

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2018.12.004

粗糙度对镀银层导电性能的影响

焦承东, 李宾

(贵州交通职业技术学院, 贵州 贵阳 550008)

摘要: 本文对粗糙度不同的 2A12 铝合金试样及零部件进行表面镀银, 并研究了镀银层的导电性能。结果表明, 当粗糙度 R_a 较小介于 $0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 之间时, 其对镀银层的导电性能影响较小; 当零部件粗糙度 R_a 较大介于 $3.2 \sim 6.3 \mu\text{m}$ 之间时, 镀银层的导电性能明显变差。

关键词: 镀银; 粗糙度; 导电性

中图分类号: TQ127.1

文献标识码: A

Influence of Roughness on the Conductivity of Silver Coating

JIAO Chengdong, LI Bin

(Guizhou Polytechnic College of Communication, Guiyang 550008, China)

Abstract: In this paper, the samples and parts with different roughness of 2A12 aluminium alloy were plated with silver, and the conductivities of the coatings were tested. The results showed that the influence of the roughness on the conductivity of the coating was little when the roughness R_a was between $0.8 \mu\text{m}$ and $1.6 \mu\text{m}$. However, the conductivity of the silver coating became smaller when the roughness R_a became larger, between $3.2 \mu\text{m}$ and $6.3 \mu\text{m}$.

Keywords: silvering; roughness; conductivity

引言

在电气产品生产制造过程中, 为保证导电回路接触电阻较低, 零部件导电部位一般要进行镀银处理, 以提高其导通电流的能力, 并减轻发热。在判断镀银层质量时, 镀层粗糙度是备受关注的指标, 其大小对镀层的导电性能有着非常显著的影响^[1]。一般情况下, 镀层粗糙度越大则其接触电阻越大, 元器件工作过程中发热较为严重, 所以一般会认为镀银层粗糙度越小越好。但在实际生产中, 镀银层粗糙度要求较低时, 势必对零部件初始机加工状态要求较高, 而过高的表面质量或者过低的表

面粗糙度在生产上往往不易达到, 其对生产条件的要求过于苛刻, 且生产过程中需要精确控制各类参数如温度、电流密度等才能保证镀银层的粗糙度^[2-3]。另外, 在生产制造过程中各类表面粗糙度的零部件均被设计出来, 包括 $R_a 0.8 \mu\text{m}$ 、 $R_a 1.6 \mu\text{m}$ 、 $R_a 3.2 \mu\text{m}$ 与 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ 等, 均可满足不同条件的工程应用。因此从另一方面来讲, 尽管粗糙度对导电性能有着关键的影响, 但并不是唯一因素, 工程中可根据使用环境设计零部件, 以降低生产制造的综合成本。因此, 本文围绕镀银层粗糙度 R_a 为 0.8 、 1.6 、 3.2 、 $6.3 \mu\text{m}$ 的试样开展导电性能研究, 获得基本的性能规律, 为设计提供借鉴。

1 实验

1.1 实验基材

基材材料为 2A12 铝合金,线切割成为长×宽×厚=100 mm×70 mm×1 mm,原始试样粗糙度选择为 4 种,粗糙度 R_a 分别为 0.8、1.6、3.2、6.3 μm 。

1.2 电镀工艺

电镀液:45 g/L 氰化银、155 g/L 氰化钾、20 g/L 碳酸钾、20 ml/L 光亮剂。电镀采用直流电源,沉积电流密度 1.0 A/dm²,电镀温度 25 $^{\circ}\text{C}$,电镀时间 60 min。镀银层厚度为 30 μm 。

镀银加工的一般的流程为:碱洗→水洗→硝酸洗→水洗→一次浸锌→退锌→二次浸锌→水洗→镀铜→水洗→预镀银→水洗→镀银→水洗→热水洗。其中,热水洗温度为 85±5 $^{\circ}\text{C}$,时间为 5 s,然后迅速取出,观察镀银层有无气泡与起皮,初步判断镀银层与基体的结合状况。

