

铝合金母线排表面缺陷分析*

徐芬¹, 罗顺²

1. 东兴铝业集团有限公司 广东 东莞 523000;

2. 广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院) 广东 广州 510650

摘 要:对某6101铝合金母线排的表面缺陷进行了宏观和微观分析,结果表明,该铝合金表面的主要缺陷是镀铜层和镀锡层的脱落,镀层脱落的原因是,在电镀之前铝合金表面未清洗干净,存在一层氧化铝,造成镀层与基体的结合性能差。针对存在的问题,建议对生产流程中的表面清洁工作要强化,缩短清洁处理与电镀处理的间隔时间,电镀液要及时除渣除气,电镀后铝板要注意包装保护。

关键词:铝合金;母线;电镀;缺陷分析

中图分类号:TG146.2

文献标识码:A

母线(busbar)是将电气装置中各截流分支回路连接在一起的导体。由于铝材具有价格低,易加工,重量轻,安装运输便利的特点,在国外特别是欧美发达国家,母线主要采用纯铝或铝合金^[1]。在美国,30%的母线采用铝材,在欧洲,60%的母线采用纯铝或铝合金。铝母线在汽车、电子、航空等领域,均得到了广泛的应用^[2]。铝母线对材质的力学强度要求高,它的制备工艺流程复杂、对参数的控制要求严格。在我国,虽然由于技术水平的差距,铝合金母线的性能尚未达到国际先进水平,但各铝合金生产企业都在努力提高导电铝的制备技术水平,广东东兴铝业集团生产的铝母线排的性能已达到国际先进的60%(IACS)导电率水平。但还有许多企业所生产的铝合金母线还存在着强度不合格、导电率不达标及电镀质量不好等问题。我们对某企业生产的6101铝合金母线排存在的表面缺陷进行了综合分析,找出了产生缺陷的原因,提出了解决问题的建议。

1 6101铝合金的生产工艺

6101铝合金的生产工艺为:熔炼与精炼→净化处理→均匀化→挤压→热处理→电镀铜→电镀锡。

纯铝的导电率可以达到62% IACS,但其力学性能较差,因此,作为母线排的纯铝需要进行合金化处理,以提高其强度,而合金化会降低铝合金的导电率,因此,需要对合金进行净化处理及热处理,以降低合金中的杂质相、晶界及位错等对导电率有影响的因素^[3]。由于电流的趋肤效应,在铝合金母线排的表面镀上一层铜,既可以大幅度提高铝合金的高频电流与高频信号的传输特性,也进一步提高了铝合金母线排的导电性能。为使铝导体与铜镀层紧密结合,通常会在铝合金的表面再镀上一层锡。总体来说,6101铝合金的生产流程比较复杂、工艺参数要求严格,每一个流程都会对产品的导电率等性能有重要影响。

2 理化检验

2.1 表面缺陷

6101铝合金母线排的表面有两种缺陷:一是镀层有大块的脱落(图1),二是有突起和黑色的质点(图2)。从整个电镀板来看,镀层脱落为主要缺陷,而突起和黑色的质点缺陷只出现在局部区域,这可能是由于电镀完成后受到的机械损伤所造成的。

收稿日期:2012-03-29

*基金项目:广东省科技厅产学研项目(2010A090200078)

作者简介:徐芬(1963-)男,广东人,助理工程师。



图1 表面缺陷1
Fig.1 Surface defects No.1

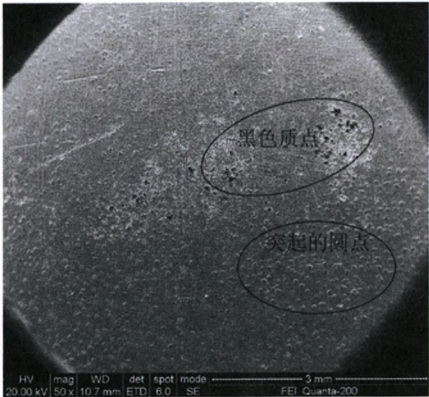


图2 表面缺陷2,50×
Fig.2 Surface defects No.2,50×
铝合金基体的成分分析结果列于表1.

