

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2021.04.010

一起铝合金镀银起泡质量问题的研究探讨

徐 曦, 邓乐萍

(西安西电开关电气有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要: 本文通过一起铝合金镀银生产中出现的镀层起泡问题, 研究了铝及铝合金快速镀银工艺对银镀层结合力的影响。通过显微硬度计测量镀银层硬度, 表征了镀层起泡的定性特征, 通过霍尔槽实验确定了有效的改进措施, 优化了快速镀银工艺。结果表明, 采用优化后的工艺, 镀银层的显微硬度达到了一个合理的数值范围, 镀层达到了稳定的合格率。

关键词: 快速镀银; 显微硬度; 起泡; 电流密度

中图分类号: TQ153.1 **文献标识码:** A

Study on the Blistering Quality Problem of Aluminum Alloy Silver Plating

XU Xi, DENG Leping

(Xi'an XD Switchgear Electric Co., Ltd., Xi'an 710077, China)

Abstract: In this paper, the effect of rapid silver plating process of aluminum and aluminum alloy on the adhesion of the coating was studied through a blistering problem in the production of aluminum alloy silver plating. The hardness of the silver coating was measured by a microhardness tester, and the qualitative characteristics of the silver coating blistering problem was studied. Through the Hall groove experiment, effective improvement measures were determined and the process was optimized. The results showed that the microhardness of the silver plating layer deposited by the optimized process could reach a reasonable value range, and the plating layer had a stable pass rate.

Keywords: rapid silver plating; micro-hardness; blistering; current density

镀银件具有良好的导热、导电及焊接性能, 且镀层化学性能稳定, 因此电镀镀银工艺多用于防腐蚀、提高导电率、反光性和美观等, 在电气、仪器仪表等制造工业也有广泛应用。

在现代工业生产中, 为了提高电镀银工艺生产效率, 缩短电镀时间, 逐渐发展出快速镀银工艺。与普通镀银工艺相比, 快速镀银工艺采用新型镀液配方, 在保证镀银层外观质量的条件下, 提升电镀过程的沉积电流密度, 从而缩短电镀时间, 同等周期内大幅提升产能。

本文结合企业实际生产, 研究了铝及铝合金快

速镀银工艺中出现的一起镀层起泡的质量问题和解决办法, 并通过问题分析、实验研究、优化工艺等措施解决了上述问题, 满足了生产需要。

在进行快速镀银批量生产时, 零件表面出现了起泡及边缘粗糙的质量问题, 典型问题镀层如图 1 所示。

1 实验部分

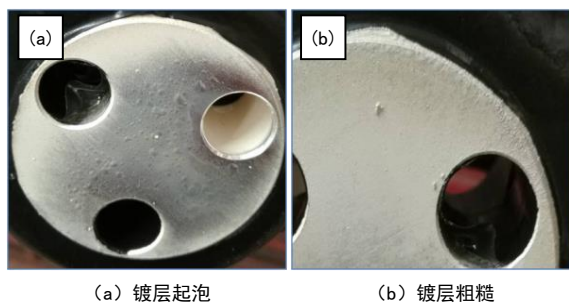
1.1 快速镀银工艺

镀银溶液采用快速镀银液配方, 电镀方式采用挂镀, 镀液配方如表 1 所示。

收稿日期: 2019-07-13

修回日期: 2019-09-06

作者简介: 邓曦, 男, 工程师, Email: lovebeforetime@163.com



(a) 镀层起泡

(b) 镀层粗糙

图 1 镀银层的质量问题

Fig.1 Problems of the silver coating

表 1 快速镀银溶液的配方

Table 1 The formula of rapid silver plating solution

成分	含量
硝酸银/(g·L ⁻¹)	70 ~ 90
KCN/(g·L ⁻¹)	45 ~ 120
光亮剂/(mL·L ⁻¹)	30
添加剂/(mL·L ⁻¹)	15

快速镀银工艺流程为:弱腐蚀→热水洗→流动冷水洗→硝酸出光→流动冷水洗→一次浸锌→流动冷水洗→硝酸褪锌→流动冷水洗→二次浸锌→流动冷水洗→流动冷水洗→预镀铜→流动冷水洗→预镀银→快速镀银→流动冷水洗→热水洗→下件。

