

镀锡板边部漆膜附着力控制工艺研究

宋 浩^{1,2}, 方 圆^{1,2}, 万一群³, 石云光^{1,2}, 王爱红³, 胡 娜³, 王振文³

(1. 首钢集团有限公司技术研究院, 北京 100043; 2. 绿色可循环钢铁流程北京市重点实验室, 北京 100043;
3. 首钢京唐钢铁联合有限公司, 河北 唐山 063200)

[摘 要] 针对镀锡板边部漆膜附着力不良问题,通过电化学工作站、漆膜附着力测试仪和恒电位仪研究了软熔工艺、钝化电荷密度、带钢速度及钝化极板宽度对镀锡板边部镀层、漆膜附着力及耐蚀力的影响。结果表明:镀锡板边部钝化膜含量增加是边部附着力变差的主要原因。钝化电荷密度由 0.5 C/dm^2 降低到 0.1 C/dm^2 ,镀锡板边部与中部位置的漆膜附着力均能达到 1 级,但会导致耐蚀力不足。通过降低带速到 350 m/min 或缩窄钝化极板宽度到 840 mm 均可以降低钝化的边缘效应,镀锡板边部与中部位置的漆膜附着力均达到 1 级,耐蚀力达到 0 级。缩窄钝化极板宽度是提升镀锡板边部漆膜附着力的最佳选择。

[关键词] 漆膜附着力; 软熔工艺; 钝化工艺; 边缘效应; 耐蚀力

[中图分类号] TG174 **[文献标识码]** A **doi:** 10.16577/j.issn.1001-1560.2023.0039

[文章编号] 1001-1560(2023)02-0094-06

Research on the Control Process of Paint Adhesion on the Edge of Tinplate

SONG Hao^{1,2}, FANG Yuan^{1,2}, WAN Yi-qun³, SHI Yun-guang^{1,2}, WANG Ai-hong³, HU Na³, WANG Zhen-wen³

(1. Research Institute of Technology of Shougang Group Co., Ltd., Beijing 100043, China;

2. Beijing Key Laboratory of Green Recyclable Process for Iron & Steel Production Technology, Beijing 100043, China;

3. Shougang Jingtang United Iron & Steel Co., Ltd., Tangshan 063200, China)

Abstract: To solve the problem of poor paint adhesion on the edge of tinplate, electrochemical workstation, paint film adhesion tester and potentiostat were employed to study the effects of reflow process, passivation charge density, strip speed and passivation electrode plate width on the coating, paint adhesion and corrosion resistance of tinplate edge. Results showed that the increase of the passive film content on the edge of the tinplate was the main reason for the deterioration of the paint adhesion. When the passivation charge density was reduced from 0.5 C/dm^2 to 0.1 C/dm^2 , the adhesion of the paint film at the edge and middle of the tinplate could reach level 1, but it would cause insufficient corrosion resistance. Reducing the belt speed to 350 m/min or narrowing the passivation plate width to 840 mm could reduce the edge effect of passivation, and the paint film on the edge and middle of the tinplate possessed a paint adhesion of grade 1 and a corrosion resistance of grade 0. Hence, narrowing the passivation plate was the best choice to improve the adhesion of the paint film on the edge of the tinplate.

Key words: paint adhesion; reflow process; passivation process; edge effect; corrosion resistance

0 前 言

电镀锡板应用于食品包装,主要有 2 种使用方式,一种是素铁包装,即镀锡板使用时内表面不涂漆,直接与内容物接触,主要包括奶粉罐、水果罐、蘑菇罐等;一种是涂料铁包装,即内表面至少涂一道漆,用来阻隔与灌装内容物接触,延长其包装材料寿命,包括大部分的饮料罐、食品罐。漆膜附着力是涂料使用性能的一项重要指标,镀锡板在涂漆时是通过辊涂的方式在表面形成一层均匀的湿膜,经过 $180\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温烘烤固

化形成致密的干膜,有些腐蚀性高的内容物需要在镀锡板表面涂 2~3 道油漆,油漆增厚对镀锡板的附着力性能要求也就更高。目前对镀锡板中部位置漆膜附着力的影响因素研究较多,研究成果认为镀锡板漆膜附着力主要与镀锡板表面钝化膜、氧化膜、表面粗糙度以及涂料特性有关^[1-7]。在实际应用中发现在镀锡板的边部与中部的表面特性有明显不同,在现有工艺条件下中部附着力能够满足使用要求,但在镀锡板的两侧边部 2 cm 内存在严重的漆膜附着力不良问题,边部附着力不良产品在灌装后导致的腐蚀问题频发。

[收稿日期] 2022-08-03

[通信作者] 宋 浩(1988-),硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为电镀锡工艺,E-mail:songhao0405@163.com

