

涂装工程

PAINTING PROJECT

刘小刚 主编

百位涂装专家
48篇最前沿论文
全面解读涂装技术最新进展



涂装工程

刘小刚 主编

机械工业出版社

本书共有6章,从前处理技术、涂料技术、涂装技术、管理技术、推广技术、解决方案等6个板块对整个涂装工程进行全方位立体式的解读和指导。本书是一本面向全国涂料、涂装行业的技术指导性图书;是一本属于涂装专业人员自己的图书;是一本涂装技术专家智慧集结碰撞的图书;是一本解决技术难题的图书。本书是涂装人的良师益友,也是涂装作业单位需备的手册。本书是以专家指导组强大的技术力量为后盾,是在专家组全体成员的紧密协作下,广大涂装同仁的参与下编写而成的,力图使先进的涂装工程技术得到更广泛的普及与推广。

本书内容与实际工作相结合,可作为从事汽车、农机、工程机械、轻工、家电、建材和其他工业涂装领域工作人员、技术人员、科研人员的工具书和参考书,也可作为大专院校和涂装专业培训班教材。

图书在版编目(CIP)数据

涂装工程/刘小刚主编. —北京:机械工业出版社,2014.6
ISBN 978-7-111-47147-9

I. ①涂… II. ①刘… III. ①涂漆—基本知识 IV. ①TQ639

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第136944号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:连景岩 责任编辑:连景岩 程足芬

版式设计:霍永明 责任校对:佟瑞鑫

封面设计:张静 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.5印张·378千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-47147-9

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

涂装工程编委会成员名单

主 编：刘小刚

常务副主编：林鸣玉

副 主 编：陈慕祖 孔繁龙 李金标 李文峰 刘冰扬 宋世德

王德忠 王一建 赵光麟 赵金榜 周师岳

参 编：白 珊 白 扬 陈良印 陈攀登 陈学旺 陈 拯

程为华 褚 明 邓 斌 窦 亮 盖东辉 宫殿玺

何彦霏 胡治文 华 云 黄本元 黄 建 吉学刚

贾 伟 江 宏 金银生 康意琳 李宝水 李 肿

李德有 李会哲 李 晶 李 康 李 鹏 李 强

李志良 梁 旭 林晓泽 刘长清 李明坦 刘启军

刘 翔 刘晓梅 刘元勋 陆国建 骆 剑 马汝成

梅胜涛 潘宗刚 任 河 盛能文 施国颖 施有宝

宋衍国 苏德辉 苏金忠 孙 臣 孙大龙 孙 岩

唐国忠 宛萍芳 汪维孝 王宏伟 王 青 王 伟

王秀梅 王 正 王治富 魏 宇 吴 波 吴高清

肖丽娟 肖忠来 徐洪雷 许大勇 杨菁靖 杨学岩

杨 岩 尹 鹏 于 超 于 磊 苑立建 曾月婷

张安扩 张 博 张国忠 张 禾 张慧敏 张珂珈

张 力 张伦周 张 霆 张亚军 张肆飞 赵 冉

钟金环 朱 府 朱明星 朱 鹏 朱余山 庄明云

谢传勇

主 审：胡小乐 宋 华 王路路

前言

随着工业技术的飞速发展，对涂装工程的要求也越来越高，新的涂装材料的应用、新的工艺设备的实施都为涂装质量提供了更可靠的保证。但新的技术、新的材料与工艺设备尤其是国外的这些技术、材料、工艺设备在国内企业的普及应用还是难度很大，信息渠道也比较有限。为了使国内外的先进技术、工艺设备、管理经验应用到急需飞速发展的涂装工程企业中，编者邀请了林鸣玉、陈慕祖、孔繁龙、李金标、李文峰、刘冰扬、宋世德、王德忠、王在建、赵光麟、赵金榜、周师岳等专家参与编写，同时很多专家也为本书的编写提供了宝贵的经验与资料，林鸣玉先生对全书进行了校审。

本书从前处理技术、涂料技术、涂装技术、管理技术、推广技术、解决方案等6个板块对整个涂装工程进行全方位立体式的解读和指导，集结了工作四五十年老专家们的毕生经验。本书有为企业涂装质量把关掌舵的专家们的实践经验介绍，也有当今学者的科研分析实验结果分享，有国内的先进工艺，也有国外的超前科技。本书内容专业与系统共存、实用与超前同具，是广大专家同仁们技术与智慧的结晶，希望能推动我国涂装工程事业的进步，对涂装从业人员有所帮助。本书可作为涂装工作人员、技术人员、科研人员的参考读物，也可作为大专院校和专业培训班的教材。

在此对为本书提供技术稿件的作者表示深深的感谢！由于时间紧以及编写水平所限，很多技术未能收录编排进来，我们将在网络或下次出版时进行适当增补。望广大同仁继续多提宝贵意见，批评指正。