1.2 镀层硬度实验

镀银试样采用 6A02-T6 铝合金材料样块为基底,其切割尺寸为长度 50 mm、横向尺寸 50 mm。基体镀银后使用 HM-221 型显微硬度计测量试样镀银层的平面显微硬度,测试时载荷为 0.49 N,加载时间为 30 s。

2 结果与讨论

2.1 起泡与镀银层的关系

生产现场的电镀银生产线上共布置由 6 个镀银槽,因此基体的前处理工序工艺完全一致。实验时,将 1#~4#镀银槽定为普通镀银槽,称为对照组,将 5#~6#镀银槽定为快速镀银槽,各镀槽电镀时的沉积电流密度参数如表 2 所示。

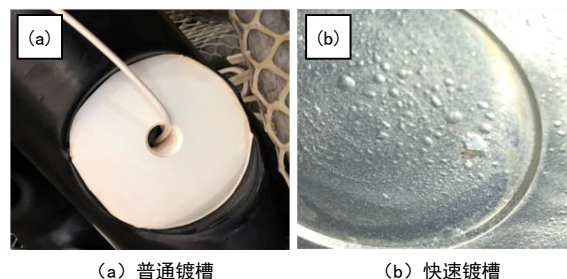
电镀后,观察各镀槽制备的样件,结果如图 2 所示。可以看出普通镀银槽电镀出的样件表面光滑平整,符合产品的外观质量要求,5#~6#镀槽镀银后的样件表面存在起泡现象。将起泡样件的起泡镀层切

表 2 各镀槽的镀银工艺参数

Table 2 Electroplating process parameters of the different plating tanks

	镀银溶液	沉积电流密度/(A·dm ⁻²)
1#~4#镀槽	普通镀银溶液	0.40
5#~6#镀槽	快速镀银溶液	0.70

割剥落,微观照片如图 3 所示。可以看出,样件露出镀锌层,剥落层的镀层底层为铜层,根据此现象可判断起泡是因为锌层与铜层结合力不良导致。但在实际生产中,快速镀银槽与普通镀银槽的操作仅在最后镀银步骤中存在差别,因此,镀银层也是引发镀层起泡的因素之一。



(a) 普通镀槽

(b) 快速镀槽

图 2 各镀槽镀银后的零件镀层形貌

Fig.2 Coating morphology of parts after silver plating in the different plating tanks



图 3 起泡镀层的切割图

Fig.3 The cutting figure of the blistering coating

2.2 现象分析

与普通镀银工艺相比,快速镀银的电流密度大幅提升,以此分析镀银层沉积速度过快是否为银层

起泡的直接诱因。

随着电流密度的增加,晶核的生长驱动力也同时增大,因此在相同的时间内晶核形成速度增加,造成晶核堆积,结晶粗大^[1],结果造成镀银层表面粗糙,故边缘粗糙与快速镀银工艺有直接关系。同时,电流密度的增大也使镀银层内应力增大^[2],在应力释放过程中可能对过渡层产生了更强的撕扯力,诱发了镀银层起泡。因镀层同时出现了起泡及边缘粗糙的现象,而粗糙多与银层沉积过程相关,综合推断,镀层起泡与粗糙均与快速镀银工序有相关性。

为验证推论,将快速镀银槽电流密度降低至与普通镀银槽电流密度相同的 0.4 A/dm^2 ,观察电镀零件表面状况,结果如图4所示。可以看出,降低电流密度后零件表面镀银层光滑平整,也未出现起泡现象。



图4 降低电流密度电镀后零件镀层形貌

Fig.4 The coating morphology of the parts after reducing the current density

材料的显微硬度与材料的内应力、晶粒尺寸有一定的关系,生产中沉积电流密度又是影响镀银层晶粒大小、内应力的主要因素^[1]。为了衡量在快速镀银工艺中,不同沉积电流密度对镀银层质量的影响,测量了不同电流密度下的镀银层的显微硬度,结果如表3所示,其中编号1~10号样块使用快速镀银工艺,11~12号样块使用普通镀银工艺。由表3可知,电流密度增大,银层的显微硬度也会变大。镀银层的起泡现象与镀银层的显微硬度参数正相关,推断硬度的临界点约为100 HV左右,当镀银层显微硬度大于100 HV时,镀银层易诱发起泡,当镀银层显

