



国家职业资格培训教程
专用于国家职业技能鉴定

涂 装工

（技师技能 高级技师技能）

劳动和社会保障部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社



出版说明

本书根据《国家职业标准——涂装工》的要求,由劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心按照标准、教材、题库相衔接的原则组织编写,是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书包括技师技能、高级技师技能2个部分,分别介绍了涂装工技师、高级技师应掌握的工作技能及相关知识,涉及涂装前工件表面预处理,工件及产品涂装,质量检验及分析,涂装安全生产及技术管理等内容。

国家职业资格培训教程——涂装工系列

- 《国家职业标准——涂装工》
- 《涂装工(基础知识)》
- 《涂装工(初级技能 中级技能 高级技能)》
- 《涂装工(技师技能 高级技师技能)》

责任编辑/韦红

责任校对/孙艳萍

封面设计/张美芝

版式设计/沈悦

ISBN 7-5045-3020-4



9 787504 530202 >

ISBN 7-5045-3020-4/TH·393 定价:12.00元

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

涂 装 工

(技师技能 高级技师技能)

劳 动 和 社 会 保 障 部
中国就业培训技术指导中心 组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

涂装工: 技师技能 高级技师技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5045-3020-4

I. 涂… II. 劳… III. 涂漆-技术培训-教材 IV. TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019611 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京京顺印刷有限公司装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 6.75 印张 164 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

印数: 4000 册

定价: 12.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

国家职业资格培训教程

涂 装 工

编审委员会

主 任 陈 宇

副主任 陈李翔 李 玲

委 员 王宝金 陈 蕾 袁 芳 葛 玮 刘永澎

沈照炳 应志梁 楼一光 秦克本 宋安祥

马剑南 焦恒昌 吕一飞 徐文彦 陈寿龙

朱庆敏 李智康 吴伟年 何春生 朱初沛

张海英 吴以平 王一飞 应国强

本书编审人员

主 编 张怀琛

编 者 张怀琛 林宣乐 王路路 李 骥 高宏伟

主 审 吴一昌

前言

为推动涂装工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在涂装从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——涂装工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——涂装工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上针对涂装工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容覆盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——涂装工（技师技能 高级技师技能）》适用于对涂装工技师、高级技师的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由张怀琛、林宣乐、王路路、李骥、高宏伟编写，张怀琛主编；吴一昌主审。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 涂装工技师工作技能

第一章 涂装前工件表面预处理	(1)
第一节 金属表面除锈要求	(1)
第二节 磷化工艺的质量控制	(5)
第三节 汽车车身表面化学处理生产线	(9)
第二章 工件及产品涂装	(20)
第一节 喷漆修补	(20)
第二节 静电喷涂	(29)
第三节 电泳涂装	(33)
第三章 质量检验及分析	(41)
第一节 涂料产品质量检验	(41)
第二节 溶剂型涂膜缺陷分析及防治	(47)
第四章 涂装安全生产及技术管理	(50)
第一节 涂装技术文件的编制及管理	(50)
第二节 试验、应用新材料和新技术	(53)
第三节 涂装质量管理	(54)
第四节 生产管理的基本知识	(57)
第五节 安全文明生产管理	(59)

第二部分 涂装工高级技师工作技能

第一章 工件及产品涂装	(64)
第一节 产品涂装色彩的应用	(64)

第二节 涂装流水线的安装调试.....	(68)
第二章 质量检验及分析.....	(72)
第一节 涂料产品的质量检验仪器设备简介.....	(72)
第二节 涂装中常见的关键技术质量问题的分析.....	(77)
第三章 涂装安全生产及技术管理.....	(80)
第一节 涂装工艺文件的编制及管理.....	(80)
第二节 涂装车间设计及“三废”处理.....	(83)
第三节 国内外涂装新技术简介.....	(93)

第一部分 涂装工技师工作技能

第一章 涂装前工件表面预处理

第一节 金属表面除锈要求

一、机械法除锈质量对涂膜的影响

1. 金属腐蚀简述

金属腐蚀是指金属或合金与周围介质（如大气、工业气体、电解质溶液等）相接触，由于化学和电化学作用，在金属或合金表面发生了某种反应而逐渐遭到破坏的过程。金属腐蚀是普遍存在的自然现象，如钢铁工件表面的锈迹、热轧钢铁工件表面的氧化皮，铝件表面的白色粉末等，都是腐蚀的结果。

