

文章编号:1673-9981(2007)04-0300-03

含 MoS₂ 镍基复合材料摩擦磨损性能的研究

薛茂权, 朱凌云

(常州轻工职业技术学院, 江苏 常州 213164)

摘 要: 对用粉末冶金法制备的含 MoS₂ 镍基合金的摩擦磨损性能进行了研究, 并探讨了其减摩机理。研究结果表明, MoS₂ 质量分数为 6% 的镍基合金, 可在摩擦表面形成起润滑作用的含硫化化合物的复合膜, 此时材料表现出较好的摩擦磨损综合性能。

关键词: Ni-Cr 基合金; 二硫化钼; 自润滑; 摩擦学性能

中图分类号: TG339 **文献标识码:** A

自润滑复合材料主要用于制造油脂类润滑剂不能工作的机械部件。自润滑材料自有的固体润滑剂, 可在其表面甚至对偶面形成润滑膜, 使材料在摩擦过程中得到有效润滑。合金中润滑剂的含量必须合适, 才能获得最佳的润滑效果。润滑剂含量太少不能在材料表面形成稳定的润滑膜, 润滑效果欠佳; 润滑剂太多会导致材料的力学性能明显下降^[1]。

以金属为基体的含 MoS₂ 自润滑复合材料, 具有机械强度高、摩擦因数低及耐磨损等特性, 适合制作在高真空等特殊工况下服役的减摩部件。

本文用粉末冶金的方法热压含钨粉和 MoS₂ 的镍基复合材料, 讨论 MoS₂ 含量对材料摩擦学性能的影响。用电镜观察磨损表面形貌, 用 X 射线衍射仪分析材料物相, 对摩擦磨损机理进行分析。

1 实验方法

1.1 合金的制备

以 Ni-20Cr 合金粉、W 粉和 MoS₂ 粉为原料, 各粉末的物理性能列于表 1。

Ni 基复合材料的制备工艺流程为: 配粉→球磨→冷压→热压成型→脱模。

按上述工艺流程制备四种合金, 其中 MoS₂ 的质量分数分别为 0, 3%, 6%, 9%, W 的质量分数均

为 15%, 余量为 Ni-20Cr。按设计好的球粉比配制球重, 将配好的四种粉分别置于不锈钢球磨罐中, 用行星式球磨机进行混料。球磨机的转速为 150 r/min, 混料时间随 MoS₂ 含量的增加而增加。

表 1 实验原料
Table 1 Chemical composition of material

粉末	粒度/ μm	纯度 w/%	性状
Ni-20Cr	~60	98.0	淡灰色粉末
W	20	99.5	灰黑色粉末
MoS ₂	~30	98.0	黑色稍带银灰色金属光泽

先将充分混合后的粉末冷压成 D45 mm × 15 mm 的盘状。为保证四种合金的制备条件完全一致, 将所有盘状试样全部装入石墨模具内, 两个试样盘之间用石墨片隔开。用 FVPHP-R-10 型富士真空热压机制备样品。热压条件为: 压力 16 MPa, 温度 1240 ℃, 真空抽至 10⁻⁵ Pa 后用氮气保护并开始加热, 升温速度 20 ℃/min, 保温保压时间 15 min。

1.2 摩擦磨损实验

将四种合金分别制成直径 3 mm、厚 15 mm 的试样; 对偶材料为直径 52 mm、厚 6 mm、硬度 70(HRC) 的氧化铝陶瓷盘, 平磨后用 600 号砂纸研磨。

摩擦试验在自制的销-盘式摩擦试验机上进行。试验前先将销和盘用酒精清洗, 干燥, 然后再进行测

收稿日期: 2007-06-11
作者简介: 薛茂权(1978-), 男, 江苏泰州人, 讲师, 硕士。

试. 试验时将试样安装在试验机的销上,销固定不动,对偶件陶瓷盘旋转,试样在陶瓷盘上滑动. 滑动速度分别为 0.9,1.4,2.1 m/s,载荷分别为 14 N 和 21 N,滑行距离约 1500 m,用应变式传感器检测摩擦力,用精度为 0.1 mg 的分析天平称试样的磨损失重. 摩擦因数 $\mu=F/L$,其中 F 为摩擦力, L 为载荷. 用 X 射线衍射仪对材料进行物相分析,用金相显微镜观察磨损表面形貌.