本工作针对镀锡板边部漆膜附着力不良问题,研究了感应软熔工艺、钝化电荷密度、钝化极板宽度、带钢速度对镀锡板边部镀层、漆膜附着力及耐蚀力的影响,从而确定了影响镀锡板边部附着力、耐蚀力的主要因素及控制工艺。

1 实验

1.1 实验材料 with 处理

采用一次冷轧连退基板 MR T-4 CA,化学成分如表 1 所示,规格 0.20 mm×858.00 mm,冷轧板退火后进行双机架湿平整,将钢板表面粗糙度控制在 0.35~0.55 μm。电镀锡工艺流程按照化学碱洗、电解碱洗、化学酸洗、电镀锡、合金软熔、钝化处理、涂油漆的顺序进行。

表 1 MR T-4 CA 化学成分

Table 1 Chemical composition of MR T-4 CA									
元素	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni	Fe
w/%	0.040	0.010	0.230	0.008	0.006	0.048	0.003	2.010	0 余量

电镀锡工艺段使用 MSA 电镀液,阳极为可溶性阳极,电镀电流密度采用 15 A/dm²,获得 2.0 g/m²锡层。

合金软熔工艺段采用单感应加热方式,软熔温度为 265 ℃、感应线圈距淬水槽高度分别设置为 4.5,5.5,6.5 m。

钝化处理采用重铬酸钠阴极电解钝化,钝化液为 Na₂Cr₂O₇,浓度为 25 g/L,pH 值为 4.4,钝化液温度为 42 ℃,对钝化电荷密度进行调整,分别为 0.1,0.3,0.5 C/dm²。

带钢运行速度分别设置为 350,400,480 m/min。

钝化极板宽度设置为 1 500,1 100,840 mm。

涂漆按照酸性功能饮料产品要求的两涂两烘工艺,首先进行第一遍涂漆,采用扬州扬瑞涂料 MC6266,膜重 6.0 g/m²,烘烤温度 190 ℃,烘烤时间 15 min,样品放置冷却后进行第二遍涂漆,采用扬州扬瑞涂料 MC6390,膜重 9.0 g/m²,烘烤温度 200 ℃,烘烤时间 15 min,最终漆膜的干膜厚度为 15.0 g/m²。

1.2 测试方法

1.2.1 镀层检测

镀层钝化膜中各成分的含量检测采用 PGSTART 128N 电化学工作站进行,试样尺寸为 2 cm×2 cm,测试温度为 25 ℃,参比电极为饱和甘汞电极,对电极为铂电极,试样检测前用酒精清洗,具体检测方法如下:

钝化膜铬含量测试参照 GB/T 28290-2012“电镀锡钢板表面铬含量的试验方法”,在磷酸盐缓冲液中以

试样为阳极,电流密度为 25 μA/cm²,测量电解曲线利用校准系数计算得到钝化膜含量。

总锡量、合金锡量测试参照 GB/T 1838-2008“电镀锡钢板镀锡量试验方法”,电解液为 1 mol/L 盐酸,电流密度为 4.2 mA/cm²,根据纯锡层、合金锡、钢基体相对于参比电极的电位不同,记录溶解过程试样电位随时间变化求得纯锡、合金锡的含量。

氧化膜含量测试是在不含氧的 0.001 mol/L 的氢溴酸中以试样为阳极,电流密度为 25 μA/cm²,观察电位值随时间的变化得到电位-时间曲线,以电位稳定点为测试终点,根据开始测试到电位稳定点的时间计算消耗电量代表氧化膜含量,用 mC/cm²表示^[8]。

1.2.2 附着力测试

漆膜附着力性能测试及评级参照 QB/T 2763-2006“涂覆镀锡(或铬)薄钢板”中的附着力测试方法,评级标准如表 2 所示,其中 1 级最优,4 级最差。

表 2 附着力评级标准

Table 2 Adhesion rating criteria	
附着力/级	漆膜撕下面积占比/%
1	0
2	10
3	25
4	50

1.2.3 耐蚀力测试

以柠檬酸(50 g/L)、硝酸钠(0.14 g/L)、抗坏血酸(0.5 g/L)的混合溶液为电解液,恒压电源将输出电压调整为 15 V,涂漆镀锡板为阳极,不锈钢片为阴极,通电进行电解腐蚀试验 1 h 后观察表面腐蚀情况。电解腐蚀试验后耐蚀力评级参照 QB/T 2763-2006“涂覆镀锡(或铬)薄钢板”中耐蚀力评级方法,等级分为 0~3 级,其中等级越高耐蚀力越差,即 0 级最优,3 级最差。

2 结果与讨论

2.1 软熔工艺对边部镀层及附着力的影响

软熔工艺是将镀锡板加热到锡熔点以上,经过一段时间达到锡熔化流平的目的,同时形成 Sn-Fe 合金层以增加锡镀层的结合力,氧化膜也主要是在这个阶段形成的。

带钢从感应线圈末端到水淬槽的高度称为软熔高度,在感应线圈内达到的温度称为为软熔温度,在镀锡板生产过程保持其他生产工艺不变,测试软熔温度与软熔高度对边部镀层及漆膜附着力的影响,工艺方案如表 3 所示。

