

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2022.07.003

焦磷酸钠含量对环氧树脂表面改性效果研究

张彩芳¹, 刘利利¹, 赵文霞^{1*}, 朱皓¹, 程熠¹, 宋晷¹, 王增林²

(1. 宁夏师范学院化学化工学院, 宁夏 固原 756000;

2. 陕西师范大学化学化工学院, 陕西 西安 710062)

摘要:为解决树脂表面金属化问题,金属化之前要对树脂进行一定程度的表面处理。采用湿法化学改性处理法对环氧树脂(EP)基材进行表面改性,利用场发射扫描电镜、原子力显微镜、视频光学接触角测量仪和90°剥离法,研究EP基材经过不同 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量的 $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 体系改性不同时间后EP基材的表面性能,获得合理的EP基材改性条件。结果表明:在改性温度为60℃, $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}:V_{\text{H}_2\text{O}}=3:1$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为30 g/L的改性处理条件下,改性处理20 min, EP基材表面出现大量的微小孔洞,孔的大小比较匀称,孔的深度适中,表面粗糙程度增大,表面亲水性能增强,这种凹凸不平 and 强亲水性能的表面,有利于化学镀过程中金属颗粒的沉积,提高镀膜的粘结性,最大粘结强度达到7.35 N/cm,改性效果比较理想。

关键词: 表面改性; 环氧树脂; 焦磷酸钠; 粘结强度

中图分类号: TQ153

文献标识码: A

Study on Surface Modification of Epoxy Resin by Sodium Pyrophosphate

ZHANG Caifang¹, LIU Lili¹, ZHAO Wenxia^{1*}, ZHU Hao¹, CHENG Yi¹, SONG Xuan¹,
WANG Zenglin²

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ningxia Normal University, Guyuan 756000, China; 2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: A certain degree of surface treatment on the resin was very important before metallization in order to solve the problem of metallization of resin surface. In this work, the $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ system was used as the surface modification system for epoxy resin substrate (EP). Effects of the content of sodium pyrophosphate and surface modification time upon the surface morphology, surface roughness, and adhesion strength of epoxy resin substrate were studied, by observing field emission scanning electron microscopy (SEM), video optical contact angle measuring instrument, and the 90-degree stripping measurement. The results showed that the hydrophilicity, surface roughness and the adhesion strength of EP substrate were increased by a wide margin after the surface modification. And the reasonable modification condition was that the modification temperature was 60℃, $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}:V_{\text{H}_2\text{O}}=3:1$, the sodium pyrophosphate content in the modification system was 30 g/L, and the modification time was 20 minutes. In addition, the adhesion strength between the epoxy resin substrate and copper plating

收稿日期: 2021-12-12

修回日期: 2022-01-12

作者简介: 张彩芳(1992—),女,硕士研究生,研究方向为工程塑料表面改性。

*通信作者: 赵文霞(1978—),女,教授,主要从事工程塑料表面修饰、化学镀与电镀研究,Email: zwxchj2006@163.com

基金项目: 宁夏高等学校一流学科建设(教育学学科)(NXYLXK2017B11);宁夏自然科学基金(2020AAC03266);固原市科技计划项目(2020GYKYF003)。

reached 7.35 N/cm. Therefore, the system of $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ was a new environmentally friendly system for EP surface modification.

Keywords: surface modification; epoxy resin; potassium permanganate; adhesion strength

环氧树脂(EP)是一种综合性能优良的热固性塑料,由于具有优良的机械性能、耐化学性能、电气性能,EP被广泛应用于电气绝缘材料、碳纤维等复合材料、印刷电路板的制造等领域^[1-2],在电子、电气、机械制造等领域也起到重要的作用,成为各工业领域中不可或缺的基础材料^[3-7]。EP表面金属化,不仅在一定程度上克服了其耐磨性差、耐疲劳性差、易产生应力开裂等缺点,也赋予其许多独特的性能,扩大了其应用范围。由于EP表面呈现憎水性,其表面能较低、接触角较大;同时EP表面比较平整,粗糙度较小,从而使化学镀层与EP基材之间不能牢固地粘结在一起,因此,在对EP基材进行表面化学镀之前必须对其表面进行一定的前处理,增大EP基材表面粗糙程度和表面亲水性,以提高镀层与基材间的粘结性。树脂表面的前处理过程直接影响到镀层的完整性、均匀性、致密性、外观质量以及镀层与基底间的结合力。