金属腐蚀的特征有：

- (1) 锈蚀表面失去金属光泽。
- (2) 锈蚀表面呈现不规则的粗糙不平。
- (3) 锈蚀表面常有腐蚀产物堆出、膨胀，直至剥落而脱离金属工件本身。

金属腐蚀所造成的损失，主要是使其制品，如汽车、摩托车、电冰箱、洗衣机、仪器仪表等的质量下降，甚至影响机器设备、仪器仪表等的精度、灵敏度，降低其使用价值，特别严重的还会引起产品报废。

虽然无锈的冷轧钢板等工件一般不需要经过除锈工序，但对于已经生锈或具有氧化皮的热轧钢的工件，除锈则是涂装预处理中必不可少的工序。

2. 除锈质量对涂膜的影响

图 1—1 所示为研究除锈程度对涂膜耐久性的影响所做的暴露试验结果。横坐标为除锈程度，用瑞典除锈标准来表示；O 表示未处理；St 表示以动力工具及手工操作除锈；Sa 表示喷砂除锈处理；3 是最高除锈率。处理程度即除锈率按 3→1 的顺序降低。纵坐标是以欧洲的除锈标准测评为 5 分的年数，大致相当于更新涂膜所需的时间。研究结果表明：Sa3 与未处理或 St1 相比，涂膜耐久性相差 4 年左右。

涂装实践证明，锈层和氧化皮都会引起涂膜过早失效。如果除锈后工件表面仍有少量氧化皮，则氧化皮会在水、二氧化碳和氧的作用下，很容易水解成铁的氢氧化物，从而引起钢铁工件进一步锈蚀；如果除锈后，工件表面仍有少量锈，则将降低工件与涂膜之间的结合

力,同时还会在涂膜下继续锈蚀,进而导致涂膜起泡、脱落。彻底去除工件表面的氧化皮或锈层,有利于提高涂膜的附着力,增加装饰性,可延长涂膜的寿命2~3倍。

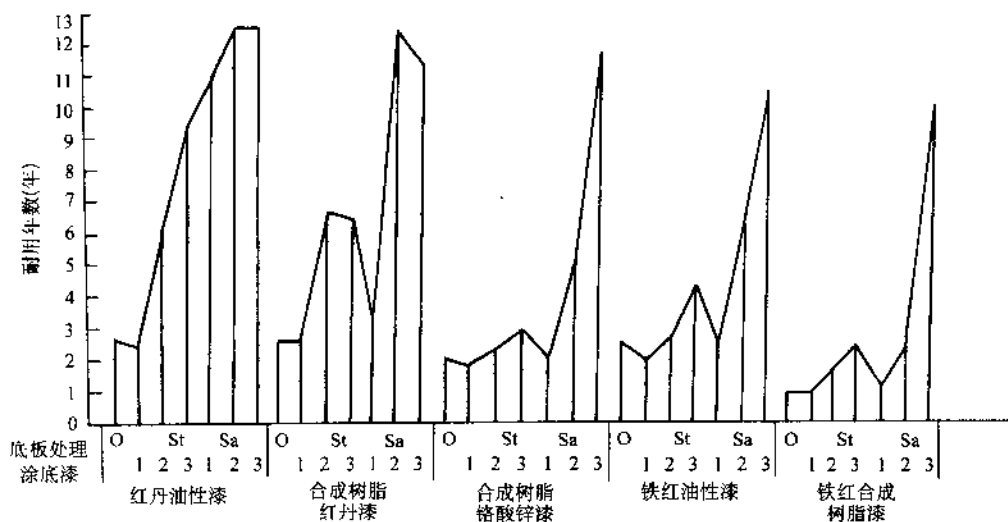


图 1—1 除锈程度对涂膜耐久性的影响状况

总之,在涂装前工件表面的氧化皮和锈层若去除不彻底,磷化膜在氧化皮和锈未除去的部分就不能形成。同时,氧化皮和锈将涂膜隔离,涂膜不能牢固地附着在工件基体表面。加上铁与锈或氧化皮所形成的原电池,造成金属工件进一步腐蚀,形成质地疏松,含有水分的铁锈化合物,在涂膜下继续蔓延扩大,进而引起涂膜起泡、龟裂、脱落等弊病,进而导致失去涂装的意义。