表 3 软熔工艺试验方案

Table 3 Test program of reflow process

编号	速度/ (m·min ⁻¹)	镀锡量/ (g·m ⁻²)	软熔温 度/℃	软熔高 度/m	钝化电荷 密度/ (C·dm ⁻²)	钝化极 板宽度/ mm	涂漆量/ (g·m ⁻²)
1	480	2.0	265	4.5	0.3	1 500	15
2	480	2.0	265	5.5	0.3	1 500	15
3	480	2.0	265	6.5	0.3	1 500	15
4	480	2.0	275	5.5	0.3	1 500	15
5	480	2.0	285	5.5	0.3	1 500	15

库仑法检测镀锡层存在一定误差,通常 2 个样品的合金锡检测结果差值 $\leq 0.05\text{ g/m}^2$ 认为无差异,氧化膜检测结果差值 $\leq 0.05\text{ mC/cm}^2$ 认为无差异。通过对比不同软熔高度和软熔温度下样品合金锡量和氧化膜含量的检测结果(图 1)可以看出,软熔温度对镀锡板合金锡量和氧化膜含量的影响要强于软熔高度的影响,通过对比不同软熔高度和软熔温度条件下边部和中部位置合金锡量和氧化膜含量可以看出,边部的合金锡含量和氧化膜含量与中部无明显差异,感应软熔不存在边缘效应,不会导致明显的边中差异。

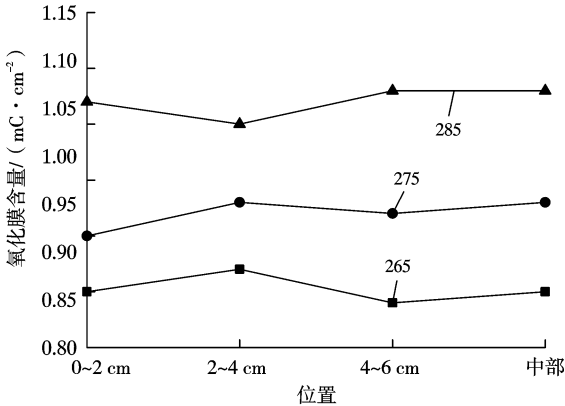
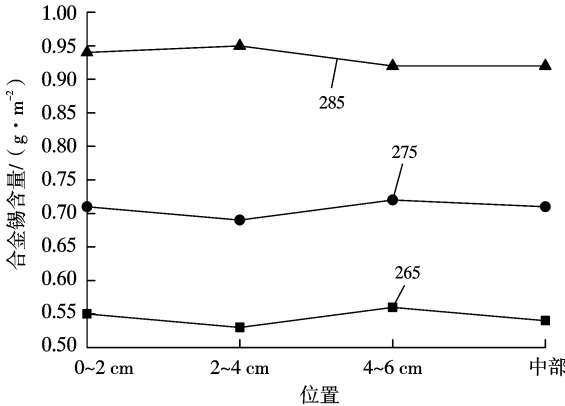
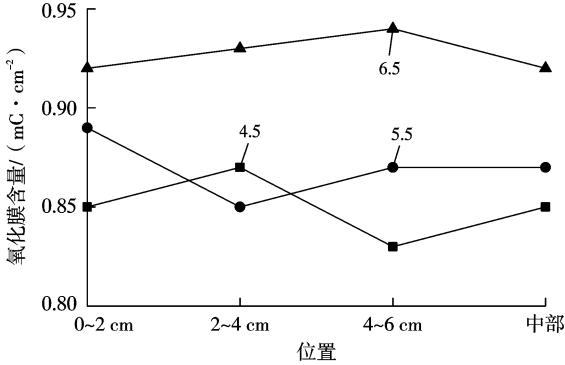
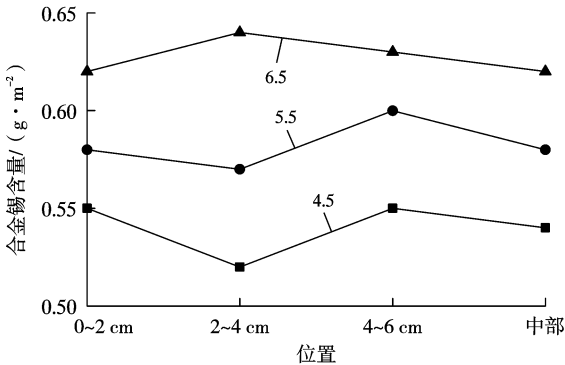