刘小刚

目 录

前言

第1章 前处理技术	1
1.1 Oxsilan 表面处理技术实际应用及管理	1
1.2 硅烷及磷化处理与电泳漆配套后性能对比	5
1.3 钢铁工件涂装前处理工序间暂时防锈技术探讨	10
1.4 磷化生产过程中磷化渣的控制	13
1.5 节能环保纳米涂装工程技术现状与展望	16
第2章 涂料技术	25
2.1 可焊接防腐底漆的研发和应用	25
2.2 汽车涂装常用密封材料的组成、特性及缺陷分析	29
第3章 涂装技术	33
3.1 客车整体电泳应用技术	33
3.2 客车涂装技术新视点	40
3.3 喷涂机器人调试流程	43
3.4 汽车涂装车间绿色生产应用技术的探讨	47
3.5 车架涂装的工艺技术	51
3.6 轿车线上、售后涂膜修补工艺探讨	56
3.7 静电喷涂技术及机械手喷涂工艺	63
3.8 特殊涂装车身生产工艺	68
3.9 新颖重型车架涂装前处理输送线	71
3.10 滤清器粉末涂装高红外辐射加热波长匹配技术探讨	82
3.11 粉末涂料低电压静电喷涂的探讨	85
第4章 管理技术	90
4.1 美国三大汽车公司标准(CQI-12 特殊过程:涂装系统评审)国内应用的思考	90
4.2 SUV 涂装混线生产通过性的设计	97
4.3 关于涂装工厂信息化建设的探究	101
4.4 喷涂机器人项目的管理及应用	104

4.5	汽车涂装技术精益化发展	107
4.6	汽车涂装线环境降温措施与管理	112
4.7	汽车涂装工艺设计中的文件管理体系	120
4.8	浅谈汽车涂装新车型生产准备	125
4.9	浅谈涂装车间质量管理	130
4.10	色差控制与管理	133
4.11	一汽解放商用车厂涂装线阳极系统细菌处理及日常维护	138
4.12	涂装材料成本优化方法探讨	142
4.13	涂装线改造过程中的环境安全与防火管理	146
4.14	涂装安全设计参数推介	162
第5章	推广技术	167
5.1	多功能穿梭机应用技术	167
5.2	文丘里干式喷漆室在汽车涂装中的应用	172
5.3	工装在汽车涂装中的应用	180
5.4	涂装动能基本构成及节能措施	184
5.5	浅谈汽车涂装防腐同步工程	187
5.6	浅析悬液离心分离设备作为涂装脱脂系统除油污设备的优越性	191
5.7	涂装 SE 分析在新车型开发中的应用重点	193
5.8	制动器的涂装工艺	200
第6章	解决方案	206
6.1	汽车塑料内饰件表面处理方式及质量问题探讨	206
6.2	客车和轻型货车混线电泳生产的研究	210
6.3	浅析解放商用车涂装线废水设施技术改造	215
6.4	机械化链式输送机不同步问题的解决	219
6.5	工艺改进降低涂装生产线的通风能耗	224
6.6	浅谈新车型开发过程中如何预防漏水问题	227
6.7	EPX-2900 机器人仿形试教误区探讨	229
6.8	涂装有有机废气纳米光催化降解技术及应用	235
参考文献		242

1.1 Oxsilan 表面处理技术实际应用及管理

陈慕祖（上海凯密特尔化学品有限公司）

1.1.1 前言

磷化处理是目前应用最为广泛的涂装前处理工艺，但由于磷化液中含有锌、镍、锰等重金属离子以及磷酸盐和亚硝酸钠等被限制排放的物质，且由于处理温度较高、废水和废渣的无害化转化过程较为复杂等原因，该工艺正面临着日益加大的环保压力。而绿色节能环保的 Oxsilan 表面处理技术则克服了上述缺点，为涂装前处理领域带来了一场革命性的变革。Oxsilan 表面处理技术的处理效果已经与锌系磷化效果相当。Oxsilan 表面处理技术全面吸取了硅烷技术和锆系技术的优点，克服了使用过程中出现的各种问题，技术上已经完全成熟，可以适应各种条件下的涂装前处理，并可以取得良好的效果。

从第一条家电生产线使用 Oxsilan 表面处理工艺以来，Oxsilan 表面处理工艺已经从实验室研究阶段走向了工业大生产阶段，至 2012 年年底，全球已有几百条前处理生产线使用 Oxsilan 表面处理工艺，我国也有几十条生产线在使用 Oxsilan 工艺，包括家电、汽车零部件、普通工业、货车、功能车、轿车等。在车身涂装中已经逐步进入整车生产阶段，目前使用 Oxsilan 表面处理作为前处理工艺的轿车整车线已经有几十万台车下线，分别在美国、法国、西班牙、巴西、俄罗斯、中国等多个国家。我国第一条大型整车涂装线已于 2013 年 1 月在武汉投产。整车涂装是耐蚀性和装饰性要求最高的涂装，Oxsilan 工艺可以满足轿车涂装要求，自然可以很好地满足其他工业的涂装要求。

