

铝合金铸件着色阳极化工艺研究

冯 阁 何广杰 吴风岭

(新航集团 116 厂热表分厂 河南新乡 453019)

摘要: 相对于棒料和型材, 铝合金铸件具有组织疏松的特性。铝合金铸件着色阳极化工艺, 由于铸件存在疏松组织, 阳极化后疏松处易残留溶液及聚集阳极化过程中产生的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体, 如果着色前清理不干净, 会使零件局部着不上色而形成白斑, 影响零件着色后的外观, 本文通过理论分析及试验验证, 提出改变铝合金铸件阳极化后清洗工艺及增加中和工序解决此问题。

关键词: 铸件着色阳极化; 疏松; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体; 清洗工艺; 中和

一、前言

铝合金阳极氧化工艺以其膜层优良的耐蚀性广泛用于航空航天领域。铝合金阳极氧化是一个膜层生成与溶解的过程, 所以生成的阳极化膜层具有多孔性, 这样的特性使铝合金阳极化膜层可以染成各种颜色, 目前铝合金着色阳极化广泛用于我厂的各种零件。

着色阳极化在我厂应用广泛, 其中铸造铝合金主要采用黑色阳极化和灰色阳极化, 主要工艺流程为: 化学除油→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→碱腐蚀→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→装夹→阳极化→冷水洗→冷水洗→着黑色(灰色)→冷水洗→封闭→冷水洗。目前针对铸造铝合金着色阳极化, 我厂遇到的主要问题为阳极化后局部着不上色而引起白斑、白点缺陷(见图 1)。

针对此类缺陷, 目前我厂采用了以下两种解决措施: 1) 外露表面增加喷涂干燥润滑剂处理, 覆盖白斑缺陷; 2) 装配后不外露表面进行让步接收。

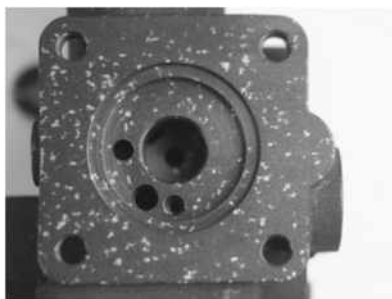


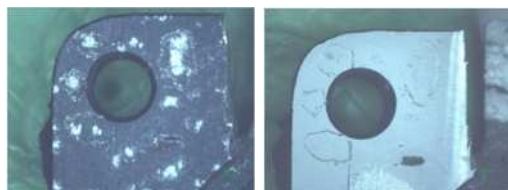
图 1

本篇文章主要是通过摸索并调整改进阳极化后的处理方法, 解决目前我厂面临的此项技术问题。

二、研究实施情况

1、产生白斑的位置分析

取一产生白斑的零件, 对白斑处进行标记, 退膜后进行局部放大, 观察零件表面形貌, 具体见图 2



a. 白斑位置进行标记图片

b. 退膜后图片

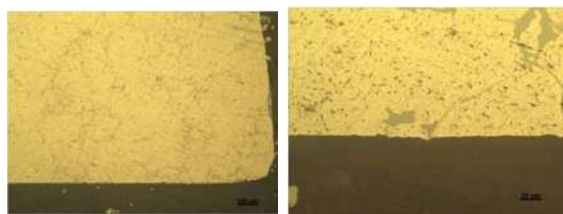
图 2

对以上图片进行分析, 每块白斑的膜层下均存在一处或多处较

明显的表面疏松, 这种一一对应的关系证明白斑的形成与疏松之间有着必然的联系。

2、膜层分析

委托理化室对零件白斑处和正常处进行截面金相观察, 金相图片见图 3。



a. 正常处

b. 白斑处

图 3

由金相图知, 零件白斑处膜层完成, 与正常处无明显差异, 所以白斑不是由于膜层缺陷造成的。

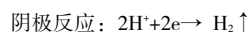
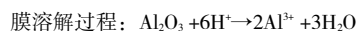
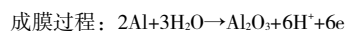
3、理论分析

阳极氧化是将零件挂在阳极, 在通电情况下零件在电解质溶液中表面发生氧化反应生成氧化膜的过程。我厂着色阳极化采用的电解质溶液是硫酸溶液, 含量为 (180-200) g/L。着黑色溶液采用的有机颜料为深黑 MLW, 含量为 (5-10) g/L, pH 值要求为 4.0-4.8。

针对铝合金铸件着色阳极化, 由于铸件疏松处存在缝隙, 硫酸溶液会渗入疏松处的缝隙中, 如果阳极化后清洗不干净, 疏松处会残留硫酸溶液, 之后进行染色时, 硫酸溶液渗出, 破坏零件周围表面的 pH 值平衡, 造成染色困难, 使染色后疏松处周围出现白斑。

阳极化是一个复杂的电化学反应, 主要的成膜反应如下:

阳极反应:



阳极化过程中, 除去主要成膜反应, 还伴随着复杂的副反应的发生, 副反应的产物与主要成膜反应的产物一起, 组成了氧化膜层, 查阅资料知, 阳极化膜层的成分为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}(\text{OH})_x \cdot (\text{SO}_4)_y$ 。

