

## Cu-W 复合电沉积工艺研究

洪逸<sup>1</sup>, 张晓燕<sup>1,2</sup>, 李广宇<sup>1</sup>, 马小东<sup>1</sup>, 敖启艳<sup>1</sup>

(1. 贵州大学材料科学与冶金工程学院, 贵州 贵阳 550003; 2. 贵州省材料结构与强度重点实验室, 贵州 贵阳 550003)

**[摘要]** 电接触材料要求具有很好的抗电弧烧蚀和抗熔焊性能, 但纯铜很难达到该种要求。利用复合电沉积方法, 在纯铜表面形成 Cu-W 复合镀层, 使其满足电触头材料的使用性能。重点研究了镀液中 W 的质量浓度、电流密度、搅拌强度和温度工艺参数对 Cu-W 电接触材料复合镀层中 W 微粒沉积量的影响, 并且通过正交试验确定了复合电沉积的最优工艺: W 的质量浓度为 35 g/L、电流密度为 4 A/dm<sup>2</sup>、搅拌强度为 600 r/min、温度为 50℃。

**[关键词]** 复合电沉积; 复合镀层; 工艺参数; 电接触材料; 铜钨合金

**[中图分类号]** TQ153.2; TB333

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1001-3660(2008)05-0064-02

## Study on Cu-W Composite Electroplating Process

HONG Yi<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-yan<sup>1,2</sup>, LI Guang-yu<sup>1</sup>, MA Xiao-dong<sup>1</sup>, AO Qi-yan<sup>1</sup>

(1. School of Materials Science and Metallurgical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China;

2. Guizhou Key Laboratory for Mechanical Behavior and Microstructure of Materials, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

**[Abstract]** Contact materials are demanded to have finer electric erosion resistance and anti-welding properties, but pure copper can't meet the requirement easily. The Cu-W composite deposits was formed on the surface of pure copper by composite electro deposition, to meet the service performance of contact material. The influence of W particulate content in Cu-W composite deposits including W mass concentration, current density, stirring intention and temperature on W particulate content in Cu-W composite deposits was laid special stress on, and the optimum process parameters for composite electrodeposition were determined by orthogonal experimentations. And the optimal process: W mass concentration 35 g/L, current density 4 A/dm<sup>2</sup>, stirring intention 600 r/min, the temperature of 50℃.

**[Key words]** Composite electrodeposition; Composite deposits; Process parameter; Electrical contact material; Cu-W alloy

## 0 引言

所谓复合电沉积, 就是在电镀或化学镀溶液中加入非水溶性的固体微粒, 并使其与主体金属共沉积在基材上的涂覆工艺, 得到的镀层为复合镀层<sup>[1]</sup>。目前, 电沉积复合镀层在自润滑性能、电接触材料以及在电催化、光活性材料、储能等领域得到了开发和应用<sup>[2]</sup>。

电接触材料, 也称之为接触元件, 是高、低电器开关仪器仪表中的重要元器件, 它担负着电路间接通与断开, 同时负载相应电路中电流的任务。在现代化大型电气系统中, 如大型电力系统、自动化系统、通讯系统中包括了数以万计的电接触元件。随着航空、电子、机械、海洋、化工、冶金及核能等工业的开发和进展, 对电接触元件触头的工作寿命和工作可靠性提出了愈来愈高的要求<sup>[3-4]</sup>。本文研究了复合电沉积工艺参数对铜表面沉积 Cu-W 电接触材料复合镀层的影响。

## 1 试验器材和条件

试验镀液的组成如下: 125 ~ 160 g/L CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O、30 g/L CuCl<sub>2</sub>、70 ~ 80 mL/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、固体颗粒含量为 20 ~ 40 g/L, 固体颗粒粒径为 1 ~ 3 μm, 温度为 20 ~ 60℃, 电流密度为 2 ~ 4 A/dm<sup>2</sup>, 机械搅拌速度为 400 ~ 800 r/min, 电镀时间为 120 min。