一些研究小组聚焦塑料表面的改性处理。逐渐形成了如化学粗化法、机械粗化法、表面改性^[8-9]法等诸多方法。Yan等^[10]提出了阶梯梯度改性方法为提高表面绝缘性能提供了一种新的思路,将等离子体氟化与等离子体硅沉积相结合,对环氧树脂表面进行阶梯梯度改性。研究了样品的物理化学特性,测量了样品的电学性能。结果表明,与未处理样品和单处理样品相比,阶梯梯度改性样品的闪络性能显著提高。等离子体阶梯梯度修饰使表面电荷分布更加均匀,抑制了表面电荷畸变对外加电场的影响。

Liu等^[11]研究氨蚀刻、硝酸氧化和氨/硝酸复合处理对碳纤维表面特性和碳纤维/环氧树脂复合材料界面结合性能的影响。对原始和处理后的碳纤维的形态和化学组成进行了表征,结果表明,处理后的碳纤维表面比未处理的碳纤维表面有更大的粗糙度,碳纤维对蒸馏水的润湿性得到改善。硝酸氧化和氨蚀刻相结合可以提高碳纤维表面的粗糙度和化学基团,促使纤维与环氧树脂之间的机械连锁和化学键合作用,与单一表面处理相比具有绝对优势。Li^[12]研制了一种新型环氧树脂(EP)/乙酰丙酮铜

($\text{Cu}(\text{acac})_2$)复合材料,并应用于化学镀。通过掺杂乙酰丙酮铜来修饰环氧树脂,试样的粘结强度与复合材料中乙酰丙酮铜的质量分数呈正相关。随着乙酰丙酮铜含量的增加,涂层的剪切强度降低,在50℃下化学沉积铜15 min,40%的乙酰丙酮铜对环氧树脂的修饰效果最好。Baltazar^[13]研究了基材的粗糙度和水分含量对环氧树脂浸渍性能的影响,环氧树脂的使用大大提高了这两种混凝土的性能,表面粗糙度和含水率对环氧树脂浸渍性能有显著影响。Zhai等^[14]研究了Nano- Al_2O_3 添加剂对环氧树脂与钢基体的附着力的影响,结果表明,与未改性环氧树脂相比,添加剂能显著提高复合材料的粘结强度。Nano- Al_2O_3 添加剂与界面形貌的变化和粘结强度的提高密切相关,纳米粒子的加入可以增加聚合物与金属的粘附,改变界面形貌。通过Nano- Al_2O_3 添加剂改性的环氧树脂表面粗糙度越大,其表面的粘结强度越大。在环氧树脂中加入纳米Nano- Al_2O_3 的质量分数为1 wt%时,粘接性能达到最大。Prolongo等^[15]采用两种不同的粗化工艺,研究了粘结粗糙度对环氧铝接头性能的影响。粗糙度效应受粘接性质和粘接条件的影响,还强烈地依赖于表面特征,如凸起的密度和深度。

出于生产成本和处理效果各方面的综合考虑,本文采用 $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 体系作为改性体系对EP基材进行表面改性处理,探究了改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量和改性时间对EP基材表面性能的影响,获得了合理的EP基材表面改性处理条件。

1 实验

1.1 主要实验材料

本实验采用厚度为1.0 mm的环氧树脂(EP)作为实验材料,实验过程中EP尺寸为25 mm×40 mm大小的矩形片状。

1.2 环氧树脂基材预处理

1.2.1 除油

利用除油液清洗EP基材10 min,接着用蒸馏水反复冲洗EP基材3次,晾干,以便下一步使用。

1.2.2 膨润

60 °C 恒温条件下将除油后的 EP 基材浸入膨润体系中膨润处理 5 min, 用蒸馏水冲洗膨润后的 EP 基材 2~3 次, 将其晾干备用。

1.2.3 改性处理

控制 $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 改性体系的温度为 60 °C、 $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}:V_{\text{H}_2\text{O}}=3:1$, 将膨润后的 EP 基材浸入不同焦磷酸钠含量的改性体系中, 改性处理不同时间。

