

DOI:10. 3969/j. issn. 1001 - 0211. 2011. 02. 031

丝网镂印技术制备镍扣阴极板绝缘层的固化工艺

王希靖^a 李向国^a 崔锦锋^b

(兰州理工大学 a 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室

b 石油化工学院,兰州 730050)

摘 要:通过正交试验方法确定用丝网镂印技术制备镍扣阴极板绝缘层的最佳固化工艺参数。从微观角度分析涂层性能和在镍扣生产现场的试验结果表明,当固化温度 160℃、保温时间 10min、升温速率 3℃/min 时,镍扣阴极板绝缘层的固化效果最好。

关键词:金属材料;镍扣阴极板;丝网镂印;绝缘层;固化;正交试验

中图分类号:TG174. 461 文献标识码:A 文章编号:1001 - 0211(2011)02 - 0128 - 04

镍扣作为精密电镀行业不可缺少的原料,电镀过程中,主要用作篮式电镀工业的阳极材料。同电解镍块相比,镍扣作为镀镍材料具有密度大、电接触性能好、电流分布均匀、活性好、溶解速度快、溶解时均匀下降、不易产生搭桥现象、残极率低、利用率高等优点^[1]。然而,由于先前所采用的镍扣极板存在着寿命短、成本高、劳动生产率低等缺点,制约了该工艺的大规模工业化应用,无法实现电解镍扣的规模化生产。为此,结合丝网印刷具有的墨层厚、覆盖力强、可使用各种油墨印刷等特点,提出了用丝网镂印技术将耐蚀绝缘涂料镂印到不锈钢极板表面上。经过前期试验确定了油墨成分和印刷最佳工艺参数,但固化工艺参数仍然有待通过试验进一步确定。

1 实验方法

1.1 试验设备及材料

试验用设备主要有 PA-K8588 型四柱式平面印刷机、电阻加热鼓风式烘箱、QFD 型电动漆膜附着力试验仪、QTY-10A 型漆膜弯曲试验仪、QCJ 型漆膜冲击器、QH-Q-A 型膜层铅笔划痕硬度仪。工业生产的电解槽及含硫酸镍溶液介质(含有 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等, $\text{pH}=4$),电解池的温度 75 ~ 85℃,电压 3.5V,电流

为 8200A,镍扣生产周期 7d。所用的油墨是通过环氧树脂、氨基树脂、豆油醇酸树脂的三拼复合路线制备的丝网专用印刷油墨,该油墨的丝网印刷适性良好,附着力强,干燥温度低,干燥时间快,绝缘性好。该丝网油墨为单组分热固性油墨,极板通过丝网印刷的油墨层必须经过加热交联固化后才能形成镍扣阴极板绝缘层^[2]。

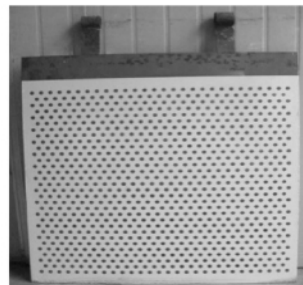


图 1 制备好的极板

Fig. 1 Prepared nickel buckles cathode plate

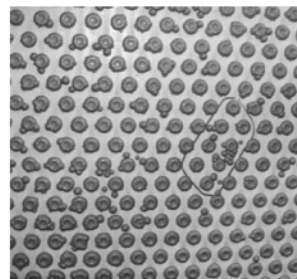


图 2 存在漏电点极板

Fig. 2 Existed creepage points cathode plate

1.2 试验原理及目的

印刷工作原理是经传动机构传递动力,让刮墨

收稿日期:2008 - 11 - 05

作者简介:王希靖(1955 -),男,甘肃榆中县人,教授,博士生导师,主要从事搅拌摩擦焊设备及搅拌摩擦焊连接机理、大型水轮机过流部件修复用专用机器人、带极堆焊技术、有色金属冶炼过程专用装置等方面的研究。

联系人:李向国(1982 -),男,吉林榆树县人,硕士,主要从事有色冶金工艺及设备等方面的研究。

板在运动中挤压油墨和丝网印版,使丝网印版与承印基板形成一条压印线,由于丝网具有张力,对刮墨板产生回弹力,回弹力使丝网印版除压印线外都不与承印基板接触,油墨在刮墨板的挤压力作用下,通过网孔,从运动着的压印线漏印到承印基板上^[3]。试验目的是通过对镍扣极板的下槽电解试验和对绝缘油墨层的各项性能测试,综合分析找到最佳的固化工艺参数。