微硬度小于100 HV时,镀银层能保持良好的表面状态。

表3 不同电流密度下镀银层的显微硬度

Table 3 Microhardness of silver coating deposited under different current densities

编号	电流密度/ ($\text{A} \cdot \text{dm}^{-2}$)	显微硬度/ HV	镀层状态
1	0.7	108.9	镀层起泡
2	0.7	116.5	镀层起泡
3	0.7	117.1	镀层起泡
4	0.7	123.2	镀层起泡
5	0.7	107.5	镀层起泡
6	0.7	121.3	镀层起泡
7	0.4	86.2	镀层良好平整
8	0.4	78.9	镀层良好平整
9	0.4	97.4	镀层良好平整
10	0.4	94.6	镀层良好平整
11	0.4	72.0	镀层良好平整
12	0.4	73.5	镀层良好平整

综上所述,生产中镀银层出现的质量问题在于快速镀银工艺的沉积电流密度过大,造成镀银层沉积晶粒粗大、镀银层内应力过高,甚至在镀银层、预镀银层、预镀铜层间结合力较好时,其镀银层释放应力的过程同样可造成过渡层的分离,最终表现为镀层起泡。

3 工艺改进

对镀液中的添加剂总量和比例进行了检测,结果显示正常。文献表明,保持镀液显碱性能起到稳定镀液的作用,也有利于阳极溶解^[3]。使用霍尔槽实验确定了快速镀银溶液中的碱性试剂添加量,按实验结果先后向生产线的5#~6#镀槽加入碱性试剂调整镀液pH值,然后进行试镀,结果如图5所示。可以看出,在加入碱性试剂后,在 0.7 A/dm^2 的电流密度进行生产,镀银层外观光滑平整,说明适量的碱性试剂能有效稳定快速镀银工艺。测试工艺调整后的样块镀银层的显微硬度,其结果分别为81.0 HV、71.0 HV、76.3 HV、79.8 HV、65.5 HV、72.3 HV,即镀银层硬度下降至100 HV以下。

综上所述,添加适量碱性试剂能有效改善快速镀银层的结晶状态,降低了镀银层应力,提高生产的合格率。



图 5 镀液加入碱性试剂后零件快速镀银的镀层形貌

Fig.5 The morphology of the silver plating layer of the parts after adding alkaline reagent to the plating solution

4 结论

(1)生产中出现的镀银层起泡问题是由快速镀液工艺引起,与镀锌、铜层等过渡层无关。

(2)镀银层的起泡现象与镀银层的显微硬度参数正相关,镀银层显微硬度大于 100 HV 时,镀银层易起泡,镀银层显微硬度小于 100 HV 时,镀银层能保持良好的表面状态。

(3)向快速镀银溶液添加适量碱性试剂,可有效

降低镀银层显微硬度,解决了镀层起泡问题。

参考文献

- [1] 王珊珊. Ni、Ag、Cr 电沉积薄膜的制备及其微观组织和力学性能分析[D]. 洛阳:河南科技大学, 2011.
- [2] 邹森, 李亚明, 杨凤梅. 电流密度对氨基磺酸镍电镀镍镀层的影响[J]. 山东化工, 2011, 40(8):55-56.
Zou S, Li Y M, Yang F M. Effect of current density on the nickel coating of nickel sulfamate [J]. Shandong Chemical Industry, 2011, 40(8):55-56 (in Chinese).
- [3] 王宗雄, 储荣邦, 鲍新华. 实用氰化镀银工艺[J]. 电镀与涂饰, 2015, 34(24):1424-1438.
Wang Z X, Chu R B, Bao X H. Practical cyanide silver electroplating processes[J]. Electroplating & Finishing, 2015, 34(24):1424-1438 (in Chinese).
- [4] 高海恒, 卜路霞, 王为. 浅谈电镀技术的发展及应用[J]. 电镀与精饰, 2016, 38(5): 29-33.
Gao H H, Bu L X, Wang W. Future development and application of plating technology [J]. Plating & Finishing, 2016, 38(5): 29-33 (in Chinese).
- [5] 赵健伟. 温度和电流密度对无氰镀银层微观形貌的影响[J]. 电镀与精饰, 2014, 36(7): 12-15.
Zhao J W. Effects of temperature and current density on coating microscopic morphology in cyanide-free silver plating[J]. Plating & Finishing, 2014, 36(7): 12-15 (in Chinese).