二、机械除锈标准

除锈质量对涂装影响极大,综合国内外的情况看,确定除锈程度是很困难的,通常只能根据标准图谱对照确定。瑞典、美国、日本、英国、加拿大和中国都制定了除锈的标准。现将中国标准简介如下。

中国国家标准 GB 8923—1988 是等效采用国际标准 ISO 8501—1: 1988 《涂装油漆和有关产品各钢材预处理表面清洗度的目视评定第一部分: 未涂装过的钢材和全面清除原有涂层后的钢材等级和除锈等级》。

1. 总则

(1) 标准 GB 8923—1988 将未涂装过的钢材表面原始锈蚀程度分为 4 个锈蚀等级,将未涂装过的钢材表面及全面清除过原有涂层的钢材表面除锈后的质量分为若干个除锈等级。钢材表面的锈蚀等级和除锈等级均以文字叙述和典型样板的照片共同确定。

(2) 标准 GB 8923—1988 以钢材表面的目视外观来表达锈蚀等级和除锈等级。评定这些等级时,应在适度照明条件下,不借助于放大镜等器具,以正常视力直接进行观察。

2. 锈蚀等级

钢材表面的 4 个锈蚀等级分别以 A、B、C、D 表示。其文字叙述如下:

A: 全面地覆盖着氧化皮而几乎没有铁锈的钢材表面。

B: 已发生锈蚀, 并且部分氧化皮已经剥落的钢材表面。

C: 氧化皮已因锈蚀而剥落, 或者可以刮除, 并且有少量点蚀的钢材表面。

D: 氧化皮已因锈蚀而全面剥离, 并且已普遍发生点蚀的钢材表面。

3. 除锈等级

(1) 通则

钢材表面除锈等级以代表所采用的除锈方法的字母“Sa”“St”或“F1”表示。如果字母后面有阿拉伯数字, 则其表示清除氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物的程度等级。

(2) 喷射或抛射除锈

1) 喷射或抛射除锈以字母“Sa”表示。

2) 喷射或抛射除锈前, 厚的锈层应铲除。可见的油脂和污垢也应清除。喷射或抛射除锈后, 钢材表面应清除浮灰和碎屑。

3) 对于喷射或抛射除锈过的钢材表面, 标准 GB 8923—1988 定有 4 个除锈等级。其文字叙述如下:

Sa1: 轻度的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢, 并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。

Sa2: 彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢, 并且氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物已基本清除, 其残留物应是牢固附着的。

Sa2½: 非常彻底的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物, 任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑。

Sa3: 使钢材表面洁净的喷射或抛射除锈。钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物, 该表面应显示均匀的金属色泽。

(3) 手工和动力工具除锈

1) 用手工和动力工具, 如用铲刀、手工或动力钢丝刷、动力砂纸盘或砂轮等工具除锈, 以字母“St”表示。

2) 手工和动力工具除锈前, 厚的锈层应铲除, 可见的油脂和污垢也应清除。手工和动力工具除锈后, 钢材表面清除浮灰和碎屑。

3) 对于手工和动力工具除锈过的钢材表面, 标准 GB 8923—1988 定有 2 个除锈等级, 其文字叙述如下:

St2: 彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢, 并没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。

St3: 非常彻底的手工和动力工具除锈。钢材表面应无可见的油脂和污垢, 并且没有附着不牢的氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物。除锈应比 St2 更为彻底, 底材显露部分的表面应具有金属光泽。

4) 火焰除锈

①火焰除锈以字母“F1”表示。

②火焰除锈前, 厚的锈层应铲除, 火焰除锈应包括在火焰加热作业后以动力钢丝刷清除加热后附着在钢材表面的产物。

③火焰除锈后的除锈等级文字叙述如下:

F1: 火焰除锈。钢材表面应无氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物, 任何残留的痕迹应

仅为表面变色（不同颜色的暗影）。

4. 钢材表面锈蚀等级和除锈等级的目视评定

(1) 评定钢材表面锈蚀等级和除锈等级应在良好的散射日光下或在照度相当的人工照明条件下进行。检查人员应具有正常的视力。

(2) 待检查的钢材表面应与相应的照片进行目视比较。照片应靠近钢材表面。

(3) 评定锈蚀等级时，以相应锈蚀较严重的等级照片所标示的锈蚀等级作为评定结果；评定除锈等级时，以与钢材表面外观最接近的照片所标示的除锈等级作为评定结果。

1) 影响钢材表面除锈等级目视评定结果的因素很多，其中主要有：

①喷射或抛射除锈使用的磨料，手工和动力工具除锈所使用的工具。

②不属于标准锈蚀等级的钢材表面锈蚀状态。

③钢材本身的颜色。

④因腐蚀程度不同造成各部位粗糙度的差异。

⑤表面不平整，例如有凹陷。

⑥工具划痕。

⑦照明不匀。

⑧喷射和抛射除锈时因磨料冲击表面的角度不同而造成的阴影。

⑨嵌入表面的磨料。

2) 目视评定原来涂装过的钢材表面的除锈等级，仅可采用带有锈蚀等级符号 C 和 D 的照片（如 D_{Sa2} 或 D_{Sa2 1/2} 或 D_{Sa 1/2}），究竟选择哪一张（例如是选择 D_{Sa 1/2} 还是选择 D_{Sa2 1/2}），取决于钢材表面点蚀的程度。

5. 照片

(1) 标准 GB 8923—1988 包括钢材表面锈蚀等级典型样板照片 28 张，它们与国际标准 ISO 8501—1 中的照片为仲裁依据。

1) 表示锈蚀等级的照片有 4 张，分别标有 A、B、C、D。

2) 表示以喷射或抛射除锈、手工和动力工具除锈以及火焰除锈所达到的除锈等级的照片有 24 张。这些照片标有除锈前原始锈蚀等级和除锈后等级的符号。

(2) 喷射或抛射除锈的 14 张照片是表示使用石英砂磨料进行干式喷射除锈后的钢材表面状况，使用其他种类的磨料进行喷射或抛射除锈时，除锈后的钢材表面可能具有不同的色调。