图 1 不同位置的合金锡含量和氧化膜含量

Fig. 1 Alloy tin content and oxide film content at different positions

表 4 为不同软熔工艺下漆膜附着力及耐蚀力测试结果。由表 4 可以看出,在不同软熔工艺条件下边部 0~

2 cm 处附着力均为 2 级,边部 2~4 cm 处附着力均为 1 级,中部附着力均为 1 级。由中部附着力结果可以看出,在试验范围内软熔高度和软熔温度对附着力没有影响,由边部、中部附着力对比结果可以看出,软熔工艺不是造成镀锡板边部与中部附着力差异的原因。耐蚀力检测结果显示软熔工艺对镀锡板的耐蚀力无影响。

表 4 不同软熔工艺下漆膜附着力及耐蚀力

Table 4 Paint adhesion and corrosion resistance under different reflow process

编号	边部 0~2 cm 附着力/级	边部 2~4 cm 附着力/级	边部 4~6 cm 附着力/级	中部 附着力/级	中部 耐蚀力/级
1	2	1	1	1	0
2	2	1	1	1	0
3	2	1	1	1	0
4	2	1	1	1	0
5	2	1	1	1	0

2.2 钝化电荷密度对边部钝化膜及附着力的影响

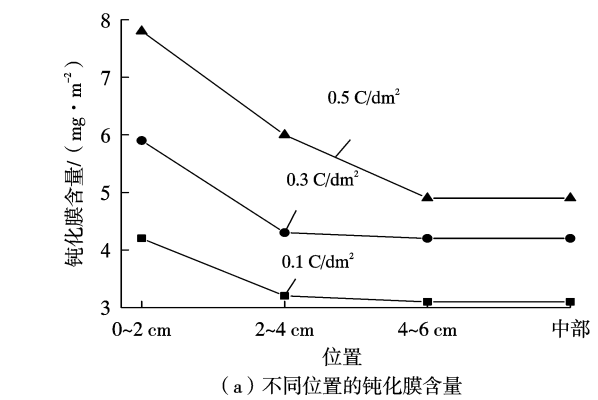
重铬酸钠阴极电解钝化是在直流电作用下将六价铬还原,在带钢表面沉积三价铬及单质铬,钝化控制模式一般为钝化电荷密度控制,系统根据设定的钝化电荷密度和实际的带钢宽度以及带钢速度输出直流电

流。保持其他生产工艺不变,仅调整钝化电荷密度,根据工艺设计试验方案如表 5 所示。

表 5 钝化电荷密度试验方案

Table 5 Test program of passivation charge density						
编号	速度/ (m·min ⁻¹)	软熔温 度/℃	软熔高 度/m	钝化电 荷密度/ (C·dm ⁻²)	钝化极 板宽度/ mm	涂漆量/ (g·m ⁻²)
1	480	265	4.5	0.1	1 500	15
2	480	265	4.5	0.3	1 500	15
3	480	265	4.5	0.5	1 500	15

图 2 为不同钝化电荷密度下不同位置的钝化膜含



量和边中钝化膜含量比值。图 2 结果表明,在钝化过程有明显的边缘效应,钝化电荷密度对镀锡板的边部钝化膜含量增加有显著作用,钝化电荷密度越大,边缘效应越强,边部钝化膜增加越明显。钝化电荷密度为 0.1 C/dm²时钝化膜增厚宽度约 2 cm,镀锡板宽度 0~2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.35 倍;钝化电荷密度为 0.3 C/dm²时钝化膜增厚宽度约 2 cm,镀锡板 0~2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.40 倍;钝化电荷密度为 0.5 C/dm²时钝化膜增厚宽度约 4 cm,镀锡板 2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.60 倍。

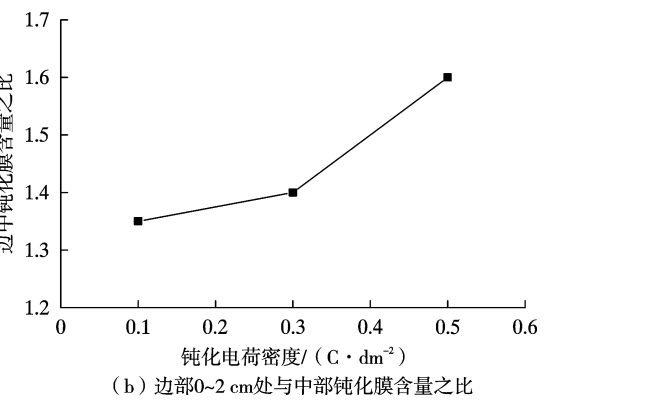


图 2 不同钝化电荷密度下不同位置的钝化膜含量和边中钝化膜含量比值
Fig. 2 Passive film content at different positions and its ratio of edge to middle under different passivation charge density

由表 6 不同钝化电荷密度生产的镀锡板漆膜附着力测试结果可以看出,钝化电荷密度对边部附着力影响作用明显,钝化电荷密度越高,边部附着力的下降越明显。钝化电荷密度为 0.1 C/dm²时镀锡板边部漆膜附着力与中部无差异,均达到 1 级;钝化电荷密度为 0.3 C/dm²时镀锡板边部 0~2 cm 附着力为 2 级,其余位置均达到 1 级;钝化电荷密度为 0.5 C/dm²时镀锡板边部 0~2 cm 附着力为 3 级,边部 2~4 cm 附着力为 2 级,其余位置均达到 1 级。

