

铸铝上刷镀 Ni-P 合金工艺研究

谢双显, 张玉峰, 杨洪

(武汉军械士官学校, 湖北 武汉 430075)

[摘要] 铸铝箱体件很容易因磨损而报废, 对磨损后的铸铝箱体件采用 Ni-P 合金刷镀再修复, 可恢复铸铝箱体件的原始配合尺寸, 提高其使用寿命。研究了刷镀铸铝箱体零件的 Ni-P 合金刷镀液、特殊预处理液的配方及电刷镀工艺。特殊预处理工序有效地防止了铸铝表面的再氧化, 使后续刷镀层结合力好, 避免了刷镀层易剥落的弊端。铸铝刷镀过镀层采用高堆积碱铜, 工作层采用 Ni-P 合金。刷镀层硬度高(可达 613HV), 耐磨性好。该工艺方法解决了铸铝箱体件磨损后修复难等问题。

[关键词] 铸铝; Ni-P 合金; 电刷镀

[中图分类号] TQ153.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2008)06-0069-02

Study on the Composite Brush Plating of Ni-P Alloy on Aluminum Casting

XIE Shuang-xian, ZHANG Yu-feng, YANG Hong

(Wuhan Ordnance Noncommissioned Officer School, Wuhan 430075, China)

[Abstract] Aluminum-cast boxes often turn useless due to abrasion. But such boxes can be restored by brush plating of Ni-P alloy. The simple process can recover the original fitting size of the castings and prolong the service life of the boxes. The formula of the Ni-P brush plating bath, the specific pretreatment solution and electro-brush plating process were studied. The specific pretreatment effectively prevents the reoxidation on the surface of the casting, provides a strong binding force for the plating, and fixes the defect of spalling. On the aluminum casting, high tap alkaline copper is applied as the interface layer, and Ni-P alloy as the working layer. The plating process gives the boxes hard coating (613HV hardness) and good wear-resistance, thus can solve the difficult problem of restoring abraded aluminum-cast boxes.

[Key words] Aluminum-cast; Ni-P alloy; Electro-brush plating

0 引言

机械的箱体类零件大多采用铸铝作为结构材料, 如: 变速箱体、齿轮箱体、发动机气缸盖等。铸铝虽然具有质量轻、力学强度高、导热性好、无磁性、易加工等优点, 但由于其硬度比较低, 在使用过程中, 一些配合面很容易磨损。根据 GJB20315 标准, 铸铝箱体上安装滚动轴承等的配合孔, 其配合精度超过原设计低一级的配合精度, 箱体就不能再使用而报废, 采用电刷镀 Ni-P 合金工艺可解决这一问题。铸铝刷镀的困难在于: 铝对氧有很强的亲和力, 表面极易氧化; 铝是两性金属, 在酸碱中均不稳定, 其电位很低(标准电位 $-1.56V$), 在电镀溶液中易被浸蚀并置换出被镀金属; 铝的膨胀系数较大, 易引起镀层起泡脱落, 铸铝零件的砂眼、气孔也会影响镀层的结合力而造成刷镀层产生裂纹、剥离等缺陷^[1]。为解决这些问题, 笔者研究了电净-特殊处理的刷镀新工艺, 刷镀层结合强度高, 无剥落, 无裂纹, 并且有很高的耐磨性, 极大地提高了铸铝零件的使用寿命。该工艺方法操作简单, 刷镀层硬度高、耐磨性好。

[收稿日期] 2008-08-18

[作者简介] 谢双显(1976-), 男, 辽宁瓦房店人, 讲师, 本科, 从事军械维修教学与研究工作。

1 试验设备及材料

1.1 试验设备

刷镀设备采用武汉军械士官学校研制的“便携式逆变焊镀充电多用机”。便携式逆变焊镀充电多用机的刷镀功能设定为: “脉冲/直流”键置于“直流”, “焊接、刷镀、充电/氩弧焊”键置于“刷镀”。镀层硬度测定采用日产 D32 型 Hanemann 显微硬度计, 载荷 100g; 镀层的耐磨试验在 M-2000 型磨损试验机上进行; 表面形貌用 S-250 扫描电子显微镜进行观察; 镀液的 pH 值用酸度计进行测量。试件材料为铸铝 ZL11, 尺寸 $200mm \times 80mm \times 5mm$ 。

