

## 18Cr2Ni4WA 钢磨损表面修复工艺研究

夏成宝, 汪定江, 李召华  
(空军第一航空学院, 信阳 464000)

**[摘 要]** 通过分析飞机襟翼作动筒活塞失效的原因, 提出了修复该零件的新工艺——刷镀 Ni-金刚石复合镀层。研究表明, 最佳刷镀工艺参数为: 工作电压 12 V, 镀液温度 45~60 °C, 镀笔与工件相对运动速度 10~15 m/min。采用该工艺对作动筒活塞进行修复, 镀层的厚度为 30  $\mu\text{m}$  时, 硬度可达 HV770, 附着力良好, 杯突高度为 5.1 mm, 耐磨性与基体相当, 能满足修复磨损活塞的要求。

**[关键词]** 电刷镀; Ni-金刚石复合镀层; 磨损; 表面修复

**[中图分类号]** TQ153.2

**[文献标识码]** B

**[文章编号]** 1001-3660(2010)03-0103-03

## Research on the Repairing Technology for 18Cr2Ni4WA Steel Worn Surface

XIA Cheng-bao, WANG Ding-jiang, LI Zhao-hua

(The First Aeronautic Institute of Air Force, Xinyang 464000, China)

**[Abstract]** A new repairing technology——brush plating Ni-diamond composite coating was proposed based on the failure analysis of worn piston of wing flap motion tube. The results show that the optimum parameters of the brush plating technology is as follows: working voltage of 12 V, solution temperature of 45~60 °C, moving speed of 10~15 m/min. Using this technology to repair worn piston of wing flap motion tube, when the thickness of repairing coating is up to 30  $\mu\text{m}$ , the hardness of the coating achieves 770 (HV); the adhesive power is better, the Cupping Test: height of test is 5.1 mm; the wear resistance of the repairing coating and the basis material's approach, and the qualified brush electroplating layer for repairing worn piston can be got through this kind of process.

**[Key words]** brush plating; Ni-diamond composite coating; wear; surface repairing

飞机襟翼作动筒用于控制飞机的升降动作, 是重要的控制部件, 而作动筒的活塞则是其中的关键部件, 由 18Cr2Ni4WA 高强度钢制成, 表面采用发蓝处理。工作过程中, 活塞在高压下做往复运动, 活塞端部会被磨损或划伤, 若超过规定的配合间隙(0.025~0.185 mm), 会导致漏油, 影响作动筒性能, 威胁飞行安全。过去对活塞头部  $\phi 22f7$  的磨损或划伤修复多采用抛光排除<sup>[1]</sup>, 一旦超过 0.025~0.185 mm 的规定配合间隙, 就只能作报废处理, 损失巨大。

近年来, 随着电刷镀等表面处理技术的不断发展<sup>[2-3]</sup> 和深入研究<sup>[4-6]</sup>, 使得对活塞头部  $\phi 22f7$  的超差修复有望实现。Ni-金刚石刷镀层的内应力较小, 在较高的温度下仍有很高的硬度, 是良好的耐磨损工作层。因此, 笔者研究了在 18Cr2Ni4WA 高强度钢表面刷镀 Ni-金刚石复合镀层的工艺。

## 1 工艺设计

### 1.1 主要设备

包括: MS-100 纳米电刷镀设备、SYB-2 型输液泵、MK200 型快速耐磨试验机、HCC-18 型磁性测厚仪、HVS-1000 型显微硬度计。

### 1.2 镀液配方

根据要求, 修复层需具备 2 个基本性能: 1) 基体与工作层的结合力要好; 2) 修复层的硬度要高。经综合考虑, 选用 Ni-金刚石复合电刷镀液, 其配方如下:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{CP})$	300 g/L
$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{CP})$	48 mL/L
$\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{CP})$	20 g/L
$\text{NaCl}(\text{CP})$	20 g/L
$\text{NH}_2\text{H}_2\text{SO}_4\text{NH}_2(\text{CP})$	0.1 g/L
添加剂	2.0 g/L