表 6 不同钝化电荷密度镀锡板漆膜附着力评级

Table 6 Adhesion rating of tinfoil with different passivation charge density				
编号	边部 0~2 cm 附着力/级	边部 2~4 cm 附着力/级	边部 4~6 cm 附着力/级	中部 附着力/级
1	1	1	1	1
2	2	1	1	1
3	3	2	1	1

对不同电荷密度条件下的镀锡板涂漆后进行耐蚀力检测,结果如图 3 所示。

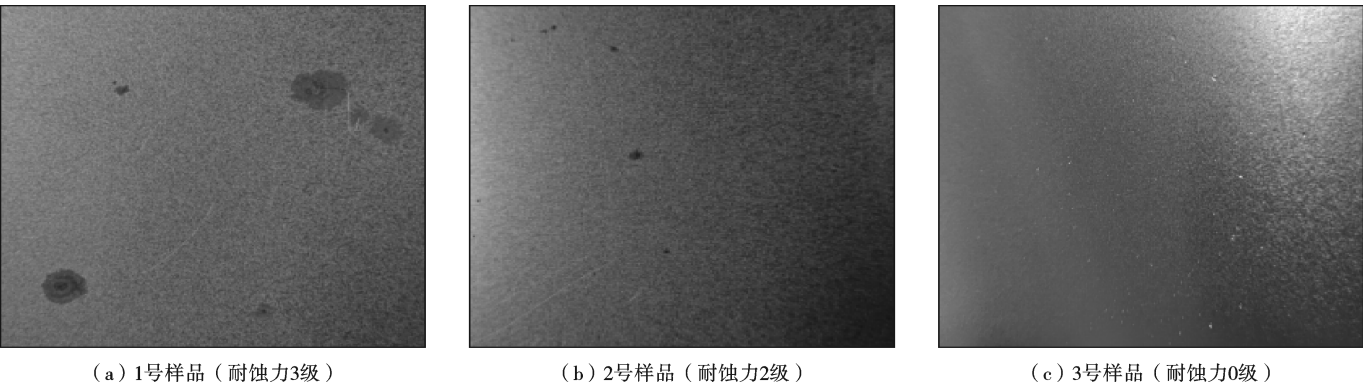


图 3 耐蚀力测试结果

Fig. 3 Corrosion resistance test results

随着钝化电荷密度的降低,镀锡板的耐蚀力呈下降趋势,钝化电荷密度 0.1 C/dm²时镀锡板涂漆后的耐

蚀力最差,为3级,钝化电荷密度 0.3 C/dm²时其耐蚀力为2级,钝化电荷密度 0.5 C/dm² 时其耐蚀力最优,达到0级。

通过以上试验结论明确了钝化边缘效应导致镀锡板边部钝化膜厚度增加是边部附着力变差的主要原因,通过降低钝化电荷密度可以降低钝化的边缘效应,使边部 0~2 cm 和中部附着力均达到1级,但会导致中部镀锡板钝化膜的整体厚度降低从而使耐蚀力下降,不能满足酸性功能饮料要求耐蚀力 0 级的技术标准,因此需要对钝化工艺过程中影响钝化边缘效应的其他因素开展进一步研究。

2.3 带速对边部钝化膜及附着力的影响

镀锡板钝化时钝化电荷密度和带钢宽度一定的条件下,带钢运行速度的提升必然会带来钝化电流的升高,因此需要研究带速对边部钝化膜含量增加的影响。保持软熔工艺、钝化电荷密度、钝化极板宽度和涂漆厚度不变,仅对带钢运行速度进行调整,工艺设计如表 7 所示,根据产品中部漆膜附着力 1 级和耐蚀力 0 级的

要求,钝化电荷密度选择 0.5 C/dm²。

表 7 带速试验方案

Table 7 Test program of different strip speeds

编号	速度/ (m·min ⁻¹)	软熔温 度/℃	软熔高 度/m	钝化电 荷密度/ (C·dm ⁻²)	钝化极 板宽度/ mm	涂漆量/ (g·m ⁻²)
1	350	265	4.5	0.5	1 500	15
2	400	265	4.5	0.5	1 500	15
3	480	265	4.5	0.5	1 500	15

图 4 为不同带速下不同位置钝化膜含量及边中钝化膜含量的比值,图 4 表明镀锡板边部钝化膜含量增加与带钢速度呈正相关关系,带速越快,边部钝化膜含量增加越明显,带速为 350 m/min 时出现钝化膜增厚的宽度约 4 cm,镀锡板宽度 0~2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.17 倍;带速为 400 m/min 时出现钝化膜增厚的宽度约 4 cm,镀锡板 0~2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.29 倍;带速为 480 m/min 时出现钝化膜增厚的宽度约 4 cm,镀锡板 0~2 cm 处钝化膜含量是中部的 1.60 倍。

