

# 钼与钼合金的应用及其加工方法

钟培全

(成都虹波实业股份有限公司 成都 610051)

**摘 要** 介绍了钼与钼合金的应用及其加工方法。

**关键词** 钼 钼合金 应用 加工

## APPLICATION OF MOLYBDENUM AND MOLYBDENUM ALLOYS AND THEIR WORKING METHOD

Zhong Peiquan

(Hongbo Industry Limited Company, Chengdu, 610051)

**Abstract** Application of molybdenum and molybdenum alloys and their working method were presented.

**Key words** Molybdenum, Molybdenum alloys, Application, Working

钼及钼合金因具有良好导热、导电、低热膨胀系数、高温强度、低蒸气压和耐磨等特性而成为电子电力设备制造业、金属材料加工业、玻璃制造业、高温炉件结构部件制造、航空航天和国防工业应用的重要材料。钼及钼合金在上述各领域的应用主要采用机加工、成型与金属加工和焊接等方法制成。

### 1 钼及钼合金的应用

电子电力设备制造业是钼及钼合金材料的主要应用领域。其中包括用作灯丝、照明及电子管部件、特种印制电路板涂料、微波器件、医用电子电力器械、x 光管内部元件(如旋转靶、支架和隔热屏等)、x 射线探伤仪、集成电路部件用低热膨胀材料以及设备供电和散热用“缓冲器、可替代某些部件用的硅基片、整流器用镀镍、镀铜或镀铑(Rh)的热处理钼片以及小型电子部件压型与烧结用散热片。钼(Mo)还可与铜(Cu)构成 Cu/Mo/Cu(CMC)复合材料,其中 Cu 可改善复合材料的热膨胀性能,从而使其能更好地与陶瓷基体相匹配。这种 CMC 制元件的弹性模量高,因此可减小其振动故障。

钼及钼合金在材料加工业方面的主要应用范畴如下。

#### 1.1 用于热加工模具

航空、航天部门主要用钼合金制作模具和用于高温锻制发动机部件。其应用材料主要是活性金属碳化物强化钼、任选元素强化钼和机械式弥散二相强化钼 3 种合金。活性金属碳化物强化钼合金具有良好的高温强度和较高导热性,因而主要用于热加

工模具工业。正是因为钼的高导热性和低热膨胀性而成为首选的耐热冲击材料。

#### 1.2 用于熔融金属加工

铸铝厂用钼克制其加工材料的热裂问题,即通常在加工材易生热裂部位使用 TZM(钛-钨-钼)合金型芯和芯棒(杆),亦可避免材料出现热裂现象。使用 TZM 和 MHC 合金亦可提高加工设备的快速凝固能力。钨-钼合金具有同样的耐蚀性,可明显降低生产成本。因此目前研发出宜在叶轮、泵组和熔融锌管系统推广应用的 Mo-25%W 和 Mo-30%W 合金材料。

#### 1.3 用于热喷涂处理

可用钼对活塞环进行热喷涂处理。其方法是用钼粉与含镍(Ni)和铬(Cr)的粘结剂相混合,然后将混料以等离子体方式喷涂在活塞上。其涂层可以是纯钼或钼合金混合粉料,既耐磨损又耐腐蚀,因而适于造纸业应用。而且,钼粉还可与不同含量的镍、铬、硼和硅粉混合成不同的粉末混合物,但喷涂粉末要求其流动性好,热喷涂粉一般在喷干后应呈球形或近球形状。此外,钼及钼合金混合粉末还可用于等离子喷嘴致密成不同品质、更耐磨损和耐腐蚀的预合金粉末。

#### 1.4 用于化学处理

玻璃熔化加工用钼作电极材料亦可提高传统熔炉的加工能力。由于钼具有高温强度和热稳定性而适用于作高温炉构件材料。例如,钼及钼合金多用作热等静压(HIP)装置材料、加热元件、套筒和支

架;陶瓷在普遍使用钼夹具和烧结钼舟;电子工业生产氧化物陶瓷制品也几乎都是用钼载体烧制的。

此外,得益于钼与热气体的相容性及其高温强度而使其能在航空航天和国防工业等领域也得以应用。但钼的抗氧化性差却又使其应用范围受到一定限制。钼主要用作时速快、性能良好的火箭和活性气阀等部件材料。