金刚石微粉(0.5  $\mu\text{m}$ ) 适量  
十六烷基三甲基溴化铵 2.0 g/L

上述镀液中不加入金刚石微粉即为镍刷镀液。试验所用金刚石微粉需在硝酸中煮沸约 25 min,以除去表面的氧化层,并用蒸馏水冲洗至中性,然后烘干待用。

### 1.3 工艺流程

打磨→除油→局部保护→电净→冲洗→2号活化液活化→冲洗→3号活化液活化→电刷镀修复层→冲洗→镀后处理→冲洗吹干。试验时,镀液 pH 值控制在 3~4。

## 2 实验结果与分析

磨损试验在 MK200 型快速耐磨试验机上进行,试验结果用相对耐磨性  $\epsilon_{\text{相}}$  表示:

$$\epsilon_{\text{相}} = W_2 / W_1$$

式中: $W_1$  和  $W_2$  分别为试验试样和标准试样(用磨损量最小的试样代替)的磨损量。

### 2.1 工作电压对耐磨性的影响

测试结果见图 1,可以看出,当工作电压为 12 V 时,其相对耐磨性值最大,说明此时耐磨性最好。从图 1 还可看出,Ni-金刚石复合刷镀层的耐磨性远高于镍刷镀层。

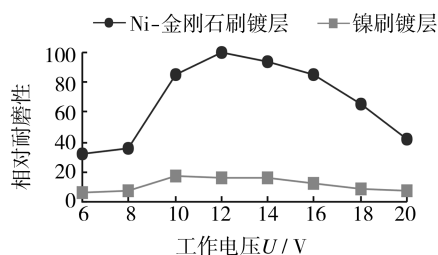


图 1 电压对刷镀层耐磨性的影响

Fig. 1 The effect of voltage on wear resistance of the brush coating

### 2.2 施镀温度对耐磨性的影响

施镀温度对镀层耐磨性的影响见图 2。复合镀层

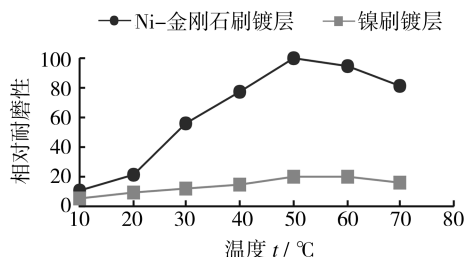


图 2 刷镀温度对刷镀层耐磨性的影响

Fig. 2 The effect of temperature of brush plating on wear resistance of the brush coating

的耐磨性随温度的升高而升高,在 50 °C 达到最大值,之后逐渐降低。这是因为在 50 °C 施镀,复合镀层中的金刚石颗粒含量最高,使镀层的硬度增大,从而使耐磨性增大。因此,刷镀温度可控制在 40~70 °C,最好控制在 45~60 °C。

### 2.3 镀笔与工件相对速度对耐磨性的影响

图 3 为在工作电压 12 V,施镀温度 50 °C 的条件下,镀笔与工件相对速度与镀层相对耐磨性的关系曲线。由图 3 可以看出,相对速度较低时,所得镀层的耐磨性偏低,这是由于镍沉积速度较慢,使得金刚石颗粒的共沉积困难,引起金刚石含量低所致;相对速度达到 10~15 m/min 时,所得镀层的耐磨性较好;相对速度提高至 20 m/min 时,金刚石颗粒的共沉积逐渐困难,使得所得镀层的相对耐磨性也逐渐降低。因此,推荐镀笔与工件之间的相对速度为 10~15 m/min。

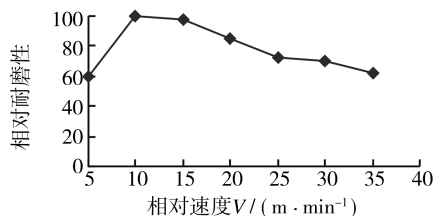


图 3 镀笔与工件相对速度对镀层耐磨性的影响

Fig. 3 The effect of relative speed on wear resistance of the brush coating

## 3 电刷镀工艺及条件

### 3.1 待修复表面的预处理

先用金相砂纸打磨待镀表面至表面无亮点,再用丙酮擦洗待镀表面及相邻部位,精确测量尺寸,并计算出需增加的尺寸。用过氯乙烯胶将非镀部位保护好,晾干。

### 3.2 电净

电极连接方式:镀笔接负极,工件接正极。操作电压 14 V,镀笔与工件相对运动速度 6~8 m/min,电净时间 40 s,用自来水冲洗干净。

### 3.3 活化

用 2 号和 3 号活化液依次活化。用 2 号活化液处理后,基体表面会出现黑色碳化物,需用 3 号活化液处理去除。若不经 3 号活化液活化就刷镀打底镀层,则表面残留碳化物的存在将大大降低镀层与基体的结合力,甚至导致镀层起皮、脱落或镀不上。经 3 号活化液活化后,表面呈银灰色,无黑斑,不挂水珠。