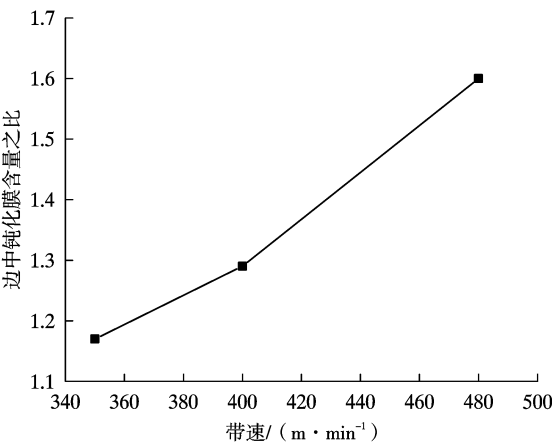
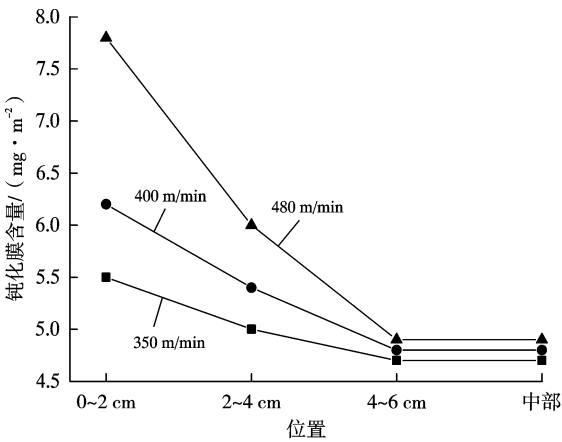


图 4 不同带速下不同位置钝化膜含量及边中钝化膜含量比值

Fig. 4 Passive film content at different positions and the ratio of edge to middle under different speeds

表 8 为不同带速下镀锡板漆膜附着力及耐蚀力。

表 8 不同带速下镀锡板漆膜附着力及耐蚀力

Table 8 Paint adhesion and corrosion resistance under different strip speeds

编号	边部 0~2 cm 附着力/级	边部 2~4 cm 附着力/级	边部 4~6 cm 附着力/级	中部 附着力/级	中部 耐蚀力/级
1	1	1	1	1	0
2	2	1	1	1	0
3	3	2	1	1	0

由表 8 不同带速下镀锡板漆膜附着力及耐蚀力测试结果可以看出,带速越高则边部 0~2 cm 处附着力越差,带速为 350 m/min 时镀锡板边部漆膜附着力与中

部无差异,均达到1级;带速为 400 m/min 时镀锡板边部 0~2 cm 附着力为2级,其余位置均达到1级;带速为 480 m/min 时镀锡板边部 0~2 cm 附着力为3级,边部 2~4 cm 附着力为2级,其余位置均达到1级。不同带速下生产的镀锡板耐蚀力检测结果均为0级。

2.4 极板宽度对边部钝化膜及附着力的影响

钝化电极板材质为 Q235B,宽度一般为 1 500 mm,示意图如图 5 所示,电极板宽度远超带钢宽度 858 mm,因此需要测试将钝化极板切割缩窄是否可减轻钝化的边缘效应,将极板缩窄至 1 100 和 840 mm,试验设计如表 9 所示,其中为保持生产效率,带速选择目前生产最高速 480 m/min。

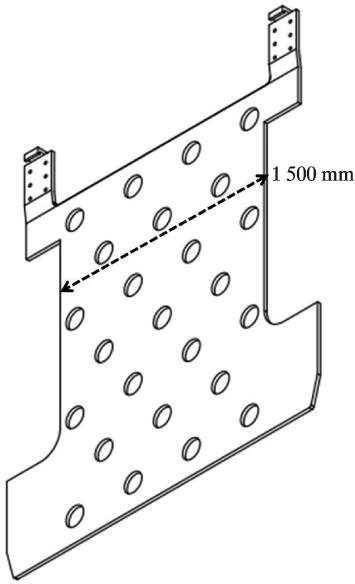


图 5 钝化电极板示意图

Fig. 5 Diagram of the passivation plate electrode

表 9 钝化极板宽度试验方案

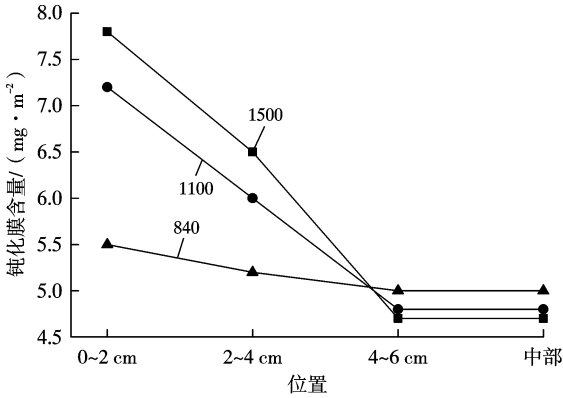
Table 9 Test program of different passivation electrode plate widths