1.2.4 中和

将改性处理后的 EP 基材浸入中和液中, 50 °C 条件下中和处理 5 min, 中和后的 EP 基材用蒸馏水冲洗 2~3 次, 然后将其烘干。

1.3 性能测试

采用场发射扫描电镜(SEM)观察改性处理前后 EP 基材的表面形貌; 原子力显微镜(AFM)测定 EP 基材表面的粗糙度; 视频光学接触角测量仪(德国 Dataphysics 公司)测定 EP 基材表面亲水性能; 拉力计(世匠工具有限公司)测定粘结强度。

2 结果和讨论

2.1 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量和改性时间对 EP 基材表面形貌的影响

实验研究了改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量和改性时间对 EP 基材表面形貌的影响。结果如图 1 至图 3 所示。

2.1.1 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 20 g/L 时改性时间对 EP 基材表面形貌的影响

图 1 为改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 20 g/L 不同改性时间下 EP 基材表面形貌(SEM)图。从图 1 可以看出, 改性时间为 10 min 时, 环氧树脂基材表面仅出现微小稀疏的孔, 改性时间由 15 min 增大到 25 min 时, EP 基材表面均出现微小的孔, 随着改性时间的增加, 微孔的数量增多, 密度逐渐增大, 在 25 min 改性时间下, 微孔的数量较多, 但仍未达到合适微孔密度和深度。要获得合适的表面粗糙程度, 需要增加改性体系中焦磷酸钠的含量, 增大改性体系的氧化能力。

2.1.2 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 30 g/L 时改性时间对 EP 基材表面形貌的影响

图 2 为改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 30 g/L 不同改性时间下 EP 基材表面 SEM 图。从图 2 可以看出,

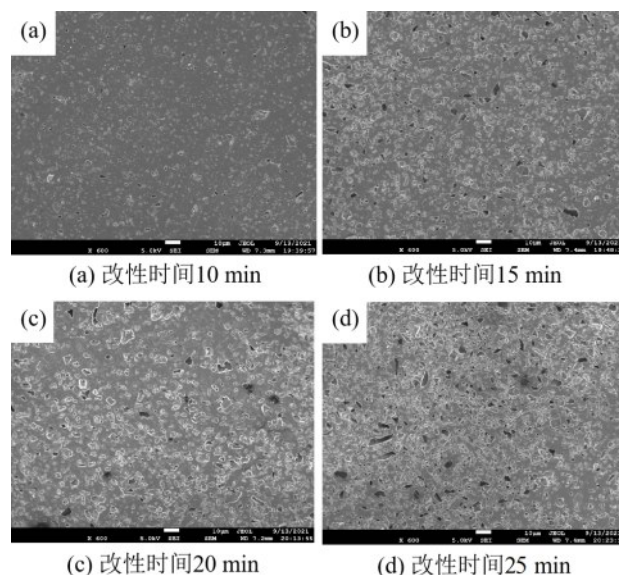


图 1 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 20 g/L 不同改性时间下 EP 基材表面 SEM 图

Fig. 1 The SEM images of EP substrates after surface modification for different times with the sodium pyrophosphate content of 20 g/L

改性时间为 10 min 和 15 min 时, EP 基材表面出现均匀的微孔, 当改性时间延长到 20 min 时, 孔径增大且孔的深度进一步加深, 表面粗糙程度增大, 这样的表面形貌有利于金属镀层与 EP 基材之间的粘结; 当改性时间进一步增大到 25 min 时, EP 基材表面微孔的宽度增大, 深度变小, 甚至出现连接孔现象, 这样的表面形貌不利于金属镀层与 EP 基材的粘结。因此, 当改性体系中 EP 基材被改性处理 20 min, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量固定为 30 g/L 时可以获得理想的改性效果。

2.1.3 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 40 g/L 时改性时间对 EP 基材表面形貌的影响