Oxsilan 处理技术和磷化处理是有相同的要求的，也有一些不同的要求。下面就 Oxsilan 技术在涂装实际应用过程中的工艺、设备和管理方面的具体要求作一些简介。

1.1.2 Oxsilan 技术的优点

1) Oxsilan 技术形成的薄膜可以替代传统的磷化膜，磷化膜的质量通常为 $2 \sim 3 \text{ g/m}^2$ ，Oxsilan 涂层膜重仅为 0.1 g/m^2 ，相差 20 倍左右。

2) Si—O—Me 共价键分子间的结合力很强，所以产品很稳定，从而可以提高产品的耐蚀能力。Oxsilan 处理后的耐蚀性与锌系磷化的耐蚀性相当，优于铁系磷化的性能。与锆系产品相比，其性能明显优越。

3) 使用方便, 便于控制。槽液由双组分液体配成, 仅需要控制 pH 值、活化点和电导率, 无需像磷化液那样, 要控制游离酸、总酸、促进剂、锌、镍、锰的含量和温度等许多参数。

4) 节约能源, 可在室温或低温下操作, 能源费用降低。

5) 节省电能, 由于泵的减少和功率的降低, 可节省 40% 的电能。

6) 处理时间短, 只有磷化处理时间的一半, 因此可以提高产量。

7) 优异的环保性能。无有害的重金属, 无渣, 废水排放少, 处理容易, 如果安装过滤器及离子交换器, 可以做到封闭循环使用。

8) 多金属处理工艺。冷轧板、热镀锌板、电镀锌板、涂层板、铝等不同板材可混线处理, 且无比例限制。

9) 工艺简单, 流程短。可以减少维修量, 不需要维护表调、钝化设备, 也不需要定期对磷化槽及管路和喷嘴等进行除渣清理。

10) 综合成本低, 产品消耗量低, 三废处理成本低。欧洲 Proposal 工厂生产线使用磷化液时每年的费用为 73 万欧元, 改用 Oxsilan 技术后为 39 万欧元/年, 节省了 34 万欧元/年, 节约成本 47%。

11) 与原有涂装工艺和涂装设备相容, 不需进行设备改造, 只需更换磷化液, 即可投入生产。

12) 系统长度缩减。无需表面调整和钝化工序, 可缩短处理时间, 新建生产线可减少投资和占地面积。欧洲汽车线使用 Oxsilan 与使用磷化在设备投资上可以节省 220 万欧元。

13) Oxsilan 处理后, 可不用烘干, 直接进行电泳。Oxsilan 处理后的泳透力与锌系磷化相当。

1.1.3 Oxsilan 技术处理工艺

在普通工业中以 Oxsilan 处理取代铁系和锌系磷化处理已开始广泛应用。原磷化处理生产线只要将磷化槽清洗干净, 直接投入 Oxsilan 材料就可以生产了。磷化槽及其管道内通常结有磷化渣, 需要用专门的清渣剂彻底清洗干净, 否则影响产品质量。

1) 一般工业 Oxsilan 预处理工艺流程如图 1-1 所示。

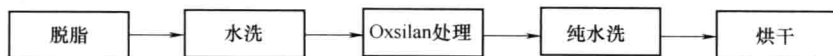


图 1-1 一般工业 Oxsilan 预处理工艺流程

Oxsilan 预处理取代了传统的表面调整、磷化和钝化工艺, 工艺简化了许多, Oxsilan 处理后烘干 (除去水分), 直接进行喷粉或喷漆, 硅烷涂层固化过程与喷粉或喷漆的烘烤同时完成, 烘烤温度在 140℃ 以上, 时间在 20min 以上。Oxsilan 处理后也可以不用水洗直接烘干后喷粉。

2) 车身 Oxsilan 预处理主要工艺过程见表 1-1。

Oxsilan 处理后不烘干, 直接进行阴极电泳。车身 Oxsilan 前处理工艺过程是一个很完整的工艺, 其他工业可以适当精减, 例如 Oxsilan 处理后的水洗就可以减少一些。

表 1-1 车身 Oxsilan 预处理主要工艺过程

序号	工序名称	工艺方法	工艺参数		备 注
			温度/℃	时间/min	
1	预脱脂	喷淋	40 ~ 60	1 ~ 2	用主脱脂槽液更换
2	脱脂	浸渍	40 ~ 60	3	新脱脂剂加入主脱脂槽
3	水洗一	喷淋	室温	0.5	使用 2 号水洗槽溢流水
4	水洗二	浸 + 喷	室温	1	使用 3, 4 号水洗槽溢流水
5	纯水洗三	浸 + 喷	室温	1	出槽新鲜纯水喷淋
6	Oxsilan 处理	浸渍	20 ~ 30	1 ~ 2	出槽小流量新鲜水喷淋
7	纯水洗四	喷淋	室温	0.5	使用 5 号水洗槽溢流水
8	纯水洗五	浸 + 喷	室温	1	出槽新鲜纯水喷淋