编号	钝化极板 宽度/mm	钝化电 荷密度/ ($C \cdot dm^{-2}$)	带速/ ($m \cdot min^{-1}$)	软熔温 度/ $^{\circ}C$	软熔高 度/m	涂漆量/ ($g \cdot m^{-2}$)
1	1 500	0.5	480	265	4.5	15
2	1 100	0.5	480	265	4.5	15
3	840	0.5	480	265	4.5	15

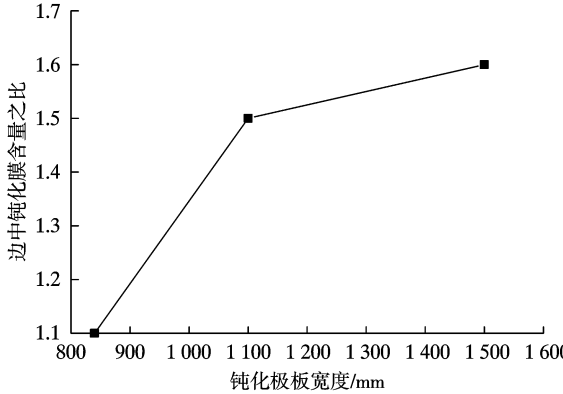
由图 6 不同钝化极板宽度下不同位置钝化膜含量及边中钝化膜含量比值可以看出,钝化极板宽度对镀锡板的边部钝化膜增厚问题有改善作用,钝化极板宽度为 1 500 mm 时,边部 0~2 cm 钝化膜含量是中部的 1.60 倍;钝化极板宽度为 1 100 mm 时边部 0~2 cm 钝化膜含量是中部的 1.50 倍,钝化极板宽度为 840 mm 时边部 0~2 cm 钝化膜含量是中部的 1.10 倍。

由表 10 不同极板宽度条件下镀锡板附着力及耐蚀力评级结果对比可以看出,钝化极板宽度 1 500 mm 与钝化极板宽度 1 100 mm 时边部 0~2 cm 处附着力均达到 3 级,中部附着力 1 级,钝化极板宽度 840 mm 时边部 0~2 cm 处和中部附着力均能达到 1 级,因此通过缩窄极板可以达到降低边缘效应的作用,实现边中附着力均达到 1 级。耐蚀力检测结果显示不同钝化极板宽度条件下镀锡板的耐蚀力均能达到 0 级。

综上所述,降低钝化电荷密度、降低带速和缩窄钝化极板宽度均能降低钝化的边缘效应,由于降低钝化电荷密度会引发耐蚀力下降的新问题,不能在工业生



(a) 不同位置的钝化膜含量



(b) 边部0~2 cm处与中部钝化膜含量之比

图 6 不同钝化极板宽度下不同位置钝化膜含量及边中钝化膜含量比值

Fig. 6 Passive film content at different positions and the ratio of edge to middle under different electrode plate widths

产中应用;带速是影响企业生产效率的关键因素之一,降低带速意味着生产效率的损失,不能作为最优选择;缩窄钝化极板可以在不降低生产效率的前提下实现附着力和耐蚀力均能达到最优。

表 10 不同极板宽度条件下镀锡板附着力及耐蚀力

Table 10 Paint adhesion and corrosion resistance under different electrode plate width

编号	边部 0~2 cm 附着力/级	边部 2~4 cm 附着力/级	边部 4~6 cm 附着力/级	中部附 着力/级	中部耐 蚀力/级
1	3	2	1	1	0
2	3	2	1	1	0
3	1	1	1	1	0

3 结 论

(1)感应软熔工艺不会导致镀锡板边部与中部的合金层、氧化膜出现差异,也不会造成镀锡板边部和中位置的漆膜附着力出现差异。

(2)镀锡板电解钝化的边缘效应造成边部钝化膜厚度的增加是边部与中部附着力出现差异的主要原因。
(下转第 110 页)