镀件在进行复合电沉积前, 要进行机械磨光、水洗、化学抛光、丙酮擦拭、超声波除油、弱侵蚀。在进行复合电沉积之前, 电解液要利用机械搅拌和超声波辅助对镀液进行充分搅拌, 时间 15 ~ 30 min, 以保证微粒充分均匀地悬浮于镀液中。阳极为纯铜板 20 mm × 10 mm, 纯度 ≥ 99.5%; 阴极镀件为紫铜片 10 mm × 10 mm。W 粉根据 GB3458-1982 选择 FW-2, 用 MPS-2000R 型颗粒度测试仪测定固体颗粒粒度, 平均粒径为 1 ~ 3 μm。复合电沉积后镀件经防变色处理。

镀层中微粒的含量采用质量分析法, 将复合镀层置于适量硝酸中进行溶解, 待镀层全部溶解完毕, 用清水稀释。然后用烘干且称过质量的定量滤纸过滤稀释液, 待其过滤后, 用清水清洗数遍、烘干、称重。定量滤纸 2 次质量的差值为镀层中微粒含量。

**[收稿日期]** 2008-07-07

**[基金项目]** 贵州大学大学生创新性实验计划项目(2007-004)

**[作者简介]** 洪逸(1987-), 男, 浙江台州人, 本科, 研究方向为电接触材料的耐腐蚀性能。

## 2 试验结果和讨论

### 2.1 单因素试验

#### 2.1.1 镀液中 W 质量浓度的影响

图 1 是在温度为 30℃、搅拌器转速为 500r/min 和电流密度为 3A/dm<sup>2</sup> 的条件下,当镀液中 W 的质量浓度变化时,镀层中 W 沉积量的试验结果。由图 1 可知,W 的沉积量随着它在镀液中质量浓度的增大而增加。

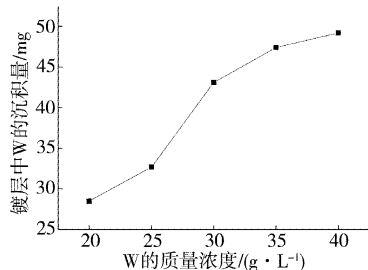


图 1 W 质量浓度与 W 沉积量的关系  
Figure 1 Relationship between W mass concentration and the W content in deposit

#### 2.1.2 电流密度的影响

图 2 是在温度为 30℃、搅拌器转速为 500r/min、镀液中 W 的质量浓度为 30g/L 的条件下,当阴极电流密度变化时,镀层中 W 沉积量的试验结果。由图 2 可知,W 沉积量随着阴极电流密度的增大而增加,当电流密度达到 3.5A/dm<sup>2</sup> 时,镀层中 W 沉积量达到极限值。

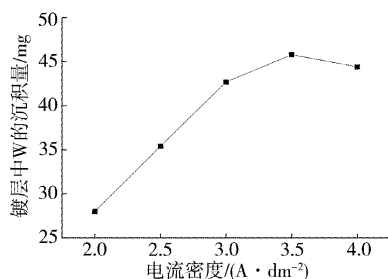


图 2 电流密度与 W 沉积量关系图

Figure 2 Relationship between current density and the W content in deposit

#### 2.1.3 搅拌强度的影响

图 3 是在温度为 30℃、电流密度为 3A/dm<sup>2</sup>、镀液中 W 的质量浓度为 30g/L 的条件下,当搅拌强度变化时,镀层中 W 沉积量的试验结果。由图 3 可知,镀层中 W 的沉积量随着搅拌强度的增强而逐渐增大,并且沉积量先增至极限值,再逐渐降低。

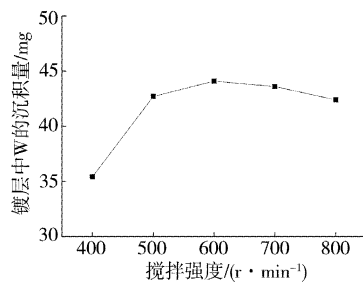


图 3 搅拌强度与 W 沉积量关系图

Figure 3 Relationship between stirring intention and the W content in deposit

#### 2.1.4 温度的影响

图 4 是电流密度为 3A/dm<sup>2</sup>、搅拌器转速为 500r/min、镀液中 W 的质量浓度为 30g/L 的条件下,当温度变化时,镀层中 W 沉积量的试验结果。由图 4 可知,随着温度升高,沉积量缓慢升高,温度在 30~50℃ 时镀层中 W 的沉积量趋于稳定,50℃ 以后开始降低。