1.3 试验步骤

试验过程有5个步骤。(1)印刷前的准备。对不锈钢极板进行喷砂处理,清除不锈钢极板坯料表面上残存的铁锈、油渍、墨迹等杂物,清洗网板。(2)结合实际条件选取适当的因素和水平进行正交试验。(3)将印刷好的极板送入烘箱进行烘干。(4)将制备好的同一工艺条件镍扣极板一部分送入电解槽中进行检验,另一部分做膜层测试进行分析。(5)结合前面试验结果确定最佳固化工艺条件。

1.4 检验方法

制备好的镍扣极板如图1所示。极板上白色区域为油墨绝缘层即绝缘区。检验镍扣极板的性能主要从它的油墨层绝缘性和使用周期来判断。极板是以绝缘区域漏电点个数的多少作为性能好坏的判断标准,漏电点越少说明其极板性能越好^[4]。图2所示为电解后存在漏电点的极板。使用周期主要是由油墨层的硬度、弯曲性、耐冲击性及与基板附着力大小等决定。油墨层硬度级数(划痕莫氏硬度)越高、

弯曲半径越小、附着力级数越小、耐冲击越大说明绝缘油墨层的性能越优越^[5]。

2 试验结果及讨论

2.1 固化工艺参数确定及结果分析

在用丝网印刷技术制备镍扣极板绝缘层时,其他试验参数确定情况下,如印刷操作间温度、刮墨刀角度、刮墨速度、网距以及墨层厚度等,烘干温度、保温时间、升温速率是影响油墨层性能的主要因素。结合试验的其他条件,对各个因素均选取三个水平,分别作9组试验。各因素水平见表1。

表1 固化工艺试验各因素水平表

Table 1 Factor-levels of solidifying process experiment

因素	A 烘干 温度/°C	B 保温时 间/min	C 升温速率/ (°C·min ⁻¹)
水平1	140	10	1
水平2	160	20	2
水平3	180	30	3

试验指标主要反应在极板表面绝缘层漏电点的个数和油墨层各项测试结果。将9组试验结果计算后得到表2,其中均值 k_i 表示任一系列上因素取水平 i 时所得试验指标的算术平均值, R 为极差值等于 k_i 列中最大值减去最小值。例如 $K_1^A = x_1 + x_2 + x_3 = 37 + 38 + 40 = 115$, $k_1^A = K_1^A/3 = 115/3 = 38.33$; $R^A = K_1^A - K_2^A = 38.33 - 33.67 = 4.67$ 。

表2 正交试验结果及分析

Table 2 Results and analyses of orthogonal test

序号	A 烘干 温度/°C	B 保温时 间/min	C 升温速率/ (°C·min ⁻¹)	试验结果				
				漏电点/个	硬度/H	弯曲/mm	附着力/级	冲击/kN
1	140	10	1	37	1	2	4	250
2	140	20	2	38	2	2	3	180
3	140	30	3	40	3	2	3	150
4	160	10	2	33	4	2	2	150
5	160	20	3	36	5	3	2	100
6	160	30	1	32	6	3	2	80
7	180	10	3	34	6	4	3	60
8	180	20	1	36	6	5	3	40
9	180	30	2	38	6	6	3	30
k_1	38.33	34.67	35.00					
k_2	33.67	36.67	35.00					
k_3	36.00	36.00	36.67					
R	4.67	2.00	1.67					
k_1	2.00	3.67	4.33					
k_2	5.00	4.33	4.00					
k_3	6.00	5.00	4.67					
R	4.00	1.33	0.67					