1.3 测试表征

镀层厚度采用 OXFORDCMI900 镀层厚度测试仪进行测试;镀层粗糙度采用 Mitutoyo SJ210 测试仪进行测试;镀层导电性采用 GEAutoSigma 3000 导电率仪进行测试。采用热振法测试镀银层与基体的结合状况,其方法为将零部件放入加热炉中,加热至 180±5 $^{\circ}\text{C}$,保温 2 h,然后随炉冷却至常温,观察试样表面镀层的变化情况。每种试验项目均采用相同的试验样品进行检测,每种粗糙度样品测试 5 件,共计 20 件。

2 结果与分析

2.1 样品镀银前后粗糙度变化

首先测试电镀前后试样粗糙度的变化,测试结果如表 1 所示。可以看出,试样原始粗糙度 R_a 处于 0.8 μm 等级,镀银前粗糙度 R_a 分别为 0.856、0.878、0.864、0.883、0.884 μm ,平均值为 0.873 μm 。镀银后,试样表面粗糙度 R_a 分别为 0.910、0.922、0.931、0.920、0.915 μm ,平均值为 0.920 μm 。电镀银使试样的粗糙度略有增加,其平均值从 R_a 0.873 μm 增大

为 R_a 0.920 μm ,增加了 0.047 μm 。同样地,试样原始粗糙度处于 R_a 1.6 μm 、 R_a 3.2 μm 与 R_a 6.3 μm 等级时,镀银后其粗糙度变大,粗糙度增大值分别为 0.054 μm 、0.059 μm 与 0.042 μm 。由此可以推断出实际生产过程中,电镀银后试样表面的粗糙度有所增加,但变化量较小,对零部件的表面质量影响较小。

表 1 实验样品镀银前后粗糙度变化

粗糙度等级/ μm	状态	样品粗糙度/ μm					均值/ μm	均值变化/ μm
		1	2	3	4	5		
0.8	镀前	0.856	0.878	0.864	0.883	0.884	0.873	0.047
	镀后	0.910	0.922	0.931	0.920	0.915	0.920	
1.6	镀前	1.627	1.631	1.613	1.632	1.629	1.626	0.054
	镀后	1.682	1.674	1.68	1.69	1.676	1.680	
3.2	镀前	3.216	3.226	3.22	3.219	3.224	3.221	0.059
	镀后	3.282	3.274	3.28	3.29	3.276	3.280	
6.3	镀前	6.321	6.324	6.325	6.314	6.32	6.321	0.042
	镀后	6.361	6.362	6.371	6.357	6.365	6.363	

2.2 样品镀银层的厚度与结合力

采用 2.1 试样测试镀银层的厚度,结果如表 2 所示。可以看出,试样镀银层厚度均大于 30 μm 。试样粗糙度 R_a 为 0.8、1.6、3.2、6.3 μm 时,镀银层平均厚度 δ 分别为 32.6、32.8、33.0、33.0 μm 。4 种实验样品的镀银层厚度几乎相同,且均与其镀前保持着同样等级的粗糙度,这对于判断粗糙度对镀银层导电性能的影响更加适合。

采用热振方法测试镀银层与基体的结合状况,结果表明,热振处理后镀银层表面整体状况良好,局部有发黄状况,但没有起皮与气泡状况,即镀层和基体保持较好的结合状况。

2.3 导电性测试

采用 2.1 试样测试其电导性能,结果如表 3 所示。可以看出,当基材原始粗糙度较小时(R_a 0.8 μm),镀银层的电导率较大,约为 94.68 IACS %。基材粗糙度增大至 R_a 1.6 μm 时,其镀层电导率约为 94.28 IACS %。粗糙度继续增大,其镀层电导性能明显下降:原始粗糙度为 R_a 3.2 μm 时,电导率约为 91.9 IACS%;原始粗糙度为 R_a 6.3 μm ,电导率降至 89.4 IACS%。采用电导率仪测试过程中,同样的探头接触不同粗糙度的镀银层时,其接触面积是不同的:粗糙度较低时,其接触面积较大,测得其导电性能较好;试样粗糙度较大时,探头的有效接触面积减小,测得的镀层导电性能也就变差^[4-5]。