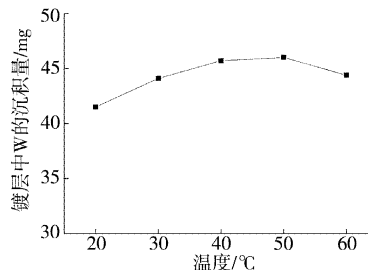


图 4 温度与 W 沉积量关系图

Figure 4 Relationship between temperature and the W content in deposit

### 2.2 正交试验

#### 2.2.1 正交试验方案和结果

由单因素试验结果可知,复合镀层中 W 的沉积量受镀液中 W 的质量浓度、电流密度、搅拌强度和温度因素影响。故正交试验采用 4 因素 3 水平的方案(见表 1),正交表选用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 进行试验。

表 1 因素水平表  
Table 1 Factor level form

水平	因 素			
	W 质量浓度 /(g · L <sup>-1</sup> )	电流密度 /(A · dm <sup>-2</sup> )	搅拌强度 /(r · min <sup>-1</sup> )	温度 /°C
1	25	3	500	30
2	30	3.5	600	40
3	35	4	700	50

#### 2.2.2 极差分析

将正交试验所得的数据进行极差分析,如表 2 所示,检验各因素的显著性。检验结果表明:镀液中 W 的质量浓度和电流密度对复合镀层中 W 含量影响显著,搅拌强度和温度影响其次。最优的工艺为:W 的质量浓度 35g/L、电流密度 4A/dm<sup>2</sup>、搅拌强

表 2 极差分析数据表  
Table 2 Range analysis data sheet

试验号	W 的质量浓度	电流密度	搅拌强度	温度	镀层中微粒沉积量/mg
1	1	1	1	1	33.4
2	1	2	2	2	44.8
3	1	3	3	3	49.3
4	2	1	2	3	48.9
5	2	2	3	1	50.2
6	2	3	1	2	50.8
7	3	1	3	2	49.4
8	3	2	1	3	51.1
9	3	3	2	1	51.6
K <sub>1j</sub>	127.5	131.7	135.3	135.2	
K <sub>2j</sub>	149.9	146.1	149.3	145	
K <sub>3j</sub>	152.1	151.7	144.9	149.3	
R <sub>j</sub>	24.6	20	14	14.1	

(下转第 84 页)

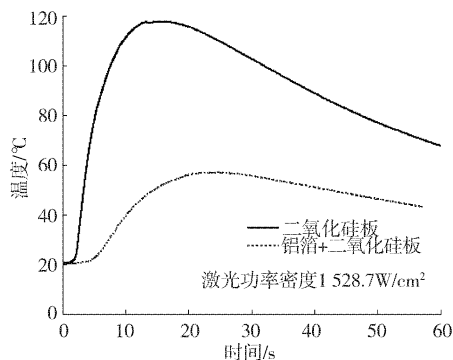
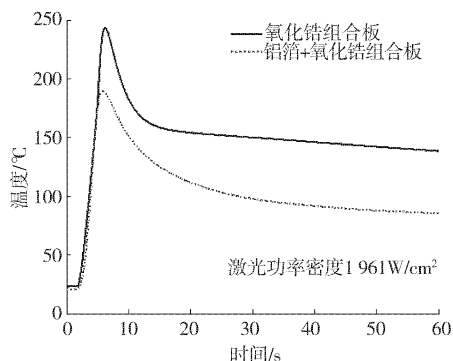
图4 SiO<sub>2</sub> 纤维复合板试验温度曲线Figure 4 The temperature of SiO<sub>2</sub> fiber ply