图 3 为改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为 40 g/L 不同改性时间下 EP 基材表面 SEM 图, 从图中可以看出, 改性体系中焦磷酸钠含量为 40 g/L 时, EP 基板表面形成了孔径较大的微孔。随着改性时间的增加, EP 表面微孔的孔洞深度和密度显著增加, 但孔径较大, 孔壁变薄, 甚至导致孔连接现象。当改性处理 25 min 时, EP 基材表层脱落, 形成了大量的子结构, 降低了表面均匀性及 EP 基材和镀层之间的粘结性。因此, 改性体系中焦磷酸钠含量过高时, 体系的氧化能力过强, 导致 EP 基材表面被过度氧化, 表面改性

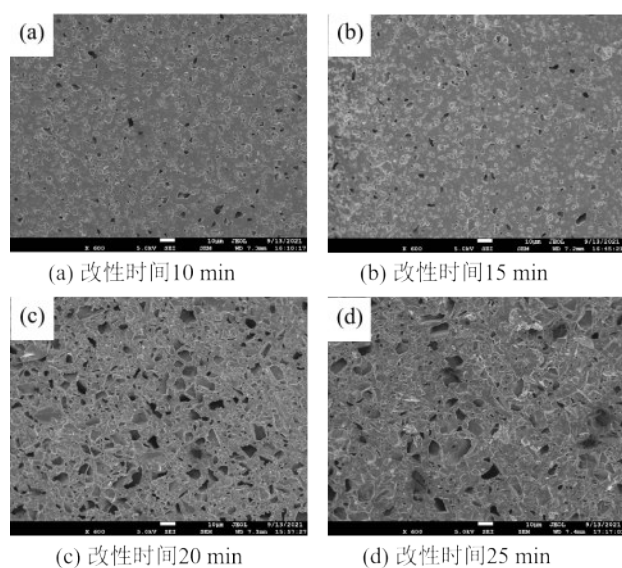


图2 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为30 g/L不同改性时间下EP基材表面SEM图

Fig. 2 The SEM images of EP substrates after surface modification for different times with the sodium pyrophosphate content of 30 g/L.

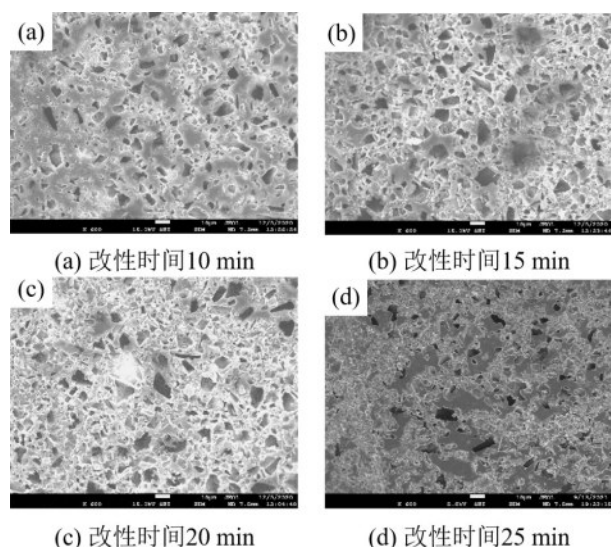


图3 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为40 g/L不同改性时间下EP基材表面SEM图

Fig. 3 The SEM images of EP substrates after surface modification different times with the sodium pyrophosphate content 40 g/L

效果变差。由上述分析结果得知,改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为30 g/L时,改性体系的氧化能力比较合适,可以获得理想的改性处理效果。

2.2 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量对EP基材表面粗糙度的影响

采用原子力显微镜(AFM)测定改性处理前后EP基材表面粗糙度,分析改性处理前后EP基材表面粗糙程度的变化。图4为改性处理前及改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量为30 g/L、改性处理为20 min时,EP基材表面的AFM图。

图4(a)为改性处理前EP基材表面的AFM图,由测定结果得知,改性处理前EP基材表面的平均粗糙度(R_a)和均方根粗糙度(R_q)分别为2.05 nm和37.5 nm,图4(b)为改性体系中焦磷酸钠含量为30 g/L、改性时间为20 min时,EP基材表面的AFM图,此时EP基材表面的 R_a 和 R_q 均达到最大值,分别为52.4 nm和92.2 nm。EP基材表面高的粗糙度有利于金属镀层的沉积,提高EP基材与金属镀层之间的粘结性。