1.1.4 Oxsilan 与磷化处理之间的区别

1) 磷化与 Oxsilan 处理技术方面的区别见表 1-2。

表 1-2 磷化与 Oxsilan 处理技术方面的区别

项 目	磷 化	Oxsilan
温度	35 ~ 55℃	室温
时间	3min	1 ~ 2min
成渣量	3 ~ 12g/m ²	0 ~ 0.5g/m ²
耗水量	4L/m ²	2L/m ²
膜重	2 ~ 3g/m ²	0.04 ~ 0.2g/m ²
膜厚	1 ~ 2μm	0.04 ~ 0.2μm
晶型	晶体	无定形
槽液循环次数	3 次/h	1 ~ 2 次/h
检测参数	游离酸、总酸、促进剂、氟硅酸含量、锌、镍、锰含量等	pH、活化点、电导率

2) Oxsilan 技术应用过程中的一些技术问题

① 脱脂。德国表面处理专家指出：虽然 Oxsilan 工艺非常简单稳定，但是在应用过程中还是需要专业的技术支持才能达到规定的防腐效果、油漆结合力及工艺适应性。

Oxsilan 工艺应用过程中首先要注意的就是脱脂。由于以往磷化是在较高的温度（50℃）和较低的 pH 值（pH = 3.0）条件下进行，车身表面的污物及油脂在这种温度和 pH 值条件下还可被进一步清洗除去。但是 Oxsilan 的工艺条件非常温和（室温，pH 值为 4.5 左右），这种条件基本上不具备进一步清洗的可能性。这就意味着，Oxsilan 工艺对脱脂的要求比较高。选择高效环保的脱脂剂是可以达到优异的脱脂效果的。

② 水洗。水洗效果对涂装质量影响非常大。水洗工艺中可以使用特殊的化学药剂，对防止闪锈非常有效。

③ Oxsilan 工艺中需要使用纯水，脱脂水洗后最好加一道纯水洗，以减少对 Oxsilan 槽液的污染损耗。Oxsilan 配槽和以后的水洗都需要用纯水。

④ Oxsilan 处理后电泳的泳透力与磷化有所不同。由于 Oxsilan 膜层厚度明显低于磷化膜层厚度，Oxsilan 膜层的电阻就明显低于磷化膜层，从而阴极电泳的表面成膜厚度也必将较厚。车身内腔的有效电压由于法拉第效应会下降，所以电泳在内腔表面就有可能较难上膜。德国舒巴赫博士解释说：“意识到车身内腔获得足够的电泳膜厚和车身表面获得同样电泳膜厚一样重要，凯密特尔通过研究 Oxsilan 槽内部的化学机理而开发出了这一问题的解决方案。”这一方案的成功还给了电泳供应商新的灵感：研发出专门为新型薄膜前处理技术配套的电泳产品，两者配合达到了更好的泳透力效果。所以选用 Oxsilan 工艺时必需考虑与电泳漆是否相配套。目前 PPG、BASF、DuPont、Nippon 等大公司都有电泳漆与 Oxsilan 技术相配套。Oxsilan 处理后电泳的泳透力与磷化可以做到完全相当。

1.1.5 Oxsilan 工艺处理设备

Oxsilan 工艺与磷化工艺在设计新的涂装生产线时还是有一些区别，其特点是流程短、设备少、槽子小、循环低。这样可以节省制造费用和运行费用。具体设计生产线时可以参考如下原则：

1) 不需设计表调和钝化工艺。

2) Oxsilan 处理槽的设计。Oxsilan 槽液的 pH 值为 4.2 ~ 4.8，偏酸性，槽体材质选用耐酸不锈钢为好，如 316 或 304（美国牌号）不锈钢，也可选用塑料材质的材料，如偏聚二氟乙烯（PVDF）或聚丙烯（PP）等。冷轧普通钢板不能用于制作槽体，除非内腔涂覆防酸材料、如耐酸塑料、不锈钢薄板等。

工艺要求反应时间为 1 ~ 2min，槽体的长度可按通过时间 2min 计算。循环次数要求 1 ~ 2 次，设计循环次数也按每小时 2 次计算。设计加热系统可按最高槽液温度 35℃ 计算，实际运行温度为 20 ~ 30℃。Oxsilan 槽液清彻透明，反应时也不产生渣，但工件碰到酸性槽液会有铁离子溶出，工件上也会携带颗粒物。所以建议系统中安装袋式过滤器，选用孔径为 20μm 的过滤袋或配制板框压滤机系统。