2 结果与讨论

2.1 物相分析

图 1 为合金的 X 射线衍射图. 由图 1 可见,所制备的材料中基本上没有 MoS₂,这是因为在热压过程中,尽管有 N₂ 气保护,但由于温度高达 1 100℃ 以上,MoS₂ 在 Ni(Cr) 基体中很不稳定,发生了分解. 分解出来的硫与基体中的 Cr 发生了选择性硫化反应,生成了不同化学计量比的硫铬化合物的混合物,反应式为: $Cr + MoS_2 \longrightarrow Cr_xS_{x+1} + Mo(x=5, 7)$. 虽然 MoS₂ 在 Ni(Cr) 基体中发生了分解,失去了自身作为固体润滑剂的作用,但是生成的新相 Cr₅S₆ 和 Cr₇S₈ 等都是较好的固体润滑剂^[2-5].

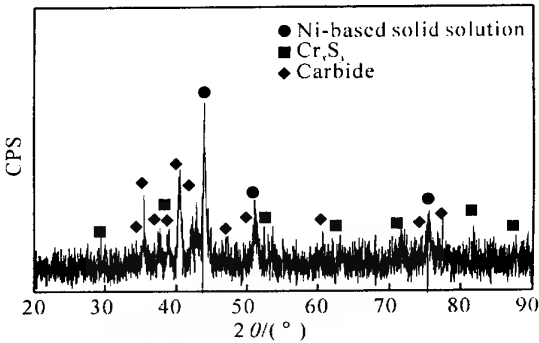


图 1 Ni-Cr-W-6MoS₂ 合金的 X 射线衍射图
Fig. 1 XRD spectra of Ni-Cr-W-6MoS₂ alloy

2.2 摩擦因数与磨损率

图 2 为在不同的载荷和滑动速度下, MoS₂ 含量对材料摩擦磨损性能的影响. 由图 2(a) 可见,随着 MoS₂ 含量的升高,摩擦因数 μ 逐渐减小. 当 $w(MoS_2)=6\%$ 时, μ 最小,随后 MoS₂ 含量升高, μ 也升高. 在 $w(MoS_2)$ 为 3%~6% 时,磨损率随 MoS₂ 含量的升高而下降,当 $w(MoS_2)>6\%$ 时,磨损量呈增加趋势(图 2(b)). 由此可见, MoS₂ 含量过高或过低均对材料的耐磨性能不利.

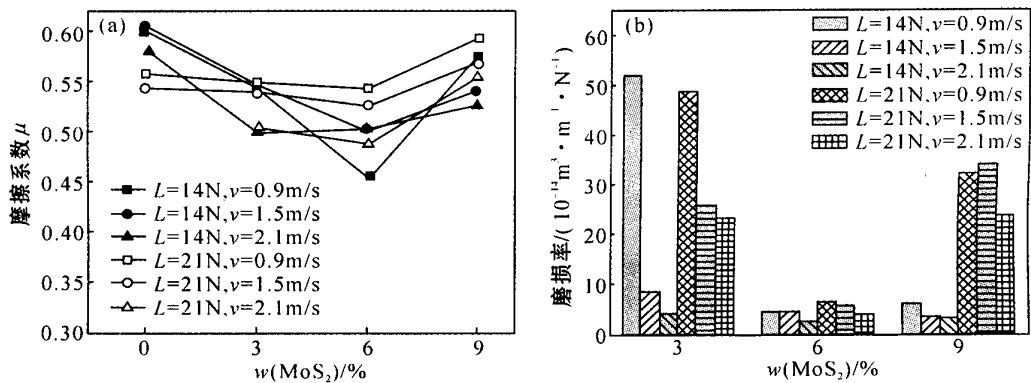


图 2 MoS₂ 含量对(a)摩擦因数(b)磨损率的影响
Fig. 2 Effect of MoS₂ content on (a)friction coefficient and (b)wear rate

材料的摩擦因数主要取决于材料的减摩性能,而耐磨性能不仅与材料的减摩性能有关,还与材料的力学性能有关. 不含 MoS₂ 时,材料的孔隙度低,且孔隙主要为闭孔隙,材料的自润滑减摩性能很差, μ 较高. 虽然此时材料的力学性能较高,但摩擦力较大,材料的磨损率较高. 含有 MoS₂ 时,随着 MoS₂ 含量的升高, MoS₂ 由均匀分散分布逐渐呈连续的

网格分布,摩擦时易形成润滑膜,可有效降低 μ ,使磨损率降低. 但 MoS₂ 含量过高会使材料的力学性能下降,耐磨性能降低,这又导致磨损率升高. 因此,应综合考虑材料的减摩性能与耐磨性能,使材料的磨损率尽可能低.