(3) 标准 GB 8923—1988 不含 A_{Sa1}、A_{Sa2}、A_{St2} 和 A_{St3} 照片。

(4) 锈蚀等级和除锈等级的典型样板照片，按下列图所示顺序排列，并是本标准的组成部分。

1) 锈蚀等级如图 1—2 所示。照片实样参见标准 GB 8923—1988。

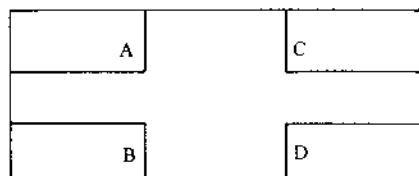


图 1—2 锈蚀等级

2) 除锈等级如图 1—3 所示。照片实样参见标准 GB 8923—1988。

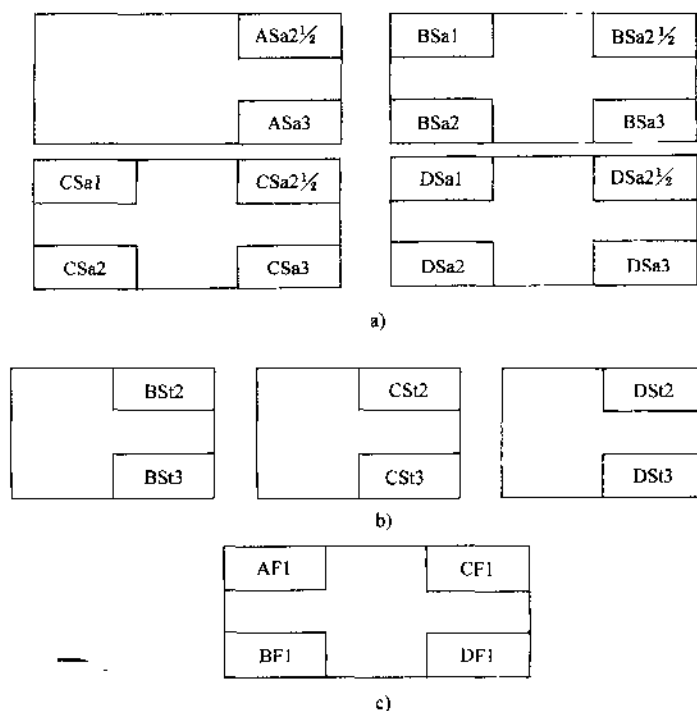


图 1—3 除锈等级

a) 喷射或抛射除锈 b) 手工和动力工具除锈 c) 火焰除锈

第二节 磷化工艺的质量控制

磷化处理是金属表面处理的重要工艺之一。它不仅适用于钢铁表面处理，而且也适用于锌、铝和镀锌等金属的表面防腐处理。随着生产的发展，磷化配方及工艺都在不断地改进，其使用范围也日益扩大。磷化质量的好坏，直接影响涂装质量，因此，必须严格控制磷化质量。而影响磷化膜质量的因素很多，现分别介绍如下。

一、游离酸度和总酸度的影响

游离酸度和总酸度是决定磷化膜质量优劣的重要因素。

1. 游离酸度的影响和控制

游离酸度是表示溶液中游离酸的浓度。游离酸度高，磷化膜形成缓慢，膜层结晶粗大、疏松、泛黄、耐腐蚀性能较差。有时工件放入溶液内，会一直有氢气产生，使磷化膜不易形成。为了降低溶液的游离酸度，对于锌系、锌钙系磷化液，应加入碳酸钠或氢氧化钠来调整；对于锰系磷化液，可加入碳酸锰来调整。

游离酸度过低时，磷化膜易呈粉状，不牢固、易被擦掉，溶液也容易产生沉淀物。这种

情况下,应根据溶液配方的需要,加入适量的磷酸二氢锌或磷酸来调整。

2. 总酸度的影响和控制

总酸度是表示溶液中全部酸液成分的总量。总酸度高时可加快磷化膜的沉积速度,膜层细致均匀,可降低溶液的工艺温度。但是总酸度过高时,容易使磷化膜表面产生粉状物,或使膜层过薄,这时应稀释溶液,降低其总酸度。但总酸度过低时,磷化反应缓慢,膜层厚而粗糙,这时应补充浓缩液或加入适量的磷酸盐来调整。

二、酸比的影响和控制

单独用总酸度或游离酸度的值来衡量是不够全面的,还要控制两者比值的大小,也即要控制酸比。游离酸度和总酸度的比值,称为酸比。

$$\text{酸比} = \frac{\text{游离酸度 (点)}}{\text{总酸度 (点)}}$$

根据磷化液的配方和对磷化液的不同要求,而确定适当的酸比。一般来说,酸比越大,形成的磷化膜越薄,结晶越细,但沉淀增多;酸比越小,形成的磷化膜越厚,结晶越粗。酸比与处理温度也有一定的关系。一般情况下,高温时酸比控制在1:4~1:6;中温时酸比控制在1:10~1:20;低温时,酸比控制在1:20~1:30;常温时,酸比控制在1:30以上。

三、促进剂的影响和控制

单用磷酸盐配成的磷化液反应缓慢,处理时间长,磷化膜结晶粗,不能满足工业生产的要求。为了加速磷化处理速度,细化晶粒,所以需要在磷化液内加入一些促进剂。用于磷化液的促进剂有两大类。一是氧化剂,二是金属离子。

1. 氧化剂的影响和控制

在磷化液中加入氧化剂的主要作用是:缩短磷化时间,降低磷化温度,促使磷化膜结晶细密,减少 Fe^{2+} 的积累。常用的氧化剂有硝酸锌、硝酸钠、亚硝酸钠、氯酸钠、过硼酸钠、过氧化氢(双氧水)等。