由于化学品消耗量小，Oxsilan 加料量少，可以使用滴加泵滴加化学品。

Oxsilan 槽出口安装小流量雾化喷嘴，喷淋纯水润湿，使处理表面状态均一，获得最佳电泳效果。小流量不会增加槽液溢流量。

3) 节水溢流管路设计。采用合理的溢流管路设计和管理可达到节水的目的，也可保证清洗效果。节水溢流管路设计如图 1-2 所示。

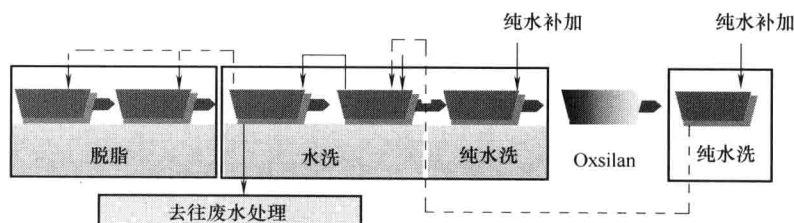


图 1-2 节水溢流管路设计

使用后道向前道溢流的方式即逆工序供水清洗，按照 Kushener 近似公式：

$$\text{最终稀释倍数} = (X_n + 1 - 1) / (X - 1)$$

式中, n 为水洗次数, X 为供水量/带出水量。

可计算出同样达到 500 倍稀释倍数, 使用后道向前道溢流方式水洗, 可比不使用该方式的生产线节约 55% 的耗水量。

1.1.6 工艺管理

1. 脱脂工序

要求使用更有效的脱脂方式, 例如喷浸结合、使用破乳型活性剂等方式, 提高脱脂效率及效果, 为后道 Oxsilan 处理打下良好基础。日常管理中应经常注意检查脱脂效果。

2. Oxsilan 槽日常管理

Oxsilan 技术的工艺管理比较简单, 控制的参数比磷化少, 控制容易。

① 槽液日常控制参数:

槽液温度: 20 ~ 30℃ (最大范围为 15 ~ 45℃)

pH: 3.8 ~ 4.8

活化点: 4.1 ~ 6.8

电导率: < 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

② 使用手提仪器 XRF 可以直读的方式对涂层进行检测、ICP 对槽液进行分析, 并可提高检测的准确度。

③ Oxsilan 槽保留了加热设备, 一般情况下不需要加热。

Oxsilan 最佳处理温度为 20 ~ 30℃。日常工作时该温度可由脱脂载带满足, 但周一或节假日后恢复生产时, 还需要将槽液加热到该温度获得最佳前处理效果。

④ 有些生产线夏季为预防细菌滋生, 需添加杀菌剂。

选择优质的涂装材料和良好的涂装设备, 做到精心的现场管理一定可以获得优良的涂装结果。

Oxsilan 技术经过了十多年的发展, 已经积累了丰富的经验, 工艺和技术已经成熟。这项绿色节能环保并节约成本的新技术必将迅速代替磷化工艺得到大规模的推广。

1.2 硅烷及磷化处理与电泳漆配套后性能对比

赵冉 宋华 (中国第一汽车股份有限公司技术中心)

1.2.1 前言

近年来, 硅烷复合膜处理技术由于具有环保、节省工序等优点, 在涂装行业中已得到迅速发展, 已经成功地应用在汽车零部件及家电领域。目前正致力于在整车涂装线上应用, 并引起了众多涂料厂和汽车厂的共同关注。

为了更直观地对比硅烷材料和磷化材料与电泳配套后的耐蚀性能及力学性能, 本文中通过在同一块样板上进行两种处理方式, 然后进行电泳, 来比较性能的差异, 如图 1-3、图 1-4 所示。这种试验方法可以更好地减小试验误差, 使同一块样板两侧同一垂直高度上获得完全相同的电泳条件。然后在一块样板两侧同一垂直高度进行相同的性能试验, 对试验结果进行对比分析, 更加清晰明了。

1.2.2 试验样板的制备

1. 试验样板的底材及涂装材料

- (1) 样板材质 冷轧板和镀锌板。
- (2) 样板规格 70mm × 150mm × (0.8 ~ 1.0) mm。
- (3) 前处理材料 硅烷材料和磷化材料及配套材料。
- (4) 电泳涂料 车身用普通无铅灰色阴极电泳涂料及配套材料。

2. 试验样板的制作过程

(1) 前处理样板的制作 硅烷处理和磷化处理采用同种脱脂剂，样板一半先进行磷化处理，另一半再进行硅烷处理，需制作若干块样板。如图 1-3 所示，样板中间有比较明显的界线。磷化和硅烷处理工作液控制参数见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 磷化处理工作液控制参数

控制参数	游离酸/点	总酸/点	工作液温度/℃	反应时间/s
实测值	1.0	23.0	37	180

表 1-4 硅烷处理工作液控制参数

控制参数	pH 值	工作液温度/℃	电导率/($\mu\text{S}/\text{cm}$)	铅离子浓度/点	反应时间/s
实测值	4.5	常温	690	8.4	120

(2) 电泳样板的制作 样板前处理后直接进行电泳，电泳后的样板如图 1-4 所示，电泳工作液控制参数见表 1-5。电泳处理后按电泳涂料的烘干规范进行烘干。

表 1-5 电泳工作液控制参数

控制参数	pH 值	电导率/ ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	固体的质量分数 (%)	槽液温度/℃	工作电压/V	工作时间/s
实测值	5.63	1670	20.3	30	190 钢板/170 镀锌板	150