1.2 工艺条件与过程

1.2.1 工艺过程

工艺过程为: 电净→特殊处理→预刷镀→刷镀工作层。

1.2.2 电净

采用 TGY-1 电净液, 工件接负极, 电压 $10 \sim 15V$, 处理时间 $5 \sim 15s$, 电净后的工件表面应能使水膜均匀摊开。

1.2.3 特殊预处理

特殊预处理是笔者刷镀铸铝零件采用的最主要的工序, 有效地防止了铸铝表面的再氧化, 使后续刷镀层结合力好, 避免了

刷镀层、表层易剥落的弊端。

特殊预处理液的配方为:氢氧化钠(NaOH) 100g/L、氧化锌(ZnO) 50g/L、氯化镍($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 165g/L、硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 100g/L、酒石酸钾钠($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 50g/L、氰化钠(NaCN) 45g/L、三氯化铁($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 25g/L、硝酸钠(NaNO_3) 5g/L,稳定剂少许,温度为 20 ~ 25℃。

特殊预处理工艺:采用 CDL25 × 90 阳极、TDB-4(I) 导电柄,不加电,镀笔浸蘸特殊预处理液,工件相对阳极的运动速度为 20m/min,直到表面出现一层薄而较密、附着力良好的米黄色镀层。

1.2.4 刷镀高堆积碱铜作尺寸层

高堆积碱铜镀液具有较高的沉积速度,可获得较厚的镀层,且镀层致密性也较好,因此选用高堆积碱铜作尺寸层以填补沟槽。

高堆积碱铜镀液配方:焦磷酸铜($\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$) 310 ~ 350g/L、乙二胺($\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$) 170 ~ 180g/L,添加剂适量。

刷镀高堆积碱铜作尺寸层的工艺条件如下:操作电压 10V;镀笔接正极,工件接负极;镀笔与工件的相对运动速度为 9 ~ 18m/min;镀液补充方式为镀笔浸蘸镀液。一次镀成至配合尺寸 -0.01mm,自来水冲洗干净。

镀层脱皮现象与刷镀尺寸层的电压有密切关系。电压过高,刷镀层的电流密度过大,易引起镀层应力大,造成脱皮。刷镀铜层颗粒粗大,晶粒与晶粒交联在一起出现链环状的网状结构^[2],过渡层微观显示疏松不致密,与基体结合力差,也就会导致刷镀工作层后起泡或热烘后起泡,在腐蚀气体浸入时加剧该区域的腐蚀,最终导致工作层起皮脱落。

1.2.5 修整

用砂纸把凸起不平的刷镀层磨平,然后用丙酮擦洗干净,并用清水冲洗干净。

1.2.6 刷镀工作层

用 Ni-P 合金作工作层,镀液配方:硫酸镍(NiSO_4) 250 ~ 300g/L、亚磷酸(H_3PO_3) 13g/L、磷酸(H_3PO_4) 28 ~ 35g/L、柠檬酸($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) 35 ~ 45g/L、稀土添加剂 3 ~ 5g/L, pH 值 4.5 ~ 4.8,温度 85 ~ 90℃。

刷镀工作层的工艺条件如下:工作电压 10V;镀笔接正极,工件接负极;镀笔与工件相对运动速度 6 ~ 12m/min。刷镀到配合尺寸。

2 结果与讨论

2.1 刷镀层的结构

铸铝表面 Ni-P 合金刷镀层的外观为灰白色,有类似银器的光泽, Ni-P 合金为亚稳态的过饱和合金。

从图 1 可以看出,铸铝表面 Ni-P 合金刷镀层形貌为团簇集合组织,团状物晶粒细密,最小团状单位, $\phi \approx 0.10\mu\text{m}$,呈均匀分布状态。在平衡条件下,合金的主要成分是纯镍和金属间化合物 Ni_3P 的机械混合物。由于镍和金属间化合物 Ni_3P 保持共格关系,第二相 Ni_3P 必然引起较大的点阵畸变,镀层结构互相挤压,密集堆砌,排列无规律,阻碍了位错的运动^[3],提高了镀层的硬度和耐磨性。