表1 6101的成分分析结果
Table 1 Component analysis of 6101 alloy w/%

| 元素 | 实测值 | 规定值 |
|----|--------|----------|
| Si | 0.44 | 0.30~0.7 |
| Fe | 0.18 | <0.50 |
| Cu | 0.0072 | <0.10 |
| Mn | 0.026 | <0.03 |
| Mg | 0.65 | 0.35~0.8 |
| Cr | 0.0026 | <0.03 |
| Zn | <0.001 | <0.10 |
| 其它 | - | <0.10 |
| Al | 余量 | 余量 |

2.2 微观分析

图3是缺陷1的扫描电镜照片。由图3可见,除镀层脱落外,铝合金板材的表面还有许多突起圆点。

分别对图3中的脱落处和未脱落处进行能谱分析,结果列于表2。由表2可知,脱落处的主要成分是铝,检测不到铜元素,未脱落处主要为锡元素,还有少量的氧元素。

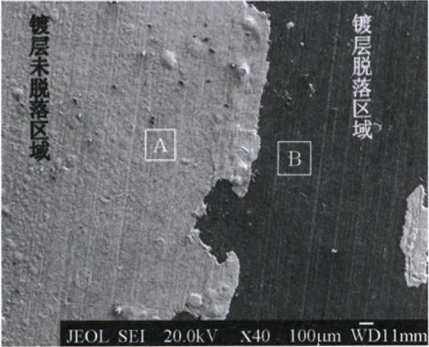


图3 缺陷1的扫描电镜照片,40×
Fig.3 SEM morphology of defect No.1, 40×

表2 图3中A和B处的能谱分析结果
Table 2 EDS result of area A and B in Fig.3

| 位置 | 元素 w/% | | |
|----|--------|-------|-------|
| | O | Sn | Al |
| A | 18.12 | 81.53 | 0.35 |
| B | 9.59 | 1.22 | 89.19 |

图4是缺陷2的扫描电镜照片。由图4可见,缺陷2中有大量的黑色质点及灰色球状物,以及少量的坑点。黑色质点(A处)及灰色球状物(B处)的能谱分析结果列于表3。由表3可知,黑色质点中含有大量的Al和Si及少量的O,灰色球状物中含有大量的Fe和Mn。

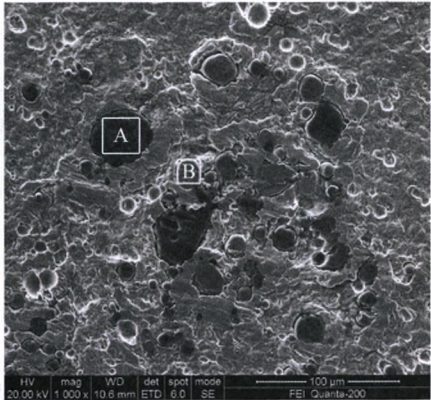


图4 缺陷2的扫描电镜照片
Fig.4 SEM morphology of defect No.2

表3 图4中A和B处的能谱分析结果
Table 3 EDS result of area A and B in Fig.4

| 位置 | 元素 w/% | | | | | | |
|----|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | O | Sn | Mn | Mo | Si | Fe | Al |
| A | 1.01 | 0.45 | — | — | 13.21 | 0.54 | 84.80 |
| B | — | — | 20.9 | 4.63 | 3.79 | 68.68 | 2.01 |

图5为铝合金板材截面的扫描电镜及线扫描能

谱图的照片,扫描电镜测量的镀层厚度为8 μm . 从镀层表面到基体进行了线扫描分析,结果见图5(b). 由图5(b)可见,表层为锡层(约5 μm 厚),在锡层的外边缘有少量的氧元素;锡层的下面是镀铜层(约2 μm 厚),镀铜层中也含有锡和铝元素;在镀铜层的下面有一层小于1 μm 的氧化层,氧化层的成分主要是铝和氧元素. 最下面是基体,由线扫描结果可知,在基体中存在一定厚度的锡扩散区域.

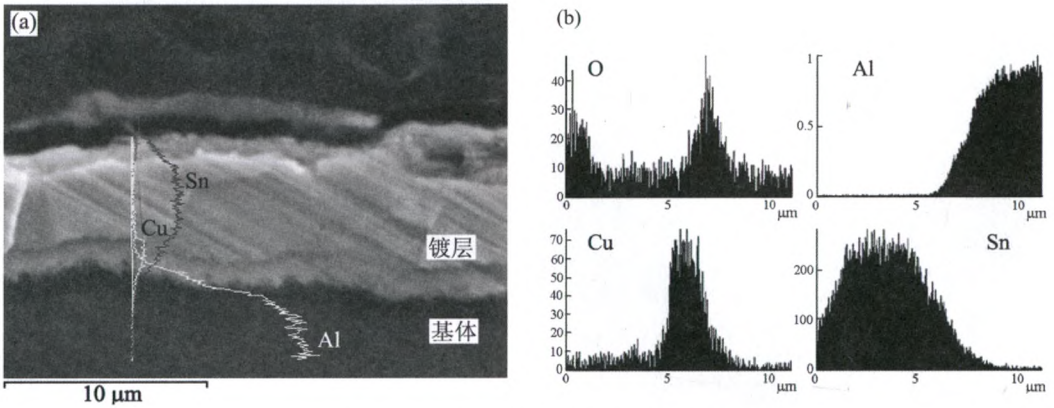


图5 铝合金板材截面的扫描电镜照片及线扫描能谱图

(a) 扫描电镜照片;(b) 线扫描能谱图

Fig.5 SEM morphology and line scan energy spectra of aluminum alloy sheet cross-section

