

摩擦喷射复合电沉积 MoS_2/Ni 镀层结构与性能研究

梁志杰¹, 赵殿锋²

(1. 全军装备表面工程重点实验室, 北京 100072; 2. 装甲兵工程学院 装备再制造工程系, 北京 100072)

摘 要: 利用摩擦喷射复合电沉积工艺在钢基材料上制备 MoS_2/Ni 减摩复合镀层, 观测分析了镀层形貌结构, 并对其性能进行测试。研究表明, MoS_2 加入到镍镀层后, 能显著改善镀层摩擦学性能, 相同测试条件下, 摩擦因数为同工艺纯镍镀层的 1/4, 磨损损失重也仅为纯镍镀层的 13%。复合镀层磨损形式为磨粒磨损, 除了有个别较浅、较窄磨痕之外, 磨损表面较为光滑, 没有出现粘着现象。

关键词: 摩擦喷射复合电沉积; 复合镀层; 摩擦因数

中图分类号: TQ153

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2005)05-0028-03

Microstructure and Properties of MoS_2/Ni Coating Produced by Friction & Spray Electroplating Technology

LIANG Zhi-jie¹, ZHAO Dian-feng²

(1. Key Lab for Surface Engineering of PLA, Beijing 100072; 2. Faculty of Remanufacture Engineering, Academy of Armored of Forces Engineering, Beijing 100072)

Abstract: MoS_2/Ni composite coating was prepared by friction & spray electroplating technology. Microstructure of the coating was observed and its properties were tested. Experimental results showed that MoS_2 in the coating can improve its wear resistance obviously. At the same testing condition, the friction coefficient of composite coating was 1/4 that of pure-Nickel coating, the wear loss was only 13 percent that of the pure-Nickel coating. The wear mode of the composite coating was abrasion. Except few shallow and narrow tracks, the wear surface was smooth and there's no adherence.

Key words: friction & spray electroplating technology; composite coating; friction coefficient

0 引 言

将一种或几种不溶性固体颗粒均匀的夹杂在基质金属中, 形成两项或多项复合镀层, 其性能明显优于单一金属层, 而且与基体结合强度高^[1,2]。获得复合镀层的方法有很多。摩擦喷射复合电沉积技术是在综合了刷镀、喷射镀、珩磨镀等技术的优点基础上, 将金属电沉积与机械摩擦同时进行的一门表面工程新技术, 它克服了刷镀劳动强度大、沉积速度慢、镀厚能力弱的缺点, 可以在较高电流下工作, 沉积速度快, 镀层组织致密, 晶粒更为细化^[3]。

二硫化钼因其分子间特殊的层状结构而具有良好的自润滑性能。应用摩擦喷射复合电沉积技术获得二硫化钼复合镀层将会具有优良的减摩性能^[4]。

1 试验条件

1.1 复合电沉积工艺过程

收稿日期: 2005-09-05; 修回日期: 2005-09-27

作者简介: 梁志杰(1952-), 男(汉), 陕西扶风人, 高级工程师。

1.1.1 基质镀液配方

主盐 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 265~275 g/L; 主络合剂 50~55 g/L; 辅合剂 20~23 g/L; 缓冲剂 30~34 g/L; 表面活性剂 0.05~0.20 g/L。

1.1.2 MoS_2 表面处理工艺

将 MoS_2 (粒径 200~300 nm) 颗粒材料加入适量的镍镀液, 搅拌均匀, 每百克 MoS_2 加入 0.05~0.1 g 十六烷基三甲基溴化铵, 超声波处理 4~6 min, 高能球磨 8~10 h。按一定比例加入到基质镀液中。

1.1.3 复合电沉积工艺参数

MoS_2 颗粒含量 20g/L; 电流密度 230 A/dm²; 相对速度 12 m/min; 镀液流量 3.3 L/min; 摩擦压强 0.4 MPa。

1.1.4 分析设备及参数

采用 Quant200 扫描电镜, 真空模式, 25 kV, 观察复合镀层表面及横截面形貌, 用其自带的能谱仪 (EDAX) 测定 Mo、S 元素的含量, 采用面扫描方法观察 Mo、S 元素在镀层中的分布状况。

