的常规手段。第二次世界大战期间,美国克莱麦克斯钼业公司研究出真空熔炼法,生产出 450 到 1000kg 大尺寸钼坯料。

钼的发现已有 200 多年历史,但钼的开发利用还是本世纪,尤其近几十年的事。

二、钼的性质

钼位于门捷列夫周期表第五周期、第六副族,为一过渡性元素,钼原子序数 42,原子量 95.94,原子中电子排布为: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^5 5s^1$ 。由于价电子层轨道呈半充满状态,钼介于亲石元素(8 电子离子构型)和亲钢元素(18 电子离子构型)之间,表现典型过渡状态。V. W. 戈尔德斯密特在元素的地球化学分类里将它称亲铁元素。

自然界里,钼有七个稳定的天然同位素,它们的核子数及其在天然混合物中所占比例如表 1-1 所列。

表 1-1 钼的同位素及分配

同位素名称	^{92}Mo	^{94}Mo	^{95}Mo	^{96}Mo	^{97}Mo	^{98}Mo	^{100}Mo	Σ
各占比例 (%)	15.84	9.04	15.72	16.53	9.46	23.78	9.63	100.00
原子量	91.9063	93.9047	94.90584	95.9046	96.9058	97.9055	99.9076	95.94

另据文献记载,已发现第八种天然同位素的存在。此外,还发现钼有十一种人造放射性同位素,因资料数据不详,此不赘述。

钼为银白色金属,钼原子半径为 0.14nm 原子体积为 $9.42\text{cm}^3/\text{mol}$,配位数为 8,晶体为 A_2 型体心立方晶系,空间群为 $Oh^9(1m3m)$,至今还没发现它有异构转变。常温下钼的晶格参数在 $0.31467\sim 0.31475\text{nm}$ 之间,随杂质含量而变化。钼熔点很高,在自然界单质中名列第六,被称作难熔金属,见 1-2 表(摘自《理化手册》60th)钼的密度为 $10.23\text{g}/\text{cm}^3$,约为钨的一半(钨密度 $19.36\text{g}/\text{cm}^3$)。钼的热膨胀系数很低, $20\sim 100^\circ\text{C}$ 时为 $4.9\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$;钼的热传导率较高,为 $142.35\text{w}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 钼电阻率较低: 0°C 时为 $5.17\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$; 800°C 时为 $24.6\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$; 2400°C 时为 $72\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$ 。钼属顺磁体,99.99%纯度的钼在 25°C 时比磁化系数为 $0.93\times 10^{-6}\text{cm}^3/\text{g}$ 。钼的比热在 25°C 时为 $242.8\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{k})$ 。钼的硬度较大,摩氏硬度为 $5\sim 5.5$ 。钼在沸点的蒸发热为 $594\text{kJ}/\text{mol}$; 熔化热为 $27.6\pm 2.9\text{kJ}/\text{mol}$; 在 25°C 时的升华热为 $659\text{kJ}/\text{mol}$ 。

表 1-2 难熔物及熔、沸点

物质	碳(C)	钨(W)	铼(Re)	锇(Os)	钽(Ta)	钼(Mo)
熔点 ($^\circ\text{C}$)	3652~3697	3410 $\pm$ 10	3180	3045	2996	2622 $\pm$ 10
沸点 ($^\circ\text{C}$)	4827	5660	5627	5027 $\pm$ 100	5425 $\pm$ 100	5560

钼的原子半径、离子半径与钨、铼的很接近。

	原子半径 (nm)	4 ⁺ 离子半径 (nm)	6 ⁺ 离子半径 (nm)
钼	0.139	0.068	0.065
钨	0.140	0.068	0.065
铼	0.138		

钼原子的电子排列体现了典型过渡元素的性质；次外层的五个4d轨道、最外层的一个5s轨道上电子均呈半充满状态。钼原子外层电子电离电位为：

外层电子(个)	1	2	3	4	5	6	7	8
电离电位(eV)	7.2	15.17	27.00	46.53	55.6	71.7	132.7	153.2

显然，钼要丢掉七个或八个电子是极困难的。这决定了钼的化学性质比较稳定。

常温或在不太高的温度下，钼在空气或水里是稳定的。钼在空气中加热，颜色开始由白(色)转暗灰色；温升至520℃，钼开始被缓慢氧化，生成黄色三氧化钼(MoO₃，温度降至常温后变为白色)；温升至600℃以上，钼迅速被氧化成MoO₃。钼在水蒸气中加热至700~800℃便开始生成MoO₂，将它进一步加热，二氧化钼被继续氧化成三氧化钼。钼在纯氧中可自燃，生成三氧化钼。