2.3 磨损机理分析与讨论

图 3 为 MoS₂ 含量不同的镍基自润滑合金在室

温下与陶瓷盘对磨后磨损表面的金相照片。

从图3可见,在室温下Ni20CrW合金的磨损表面表现出典型的磨粒磨损特征。在滑动过程中脱落的陶瓷颗粒一部分以磨屑的形式从磨损表面排出,另一部分则粘附在塑性较好的Ni20CrW合金表面。正是这些脱落的陶瓷颗粒使摩擦副材料的硬度差别

较大,从而造成相对滑动时的磨粒磨损,产生大量的磨屑(图3(a))。随着MoS₂含量的增加,在摩擦面上出现了黑色物质,这些物质在图3(c)上的分布比在图3(b)上的分布略为均匀,但完整性都较差,并且有大量的粒状磨屑。材料摩擦面主要呈现轻微的磨粒磨损和粘着磨损特征,即金属塑性变形痕迹。

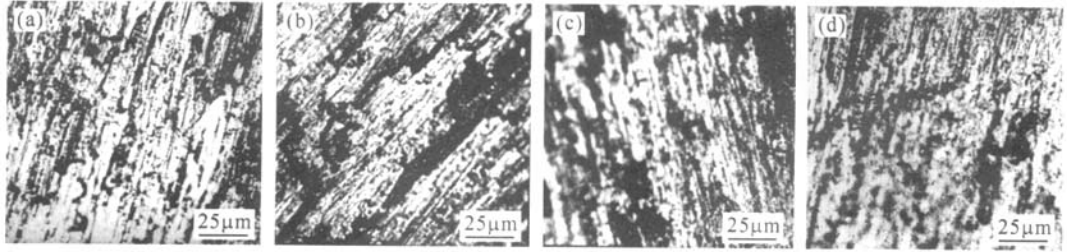


图3 Ni-Cr-MoS₂合金的磨损表面形貌

(a) $w(\text{MoS}_2)=0$; (b) $w(\text{MoS}_2)=3\%$; (c) $w(\text{MoS}_2)=6\%$; (d) $w(\text{MoS}_2)=9\%$

Fig. 3 Optical micrographs of worn surface of Ni-Cr-MoS₂ alloys

在摩擦面出现的黑色物质是由于摩擦面的温度比环境温度高,合金中的硫化物共晶体变软或熔化,在摩擦过程中形成了连续不断的润滑膜,此时合金与陶瓷的接触转变为陶瓷与部分润滑膜的接触,使摩擦面的润滑状况改善,摩擦因数和磨损率都降低。当 $w(\text{MoS}_2)=9\%$ 时,材料表面的膜已经几乎不存在,摩擦表面又转变为金属与陶瓷的直接接触,材料表面有多而较深的磨痕,呈较典型的磨粒磨损特征(图3(d)),但没有出现图3(a)中的片状磨屑,此时的摩擦因数与磨损率都急剧上升。

3 结论

加入MoS₂的镍基合金材料在热压后生成镍基固溶体和固体润滑剂Cr_xS_{x+1}。MoS₂的加入有利于改善材料的摩擦学性能,但其加入量存在一个最佳值。在本实验中 $w(\text{MoS}_2)=6\%$ 较合适,此时摩擦因

数约为0.5,磨损率约为 $3 \times 10^{-14} \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{N})$ 。

参考文献:

- [1] WU Yunxin, WANG Fuxing, CHENG Yinqian, et al. A study of the optimization mechanism of solid lubrication concentration in Ni/MoS₂ self-lubricating composite[J]. Wear, 1997, 205: 64-70.
- [2] 孟军虎,吕晋军,王静波,等.两种镍基合金的高温摩擦学性能研究[J].摩擦学学报,2002,22(3):184-188.
- [3] 牛淑琴,阮虎生,欧阳锦林,等.几种高温自润滑复合材料的研究与性能研究[J].摩擦学学报,1995,15(4):324-332.
- [4] 刘如铁,李溪滨,程时和. Ni-Cr-Mo-S合金的自润滑机理[J].中国有色金属学报,2003,13(2):469-475.
- [5] 刘如铁,李溪滨,熊拥军.含硫镍基合金与YJ2硬质合金对偶的高温摩擦磨损特征[J].机械科学与技术,2003,22(5):812-814.

Study on friction and wear behavior of MoS₂ contained Ni-based composite

XUE Mao-quan, ZHU Ling-yun

(Changzhou Institute of Light Industry Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract: Ni-Cr based alloys were prepared by powder metallurgical hot-pressing. The friction and wear behaviors of the alloys at room temperature were studied. The results show that the alloy with 6wt% MoS₂ has higher friction performance. A layer of sulfur-contained compound was formed on the friction surface providing a self-lubricating effect. The wear reduction mechanism is discussed.

Key words: Ni-Cr based alloy; molybdenum disulfide; self-lubricating; tribological properties