## 2 钼及钼合金材料的生产方法

钼及钼合金材料可用机加工、成型与金属加工和焊接加工等方法制成。钼及钼合金经机加工后其表面光整、精度高。但加工时应注意:钼具有高温强度,但室温强度差,且其韧性不及碳钢或黄铜,其较高的延-脆转变温度亦说明钼容易产生内裂现象。而且还可采用研磨、光刻和放电(EDM)等方法加工钼及钼合金材料。放电加工钼表面区域往往会形成再结晶层,易产生微纹,亦经机械或化学腐蚀抛光予以消除。但如果冷却程度不够,则研磨加工时磨料会出现过热并产生表面裂化。

成型与金属加工是钼及钼合金常用的弯曲、冲压、冲孔、拉拔和旋压等加工方法。其加工效果好坏与加工材料的表面状态、成型截面大小以及变形速率都有关。而且,钼及钼合金具有典型的塑性各向异性,即在弯折钼板时,使其弯曲轴垂直于主要轧制

方向,则加工效果会更好。冲压、冲孔和剪切坯尤其容易在成型板材内产生平面裂纹,这就是在轧制时沿晶界平面扩散的晶间裂缝。0.5 mm厚的钼板坯可在室温下剪切加工;0.5~1.2 mm板坯的预热温度为65~95℃;1.5~3.2 mm板坯的预热温度为350℃;6.3 mm厚板需预热至600℃。

钼及钼合金可进行焊接加工,即这种方法通常是无过大应力条件下才使用。焊接点及其周围基体再结晶区域强度极低,延-脆转变温度远高于焊点周围未受焊接影响的区域。这种焊接区域的集中变形态势和因受基体金属限制而引发的三向应力都可导致脆断。钼及钼合金的一般焊接方法,即用电子束焊接法加工时,其焊缝和热影响区面小,不易出问题。氧对焊接有不良影响,且在晶界偏析,进而降低塑性,所以,含碳量较高的电弧熔铸钼合金比粉冶钼合金更容易焊接。同样,碳化物强化钼合金比纯钼更易焊接加工。多数钼件都是在高纯惰性气体室内进行焊接加工的,以能尽量减小氧的不良影响。在焊接含有挥发性合金成份的材料时,其焊缝内会起泡(气泡),因此掺杂钼合金一般都不容易进行焊接加工。

(2000-08-01 收稿)

作者简介 钟培全,男,成都虹波实业股份有限公司高级工程师。

## 智利和日本近期对国际钼市场的估测

据日本“贸易开拓”报报导,9月份智利钼金属公司在访问日本时共同发表了对今年国际钼市场状况的预测报告。报告预计,2000年钼市场产销量基本平衡:消费量将为2.71亿磅,比1999年的2.53亿磅增长约7.1%,产量将为2.72亿磅。

为了使2000年钼市场产销量趋于平衡,美国、加拿大及中国主要钼生产者均进行了削减生产量的努力。其中全球最大的钼生产者美国的菲尔浦道奇公司一再削减了亨德森矿的钼产量;年初计划于2000年削减500万磅钼精矿的产量,到5月份决定再减少产量500万磅,共计减产1000万磅。亨德森钼设计能力为4000万磅,但估计今年实际产量仅为2000万磅,为设计能力的50%;今年2月份汤

普森克里克金属公司宣布也把钼产量减少25%;1999年由于国际市场氧化钼价低于3美元/磅钼,因此导致中国一些钼生产厂家削减钼产量为4500万磅,2000年由于氧化钼价虽略好于去年,但仍低于3美元/磅钼,因此中国钼产量将会进一步减少(估计将减少20%左右——笔者加注)。

作为铜矿的副产钼预计2000年产量将会有所增加。世界最大铜生产者智利的科德尔科公司预计2000年增产钼10%。该公司1999年副产钼精矿为5240万磅,那么2000年将为5764万磅,比去年增加524万磅。目前该公司生产钼的矿山主要是丘基卡马塔矿,其次是埃尔特尼恩特和安迪那铜钼矿。

(知晓)