表 2 镀银层厚度

原始粗糙度/ μm	$\delta/\mu\text{m}$					均值/ μm	结合力测试
	1	2	3	4	5		
0.8	33	32	33	34	31	32.6	镀银层表面整体状况良好,局部有发黄状况,零部件没有起皮与气泡状况
1.6	31	33	34	31	35	32.8	
3.2	34	34	33	33	31	33	
6.3	32	35	32	34	32	33	

表 3 电导率测试结果

原始粗糙度/ μm	电导率(IACS%)					均值
	1	2	3	4	5	
0.8	92.9	94.6	97.2	93.3	95.4	94.68
1.6	94.5	93.7	94.6	94.7	93.9	94.28
3.2	91.3	92.2	91.8	92.1	91.9	91.86
6.3	88.9	89.7	89.2	89.8	89.4	89.4

为进一步研究电导率的变化规律,采用上述样品进行回路电阻测试,实验设备为 HTHL-100A 开关回路电阻测试仪,实验电路如图 1 所示。粗糙度 R_a 分别为 0.8、1.6、3.2、6.3 μm 的试样的回路电阻测试结果分别为 29.0、28.5、38.0、42.0 $\mu\Omega$ 。可以看出,试样粗糙度为 R_a 0.8 μm 和 R_a 1.6 μm 时,回路电阻基本相等。试样粗糙度增大至 R_a 3.2 μm 和 R_a

6.3 μm 时,其回路电阻明显增大。回路电阻测试实验结果与试样导电性测试结果具有相同的规律:零部件粗糙度较低时,其导电性能较好;零部件粗糙度较大时,其导电性能迅速变差。零部件粗糙度 R_a 保持在 0.8~1.6 μm 之间时,零部件的导电性能处于同样等级。工程实践中需要考虑生产的综合成本,当满足导电的技术要求时,应该适当降低粗糙度要求。

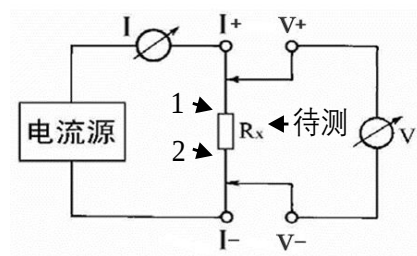


图 1 回路电阻试样测试电路图

3 结论

(1) 镀银生产过程中,零部件的粗糙度均会增大,但是增加量不明显。

(2) 当零部件粗糙度较小为 R_a 0.8 μm 与 R_a 1.6 μm 时,其导电性能较好;粗糙度增大至 R_a 3.2 μm 与 R_a 6.3 μm 时,其导电性能变差。

(3) 在实际生产中,可以适当降低零部件粗糙度要求,从而提高电镀银生产过程的经济性。

参考文献

- [1] 胡星福,高华云,毛江宏. 触头表面粗糙度对接触电阻影响讨论[J]. 电工材料,2004,(1):14-16.
- [2] 赵建伟. 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,(7):12-15,19.
- [3] 邱媛,王春霞,于宽深,等. 黄铜基材无氰镀银预处理浸银工艺的优化[J]. 电镀与精饰,2015,37(3):20-23.
- [4] 许军,李坤. 电接触的接触电阻研究[J]. 电工材料,2011,(1):10-12.
- [5] 柏小平,李国伟,翁桅,等. 电触头表面状态对接触电阻的影响和改善方法[J]. 电工材料,2013,(1):10-15.