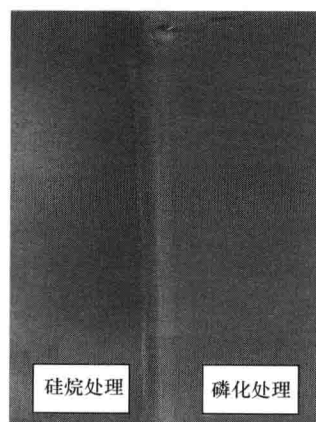


图 1-3 前处理后的样板

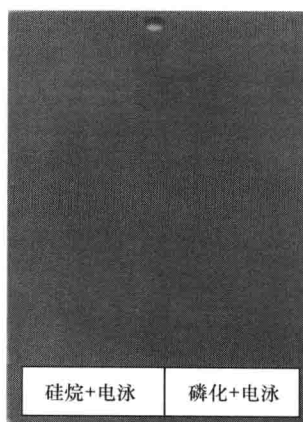


图 1-4 电泳后的样板

1.2.3 试验项目及检测方法

试验项目及检测方法见表 1-6。

表 1-6 试验项目及检测方法

序 号	试 验 项 目	标 准 名 称	标 准 号
1	表面粗糙度	油漆性能试验方法 第 11 部分：表面粗糙度	Q/CAM-64. 11—2010
2	膜厚	色漆和清漆 漆膜厚度的测定	GB/T 13452. 2—2008
3	划格试验	色漆和清漆 漆膜的划格试验	GB/T 9286—1998
4	杯突试验	色漆和清漆 杯突试验	GB/T 9753—2007
5	耐冲击性	漆膜耐冲击性测定法	GB/T 1732—1993
6	抗石击	油漆性能试验方法 第 3 部分：抗石击	Q/CAM-64. 3—2010
7	耐盐雾性	色漆和清漆 耐中性盐雾性能的测定	GB/T 1771—2007
8	耐湿性	色漆和清漆 耐湿性的测定 连续冷凝法	GB/T 13893—2008
9	循环交变腐蚀	漆膜腐蚀性能试验方法 第 2 部分：循环交变腐蚀试验	Q/CAM-62. 2—2010
10	耐温变性	油漆性能试验方法 第 8 部分：耐温变性	Q/CAM-62. 8—2010
11	涂层损坏程度评价	涂层材料损坏程度评价方法	ISO 4628—2003

1.2.4 试验结果

电泳样板的力学性能见表 1-7，电泳漆膜的耐蚀性能见表 1-8。

表 1-7 电泳样板的力学性能

性 能	冷 轧 板		镀 锌 板	
	磷 化	硅 烷	磷 化	硅 烷
底材表面粗糙度值/ μm	0. 66		0. 74	
前处理后样板表面粗糙度值/ μm	0. 89	0. 76	1. 06	0. 87
转化膜外观	深灰，均一	浅黄，均一	浅灰，均一	浅蓝，均一
电泳漆膜表面粗糙度值/ μm	0. 19	0. 21	0. 26	0. 26
电泳漆膜外观	平整、无漆膜弊病	平整、无漆膜弊病	平整、无漆膜弊病	平整、无漆膜弊病
电泳漆膜膜厚/ μm	16 ~ 17	18 ~ 19	16 ~ 17	18 ~ 20
划格试验/级	1	1	1	1
杯突试验/mm	7. 7	8. 9	7. 5	8. 3
耐冲击性/($\text{N} \cdot \text{cm}$)	490	490	490	490
抗石击性/级	2	2	2	2
耐温变性	Rte1	Rte1	Rte1	Rte1

1.2.5 数据分析及总结

根据试验结果，进行了以下分析和总结。

(1) 表面粗糙度 表面粗糙度的试验参数见表 1-9。

表 1-8 电泳漆膜的耐蚀性能

	冷 轧 板		镀 锌 板	
	磷 化	硅 烷	磷 化	硅 烷
耐盐雾性 (图 1-5、图 1-6)	600h 后 划痕腐蚀量 $C = 1\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	600h 后 划痕腐蚀量 $C = 1.5\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 2 (S1)	360h 后 划痕腐蚀量 $C = 1.8\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	360h 后 划痕腐蚀量 $C = 2.9\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 2 (S2)
	锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)
	划痕腐蚀量 $C = 1\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	划痕腐蚀量 $C = 1\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 1 (S1)	划痕腐蚀量 $C = 1.5\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 0 (S0)	划痕腐蚀量 $C = 1.6\text{mm}$ 锈蚀程度 Ri0 起泡程度 0 (S0) 开裂程度 0 (S0) 剥落程度 1 (S1)

