

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2025.03.011

铜箔类型对 PCB 棕化处理的影响

付海涛^{1*}, 王建彬², 杨威

(1. 上海美维科技有限公司, 上海 201613; 2. 上海美维电子有限公司, 上海 201600)

摘要: 在印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)生产过程中, 在线路完成制作后和层压处理前, 对线路表面进行棕化处理, 以增加印制电路板线路与介电层(半固化片)之间的结合力。主要研究铜箔类型对印制电路板棕化处理的影响, 结果显示: 在 PCB 生产过程中, 压延铜箔和电解铜箔在经过棕化处理后的表面存在明显差异, 电解铜箔表面经过棕化处理后均匀性好, 剥离强度高, 产品不易分层; 压延铜箔因部分晶粒扁平且整体均匀性差, 因此棕化处理后表面有明显差异, 剥离强度低, 部分区域与低流动度的半固化片结合力不足而分层。通过调整棕化参数, 增加压延铜箔与低流动度的半固化片结合力, 可解决分层问题。

关键词: PCB; 压延铜箔; 电解铜箔; 棕化; 分层

中图分类号: TN41

文献标识码: A

The influence of copper foil type on PCB brown oxide process

Fu Haitao^{1*}, Wang Jianbin², Yang Wei¹

(1. Shanghai Meadville Science & Technology Co., Ltd., Shanghai 201613, China;

2. Shanghai Meadville Electronics Co., Ltd., Shanghai 201600, China)

Abstract: This paper mainly studies the influence of copper foil type on printed circuit board (PCB) brown oxide process. The results show that: in PCB production process, the surface of electro-deposited(ED) copper foil and rolled annealed(RA) copper foil have obvious differences in the brown oxide process. After the surface of ED copper foil is browned oxide, the uniformity is good, the peeling strength is high, and the product is not easy to be delaminated. Due to the flat grain and poor overall uniformity of RA copper foil, the surface of RA copper foil is obviously different, the peeling strength is low, and some areas are delaminated because of insufficient peel strength with no flow prepreg(PP). By adjusting the brown oxide parameters, the peel strength between RA copper foil and No flow PP is increased to solve the delamination problem.

Keywords: PCB; ED copper foil; RA copper foil; brown oxide; delamination

在印制电路板(Printed Circuit Board, PCB)生产过程中, 铜是一种非常重要的材料, 铜箔种类^[1-7]以及生产工艺参数^[8-14]对于PCB相关过程有明显的影

响。电解铜箔(electro-deposited copper foil, ED copper foil)是利用电化学原理通过铜电解而制成的, 生产成本相对较低, 其内部晶体结构为垂直针状结晶(如

收稿日期: 2024-09-28

修回日期: 2024-12-28

通信作者: 付海涛(1976—), 女, 博士, 高级工程师, 研究方向为印制电路板及其封装技术。

email: Haitao.fu@akmmv.com。

引用信息: 付海涛, 王建彬, 杨威. 铜箔类型对 PCB 棕化处理的影响[J]. 电镀与精饰, 2025, 47(3): 73-76.

Fu Haitao, Wang Jianbin, Yang Wei. The influence of copper foil type on PCB brown oxide process[J]. Plating and Finishing, 2025, 47(3): 73-76.

图1)。压延铜箔(rolled annealed copper foil, RA copper foil)是利用塑性加工原理,通过对铜锭的反复轧制-退火工艺而制成的,铜的晶体结构为片状结晶(如图2),压延铜箔产品的延展性较好,成本较高。