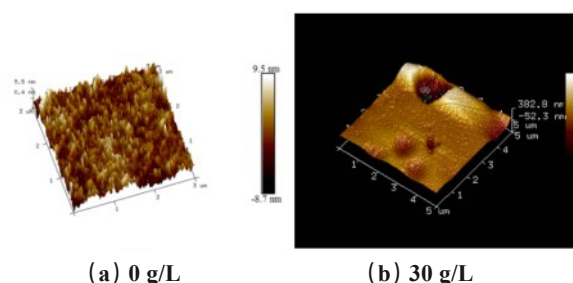


图4 改性处理前及30 g/L $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 的改性体系处理20 min后EP基材表面粗糙度的AFM图

Fig. 4 AFM images of the epoxy substrates before and after surface modification for 20 min at sodium pyrophosphate content of 30 g/L

2.3 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量对EP基材表面亲水性的影响

当 $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-}\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 改性体系中焦磷酸钠含量分别为20 g/L、30 g/L、40 g/L时,探究了EP基材表面接触角随改性时间的变化趋势,结果如图5所示。在EP基材改性处理过程中,改性处理时间以及改性体系中焦磷酸钠含量均对EP基材表面的化学性质有着重要影响。从图5可以看出,经过改性处理后,EP基材表面亲水性均得到不同程度的增强。未经改性处理的EP基材表面与水之间的接触角为 94.6° ,表面呈现憎水性。经过改性处理后,EP基材表面亲水性增强。在改性体系中焦磷酸钠含量相同时,EP基材表面接触角随着改性时间的增加呈现先减小后增加的趋势,当改性时间为20 min,接触角的数值最小,EP基材表面的亲水性最强。在相同

的改性时间下,EP 基材表面接触角随着焦磷酸钠含量的增加逐渐下降。分析结果表明,改性体系中焦磷酸钠含量过高或者改性时间过长均会降低 EP 基材表面的亲水性,不利于金属镀层与 EP 基材之间的有效粘结,不能获得理想的改性处理效果。

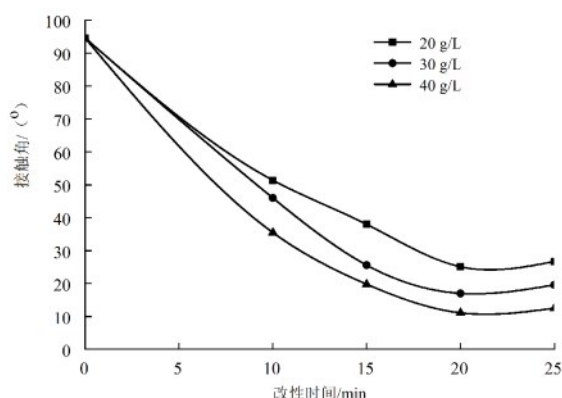


图5 EP 基材表面接触角随 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量和改性时间变化的趋势图

Fig.5 The curves of contact angle of EP surface after surface modification for different times at different sodium pyrophosphate content

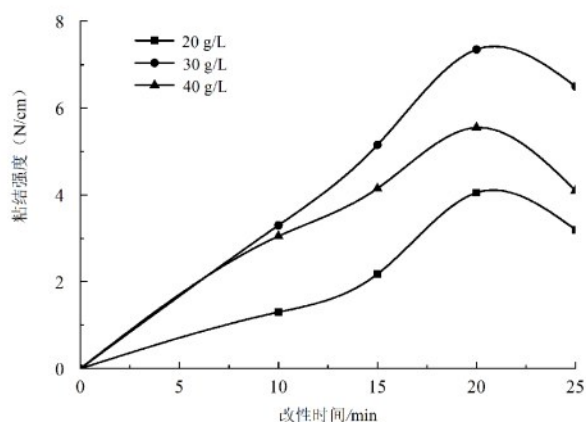


图6 EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度随 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量和改性时间的变化趋势图

Fig.6 The curves of the adhesion strength of EP substrate after surface modification for different times at different sodium pyrophosphate content