由阳极化膜层成分知, 阳极化膜层中含有两性的胶体物质 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 阳极化过程中, 胶体物质会向基体疏松处聚集, 如果着色前处理不干净, 着色时此类胶体会阻碍着色的正常进行。导致零件疏松处着不上色, 出现白斑现象。

4、研究思路

通过以上分析,铸件着色阳极化白斑现象产生的主要原因为铸件疏松处在阳极化后残留酸液及聚集 $\text{Al}(\text{OH})_3$,破坏零件周围表面的 pH 值平衡及阻碍着色正常进行造成的。要解决此问题,主要有以下几个方向:1)改善铸件组织;2)对铸件疏松处的残留酸液进行清理;3)对铸件疏松处聚集的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体进行清理;本文主要从清理疏松处的残留酸液及聚集的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体两方面进行研究。

5、试验过程

1)阳极化后增加超声波清洗,对铸件阳极化后疏松处残留的酸液进行强制清洗。超声波功率(0.5-3)kW,超声波时间(5±1)min,具体工艺流程为:化学除油→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→碱腐蚀→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→装夹→阳极化→冷水洗→超声波清洗→冷水洗→着黑色(灰色)→冷水洗→封闭→冷水洗。具体试验结果见图3:



图3

由图3知,增加超声波清洗后,超声波清洗可以有效的去除阳极化后铸件疏松处残留的酸液,着色后铸件上的白斑得到了一定的改善,但是由于超声波清洗难以去除疏松处产生聚集的 $\text{Al}(\text{OH})_3$,所以着色后铸件机加工面还是存在一定量的白斑。

2)由理论分析知,阳极化后铸件的疏松处会聚集 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体,阻碍着色的进行,解决此问题的关键是将 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 胶体进行清理,众所周知, $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为两性物质,既可以呈现酸性也可以呈现碱性,所以可以采用酸碱中和的方法对此胶体进行清理,依据此分析,在超声波清洗后增加中和处理,流程为:化学除油→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→碱腐蚀→热水洗→冷水洗→硝酸出光→冷水洗→装夹→阳极化→冷水洗→超声波清洗→中和处理→冷水洗→着黑色→冷水洗→封闭→冷水洗。取材料为 ZL101 的废件 ×DK7-01101A 五件, ×DK104-001 一件,编号为 1、2、3、4、5、6。中和溶液分别采用(400±100)g/L 硝酸溶液,2%的氨水,(30-50)g/L 的碳酸钠溶液,其中硝酸溶液为酸性溶液,氨水和碳酸钠溶液为弱碱性溶液。

具体试验方案见表1

表1

| 编号 | 零件号 | 材料 | 中和溶液 | 温度 | 时间 |
|-----|--------------------------------|-------|-------------------|------|----------|
| 1、2 | ×DK7-01101A | ZL101 | (400±100)g/L 硝酸溶液 | 环境温度 | (20-30)s |
| 3、4 | ×DK7-01101A | | 2%的氨水 | | |
| 5、6 | ×DK7-01101A(5号)、×DK104-001(6号) | | (30-50)g/L 的碳酸钠溶液 | | |

黑色阳极化后,观察零件外观,具体见图4。



图4

由图4知,增加中和工序可以进一步减少铸件着色阳极化白斑现象的产生。硝酸中和的零件白斑最少。碳酸钠中和效果次之,在试验过程中发现,碳酸钠溶液不易清洗,零件表面易存在轻微花斑。氨水效果最差。同时发现,硝酸中和的零件表面的亮度最高,这是由于碳酸钠溶液和氨水溶液都为弱碱性溶液,对氧化膜具有一定的影响,所以会影响零件着色后的亮度。

取2号、3号、5号试件委托理化室做中性盐雾试验336小时,报告编号YWF2022012。试验结果:2号的耐蚀性优于3号,3号的耐蚀性优于5号。

综上试验结果,在阳极化后增加超声波清洗和硝酸中和工序,可以有效的解决铸件着色阳极化白斑的问题。据统计,采用此方法后,2022年铸件着色阳极化的合格率由76%提升至98%。

零件改进后见图5。



图5

三、结论

- 1.铸件着色阳极化白斑现象与铸件的疏松组织存在着必然的联系。
- 2.铸件着色阳极化白斑处膜层完整连续,与膜层正常处无明显差异。
- 3.阳极化后增加超声波清洗和硝酸中和可以有效的避免铸件着色阳极化白斑产生。

参考文献

- [1]《铝合金表面氧化问答》[M].北京:化学工业出版社,2014
 - [2]《重要无机化学反应》[M].上海:上海科学技术出版社,1982
 - [3]《电镀工实用技术手册》[M].江苏:江苏科学技术出版社,2004
 - [4]《电解和化学转化膜》[M].北京:轻工业出版社,1987
- 第一作者简介:冯阁、新航集团116厂热表分厂,表面处理工程师,主要从事金属表面处理相关工作。