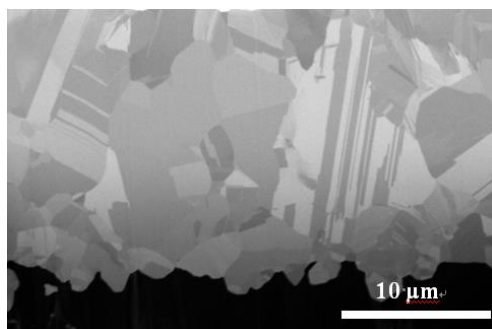


图1 电解铜箔的 SEM 照片

Fig.1 SEM photo of ED copper foil

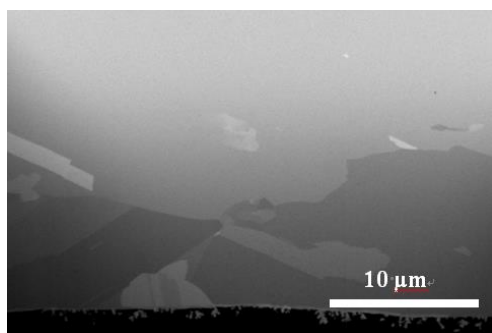


图2 压延铜箔的 SEM 照片

Fig.2 SEM photo of RA copper foil

在软硬结合印制电路板生产过程中,根据客户的需求选择电解铜箔或压延铜箔作为导电层,选择合适的半固化片作为介电层,以提高铜箔与半固化片的结合力,在两者压合之前需要进行棕化处理。棕化是通过一定浓度的硫酸、双氧水、棕化液和铜进行反应,在铜表面生成一层致密的有机棕化膜,从而提高铜箔与半固化片的结合力。在实际生产过程中,发现在压延铜箔棕化后层压低流动度的半固化片后容易出现分层的问题,通过观察分层后的互连面发现:铜箔表面经过棕化后原本应该表现为棕化的棕色,但是实际产品铜箔经过棕化后仍呈现铜的颜色,棕色并不明显;而使用电解铜箔的产品较少出现分层问题。经对比认为可能原因是压延铜箔的铜晶格结构与电解铜箔的晶格结构不同导致产品可靠性的差异,因此本文对压延铜箔和电解铜箔在棕化溶液中的微蚀量、粗糙度和未棕化后与低流动度半固化片的剥离强度进行系统的研究,找出根本原因,并提出解决方案。

1 实验

1.1 实验材料及棕化工艺流程

本实验采用压延铜箔和电镀铜箔两种材料。棕化工艺流程为:酸洗→水洗→碱洗→水洗→预浸→棕化→水洗→烘干,其中酸洗是为了去除表面氧化物,碱洗是为了去除铜面油性物质,预浸是为了活化铜面,棕化是为了对铜面进行微蚀,形成有机金属层。为了比较不同材料不同微蚀量对棕化效果的影响,本实验设计了1.0、1.5、2.0和2.5 m/min四种不同的棕化走板速度。

1.2 实验结果测量与表征

采用扫描电子显微镜观察不同类型铜箔棕化后的表面,采用激光共聚焦显微镜测量不同处理方式的铜箔表面粗糙度。其中, R_a 表示算术粗糙度,为取样长度内轮廓峰谷绝对值的算术平均值; R_z 表示微观不平度,为取样长度内五个最大轮廓峰高与五个最大轮廓谷深的平均值之比; SSA 表示比表面积。采用万能材料试验机测量了不同铜箔的剥离强度。

2 结果与讨论

表1是不同棕化走板速度时两种铜箔表面的SEM图,表2是不同棕化走板速度时两种铜箔表面的激光共聚焦显微镜图片。从结果可以看出:电解铜箔的表面经过棕化后,表面被腐蚀的均匀性比较好。压延铜箔的表面经过棕化后,腐蚀得不均匀,有部分区域呈现平台状

表3是激光共聚焦显微镜测试的电解铜箔和压延铜箔表面粗糙度数据。从粗糙度数据可以看出,电解铜箔表面更加均匀, R_a 、 R_z 和 SSA 的差异(R)比较小。压延铜箔的表面不均匀,但 R_a 、 R_z 和 SSA 的差异仍比较小,在局部区域(片状晶体结构),会导致粗糙度降低。

下图是棕化后的铜箔与低流动度半固化片层压后的铜箔的剥离强度,从下图可以看出,在相同的棕化走板速度下,电解铜箔与低流动度半固化片的结合力高于压延铜箔与低流动度半固化片的结合力。

棕化走板速度越低,铜箔与低流动度半固化片的剥离强度越大,两者的结合力越好。棕化走板速度相同的情况下,电解铜箔与低流动度半固化片的剥离强度高于压延铜箔与低流动度半固化片的剥离强度。表4中 D 为两种铜箔玻璃强度(PS)差异,可依式(1)计算:

表 1 不同棕化走板速度时两种铜箔表面的 SEM 图片

Tab.1 SEM images of surface of two kinds of copper foils with different walking speeds in the brown oxide process

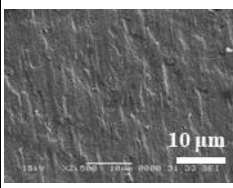
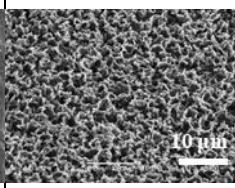
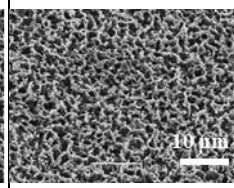
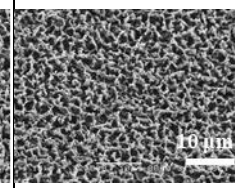
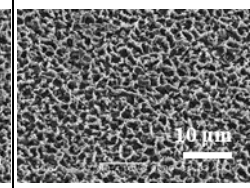
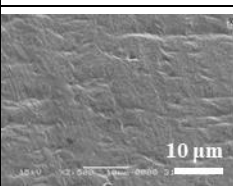
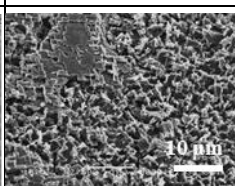
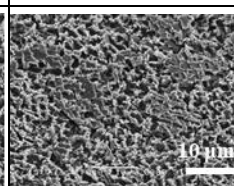
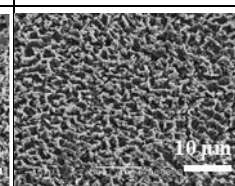
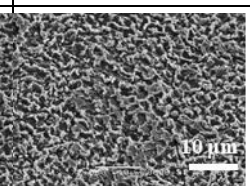
铜箔	未棕化	走板速度 1.0 m/min	走板速度 1.5 m/min	走板速度 2.0 m/min	走板速度 2.5 m/min
电解铜箔					
压延铜箔					