具体操作中,用 2 号活化液活化时电压为 10 V,用 3 号活化液活化时电压为 16 V。电极连接方式:镀

笔接负极,工件接正极。镀笔与工件相对运动速度为 8~12 m/min,电净时间 30 s。

3.4 刷镀特殊镍

特殊镍具有较高的沉积速度,单一镀层安全厚度为 2~5  $\mu\text{m}$ <sup>[7]</sup>,与基体具有良好的结合力,因此用其作为镀层。

刷镀时,电极连接方式为:镀笔接正极,工件接负极。刷镀电压为 10 V,镀笔与工件相对运动速度 10~12 m/min,一次镀成,刷镀时间依镀层厚度而定。镀液补充方式为:镀笔浸蘸镀液,然后用滴管补加。

3.5 刷镀 Ni-金刚石修复层

电极连接方式为:镀笔接正极,工件接负极。刷镀电压 12 V,刷镀温度 45~60  $^{\circ}\text{C}$ 。镀笔与工件相对运动速度 10~15 m/min,耗电系数 0.162 A·H/( $\mu\text{m}\cdot\text{dm}^2$ )。测量厚度时,必须喷水覆盖整个刷镀表面,以免表面被污染,影响结合力。

3.6 镀后处理

当镀层达到要求的厚度后,停止刷镀,去除过氯乙烯胶膜,对镀层进行必要的磨削和抛光,消除余量,并使其粗糙度  $Ra\leq 0.1\ \mu\text{m}$ ,用汽油清洗干净,涂上红油即可待用。

4 修复层性能

采用 KL-1 库仑电解测厚仪测量厚度,HVS-1000 型显微硬度计测量硬度,BT-2 型杯突实验机测量结合强度。按照第 3 节中的方法对作动筒活塞进行修复,修复层的性能测试结果见表 1。

表 1 修复层的性能

Tab.1 The performance of repaired coating

项目	检测结果	测试标准
镀层厚度	30 $\mu\text{m}$	GB 4955-85
镀层硬度(HV)	770	GB/T 4342-91
结合强度	良好*	GB 5270-85
杯突高度	5.1 mm	GB 5270-85
耐磨性	0.115 mg/次**	GB 5932-86

注: \* 表示用锯磨、划格、弯曲法检测,无起皮、剥落现象;  
\*\* 表示基体磨损量为 0.118 mg/次,与镀层磨损量相当。

5 结论

1) Ni-金刚石复合刷镀层具有很高的硬度(HV 770)和耐磨性(平均约为镍刷镀层的 5 倍)。

2) Ni-金刚石修复层最佳刷镀工艺参数为:工作电压 12 V,溶液温度 45~60  $^{\circ}\text{C}$ ,镀笔与工件相对运动速度 10~15 m/min,耗电系数 0.162 A·H/( $\mu\text{m}\cdot\text{dm}^2$ )。

3) 采用镀覆特殊镍-金刚石镀层体系修复飞机襟翼作动筒活塞,修复层与基体结合力好,硬度较高,可改善活塞配合面的耐磨性,提高修理质量,解决了 18Cr2Ni4WA 高强度钢在表面处理过程中易产生氢脆的难题。

4) 该工艺简单,性能稳定,质量能满足修复要求,在航空武器装备零部件的维修方面具有良好的应用价值。

[参 考 文 献]

[1] 空军第一研究所. 飞机附件修理手册[Z]. 北京:空军第一研究所,1997:362—366.  
[2] 徐滨士,刘世参. 表面工程新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2002.  
[3] 谭俊,徐滨士. 电刷镀纳米晶镀层的组织及其强化机理[J]. 中国表面工程,2007,20(1):11—14.  
[4] 涂伟毅,徐滨士,蒋斌,等.  $n\text{-Al}_2\text{O}_3/\text{Ni}$  电刷镀复合镀层组织与沉积机理[J]. 材料工程,2003,(7):31—35.  
[5] 夏成宝,王东锋,汪定江. 航炮磨损滑板的修复工艺[J]. 表面技术,2008,37(2):54—55.  
[6] 周兰英,和庆娣,程平. 基体表面形貌对膜基结合强度影响规律的研究[J]. 表面技术,2006,35(2):13—14.  
[7] 徐滨士,刘世参. 表面工程新技术[M]. 北京:机械工业出版社,1996:354.