图5 氧化锆金属板试验温度曲线

Figure 5 The temperature of the metal based zirconia ply

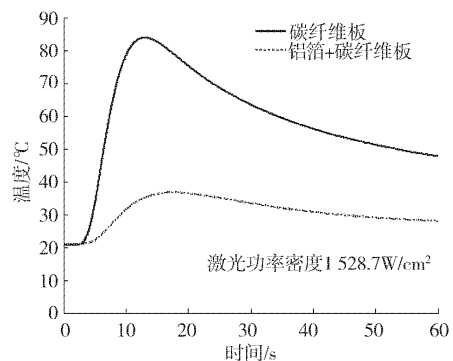


图6 碳纤维板试验温度曲线

Figure 6 The temperature of carbon fiber ply

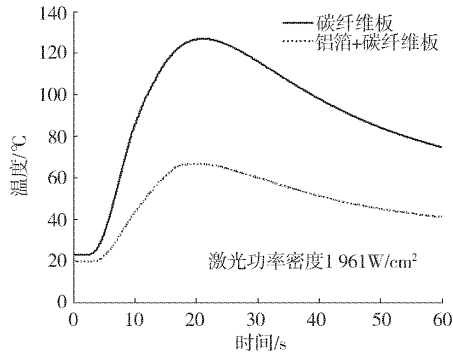


图7 改变激光功率碳纤维板试验温度曲线

Figure 7 The temperature of carbon fiber ply when the power of laser was changed

表2 有反射层和无反射层试件试验结果对比  
Table 2 The result comparison of the reflecting layer and no reflecting layer sample

试件状态	功率密度 /(W · cm <sup>-2</sup> )	出光 时间/s	最高温度 /℃	质量 损失/g
SiO <sub>2</sub> 纤维复合板	1 528.7	1	112	0.065 3
SiO <sub>2</sub> 纤维复合板 + 铝箔			57	0.016 9
碳纤维/环氧	1 528.7	1	84	0.737 4
碳纤维/环氧 + 铝箔			35	0.013 2
碳纤维/环氧	1 961	3	127	0.081 8
碳纤维/环氧 + 铝箔			67	0.033 9

## 4 结 论

通过设计反射层激光防护性能试验,选取铝箔作为高反射层来研究反射层对材料抗激光防护的作用。在试验中从2个角度出发:基材材料不同,反射防护性能;激光参数不同,基材材料相同反射防护性能,通过分析粘贴反射层和无反射层试件的试验结果,认为反射层起到了将激光能量部分反射出去的作用,降低了底部基材的热效应,达到了防护作用。

### [参 考 文 献]

- [1] 孟献丰, 陆春华. 激光技术的应用与防护[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(2): 136-141
- [2] 孙承伟. 激光辐照效应[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002. 6-27
- [3] 陆建. 高功率激光与材料相互作用机理研究进展[J]. 激光技术, 1996, 20: 181-184
- [4] 计世番. 导弹的抗激光加固[J]. 导弹与航天运载技术, 1996, 5: 36-42
- [5] 郭亚林. 激光辐照下的材料破坏和防护研究进展[J]. 材料保护, 2003, 12: 8-10
- [6] 李雅娣, 吴平, 马喜梅, 等. 氧化锆涂层在激光防护中的应用研究[J]. 表面技术, 2008, 37(3): 71-74

(上接第65页)

度 600r/min、温度 50℃。

## 3 结 论

1) 在形成 Cu-W 复合镀层的过程中, 镀液中 W 的质量浓度和电流密度对复合镀层中 W 沉积量影响显著, 搅拌强度和温度的影响其次。

2) 复合电沉积 Cu-W 复合镀层的最优工艺如下: W 的质量浓度为 35g/L、电流密度为 4A/dm<sup>2</sup>、搅拌强度为 600r/min、温度为 50℃。

### [参 考 文 献]

- [1] 《表面处理工艺手册》编审委员会. 表面处理工艺手册[M]. 上海: 上海科技出版社, 1991. 68-76
- [2] 刘小兵, 王徐承, 陈煜, 等. 复合电沉积的最新研究动态[J]. 电化学, 2003, 2(9): 117-124
- [3] 荣命哲. 电接触理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004. 1-27
- [4] 张万胜. 电触头材料国外基本情况[J]. 电工合金, 1995, (1): 1-20