

浅谈冷轧钢板前处理工艺的影响因素

王 连, 彭 杨, 周宪民, 周 瑜
(沈阳帕卡瀚精有限总公司, 沈阳 110000)

摘要:以冷轧钢板为基材,采用扫描电子显微镜(SEM)、X 荧光定性全扫描(XRF)探究了冷轧钢板在不同薄膜前处理工艺配套阴极电泳形成化学转化膜对板材物理性能和耐中性盐雾性能的影响。采用正交试验法选取对药剂影响最大的 4 个因素,分析对薄膜前处理影响的主次因素。结果表明:冷轧钢板的上膜量区间在 30~60 mg/m²,电泳膜厚控制在 18~20 μm,并进行包边划叉试验,影响薄膜前处理物理性能及中性盐雾性能的主次因素为 pH、游离氟浓度、有机物种类、温度,优选方案为:pH 4.3、游离氟 28 mg/L、有机物 1、温度 25 ℃。

关键词:冷轧钢板;薄膜前处理;正交试验;物理性能

中图分类号:TQ639 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-9548(2025)01-0001-03

Discussion on the Factors Influencing the Pretreatment Process of Cold Rolled Steel Plate

WANG Lian, PENG Yang, ZHOU Xian-min, ZHOU Yu
(Shenyang Parkerizing Co., Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: Using cold-rolled steel plate as the substrate, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray fluorescence qualitative full scanning (XRF) were used to investigate the effect of cathodic electrophoresis forming chemical conversion films on the physical properties and neutral salt spray resistance of cold-rolled steel plate under different film pre-treatment processes. Using orthogonal experimental method to select the four factors that have the greatest impact on the reagent, analyze the primary and secondary factors that affect the film pre-treatment. The results showed that the film weight range of cold rolled steel sheet was 30 ~ 60 mg/m², and the film thickness controlled by electrophoresis was 18 ~ 20 μm. The primary and secondary factors affecting the physical properties of the film pretreatment and the neutral salt spray properties are pH, free fluorine concentration organic species temperature, the optimal scheme is pH 4.3, free fluorine 28 mg/L, organic 1, temperature 25 ℃.

Key words: cold rolled steel sheet; film pretreatment; orthogonal experiment; physical properties

0 引言

目前,在汽车行业中应用的前处理工艺大部分以传统的铁系、锌系和锰系为主,并与阴极电泳涂装配套^[1-4],已经在市场中应用多年,技术也趋于成熟。但传统磷化处理冷轧钢板产生的废渣较多,由于含有镍等有害重金属离子,以及大量的磷、亚硝酸,在处理废水

时增加成本,而且大量磷元素排到水中,会引起水体富营养化,产生污染。在处理汽车过程中温度较高导致耗能高,受到国家环保节能政策方面的巨大压力^[5]。而以锆盐和硅烷或者有机树脂材料为主要成分的薄膜前处理工艺具有低能耗、污染小、残渣量少等优点,成为人们研究的目标^[6],近年来逐渐走进汽车制造工厂和大众的视野中。

1 薄膜汽车前处理原理简介

薄膜汽车前处理的处理液一般由锆盐(包括氟锆酸、氟锆酸铵、氟锆酸钾或氟锆酸钠中的一种或几种)

收稿日期:2023-11-14

作者简介:王连(1995—),女,硕士,助理工程师,主要从事汽车涂装前处理研究相关工作。E-mail:1281134601@qq.com。

及添加剂(包括缓冲体系、离子调节剂、缓蚀剂、氨基硅烷或合成树脂中的一种或几种)构成。反应机理主要是利用氟锆酸或氟锆酸盐通过在一定 pH 范围内的水解反应(pH 一般在 3.8~4.8),在金属基材表面形成一种化学性质稳定的无定型氧化物或氢氧化物,通过加入氧化剂和螯合剂,促进此水解反应的进行,从而获得性能良好的金属表面皮膜,在后续涂装处理中起到防腐作用。但由于汽车车身较高的外观要求以及耐蚀性要求,薄膜前处理技术仅在部分汽车车身涂装线上获得应用。为了提高薄膜前处理的物理性能和耐蚀性能,本文研究了不同条件对薄膜前处理工艺物理性能和耐蚀性能的影响,通过正交试验改变有机物的种类,提高了冷轧钢板的耐蚀性能,为汽车薄膜前处理工艺提供一定的参考价值^[7-8]。

2 试验方法

2.1 试验材料

本试验所采用的冷轧钢板试片规格为 150 mm×70 mm×0.7 mm 的标准尺寸冷轧板,采用 X 荧光定性全扫描探究了其表面元素组成,其中 99%为铁元素,还包含一些其他含量较低的金属元素铝、钾、铬、锰和非金属元素硅、磷、硫、氯等。