钼的氧化物已见于报道的很多，但不少是反应中间产物，而不是热力学稳定相态。非常可靠的只有九种，其结构与转化温度如表1-3。

表 1-3 钼的氧化物

氧化物	生成温度范围(℃)	结晶结构
MoO ₂		菱形
Mo ₄ O ₁₁	<615	单斜系
Mo ₄ O ₁₁	615~800	正斜形
Mo ₇ O ₁₇	<560	
Mo ₅ O ₁₄	<530	
Mo ₈ O ₂₃	650~780	
Mo ₁₈ O ₅₂	600~750	三斜系
Mo ₉ O ₂₅	750~780	单斜系
MoO ₃		菱形

另外,在生成 MoO_2 前还有三种中间产物: Mo_2O_3 、 MoO 和 Mo_3O ,但都还未能制造出它们的纯产物。

钼的这一系列氧化物中,除最高价态的 MoO_3 为酸酐外,其余氧化物均为碱性氧化物。钼最重要的氧化物是 MoO_3 和 MoO_2 。

MoO_2 分子量为 127.94,含 Mo 74.99%。纯 MoO_2 呈暗灰色、深褐色粉末状。25℃时, MoO_2 的生成热为 550kJ/mol,密度为 6.34~6.47g/cm³。 MoO_2 呈金红石单斜结晶构造,单位晶体(晶胞)由两个 MoO_2 分子组成,晶格参数为 $a=0.5608\text{nm}$, $b=0.4842\text{nm}$, $c=0.5517\text{nm}$, $d=11.975\text{nm}$ 。

MoO_2 可溶于水,易溶于盐酸及硝酸,但不溶于氨水等碱液里。在空气、水蒸气或氧气中继续加热 MoO_2 ,它将被进一步氧化,直至完全生成 MoO_3 。在真空中加热到 1520~1720℃ 固态 MoO_2 局部升华而不分解出氧,但大部分 MoO_2 分解成 MoO_3 气体和固态 Mo。Jette. E. R(1935 年)报道, MoO_2 在 1980℃±50℃、0.1MPa (惰性气体)的条件下分解成钼和氧。

MoO_3 是钼氧化的最终产物。 MoO_3 为淡绿或淡青色的白色粉末。分子量为 143.94,含 Mo 66.65%。25℃时, MoO_3 的生成热为 668kJ/mol,密度为 4.692g/cm³,熔点为 795℃,沸点为 1155℃。在低于熔点的温度已开始升华。在 520~720℃ 时,升华呈气体的三氧化钼为 Mo_xO_{3x} 分子混合物,其中 $x=3\sim5$,以 $x=3$ 为主。

MoO_3 微溶于水而生成钼酸。18℃时, MoO_3 溶解度为 1.066%,70℃时为 2.05%。溶于水的三氧化钼与水按不同比例组成一系列同多酸, $n\text{MoO}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$,其中 $n \geq m$ 。这一系列同多酸中比较重要的有:钼酸 H_2MoO_4 ($n=m=1$),仲钼酸 $\text{H}_5\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ($n=7$, $m=3$),四钼钼酸 $\text{H}_2\text{Mo}_4\text{O}_{13}$ ($n=4$, $m=1$)。这些同多酸可看作两个或多个同种简单含氧酸分子缩水而成。比如: $7\text{H}_2\text{MoO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_5\text{Mo}_7\text{O}_{24} + 4\text{H}_2\text{O}$ 。X⁻ 分析发现, $\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$ 的结构由七个 MoO_6 正八面体相连而成。

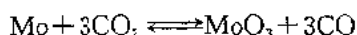
MoO_3 易溶于氨水、碱金属碱液中,生成与同多酸对应的盐。 MoO_3 在碱性介质(pH>10)中往往呈 MoO_4^{2-} 存在,而在酸性介质

中,它往往以 $\text{Mo}_7\text{O}_{24}^{6-}$ ($\text{pH} \leq 6 \sim 8$) 或 $\text{Mo}_8\text{O}_{24}^{4-}$ ($\text{pH} = 1.5 \sim 2.9$) 形式存在。作为钼的重要化工产品——工业钼酸铵,也正是这一系列同多酸的铵盐混合物。

室温下,钼能与 F_2 反应。250℃钼开始与 Cl_2 反应,700~800℃钼可与 Cl_2 反应生成 MoCl_5 。在白热温度下,钼能与 Br_2 反应。钼与卤素反应产物可以是 MoX_6 (如 MoF_6), 亦可是 MoO_2X_2 (如 MoO_2Cl_2) 或者是 MoOX_4 (如 MoOCl_4) 或者是 MoX_4 。