(1) 硝酸锌

硝酸锌在磷化液中可加速铁的溶解,除去磷化工件表面的气泡,加速磷化反应和促进磷化膜的生成,并可将 Fe^{2+} 氧化成为 Fe^{3+} ,减少 Fe^{2+} 的积累,稳定磷化液的质量。当硝酸锌的含量适当时,产生的磷化膜结晶细密、均匀、磷化膜薄;含量不足时,产生的磷化膜附着力差,中温磷化时,磷化膜表面容易出现黄锈;但含量过高时,磷化工件表面容易产生浮灰。

(2) 硝酸钠

硝酸钠是磷化反应中有效的氧化剂。它可缩短磷化膜生成的时间,并可减少 Fe^{2+} 的积累。

(3) 亚硝酸钠

亚硝酸钠大多用于低温及喷淋磷化工艺中,并与硝酸盐配合使用。在磷化液中,只要加入1 g/L的亚硝酸钠,即可促进磷化膜的生成。但亚硝酸钠在酸性的磷化液中是不稳定的,在生产过程中,必须频繁地补加或连续地滴加。另外,它分解产生的酸气容易使未磷化的工件(如遇到停线时,工件表面磷化不完整)生锈。当亚硝酸钠含量偏低时,磷化反应不彻

底,磷化膜泛黄,在规定的时间内无法形成完整的磷化膜;但含量过高时,磷化膜呈蓝黑色,防腐蚀性能降低,槽液中还会产生大量的磷化渣。为了保证磷化质量,在喷淋磷化液中,亚硝酸钠的用量一般应控制在 $0.1\sim 0.3\text{ g/L}$ 为宜。

(4) 氯酸钠

氯酸钠作为氯化剂在喷淋磷化工艺中应用较多,它与亚硝酸盐联合使用,可使磷化膜结晶细、均匀、膜层薄、磷化时间缩短。它在磷化液中不会产生酸性气体,但在磷化过程中产生 Cl^- ,影响磷化膜的耐腐蚀性能。同时氯离子会在磷化槽内积累,氯酸钠的添加量多时,还容易在工件表面生成粉状物。在喷淋磷化液中,其添加量一般应控制在 1 g/L 以内。

(5) 过硼酸钠

采用过硼酸钠作氧化剂,生成的磷化膜光滑、细致、均匀、磷化时间缩短。但加入量太多时,沉淀增加,金属表面容易生成粉状物。

(6) 过氧化氢(双氧水)

过氧化氢加入磷化液中,可使磷化膜光滑、细致,并可减少 Fe^{2+} 的积累。因此,若 Fe^{2+} 偏高,磷化液呈酱油色时,可加入适量的过氧化氢,将 Fe^{2+} 氧化成 Fe^{3+} ,使磷化液颜色恢复正常,并能加速磷化膜的生成,还可省去水洗工序。

2. 金属离子的影响和控制

(1) Cu^{2+} 的影响和控制

铜盐在磷化反应中是常用的促进剂,它与其他氧化剂并用时,不仅能催化硝酸盐的分解,还能加速氧化反应,扩大钢铁表面的阴极区,加速磷化膜的生成。常用的铜盐有碳酸铜和硝酸铜。

Cu^{2+} 的用量只能加入磷化液的万分之几。加入太多,会使磷化膜呈红色,降低了耐腐蚀性能,甚至破坏了磷化膜的生成。可溶性铜盐的加入量一般为 $0.002\%\sim 0.004\%$ 为宜。

(2) Zn^{2+} 的影响和控制

锌离子是锌系磷化液中的主要离子。 Zn^{2+} 含量高时,能形成更多的结晶晶核,加快磷化反应速度,并使磷化膜结晶细致,晶粒饱满有光泽。但含量过高时,磷化膜结晶粗大、膜脆,表面灰分增多;含量过低时,磷化膜疏松、发暗,磷化膜形成不完整,甚至有的表面无磷化膜,降低了耐腐蚀性能。

(3) Ni^{2+} 的影响和控制

镍盐可使磷化成膜速度加快,降低膜重,改善磷化膜的结晶,使得晶体的排列更完整,使磷化膜细密、坚固,增加磷化膜的耐腐蚀性能。 Ni^{2+} 对磷化工艺无负面影响,但用量多会使成本提高,镍盐的用量一般应控制在 0.3 g/L 以内。