- and performance study of lithium silicate modified water-borne polyurethane high temperature resistant coatings[J]. Shandong Chemical Industry, 2019, 48(21): 6-8.
- [57] 彭叔森, 曾志翔, 韩金, 等. 有机硅溶胶—凝胶防腐蚀涂层研究进展[J]. 中国材料进展, 2014, 33(2): 77-85. PENG S S, ZENG Z X, HAN J, et al. Progress of anticorrosion of silane based sol-gel coating[J]. Materials China, 2014, 33(2): 77-85.
- [58] 何岩. 有机-无机复合型防腐耐高温涂料的制备与研究[D]. 大连: 大连交通大学, 2014. HE Y. Preparation of organic-inorganic composite high-temperature corrosion coating[D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2014.
- [59] 关振威, 张玉忠, 周锴, 等. 耐高温冲击无机—有机杂化纳米防腐涂层制备及性能研究[J]. 表面技术, 2018, 47(5): 186-190. GUAN Z W, ZHANG Y Z, ZHOU K, et al. Preparation and property of inorganic-organic hybrid nano-coatings for thermal shock and anti-corrosion protection[J]. Surface Technology, 2018, 47(5): 186-190.
- [60] 晏涛, 谢耀文, 周巧妹. 复合水溶性耐高温腐蚀涂料的制备和研究[J]. 汽车工艺与材料, 2021(12): 38-41. YAN T, XIE Y W, ZHOU Q M. Preparation and study on water soluble composite coatings with high temperature corrosion resistance[J]. Automobile Technology & Material, 2021(12): 38-41.
- [61] 张全伟, 张剑飞, 刘建武, 等. 镁合金防护底漆的研制[J]. 现代涂料与涂装, 2020, 23(4): 11-14. ZHANG Q W, ZHANG J F, LIU J W, et al. Development of magnesium alloy protective primer[J]. Modern Paint & Finishing, 2020, 23(4): 11-14.
- [62] 范名琦, 李海燕, 张世珍, 等. 镁合金用抗静电耐温涂料研究[J]. 特种功能型涂料, 2012, 15(9): 28-30. FAN M Q, LI H Y, ZHANG S Z, et al. Study on antistatic temperature resistance coatings used for magnesium alloy[J]. Special Functional Paint, 2012, 15(9): 28-30.
- [63] 方倩, 郭常青, 杨凯, 等. 带油镁合金用耐高温涂料的研制[J]. 涂料工业, 2014, 45(12): 1-6. FANG Q, GUO C Q, YANG K, et al. Preparation of high temperature coatings for magnesium alloy with oil[J]. Paint & Coatings Industry, 2014, 45(12): 1-6.

[编校:董雪]

(上接第99页)

(3)降低钝化电荷密度会减轻边缘效应,有效缓解边部钝化膜厚度增加,但会造成中部钝化膜含量过低,引起涂漆镀锡板耐蚀力不足的问题。

(4)带钢运行速度越快边缘效应越明显,带速由480 m/min降低至350 m/min,边部与中部附着力均能达到1级,涂漆镀锡板的耐蚀力达到0级。

(5)缩窄钝化极板可有效减轻边缘效应,钝化极板宽度由1500 mm缩窄到840 mm,边部与中部附着力均能达到1级,涂漆镀锡板的耐蚀力达到0级。

[参考文献]

- [1] BIERMANN M C, SANDENBERGH R F, MOLTKE T V S. Characteristics and lacquer adhesion on dip and CDC chromium passivated tinplate[J]. Corrosion Science, 2005, 48(10): 2925-2936.
- [2] 宋浩, 方圆, 李海旭, 等. 大变形量镀锡板抗硫性能影响因素研究[J]. 电镀与精饰, 2019, 41(5): 38-42. SONG H, FANG Y, LI H X, et al. Study on influence factors of sulfur corrosion resistance for high deformation tinplate[J]. Plating and Finishing, 2019, 41(5): 38-42.
- [3] MELVIN C, JEWELL E, DE VOOYS A, et al. Surface and adhesion characteristics of current and next generation steel

packaging materials[J]. Journal of Packaging Technology and Research, 2018, 2(2): 93-103.

- [4] MELVIN C, JEWELL E, MIEDEMA J, et al. Identifying interlayer surface adhesion failure mechanisms in tinplate packaging steels[J]. Packaging Technology and Science, 2019, 32(7): 345-355.
- [5] 王章薇, 游波. 食品包装涂层用树脂对镀锡板基材附着性能的影响[J]. 涂料工业, 2021, 51(12): 7-13. WANG Z W, YOU B. Effect of resin for food packaging coatings on adhesion properties to tinplate substrate[J]. Paint & Coatings Industry, 2021, 51(12): 7-13.
- [6] 曾林, 李宁, 黎德育, 等. 镀锡板钝化膜影响涂漆附着力的XPS分析[J]. 材料保护, 2011, 44(2): 64-66. ZENG L, LI N, LI D Y, et al. Effect of passivation film of tinplates on adhesion of lacquer studied by X-ray photoelectron spectroscopy[J]. Materials Protection, 2011, 44(2): 64-66.
- [7] 曾林, 李宁, 黎德育. 电镀锡薄钢板氧化膜和钝化膜的分析检测方法[J]. 电镀与涂饰, 2010, 29(11): 41-45. ZENG L, LI N, LI D Y. Detection and analysis methods for oxide film and passive film on tinplate[J]. Electroplating & Finishing, 2010, 29(11): 41-45.

[编校:董雪]