表 1-9 表面粗糙度的试验参数

控制参数	L_1/mm	$V_1/(\text{mm/s})$	L_c/mm
设定值	4.8	0.5	0.8

图 1-5 ~ 图 1-8 四块样板中，每一块样板左侧为硅烷 + 电泳，右侧为磷化 + 电泳。

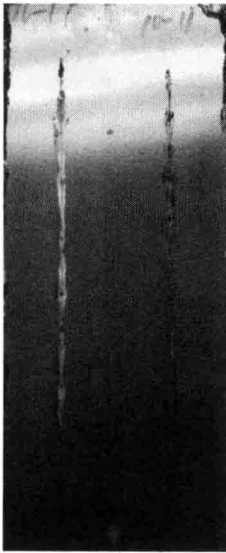


图 1-5 冷轧板

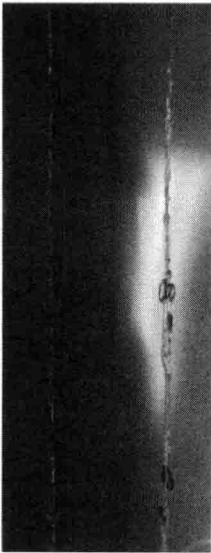


图 1-6 镀锌板

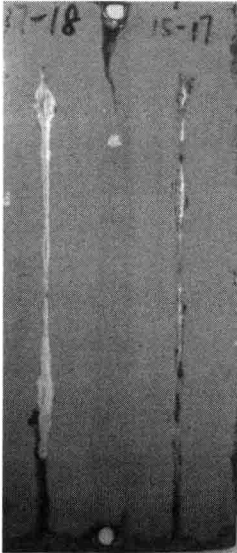


图 1-7 冷轧板

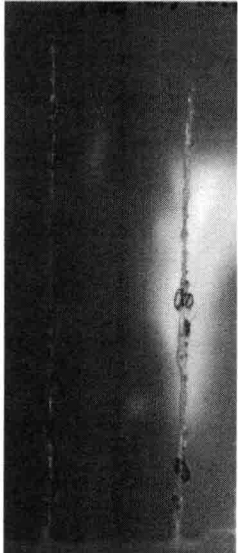


图 1-8 镀锌板

不同底材及不同处理膜层的表面粗糙度对比如图 1-9 所示。根据表 1-7 中的试验结果及图 1-9，可以看出无论是采用硅烷处理还是磷化处理，转化膜的表面粗糙度与底材相比

增大,而电泳后的漆膜表面粗糙度与底材相比降低。这种现象在冷轧板上体现得更加明显。

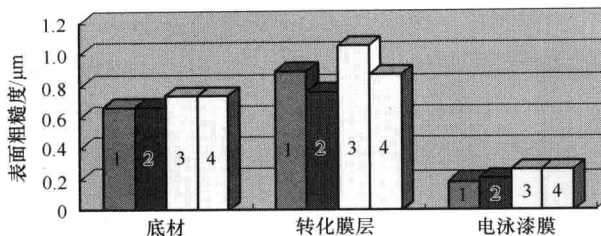


图 1-9 表面粗糙度对比图

1—冷轧磷化 2—冷轧硅烷 3—镀锌磷化 4—镀锌硅烷

在底材表面粗糙度相同的情况下,磷化膜的表面粗糙度要高于硅烷膜的表面粗糙度,这种特点与两种膜层自身结构差异相吻合。磷化膜是多孔的磷酸锌晶体结构,硅烷膜是无定形氧化物混合物及有机网状结构混合的皮膜,是非晶态薄膜。硅烷膜的厚度仅为磷化膜的1/10左右,这也使得硅烷转化膜对底材缺欠的遮盖能力较差,所以硅烷转化膜与底材的表面粗糙度接近。

电泳涂装后所有样板的漆膜表面粗糙度均有显著下降,并且低于底材的表面粗糙度。转化膜层表面粗糙度的规律并没有延续到电泳涂层,这说明底材与转化膜层对电泳漆的表面粗糙度影响不是很大,电泳漆膜的表面粗糙度主要取决于电泳涂料本身的特性。

(2) 耐蚀性 从表 1-7 中的数据看出,无论采用哪种前处理方式,耐温变性和耐湿性的试验结果均相同,而耐盐雾性和循环交变腐蚀试验,电泳漆膜的划痕腐蚀量和剥落程度差异很大,如图 1-10 所示。

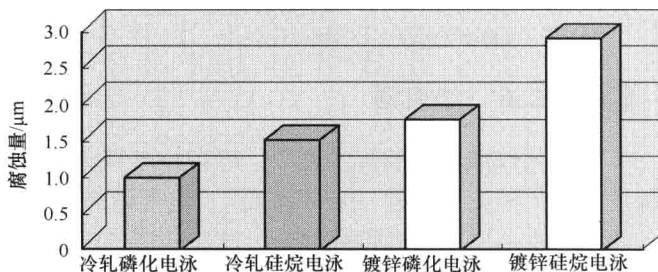


图 1-10 盐雾试验腐蚀量对比图

因此,磷化+电泳的划痕腐蚀量和剥落程度明显优于硅烷+电泳,这同样是由磷化膜和硅烷膜的结构决定的。磷化膜的多孔结构与电泳漆膜紧密结合,而硅烷膜很薄而且较光滑,盐水渗入电泳层和硅烷层之间,容易在其间扩散,进而对电泳漆膜产生剥离作用。这也说明了如果前处理采用硅烷技术,与之配套的电泳涂料也必须进行相应的配方改进,来适应新型前处理技术,采用目前生产线的电泳涂料耐蚀性能不能满足标准要求。