所用化学药剂主要包括:氢氧化钠,工业品;表面活性剂,工业品;氟锆酸(45%),国药试剂;硝酸(67.5%),工业品;有机硅烷,工业品,主要含有氨基基团。

2.2 试验工作液的配制

2.2.1 脱脂工作液

脱脂前处理工作液主要使用氢氧化钠和一些表面活性剂,目的是清洗掉冷轧钢板表面的各种油污、灰尘、泥沙和一些氧化物。

2.2.2 无磷工作液

无磷前处理工作液主要使用氟锆酸和有机硅烷,在脱脂并水洗后的冷轧钢板表面形成一层稳定的锆化膜,配套阴极电泳,从而提高基材物理性能和耐蚀性能。

2.2.3 前处理溶液的工艺参数

脱脂工作液主要管理参数为:游离碱度 10~15 mL,温度 38~42 °C,处理时间 2~4 min。无磷工作液的配制主要采用正交试验法,根据成膜物质的影响因素选取 4 个因素,即温度、pH、游离氟浓度和有机物种类,3 个水平即为 4 个因素的变量,包括温度(25 °C、35 °C 和 45 °C),pH(3.8、4.3 和 4.8),游离氟浓度(12 mg/L、28 mg/L 和 45 mg/L),有机物种类(有机物 1、有机物 2 和有机物 3)。采用全阶乘因子试验(全因子试验),即所有因子的所有水平的所有组合都至少进行一次试验,保证试验的完整性,同时避免了大量的重复试验^[9]。本试验采用 $L_9(3^4)$ 正交表格进行,见表 1。

表 1 正交试验

编号	(A)	(B)	(C)	(D)
	温度/°C	pH	游离氟浓度/(mg·L ⁻¹)	有机物种类
1	1(25)	1(3.8)	1(12)	1(有机物 1)
2	1(25)	2(4.3)	2(28)	2(有机物 2)
3	1(25)	3(4.8)	3(45)	3(有机物 3)
4	2(35)	1(3.8)	2(28)	3(有机物 3)
5	2(35)	2(4.3)	3(45)	1(有机物 1)
6	2(35)	3(4.8)	1(12)	2(有机物 2)
7	3(45)	1(3.8)	3(45)	2(有机物 2)
8	3(45)	2(4.3)	1(12)	3(有机物 3)
9	3(45)	3(4.8)	2(28)	1(有机物 1)

如表 1 所列,进行 9 组试验,考察冷轧钢板的物理性能以及 1 000 h 中性盐雾性能,找到影响性能的主要因素以及最优组合,再进行下一步的研究。

2.3 前处理工艺流程

试验工艺流程均为:脱脂→水洗→纯水洗→薄膜前处理→水洗→纯水洗→电泳→干燥。

2.4 测试分析

采用 XRF 对不同无磷工作液制备的冷轧钢板膜层进行测量,研究不同条件对膜重的影响。电泳膜厚控制在(20±2) μm^[10],参考 GB/T 4956—2003《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》进行膜厚的测量;参考 GB/T 1732—1993《漆膜耐冲击测定法》进行钢板的耐冲击试验;参考 GB/T 10125—2021《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》进行 1 000 h 中性盐雾试验。

3 结果与讨论

3.1 正交条件对钢板表面上膜量的影响

采用正交试验法进行了 9 组试验,同时保持脱脂和硅烷前处理的其他变量一致,采用 XRF 测试板材表面锆的附着量。试验 1~9 的板材锆上膜量分别为 46.786 mg/m²、52.360 mg/m²、36.251 mg/m²、45.182 mg/m²、41.390 mg/m²、47.167 mg/m²、36.069 mg/m²、43.167 mg/m²、47.184 mg/m²。根据这 9 组数据可以看出,采用正交试验法得到的冷轧钢板表面锆上膜量存在一定差异,试验 3、试验 5 和试验 7 钢板表面上膜量较其他试验组低,推测可能是游离氟对其表面的上膜量影响较大,游离氟浓度越高,其表面上膜量越低。但总体而言,其表面上膜量基本保持在 30~60 mg/m² 之间。

3.2 钢板物理性能及耐盐雾性能分析

钢板采用正交试验法制备完成后,对其进行阴极电泳,同时控制漆膜厚度在 18~20 μm,按照标准对其进行物理性能及中性盐雾 1 000 h 测试。耐冲击试验和百格试验结果见图 1~2。