(4) Fe^{2+} 的影响和控制

在磷化液中必须含有一定量的铁离子。它有利于磷化膜的形成,并影响磷化晶核大小及晶核数量。 Fe^{2+} 含量过少时,磷化膜结晶薄而细,甚至有磷化不上的趋势,耐腐蚀性能降低;但 Fe^{2+} 含量过高时,磷化液容易变成酱油色,稳定性差。因此, Fe^{2+} 的含量要保持在适当的范围。控制 Fe^{2+} 含量的方法是,对于中温磷化工艺,磷化液温度必须在 60°C 左右时,才能把工件浸入槽内,同时还要控制游离酸度。酸洗后的工件,必须充分水洗,严防 SO_4^{2-} 带入磷化槽内。

(5) Al^{3+} 的影响和控制

铝离子是磷化液中危害最大的金属离子,一般情况下,不允许带入磷化槽。当磷化液中的 Al^{3+} 达到一定的浓度时,工件表面会产生乳白色的粉状物,磷化膜发花、不均匀,甚至不能形成磷化膜。大大降低了耐腐蚀性能和涂膜对金属基体的附着力。这种情况下,需在磷化液中加入适量的氟化物,使铝离子成为不溶的氟化铝钠而沉淀下来。

四、磷化温度的影响和控制

不同配方的磷化液都有各自规定的磷化温度范围。一般分为高温、中温、低温磷化。高温磷化温度一般控制在 $90\sim 98^{\circ}C$; 中温磷化温度一般控制在 $50\sim 70^{\circ}C$; 低温磷化温度一般控制在 $30\sim 50^{\circ}C$ 。磷化温度的高低主要取决于磷化液中各成膜离子浓度和所采用催化剂种类及用量。对于同一配方的磷化液,磷化温度高时,磷酸二氢盐的离解度大,成膜离子浓度高,磷化膜生成的速度快。但温度过高时,会使磷化液中的可溶性磷酸盐的离解度加剧,成膜离子浓度大幅度增加,使磷化膜过分粗、厚,并产生大量沉渣、影响磷化液的稳定性,浪费材料。而磷化温度过低时,磷化膜生成缓慢,膜薄,甚至难以形成磷化膜,达不到磷化的质量要求。所以在生产过程中,一定要将磷化温度控制在工艺要求的范围内。

五、磷化时间的影响和控制

不同的磷化液对磷化时间也有不同的要求。磷化时间短,形成的磷化膜不完整,表面有大量的针孔,磷化膜的耐腐蚀性能差。但磷化时间也不宜过长,以免造成不必要的浪费。所以应控制在规定的范围。

六、磷化前预处理的影响和控制

工件在磷化前往往需要经过脱脂、除锈处理。例如采用强碱溶液(如氢氧化钠)浸渍脱脂工序。而经过强碱溶液浸渍过的工件,由于金属表面大部分活泼晶核被覆盖了一层氢氧化物或氢氧化物的薄膜,因而导致了金属表面的晶核数和起反应的自由度减少,这就会影响磷化质量。在这种情况下,在磷化前需要先对金属表面进行调整或活化。其方法通常是用弱碱性的磷酸钛盐溶液或稀草酸溶液对钢铁表面进行处理,使大多数的晶核重新活化和复原。磷酸钛盐也可直接加入到碱性清洗液中,碱液 pH 值一般保持在 $9\sim 11$ 。钛盐在溶液中的浓度仅为每升若干毫克。

磷化前干净的金属表面经胶体磷酸钛预处理,可加快成核速度,降低磷化液工艺温度,使磷化膜薄而致密,防腐蚀性能增强。

七、磷化后处理的影响和控制

磷化后处理包括水洗、钝化与干燥 3 个工序,这些工序也影响磷化膜的质量,必须予以注意。工件经过磷化后一定要彻底洗掉磷化膜上残留的可溶性盐,否则在湿热条件下将引起涂层的早期起泡,那就不但没有起到磷化的作用,反而有害。如果最后一次水洗能采用不循环使用的去离子水,则效果更佳。磷化后水洗,水质不纯主要来自两方面,一是工件从前工序带过来的磷酸盐溶液,二是自来水中所含的盐类。为了解决水质不纯的问题,一般可在最后一次水洗中,加入少量的铬酸作为钝化液,它可以把水中的锌、钙、镁等离子生成不溶的铬酸盐沉淀而除去之,这样就改善了水质,而且也可封闭磷化膜的孔隙,进一步提高磷化膜