(3) 电泳漆膜厚度 由表 1-7 可知,在电泳条件完全相同的情况下,无论是冷轧板还是镀锌板,硅烷转化膜上的电泳层比磷化膜上的电泳层厚 1~3 μm,如图 1-11 所示,可以判断出硅烷转化膜的电

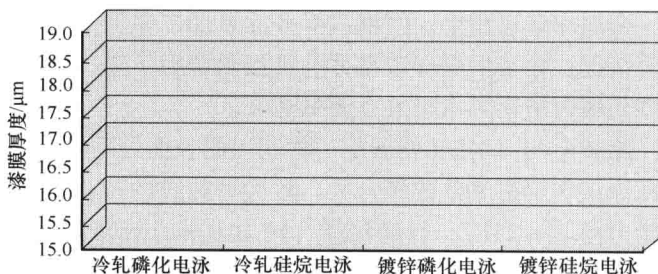


图 1-11 电泳漆膜厚度对比图

阻小于磷化膜的电阻。另外硅烷转化膜的厚度仅为 100 ~ 500nm, 所以想要得到与磷化膜上同样的电泳漆厚度, 就需要改变电泳条件, 如适当降低施工电压等。

(4) 力学性能 两种转化膜层电泳后的力学性能基本一致, 见表 1-7 及图 1-12 ~ 图 1-15。

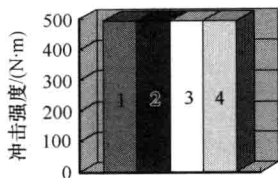


图 1-12 冲击强度对比图

1—冷轧磷化电泳 2—冷轧硅烷电泳
3—镀锌磷化电泳 4—镀锌硅烷电泳

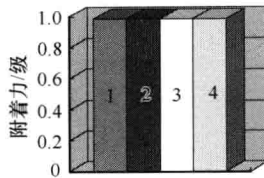


图 1-13 附着力对比图

1—冷轧磷化电泳 2—冷轧硅烷电泳
3—镀锌磷化电泳 4—镀锌硅烷电泳

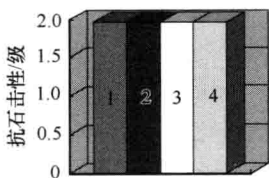


图 1-14 抗石击对比图

1—冷轧磷化电泳 2—冷轧硅烷电泳
3—镀锌磷化电泳 4—镀锌硅烷电泳

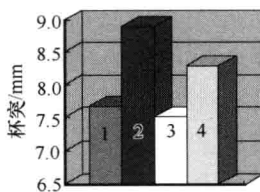


图 1-15 杯突对比图

1—冷轧磷化电泳 2—冷轧硅烷电泳
3—镀锌磷化电泳 4—镀锌硅烷电泳

1.2.6 结束语

节能和环保理念渐渐深入人心, 硅烷技术展露出更多的优势, 具有更可观的发展前景。硅烷技术替代磷化技术是一个“革命”, 但要把硅烷处理技术进一步推广, 还有很多工作要做, 如在整车上应用、硅烷处理与电泳配套后的泳透力问题等。所以对硅烷技术的研究任重而道远, 相信未来硅烷技术一定和磷化技术一样成熟地应用于汽车涂装领域。

1.3 钢铁工件涂装前处理工序间暂时防锈技术探讨

杨岩 钟金环 黄本元 王—建 (杭州五源公司表面工程研究所)

1.3.1 引言

金属涂装过程中, 间歇式生产涂装前工序加工周期长等因素容易造成表面返锈、二次污染等情况, 涂装后易导致基体与涂层附着力下降、鼓泡等。因此, 金属工件在涂装前处理的工序间暂时防锈具有极其重要的意义。

涂装前的 Oxsilan 处理是一种新兴的表面处理技术, 经过 Oxsilan 处理后的工件, 能有效提高涂层与金属基体的结合力, 可代替传统的磷化工艺。由于硅烷转化膜厚度 $\leq 200\text{nm}$, 防锈能力差 ($\leq 24\text{h}$), 与磷化膜有较大差异, 较难满足间歇涂装工业化生产的需求。为了提高硅烷防锈性能, 采用了在纳米陶瓷硅烷复合体系中的活性硅羟基 ($-\text{SiOH}$), 可以在洁净的金属表面上反应, 干燥后可以获得一层厚度为 20 ~ 200nm 的网状结构的铝盐硅烷复合的