600℃以上,钼在 N_2 中开始脆化。1500℃以上钼才开始与 N_2 反应,2400℃以上钼与 N_2 反应生成氮化物。但是,直至熔解 ($2622^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$),钼都不能与 H_2 反应。因而,工业上通常用 H_2 还原 MoO_3 以生产金属钼粉。反应过程可能是:450~500℃时, MoO_3 经 H_2 还原,经生成 Mo_5O_{14} 、 $\text{Mo}_{17}\text{O}_{47}$ 、 Mo_4O_{11} 等中间氧化态后生成 MoO_2 ;1000~1100℃时, H_2 进一步将 MoO_2 还原成金属钼粉。

钼在 CO_2 中加热,可以被氧化为 MoO_3 ;而反应产物 MoO_3 与 CO 又可反应,再度还原成 Mo :



钼粉或氧化钼在 CO 或者 CH_4 、 H_2 混合物中共同加热可以生成碳化钼。600℃时生成物为 Mo_2C ,它性脆、密度为 $8.9\text{g}/\text{cm}^3$,熔点为 2380°C ;而 800℃时的生成物为 MoC ,它的密度为 $8.4\text{g}/\text{cm}^3$ 。

钼在常温下不与 HF 、 HCl 、稀 HNO_3 、稀 H_2SO_4 及碱溶液反应。钼只溶于浓 HNO_3 、王水或热而浓的 H_2SO_4 、煮沸的 HCl 中。

钼的生物属性也很重要,它不仅是植物也是动物必不可少的微量元素。

钼是植物体内固氮菌中钼黄素蛋白酶的主要成份之一;也是植物硝酸还原酶的主要成份之一;还能激发磷酸酶活性,促进作物内糖和淀粉的合成与输送;有利于作物早熟。钼是七种重要微量营养元素之一。

钼还是动物体内肝、肠中黄嘌呤氧化酶、醛类氧化酶的基本成份之一,也是亚硫酸肝素氧化酶的基本成份。研究表明,钼还有明显防龋作用,钼对尿结石的形成有强烈抑制作用,人体缺钼易患肾

结石。一个体重 70kg 的健康人,体内含钼 9mg。对于人类,钼是第二、第三类过渡元素中已知唯一对人必不可少的元素,与同类过渡元素相比,钼的毒性极低,甚至可认为基本无毒。当然,过量的食入也会加速人体动脉壁中弹性物质——缩醛磷脂——氧化。所以,土壤含钼过高的地区,癌症发病率较低但痛风病、全身性动脉硬化的发病率较高。而食入含钼过量的饲草的动物,尤其长角动物易患胃病。

三、钼的用途

鉴于钼所具有的这些可贵特性,它在现代社会得到广泛应用。

1. 钢铁添加剂

作为钢铁的合金添加剂是钼的最重要的用途,据 1986 年统计,它占世界钼总消耗量的 83%。而凡含有钼的钢又占了世界粗钢产量的 1/10。因此,钼钢比往往作为一个国家工业发达与否的标志之一。世界钼钢比为 0.011%,美国为 0.014%,我国仅为 0.004% 还达不到世界平均值的一半。钢铁添加钼往往分以下几方面:

合金钢:它耗钼量最大,占了世界钼总耗量的 44%,占钢铁添加钼量的一半以上。

其中结构钢(或称一般钼钢)含钼约 0.1%~0.2% 被广泛用作摩天大楼、桥梁等大型钢构件,能提高钢材硬度、强度和韧性,延长这些大型设施的寿命。

含钼 0.3% 的钼钢往往用于运输和汽车制造业中的承重部件和传动部件。高强度合金钢含钼通常在 0.3% 以下,同时含 0.5%~3.5% 镍、0.5%~1.0% 铬,以提高钢材硬度、强度和韧性,并具有良好的可焊性和抗腐蚀性能。70 年代末,苏联用于西伯利亚开发秋明油田,在高寒地区修建 4300km 的天然气管道一项就耗钼 18kt。在修筑第二条西伯利亚铁道时耗钼量也很巨大。

不锈钢:它约占钼总耗量的 22%,通常加钼量为 4%~5%,往往用于防侵蚀、抗腐蚀的地方。比如石油精炼、天然气井和油井中腐蚀严重的地方、飞机发动机、海洋设备、化工设备……等等。

高速钢和工具钢:它约占钼总耗量的 8%。高速钢中通常含钼为 3.75%~9.5%,平均 4.8%,其中往往还同时要添加钨、钒、铬等金属。世界现应用的高速钢中就有 90%的含有钼。全世界每年用于生产高速钢的钼约有 6000t。