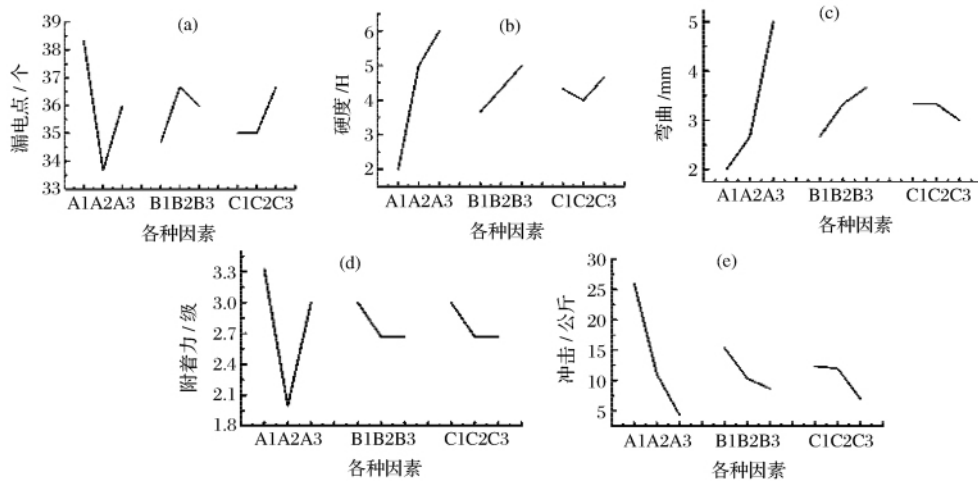
漏电点优化结果→A₂B₁C₂

硬度优化结果→A₃B₃C₃

序号	A 烘干 温度/℃	B 保温时 间/min	C 升温速率/ (℃·min ⁻¹)	试验结果				
				漏电点/个	硬度/H	弯曲/mm	附着力/级	冲击/kN
k_1	2.00	2.67	3.33					
k_2	2.67	3.33	3.33			弯曲优化结果→A ₁ B ₁ C ₃		
k_3	5.00	3.67	3.00					
R	3.00	1.00	0.33					
k_1	3.33	3.00	3.00					
k_2	2.00	2.67	2.67			附着力优化结果→A ₂ B ₂ C ₂		
k_3	3.00	2.67	2.67					
R	1.33	0.33	0.33					
k_1	26.00	15.33	12.33					
k_2	11.00	10.67	12.00			冲击优化结果→A ₁ B ₁ C ₁		
k_3	4.33	8.67	7.00					
R	21.67	6.67	5.33					

用综合平衡法通过表 2 和图 3 分析得出^[6], 三种工艺参数中烘干温度对各种试验指标影响最大, 其次是保温时间和升温速率。在各水平中烘干温度在 160℃ 出现拐点, 漏电点和附着力指标在这个水平下最好, 硬度随温度升高而增加, 弯曲和冲击性能随温度升高反而下降, 因而烘干温度选择 160℃。保温时

间对漏电点影响不是很大, 硬度、附着力随时间增长而增加, 弯曲和冲击性能反而下降, 选取水平 20min 较好, 但从实际生产效率和能量消耗看, 选取 10min 为最佳。升温速率对各试验指标影响都不是很大, 从生产效率出发选取 3℃/min 较为合理, 甚至可以更高些, 但也不宜升温过快, 过快则使油墨层交联不充分。



(a) - 对绝缘层漏电点影响; (b) - 对绝缘层硬度影响; (c) - 对绝缘层弯曲影响; (d) - 对绝缘层附着力影响; (e) - 对绝缘层冲击影响

图 3 正交试验各因子的效应曲线

Fig. 3 Effect-curves of orthogonal test factors

2.2 综合条件试验结果分析

选取烘干温度 160℃、保温时间 10min、升温速率 3℃/min 为固化工艺条件做验证试验, 试验结果指标分别为漏电点 31 个、硬度 5H、弯曲半径 2mm、与基板附着力 2 级、耐冲击力 160kN。试验结果表明绝缘油墨层性能优良, 同时并对试验的绝缘油墨层做电镜分析, 不同固化条件下(以温度变化为主)油墨层的扫描电子显微镜(SEM)图像如图 4~图 6 所示。从 SEM 图像看出, 140℃ 时, 油墨层断面呈柳絮状, 表明油墨层没有完全交联, 也就是说明此时并未固化好, 在此情况下极板绝缘油墨层的漏