在 MM-200 摩擦磨损试验机上进行试验, 摩擦副上块静止, 下块转速 200 r/min (0.42 m/s), 机油连续润滑, 载荷 400 N, 加载时间 60 min。通过测量摩擦力产生的摩擦扭矩计算了复合镀层的摩擦因数, 并采用失重法评价镀层耐磨性。

2 MoS_2/Ni 复合镀层形貌及成分

2.1 表面形貌

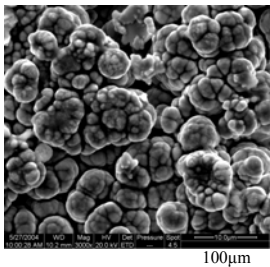


图 1 纯镍镀层表面形貌

Fig.1 Surface morphologies of Ni coating

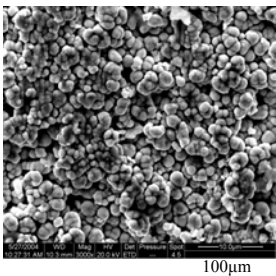


图 2 MoS_2/Ni 复合镀层表面形貌

Fig.2 Surface morphologies of MoS_2/Ni composite coating

图 1 与图 2 所示镀层制备工艺参数相同, 由图可以明显看出, 二硫化钼颗粒的加入使复合镀层结构更为致密, 孔隙率减小, 晶胞也较为细小。

2.2 断面形貌

图 3 所示为复合镀层断面形貌, 镀层与基体结合紧密, 无不良间隙, 基体原有凹坑、裂纹被填平。

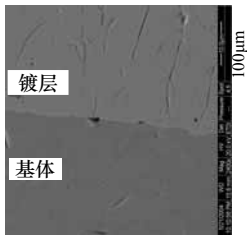


图 3 复合镀层断面形貌

Fig.3 Section morphologies of MoS_2/Ni composite coating

存在少数纵向裂纹, 但未贯穿。有树枝状形貌, 生

长方向与多晶单元的生长方向一致, 其形成与结晶过程的电沉积机制有关。

2.3 复合镀层组织成分分析

表 1 复合镀层各元素面积百分含量

Table1 Content of elements in the composite coating

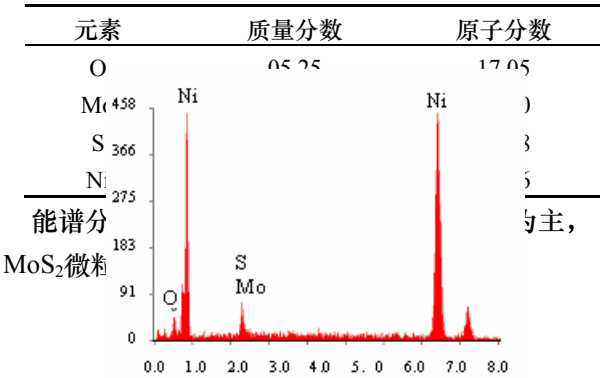


图 4 EDAX 测试结果

Fig.4 Analysis result of EDAX

3 MoS_2/Ni 复合镀层摩擦学性能

3.1 复合镀层中 MoS_2 含量对镀层摩擦因数的影响

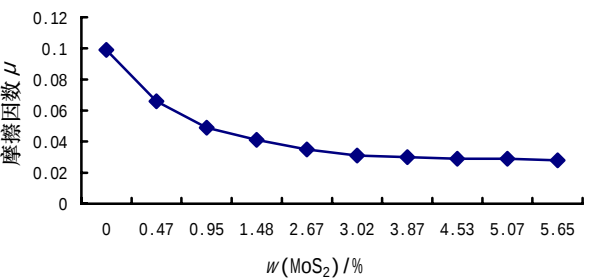


图 5 复合镀层中 MoS_2 含量与摩擦因素的关系

Fig.5 Relation between MoS_2 content and friction coefficient

图 5 所示为复合镀层中 MoS_2 粒子含量对摩擦因数的影响曲线。可以看出, 镀层中 MoS_2 微粒的存在, 使摩擦因数明显下降, 最低可至 0.03 以下, 而且随着 MoS_2 含量的增加, 摩擦因数逐渐降低。当 MoS_2 面积百分含量大于 2.5 %以上时, 摩擦因数随