2.4 改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 含量对 EP 基材粘结强度的影响

当 $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 改性体系中焦磷酸钠含量分别为 20 g/L、30 g/L、40 g/L 时,探究了 EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度随改性时间的变化

趋势,结果如图 6 所示。由图 6 可知,经过改性处理后,EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度均出现不同程度增大;未经改性处理的 EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度为零。经过改性处理后,EP 基材与化学镀铜膜之间的粘结强度增强。在改性体系中焦磷酸钠含量相同时,EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度随着改性时间的增加呈现先增大后减小的趋势,当改性体系中 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 的含量为 30 g/L、改性时间为 20 min 时,粘结强度达到最高值,为 7.35 N/cm。在相同的改性时间下,EP 基材与化学镀铜膜间的粘结强度随着焦磷酸钠含量的增加呈现先增加后减小的趋势。这与 EP 基材表面的 SEM 观察及接触角的测量结果是一致的。

3 结论

$\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 改性体系中改性温度为 60 °C、 $V_{\text{H}_2\text{SO}_4}:V_{\text{H}_2\text{O}}=3:1$ 的条件下,研究了焦磷酸钠的含量和改性时间对 EP 基材处理效果的影响,由研究结果得知,改性处理后 EP 基材表面粗糙度增大,表面亲水性增强,当改性体系中焦磷酸钠含量为 30 g/L 时,改性体系的氧化能力比较合适,改性处理 20 min 后,EP 基材表面的粗糙程度最大,其 R_a 和 R_q 的值,分别达到 52.4 nm 和 92.2 nm;EP 基材表面接触角最小,其表面亲水性最强,在强表面亲水性和高表面粗糙度共同作用下,EP 基材与镀铜膜间的粘结强度最大达到 7.35 N/cm。因此, $\text{MnO}_2\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 是一种合适的 EP 基材表面改性体系。

参考文献

- [1] 刘鸿雁. 浅谈环氧树脂的改性技术[J]. 中国高新技术企业, 2010, 6: 22-23.
- [2] 张静波. 环氧树脂材料改性研究及其在天线罩中的应用[J]. 电子机械工程, 2020, 36(3): 30-34.
- [3] 王浩伟, 慕仙莲, 刘成臣. 基体表面状态对硅烷环氧杂化树脂涂层/2024 铝合金间附着力影响[J]. 装备环境工程, 2016, 13(1): 14-19.
- [4] Ra S, Lee C, Cho J, et al. Micro via and line patterning for PCB using imprint technique[J]. Current Applied Physics, 2008, 8(6): 675-678.
- [5] Han G F, Shi J H, Chen Z D. Study on swelling solution for high Tg epoxy resin substrate[J]. Applied Mechanics & Materials, 2011, 66-68(90): 90-95.
- [6] Li R, Wang P, Zhang P, et al. Surface modification of hollow glass microsphere and its marine-adaptive compos-

- ites with epoxy resin[J]. Advanced Composites Letters, 2020, 29: 1-8.
- [7] Soldatov M A, Naumkin A V, Pereyaslavtsev A Y, et al. Surface modification of epoxy resin by amphiphilic fluoroorganosiloxane copolymers[J]. Russian Chemical Bulletin, 2016, 65(4): 1116-1118.
- [8] 卢景威, 许明生, 刘华溪, 等. 有机硅对水性紫外光固化生物基环氧树脂的改性[J]. 电镀与涂饰, 2020, 39(14): 946-953.
- [9] 王戈, 顾少华, 张文福, 等. 植物纤维增强环氧树脂复合材料界面改性研究进展[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(7): 144-152.
- [10] Yan J Y, Liang G S, Lian H L, et al. Effect of plasma step gradient modification on surface electrical properties of epoxy resin[J]. Plasma Science and Technology, 2021, 23(6): 1-9.
- [11] Li N, Liu G, Wang Z P, et al. Effect of surface treatment on surface characteristics of carbon fibers and interfacial bonding of epoxy resin composites [J]. Fibers & Polymers, 2014, 15(11): 2395-2403.
- [12] Li J J, Zhou G Y, Hong Y, et al. A composite of epoxy resin/copper (II) acetylacetonate as catalyst of copper addition on insulated substrate [J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2018, 18: 8979-8984.
- [13] Baltazar L, Santana J, Lopes B, et al. Superficial protection of concrete with epoxy resin impregnations: influence of the substrate roughness and moisture [J]. Materials & Structures, 2015, 48(6): 1931-1946.
- [14] Zhai L L, Ling G P. The influence of nano- Al_2O_3 additive on the adhesion between epoxy resin and steel substrate [J]. Transactions of Materials and Heat Treatment, 2004, 25(5): 1263-1266.
- [15] Prolongo S G, Rosario G U. Study of the effect of substrate roughness on adhesive joints by SEM image analysis [J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2006, 20(5): 457-470.