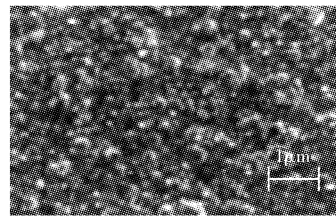


图 1 复合刷镀层的表面形貌

Figure 1 Surface morphology of the composite coating

2.2 刷镀层的硬度

在试件表面用网格法划分被测点,采用显微硬度计测定各点刷镀层的硬度,结果如图 2 所示。由图 2 可以计算其平均值,计算结果如表 1。

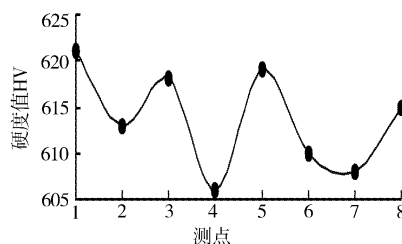


图 2 试件表面硬度

Figure 2 Surface hardness of the specimens

表 1 试件表面硬度

Table 1 Average value of surface hardness of the specimens

测点序号	1	2	3	4	5	6	7	8	平均值
硬度值 HV	621	613	618	606	619	610	608	615	613

刷镀层的硬度平均值为 613HV,显然远远高于铸铝箱体的硬度,使其具有很好的抗划伤、压伤、冲击等表面损伤能力。

2.3 刷镀层的耐磨性能

耐磨性能是在 MM-200 型磨损实验机上进行的,转速 400r/min,载荷 49N,机油润滑,时间为 3h。试验结果见图 3。由图 3 可以看出,在轻负载滑动摩擦条件下,刷镀层具有较好的耐磨性能,可极大地提高箱体的使用寿命。

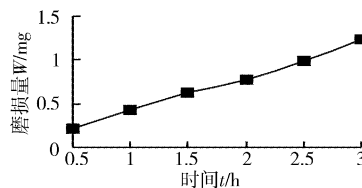


图 3 镀层的磨损性能曲线

Figure 3 Curve of the wear properties of the coating

2.4 刷镀层检验

按照国标 GB2933-86《轻工产品金属镀层的结合强度测试方法》进行检测。

1) 锉磨法检验 使用双齿纹锉刀按与镀层表面大约成 45°角,由基体金属向镀层方向锉镀层的棱边,观察锉口附近的镀层,镀层无剥落或揭起现象。

2) 划痕法检验 用 $\phi 5\text{mm}$ 、尖角 15°的划针在镀件表面划痕检查,划痕周围无起皮、脱落现象。

3) 弯曲试验 经过对薄片铝件进行 180°的弯曲后,镀层

(下转第 86 页)

表1 粉末的化学成分与喷焊层硬度

Table 1 Chemical elements of alloy powder and hardness of welding coat

粉末型号	元素的质量分数/%										喷焊层硬度
	C	B	Si	Cr	Ni	Mn	Mo	W	Co	Fe	HRC
Ni60	0.6~0.8	2.5~3.0	4.0~5.0	16~18	余量		2~5			≤5	60.4
F311	0.3~0.6	1.0~2.0	2.5~3.5	5~7	28~32					余量	43.2
Fe42	0.15~0.25	1.5~2.5	2~3	18~22	8~11	0.2~0.5	2~5	1~2	2~3	余量	42.6
Fe-4	≤0.1	1.5~2.5	2~3	17~19	8~9	0.2~0.5	0.5~1.5	1~2		余量	39.54
F321	≤0.15	1.3~1.8	0.5~1.5	12.5~14.5		0.2~0.5	0.5~1.5			余量	44.3