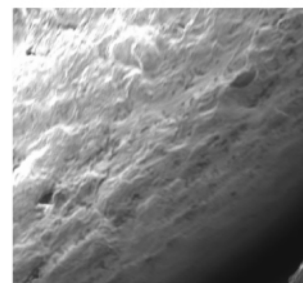


图 4 固化温度 140℃

Fig. 4 Solidifying temperature 140℃

电点较多, 附着力、硬度等试验指标都不是很好。

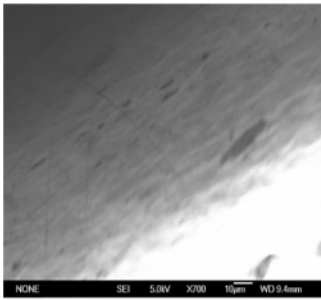


图5 固化温度 160℃

Fig. 5 Solidifying temperature 160℃

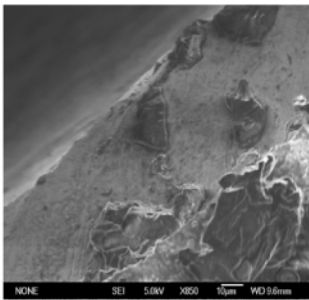


图6 固化温度 180℃

Fig. 6 Solidifying temperature 180℃

160℃时,油墨层断面最致密。适当提高固化温度,有利于油墨的进一步交联,因此160℃时油墨层交

联固化状态最佳,致密性最好,对应宏观的各项试验指标综合也最佳。180℃或者高于180℃时,油墨层断面开始出现龟裂状,表明油墨层有深度分解现象,虽然此时油墨层硬度指标很好,但其他指标呈明显下降趋势。

2.3 固化工艺探讨

由于用丝网镂印技术制备镍扣极板绝缘层的工艺对各种工艺参数要求很高,而且各种参数之间互相影响^[7],所以必须确定其他各种工艺参数,如印刷操作间温度、刮墨刀角度、刮墨速度、网距以及墨层厚度等,才可以确定固化工艺参数。加热方式也是影响固化工艺的重要因素,阶梯式升温、恒温加热的影响都不同,热源也有影响。若想对丝网镂印制备镍扣阴极板的各种工艺有更深了解,还有很多工作要做。

3 结论

用丝网镂印技术在不锈钢极板上印刷耐蚀绝缘涂料制备镍扣极板可行,此种固化工艺可以实现对油墨层的固化,并且取得较好效果。烘干温度对各种试验指标影响最大,其次是保温时间和升温速率。最佳固化工艺参数为固化温度160℃、保温时间10min、升温速率3℃/min。在此工艺条件下制备的镍扣极板绝缘层性能良好,能满足生产要求。

参考文献:

- [1] 曹川英, 候晓川, 杜平. 制备活性镍扣的工艺研究及问题探讨[J]. 有色冶炼, 1999, 28(s1): 58-60.
- [2] 王希靖, 王天宇. 镍扣种板表面绝缘层的制备及种板剥扣设备的设计[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2007: 11-13.
- [3] 王希靖, 王天宇. 丝网镂印技术制备镍扣极板绝缘层的工艺[J]. 兰州理工大学学报, 2007, 33(3): 31-34.
- [4] 梁繁荣. 丝网印刷技术[J]. 中小企业科技, 1999(8): 38-39.
- [5] 曹有元. 网印油墨知识问答[J]. 丝网印刷, 2001(5): 45-34.
- [6] 李云雁, 胡传荣. 试验设计与处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 39-46.
- [7] 陈伟. 简述丝网印刷的影响因素及其注意点[J]. 广东印刷, 2004(6): 42-43.

Manufacturing Solidifying Process of Insulate Layer of Nickel Buckles Cathode Plate with Silk Screen Printing

WANG Xi-jing^a, LI Xiang-guo^a, CUI Jin-feng^b

(^a. State Key Laboratory of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials

^b. College of Petrochemical Technology, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract

The optimized solidifying processing parameters for manufacturing insulate layer of nickel buckles cathode plate with silk screen printing technology are determined by means of orthogonal test. Analyzing the coating function from the microcosmic angle and the experimental results from the nickel buckles manufacturing spot, the solidifying effect of insulate layer of nickel buckles cathode plate is excellent with the optimal parameters of solidifying temperature 160℃, holding time 10 min, heating rate 3℃/min.

Keywords: metal material; nickel buckles cathode plate; screen printing; insulation layer; solidification; orthogonal test

(责任编辑 张振健)