着镀层 MoS_2 含量的增加而趋于平缓。

3.2 磨损时间对摩擦因数的影响

图6所示为MM-200磨损试验机输出的磨损时间与摩擦因数关系曲线,由图可看出,在经过一段时间的磨合后,摩擦因数趋于稳定,大大低于摩擦喷射纯镍镀层摩擦因数(相同工艺条件, $\mu=0.095$)。

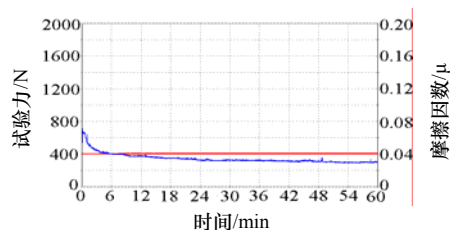


图6 摩擦因数随时间变化关系

Fig.6 Relation between friction confident and time

3.3 MoS_2/Ni 复合镀层耐磨性能

表2 MoS_2/Ni 复合镀层磨损试验结果

Table2 Results of wear loss of composite coating				
w/(MoS_2)/ %	第1次 失重/mg	第2次 失重/mg	第3次 失重/mg	平均失 重/mg
纯镍镀层	23.7	6.4	2.7	10.9
0.47	14.2	3.7	1.4	6.4
1.35	9.7	2.2	3.7	4.2
2.55	5.8	2.0	1.8	3.2
3.01	3.3	2.1	0.6	2.0
3.62	1.9	1.6	0.8	1.4

采用失重法评价复合镀层的耐磨性能。每组试样的转速均为0.42 m/s,加载时间60 min,载荷分别取200 N、400 N、600 N,在TG328A型光电分析天平上测量其磨损量(失重),分别以第1次失重、第2次失重、第3次失重来表示,最后取3次失重的平均植作为耐磨性的评价指标。由表中可以看出 MoS_2 含量较高的复合镀层磨损量较少,这表明在硬质基体中添加一定量的自润滑材料,可以改善镀层的耐磨损性能^[5]。

3.4 复合镀层磨损过程分析

由图7可以看到,除了存在个别硬质颗粒磨损造成的“犁沟”外,复合镀层磨损表面比较光滑,没有出现粘着现象。这主要是因为 MoS_2 分子为层状结构,是良好的固体润滑剂,有较好的塑性,容易附着在磨损表面,降低了对磨件之间的粘着^[6,7]。

图7 复合镀层磨损后表面形貌

Fig.7 Surface morphologies of composite coating after wear

4 结 论

(1) 利用摩擦喷射复合电沉积技术制备的 MoS_2/Ni 复合镀层与纯镍镀层相比,结构更为致密,孔隙率小,晶胞也较为细小。镀层与基体结合紧密,无不良间隙。

(2) MoS_2 微粒的存在,使复合镀层摩擦因数明显下降,而且随着镀层中 MoS_2 含量的增加,摩擦因数逐渐降低。

(3) 复合镀层中加入 MoS_2 微粒后,大大改善了镀层的耐磨性能。

(4) 复合镀层磨损形式以磨粒磨损为主,除了有个别“犁沟”之外,磨损表面较为光滑,没有出现粘着现象。

参考文献:

- [1] 赵文珍. 材料表面工程导论 [M]. 西安:西安交通大学出版社, 1998.
- [2] 郭鹤桐, 张三元. 复合镀层 [M]. 天津:天津大学出版社, 1991.
- [3] 梁志杰. 摩擦电喷镀技术 [M]. 北京:机械工业出版社, 1991.
- [4] 徐滨士. 表面工程新技术 [M]. 北京:国防工业出版社, 2002.
- [5] 温湿铸. 纳米摩擦学 [M]. 北京:清华大学出版社, 1998.
- [6] 刘小兵, 等. 复合电沉积的最新研究动态 [J]. 电化学, 2003,9(2):117.
- [7] 孟军虎, 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):185.

作者地址:北京丰台杜家坎21号

100072

Tel: (010) 66717976 (O); 66717238

E-mail: anibaobei@21cn.com