表 2 不同棕化走板速度时两种铜箔表面的激光共聚焦显微镜图片

Tab.2 Laser confocal microscope images of surface of two kinds of copper foils with different walking speeds in the brown oxide process

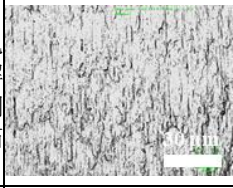
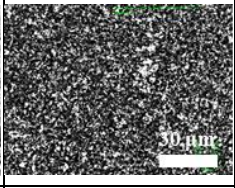
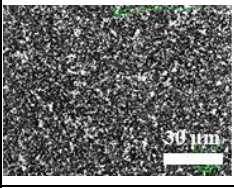
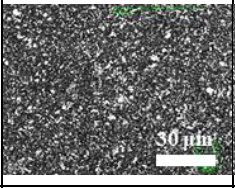
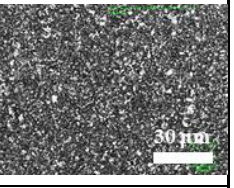
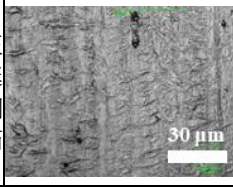
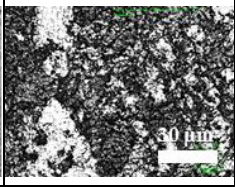
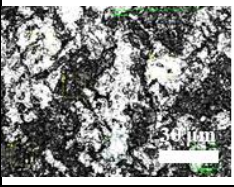
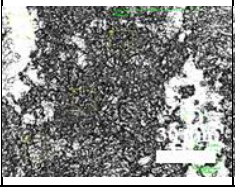
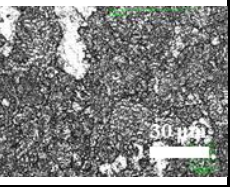
铜箔	未棕化	走板速度 1.0 m/min	走板速度 1.5 m/min	走板速度 2.0 m/min	走板速度 2.5 m/min
电解铜箔					
压延铜箔					

表 3 电解铜箔和压延铜箔表面粗糙度

Tab.3 Surface roughness of ED copper foil and RA copper foil

铜箔类型		电解铜箔					压延铜箔				
走板速度/(m min ⁻¹)		未棕化	1.0	1.5	2.0	2.5	未棕化	1.0	1.5	2.0	2.5
R _a	平均值	0.10	0.43	0.42	0.25	0.29	0.06	0.43	0.45	0.36	0.22
	最大值	0.11	0.45	0.44	0.26	0.30	0.09	0.63	0.54	0.40	0.29
	最小值	0.09	0.42	0.40	0.24	0.27	0.04	0.15	0.37	0.30	0.19
	差值(R)	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.48	0.17	0.10	0.10
R _z	平均值	0.74	3.26	2.84	2.05	2.14	0.62	3.08	3.51	2.68	1.70
	最大值	0.92	3.31	3.03	2.21	2.26	0.81	3.73	4.26	2.98	1.88
	最小值	0.65	3.18	2.68	1.89	2.02	0.45	1.88	2.90	2.39	1.38
	差值(R)	0.27	0.13	0.35	0.32	0.24	0.36	1.85	1.36	0.58	0.50
SSA	平均值	1.06	1.71	1.72	1.57	1.54	1.05	1.74	1.55	1.67	1.35
	最大值	1.07	1.77	1.76	1.59	1.58	1.05	1.92	1.64	1.76	1.42
	最小值	1.06	1.63	1.69	1.56	1.49	1.03	1.51	1.45	1.56	1.30
	差值(R)	0.01	0.14	0.07	0.03	0.09	0.02	0.40	0.19	0.20	0.12