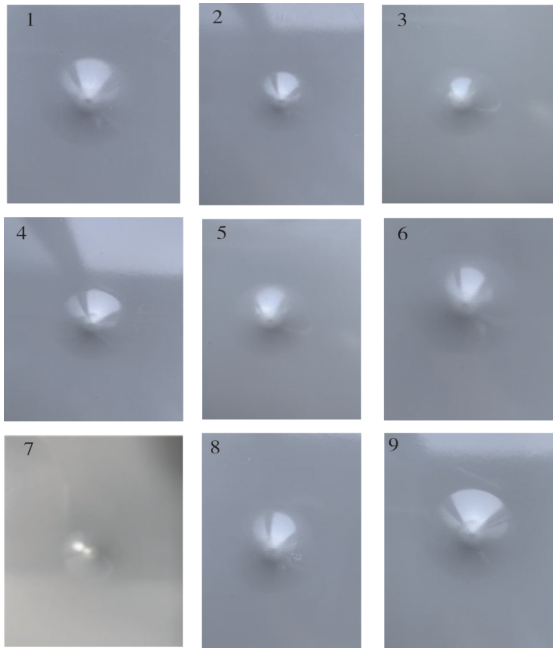


图1 耐冲击试验结果

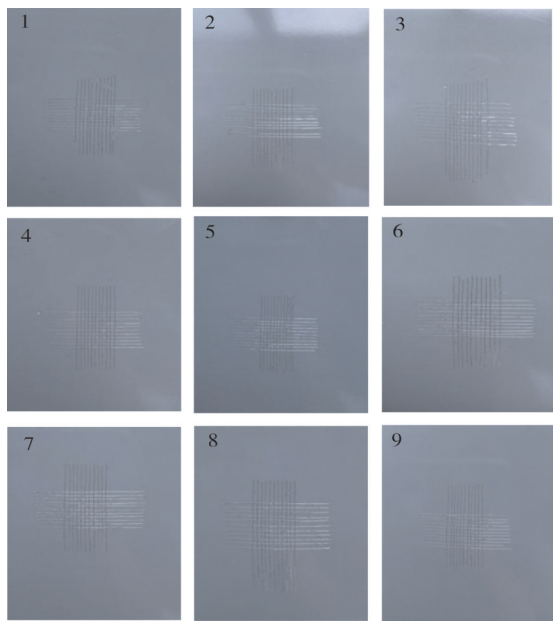


图2 百格试验结果

采用正交试验法电泳后对其物理性能进行测试,结果发现所有的试验组耐冲击试验和百格试验均合格。冲击荷重 500 g,高度 50 cm,试验组均无漆膜开裂现象,百格试验均为 0 级,说明试验因素和水平对物理性能的失效影响不大。

3.3 钢板耐盐雾性能分析

冷轧钢板物理性能的评分以及 1 000 h 中性盐雾试验结果见表 2, 经过清洗处理掉钢板表面锈渍后进行单边扩蚀的评价。

表 2 正交试验结果评价

编号	(A) 温度/°C	(B) pH	(C) 游离氟浓度/(mg·L ⁻¹)	(D) 有机物种类	物理性能	盐雾性能/mm
1	1(25)	1(3.8)	1(12)	1(有机物 1)	1	2.39
2	1(25)	2(4.3)	2(28)	2(有机物 2)	1	2.34
3	1(25)	3(4.8)	3(45)	3(有机物 3)	1	2.48
4	2(35)	1(3.8)	2(28)	3(有机物 3)	1	2.60
5	2(35)	2(4.3)	3(45)	1(有机物 1)	1	2.41
6	2(35)	3(4.8)	1(12)	2(有机物 2)	1	4.23
7	3(45)	1(3.8)	3(45)	2(有机物 2)	1	7.77
8	3(45)	2(4.3)	1(12)	3(有机物 3)	1	5.60
9	3(45)	3(4.8)	2(28)	1(有机物 1)	1	1.93
K ₁	7.21	14.385	12.215	6.725		
K ₂	9.24	10.345	6.865	14.335		
K ₃	15.285	13.525	12.655	10.675		
\bar{K}_1	2.4	4.79	4.07	2.24		
\bar{K}_2	3.08	3.45	2.28	4.78		
\bar{K}_3	5.09	4.51	4.22	3.56		

9 组试验的物理性能评价均无漆膜开裂情况的发生,记为 1(漆膜开裂记 0),1 000 h 盐雾结果根据单边扩蚀宽度评价。

由正交试验结果分析,4 组试验的极差 R 分别为 2.695、1.335、1.94 和 2.54。从极差 R 的数据可以看出影响试验结果的主次因素分别为 pH、游离氟浓度、有机物种类、温度,最佳试验参数为 pH 4.3、游离氟 28 mg/L、有机物 1、温度 25 °C。

4 结语

采用不同条件进行冷轧钢板的汽车前处理工艺,其表面铝的上膜量与 pH、游离氟浓度、温度有关,理论上钢板表面铝含量越高其耐蚀性越好,但是铝含量过高,与电泳漆的结合差,会影响钢板的物理性能,导致附着力等受到影响。本试验铝的上膜量基本控制在 30~60 mg/m²,电泳后膜厚也较均匀,未出现物理性能不良的情况。采用正交试验法对冷轧钢板的物理性能以及 1 000 h 中性盐雾试验结果分析,影响薄膜前处理物理性能及中性盐雾性能的主次因素为 pH、游离氟浓度、有机物种类、温度,最优方案为 pH 4.3、游离氟 28 mg/L、有机物 1、温度 25 °C。

参考文献:

- [1] 晓春,叶紫平,曹军,等.传统磷化转铝系薄膜前处理的前期工艺试验[J].涂料工业,2018,48(1):5-7.
- [2] 魏玲云,孙韬,张永彦,等.涂装薄膜前处理研究[J].现代涂料与涂装,2022,25(2):5-12.

(下转第 7 页)