工具钢的含钼量通常为 0.6%~2.95%,全世界每年用于工具钢的钼为 2000~2500t。

铸铁和轧辊:它们的消耗占钼总耗量的 6%。当铸铁添加 0.3%~1.0%的钼后,将会大大提高抗拉、抗弯和抗疲劳强度,还会提高铸件结构的均匀性,这对大型铸件尤其显得重要,这些铸件广泛应用于汽车制造、压力管道和铸模等。

2. 钼及钼基合金

它们用量约占世界钼总耗量的 6%。钼熔点、沸点高,高温强度好,抗摩耐腐蚀,热传导率大,热膨胀系数小,淬透性好等优点,使它在宇航、兵器、电子、化工等领域广泛应用。

回收卫星重返大气层时,必须克服热气流冲刷。因此要求能承受振动、冲击、真空、辐射和温度交变的环境,钼基合金常用来制作卫星回收舱稳定钼的蒙皮。TZM 钼合金还用于制作宇宙火箭或航天飞机的固体燃料火箭发动机的喷管,火箭的鼻锥、飞行器的前缘、方向舵,防热屏、蜂窝结构等。

兵器工业中不仅用钼钢作坦克装甲,还利用 TZM 及 TZC 钼合金耐腐蚀特点,用作巡航导弹的整体透平叶轮,还用作高温气冷原子反应堆的氦气透平叶轮。

电子工业里常利用钼的高熔点,低膨胀系数和较低的二次电子发射率等优点,广泛用作各种电子管的栅极、屏极和高级电光源的电源引出线等。现在研究认为,向钼中添加少量硅、铝、钾可使它二次结晶温度比纯钼还高 700℃,达 1800~1900℃,广泛用作发热元件、隔热屏等。

化学工业常利用钼的耐腐蚀性。熔融玻璃可腐蚀绝大多数金属,而唯独钼与铂能耐其腐蚀。铂太贵,现在往往用钼或含 30%钨的钼合金,代替铂作玻璃熔炉的电极。熔炼、盛放熔融液态金属:

1059℃的铅、1430℃的铋、999℃的锂、599℃的汞、899℃的钾和钠、850℃的铯,此时,钼的耐腐蚀和高温强度等优点决定了它是最佳材料选择,并已得到广泛应用。在制造硫酸热交换器及阀门上,钼和钼基合金被广为应用。

加工工业里钼用得更为广泛。高温下使用的模具受热、机械交变应力作用导致材料疲劳出现裂纹。而利用热膨胀系数小,导热强、高温强度好的钼或钼基合金,模具寿命大幅度延长。英国 G. K. N 公司压铸手表壳等精巧零件时,寿命可达 5000 次,一般为 3000 次,轴承生产中采用钼合金模具比原高速钢、轴承钢模具寿命提高 15 倍。在等温锻造难变形的高温合金时,钼合金模具可在 1200℃ 下使用。由于钼基合金硬度高,抗冷热疲劳强度高,常用于无缝管穿孔机上作顶头和模具,其寿命比 3Cr2W8V 模具钢的寿命还高出几百倍。

国外,作汽车活塞环、汽缸体内壁等的钼年耗量已达 600 多 t。钼对激光具高反射率,使它不易被激光损坏,美国正用它研制直径 2.5m、厚度 13mm 的激光反射镜。R. M. 琼斯(Jouns)认为,钼与石英的导热、热膨胀性能极接近,很适于制作巨型计算机心脏——硅芯片的封装包护套。钼还是良好喷涂材料,可大大提高被喷涂部件的耐腐蚀性、延长部件寿命。

3. 钼化工制品

此项约占钼总耗量的 10%,其中约一半是作润滑剂,其次还有催化剂、颜料、防蚀剂、试剂等。

(1) 润滑剂:高纯度二硫化钼粉以温度适应范围广,抗重荷、耐真空、防辐射……等优点被誉为固体润滑之王而广泛应用。

航空、航天领域:高空宇宙中的高真空和宇宙射线的强辐射是油脂或石墨等常规润滑材料根本无法适应的。二硫化钼在高真空、照辐射、失重高温和超低温环境下润滑效能优越,因而被广泛用在航天器上,如国际通讯卫星的 N 号天线定向机构,其钼制枢轴套采用了二硫化钼擦涂膜润滑;雨云气象卫星和 OAO-1 轨道天文观测卫星利用 88Ag-12MoS₂ 作电接点电刷;同步气象卫星万向接头轴