(a) SEM morphology;(b) Line scans energy spectra

3 分析与讨论

从镀层的截面线扫描结果可知,铜镀层与基体之间存在厚度小于1 μm 的氧化铝层,这会造成镀铜层与铝合金基体的结合性能变差,是导致镀铜层大块脱落的主要原因. 这些氧化铝产生的原因应该是在镀铜之前铝合金的表面未清洁干净,或是在电镀过程中形成了新鲜的氧化铝层.对缺陷2中的黑色质点和灰色球状物进行扫描电镜分析的结果表明,氧化铝和氧化铁颗粒是缺陷2中的主要成分,表现为突起圆点和黑色质点,这些表面缺陷只存在于局部区域,由此可推断此缺陷来源于电镀液中的气泡及氧化铝颗粒,或是在电镀完成后受到的机械损伤.

4 结论与建议

6101 铝合金母线排表面缺陷产生的原因是:在

镀铜之前未能彻底清除铝合金在熔铸和挤压过程中生成的氧化铝;电镀液的残留;电镀液中的气体未除尽等. 为避免产生上述表面缺陷,应提高6101铝合金在熔铸过程的净化程度,电镀前要对铝板进行彻底清洗,以去除氧化层和附着的污物,清洗后要避免铝板在外放置过长时间,应立即对其进行电镀,电镀液要及时清理残渣及气泡,电镀完成后要将铝板表面的电镀液清洗干净并及时采取有效措施,保护母线排的表面不受到其他损伤.

参考文献:

- [1] 吴励坚. 大电流母线的理论基础与设计[M]. 北京:水利电力出版社,1985:25.
- [2] 冯成华. 铝母线——资源节约型社会的新选择[J]. 建筑电气, 2008(4):166-170.
- [3] 杨颖, 张瑜, 王宇鑫, 等. 高导电铝硅合金的研究进展[J]. 金属功能材料, 2010, 17(3):96-100.

Defect analysis of aluminum busbar surface

XU Fen¹, LUO Shun²

1. *Token Aluminum Products Co., Ltd, Dongguan 523000, China*; 2. *Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China*

Abstract: The surface defect of a 6101 aluminum busbar was analyzed by means of macro and micro analysis. Analysis results showed that the delamination of copper and tin layers from aluminum busbar surface was due to the generation of aluminum oxide on the aluminum busbar surface, which was formed before electrical plating. The aluminum oxide between the base and electrodeposited coating resulted in the degradation of electrodeposited coating. It was proposed that the surface cleaning should be emphasized during the production process; deslagging and outgassing process on the plating solution should be executed in time; Aluminum plate should be protected carefully after electroplating.

Key words: aluminum alloy; busbar; electroplating; defect analysis

上接第117页

The microstructural characteristics of nugget zone in 5083-H321 aluminum alloy plates by friction stir welding

LIU Hong, YUAN Gecheng, HUANG Zetao, LIANG Chunlang, WU Ya, WU Honghui
Faculty of Materials and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China

Abstract: The 5083-H321 aluminum alloy plate was jointed by friction stir welding. The comparative studies on the microstructure and hardness of both nugget zone and base metal were investigated using optical microscopy, scanning electron microscopy, electron back scattered diffraction and orientation imaging microscopy, and micro-hardness tester. The results showed that there were no macroscopic defects in the weld. A large number of low-angle grain boundaries were transformed into high-angle grain boundaries in the nugget zone by the technique of friction stir welding. The grain size of base metal and nugget zone was 6-55 μm and 15-30 μm , respectively, and the shape aspect ratio was 2-8 and 1.5-3, respectively. The grains in nugget zone showed homogeneous and equiaxed morphology with characteristic of dynamic recrystallization. The transverse hardness distribution of welded joint surface is not homogeneous. The hardness of nugget zone is slightly higher than others and the average hardness is close to that of base metal.

Key words: 5083 aluminum alloy; friction stir welding; microstructural characteristic