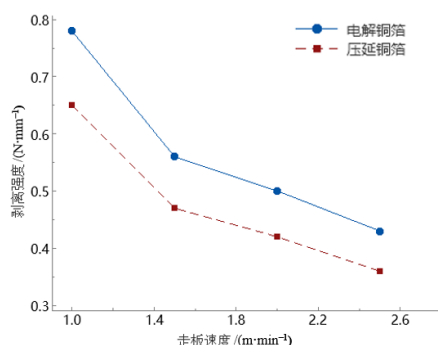


图3 不同铜箔剥离强度的对比

Fig.3 Comparison of peel strength of different copper foils

$$D = (PS_{ED} - PS_{RA}) / PS_{RA} \times 100\% \quad (1)$$

式中: D 为两种铜箔玻璃强度(PS)差异; PS_{ED} 为电解

铜箔剥离强度; PS_{RA} 为压延铜箔剥离强度。

铜箔经过棕化处理, 电解铜箔的表面微蚀非常均匀, 压延铜箔表面因为片状晶体的存在不均匀, 在片状位置处粗糙度极低, 这将导致在层压低流动度半固化片后, 铜表面不能全部形成均匀的粗化状态, 进而影响了产品的可靠性。在片状晶体出现的地方, 层压后PP与铜箔结合力比较差, 最终导致分层, 爆板。通过实验, 发现因两种铜箔的晶格不同, 在同等棕化条件下(棕化溶液一致, 线速一致), 电解铜箔与低流动度半固化片的结合力比压延铜箔与低流动度半固化片高19%到20%, 因此针对压延铜箔的电解铜箔需要使用不同的棕化走板速度, 以获得必要的剥离强度, 减少分层和爆板的风险。

表4 不同条件下铜箔剥离强度对比表

Tab.4 Comparison of peel strength under different conditions

棕化走板速度/(m min ⁻¹)		1.0	1.5	2.0	2.5
剥离强度/(N mm ⁻¹)	电解铜箔	0.78	0.56	0.50	0.43
	压延铜箔	0.65	0.47	0.42	0.36
D		19%	20%	19%	19%

3 结语

在PCB生产过程中, 铜晶体结构与铜箔种类有关, 不同种类的铜箔进行相同工艺流程的加工需要根据实际需求进行调整。研究了铜箔类型对PCB棕化处理的影响, 发现在PCB棕化生产过程中, 压延铜箔因晶粒扁平并且不易被微蚀, 导致压延铜箔与低流动度半固化片结合力不足而分层。通过调整棕化处理参数和增加压延铜箔与低流动度半固化片的剥离强度, 可解决分层问题。

参考文献

- [1] 方军, 张涵, 夏天东, 等. 电解铜箔与压延铜箔微观组织和性能差异性的研究[J]. 金属功能材料. 2018. 5(3): 6-11.
- [2] 徐继玲, 于连生. 压延铜箔用坯料的微观组织结构研究[J]. 有色金属加工. 2015, 44(6): 17-20.
- [3] 赵维超. 再结晶退火和预拉伸变形对 12 μm 压延铜箔蚀刻性能的影响[D]. 淄博: 山东理工大学, 2023.
- [4] 黄大维, 姚勇敢, 易雁. 软硬结合板软板分层问题研究[J]. 印制电路信息, 2023, 31(增 1): 320-328.
- [5] 武明伟, 陈文博, 李荣平, 等. 加工率对压延铜箔再结

晶行为的影响[J]. 热加工工艺. 2019, 48(1): 64-71.

- [6] 刘仁志, 谢平令, 王翀. 电沉积铜箔的微观组织结构[J]. 电化学. 2022, 28(6): 35-45.
- [7] 杜少奇. 5G 基站用压延铜箔制备工艺与组织性能研究[D]. 芜湖: 安徽工程大学, 2023.
- [8] 孙玉梅. 退火工艺和粗化处理对压延银铜箔组织及性能的影响[D]. 淄博: 山东理工大学. 2021.
- [9] 刘林波, 陈佳文, 沈喜训. 退火温度对纳米晶铜微观结构和力学性能的影响[J]. 机械工程材料, 2022, 46(8): 22-27.
- [10] 孙玉梅, 宫本奎. 12 μm 铜箔的退火组织与性能[C]//中国电子材料行业协会覆铜板材料分会, 第二十三届中国覆铜板技术研讨会论文集. 山东理工大学; 2023: 342-354.
- [11] 付争兵, 丁瑜. 时效处理工艺对电解铜箔抗拉强度的影响[J]. 电池, 2022, 52(3): 302-304.
- [12] 黄涛. 电镀工艺优化对铜金属层孔洞缺陷的影响[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [13] Shinada E, Nagoshi T, Chang T F M, et al. Crystallographic study on self-annealing of electroplated copper at room temperature[J]. Materials Science in Semiconductor Processing, 2013, 16: 633-639.
- [14] 郭菲, 陈冷. 退火温度对铜薄膜微观结构和织构的影响规律研究[J]. 2011, 16(2): 147-151.