表2 焊接工艺参数

Table 2 Technological parameters of welding

编号	蝶阀尺寸/mm	合金粉末	焊枪高度/mm	主弧电流/A	维弧电流/A	转台速度/(m·min ⁻¹)	离子气/(m ³ ·h ⁻¹)	保护气/(m ³ ·h ⁻¹)	送粉气/(m ³ ·h ⁻¹)	摆动幅度/mm	摆动频率/Hz
I	φ600	Ni60	10	151	38	0.14	0.41	0.1	0.15	2.5	1.6
II	φ700	Fe42	12	130	30	0.14	0.38	0.05	0.25	4	8
III	φ700	Fe-4	12	110	30	0.12	0.38	0.2	0.25	5	3
IV	φ1 000	F321	12	135	38	0.05	0.4	0.2	0.25	7.5	1.5

右停留时间,并且换用抗裂性能较好的铁基粉末^[7],得到的焊缝总体成型符合要求,但车削加工后仍有3条裂纹出现;在继续选择合适的粉末并调整焊接规范后,第Ⅲ组和第Ⅳ组得到符合要求的焊缝,车削加工后未出现气孔、裂纹,焊接规范符合喷焊要求。

以上几套喷焊工艺,焊前均未对三偏心蝶阀蝶板采用预热处理工艺,并且焊后不需要对蝶阀进行保温处理。这样不但较大地提高了喷焊生产效率,同时节省了一套焊后热处理设备。

4 结 语

喷焊控制系统合理可行,跟踪控制精度高,工作稳定可靠,操作方便,抗干扰能力强,能够实现三偏心蝶阀等离子喷焊过程的自动化。通过大量试验优化等离子喷焊工艺,实现了三偏心蝶阀的高质量喷焊。

[参 考 文 献]

- [1] 丁庆新,刘国伟. ZO 系列三偏心蝶阀的研究及应用[J]. 城市管理与科技,2000,2(4):33-36
- [2] 陈有志,邢卫平,张勤,等. 等离子喷焊技术在大口径冶金阀密封面生产的应用[J]. 河北冶金,1995,38(4):43-46
- [3] 谭昌瑶,王钧石. 实用表面工程技术[M]. 北京:新时代出版社,1998. 1-2
- [4] 刘雪梅,张彦华. 高能束粉末堆焊技术[J]. 表面技术,2005,34(4):9-11
- [5] 王银军. 等离子喷焊工艺试验及其在热轧导卫板上的应用[J]. 表面技术,2005,34(4):58-59,61
- [6] 张晓华,邢全鱼,谢琦. 大口径蝶阀蝶板组合密封面的加工[J]. 阀门,2003,32(6):19,22
- [7] 王德权,李爱国,侯占奎,等. 通用阀门密封面喷焊材料及密封副的研究[J]. 阀门,1995,24(2):19-24

(上接第70页)

外侧无剥落起皮现象。

4) 热震法检验 加热至(200±10)℃保温1h后水冷,反复进行50次,无起泡起壳现象。

经检验,复合刷镀层符合相关国家标准。

3 结 论

1) 特殊预处理是刷镀铸铝零件最主要的工序,可有效地防止铸铝表面的再氧化,使后续刷镀层结合力好,防止了刷镀层易剥落的弊端。

2) 电刷镀修复工程机械的铸铝箱体类零件,刷镀层硬度

可达613HV,具有很好的耐磨性,可极大提高零件的使用寿命。

3) 按照国标 GB2933-86《轻工产品金属镀层的结合强度测试方法》对刷镀层进行检测,无起皮、脱落、起泡、起壳现象,刷镀层质量好。

[参 考 文 献]

- [1] 姚恩静. 铝及铸铝电刷镀银[J]. 电镀与环保,2001,21(4):17-18
- [2] 王新坤,王东峰,闫旭. 飞机硬铸铝构件战时表面划伤电刷镀快速修复[J]. 表面技术,2005,34(3):48-53
- [3] 杨建明,朱荻,曲宁松. 脉冲电沉积超细晶粒 Ni-Mn 合金的显微硬度[J]. 表面技术,2004,33(6):40-42