中国表面工程协会电镀分会教育培训基地

2022 年两期(总 85、86 期)电镀技术、化验员、电镀废水治理 学习班开学通知

中表协电镀分会第七次会员代表大会上为济南浩金表面技术有限公司颁发了《中国电镀教育培训基地》的资质证书,授予“中国电镀培训基地济南基地”。在中表协电镀分会的直接领导下,与山东省及国内相关高校联合举办电镀技术、化验员、废水治理学习班,系统地讲解基础理论、新技术、新工艺。

一、招生对象及培养目标:初中以上文化水平、具有一定生产知识的技术骨干,通过学习掌握电镀基础知识,常用工艺,电镀液及电镀废水的治理、分析方法,镀层测试技术等,提高分析解决故障的能力,可进行电镀工艺、车间、废水处理站、化验室设计,推广清洁生产技术。

二、开设科目、学习方法、证书颁发及工作推荐

开设《电镀化学基础》《电化学与电镀原理》《电镀工艺学》《电镀液及电镀废水化学分析》《电镀测试技术》《镀层质量标准及检测方法》《电镀废水治理》等7门课程。以课堂教学为主,理论联系实际,开设30~35个实验,进行生产实习;请专家进行讲座,并组织学员赴国内先进地区参观。学习期满经考试合格者,可颁发中国电镀协会结业证书;也可再次报名,根据考试者条件技能水平,经考核合格者,由机械工业职业技能鉴定指导中心颁发初、中、高、技师、高级技师五个等级职业能力认定证书,作为工作上岗的资格证明协助推荐工作及赴外研修。

三、开学具体事项

1、学习时间:第85期2022年4月20日至5月21日,第86期2022年9月20日至10月21日,每期31天,五一节、国庆节前10天开学;(如在生产淡季或企业和个人需要,经协商,暑假6月至9月10日,寒假11月至次年4月10日,皆可举办学习班和个人培训,学习技术项目、时间、人数不限,费用等另行协商!)

2、学习费用:培训费(含实验费、资料费、参观费等)4800元(不含税),中途退学者不退。

3、食宿安排:食宿自理,由公司协助安排酒店,标准由各单位决定(食宿费一般每天120元左右,简易宿舍可洗澡每天20元)。

4、联系方式:联系人:济南市历城区唐冶中路2号楼4567号1508室(15层)

《济南浩金表面技术有限公司》石勇石金生。山东建筑大学材料科学与工程学院石磊。

电话:(0531)88278889 手机:13001715085,18660813836,13006594941。

5、开学时间:第85期2022年4月20日全天报到,第86期2022年9月20日全天报到,当日晚开学并补课,次日正式上课。参加学习班者请于开学前15天电话(或微信)通知给联系人,以便安排学习资料、食宿。来校时请带1寸彩色免冠照片2张,参加国家机械工业职业技能鉴定指导中心职业资格证书考试者,发给相关文件,请在网上申请报名并带小二寸彩色免冠照片1张。

6、报到公交线路:①乘飞机乘大巴至济南长途汽车总站南站换乘69路至清联花园站下即到;②由济南火车站(长途汽车西站)乘K910或BRT1至三孔桥站下换乘69路至清联花园站下即到;③济南长途汽车总站南站乘69路至清联花园站下即到;④由济南火车站乘4路长途汽车总站南站下换乘69路至清联花园站下即到。

中国表面工程协会电镀分会教育培训基地
济南浩金表面技术有限公司