的耐蚀性。一般认为如果水洗用水中的氯离子能够保持在 30×10^{-6} 以下, 氯离子与硫酸根离子的总和不超过 70×10^{-6} , 这样的水质在加入少量铬酸作为钝液时, 就不会使涂层早期起泡。但是铬酸含量切忌过多, 否则会溶解磷化膜。一般用量不超过 0.1% (容积比), pH 值保持在 3.5~5.0。

钝化液也可采用铬酸与磷酸的混合酸, 但与电泳涂装工艺配套时, 则钝化液中不加入磷酸, 因磷酸对电泳槽液污染更甚于铬酸。

由于铬酸钝化液在排放时会引起严重污染, 故人们早就在开始研究无铬钝化, 并逐步加以推广使用。为了避免钝化液对电泳槽液的污染, 在与电泳涂装工艺配套时, 需要在钝化后再增加一次脱离子水水洗。

试验证明, 锌盐磷化膜在经过 $120 \sim 160^\circ\text{C}$ 下烘干 5~10 min 后, 其耐蚀性会大大增加, 这是因为磷化膜组成 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{FeZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 在该温度下烘干时, 会失去 2 个结晶水, 从而使磷化膜孔隙率降低的缘故。锌盐磷化膜经过这样的烘干处理甚至可以取消钝化工序。

第三节 汽车车身表面化学处理生产线

一、汽车车身表面化学预处理工艺

为了延长汽车的使用期限, 一般要对汽车车身表面进行预处理。预处理工艺目前使用最多的为全浸渍式。采用全浸渍式工艺, 不仅是为了确保工件上不易喷到的部分也能形成较好的磷化膜, 而且也由于浸渍法形成的锌盐磷化膜性能要优于喷淋法所形成的磷化膜。因为浸渍法形成的磷化膜中磷叶石 $[\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 含量要高些, 喷淋式则磷锌矿 $[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 含量要高些。在对与阴极电泳底漆结合使用的各种不同类型的磷化膜进行评价时发现, 涂膜性能特别是耐湿试验性能与磷化膜在碱性溶液中的溶解度有关。溶解度越低, 性能越好。在 pH 值大于 12 的碱液中, 磷叶石的溶解度远低于磷化锌矿。在阴极沉积反应中会在工件与溶液的界面处出现这种碱性条件, 在这样的条件下, 涂膜附着力发生了下降。

日本研究人员提出了“P”比的概念, 即 $P/(P+H)$, 其中 P 是磷化膜中磷叶石含量, H 是磷锌矿含量。研究结果表明, P 比值高的磷化膜具有良好的耐盐雾性能和抗斑点腐蚀性能, 而浸渍工艺及低锌磷化液有利于形成这种磷化膜。

对于阴极电泳前的锌盐磷化处理, 理想的磷化膜质量在 $1.4 \sim 2.4 \text{ g/m}^2$ 之间, 大于 2.4 g/m^2 的磷化膜力学性能很差, 低于 1.6 g/m^2 的磷化膜耐盐雾性能略有降低。

现在阴极电泳底漆前广泛使用的锌盐磷化工艺如下:

手工预清理→预脱脂→脱脂→水洗→水洗→表调→磷化(低锌的锌、镍、锰三元体系)→水洗→水洗→纯水洗→电泳。

锌材、镀锌钢板和铝材的处理一般采用以下工艺:

氟化物/镍改良的锌盐磷化工艺, 1~3 min 浸渍或喷淋, 磷化膜质量在 $1.6 \sim 2.5 \text{ g/m}^2$ (喷淋) 或 $2.0 \sim 3.5 \text{ g/m}^2$ (浸渍) 之间, 磷化后要进行钝化处理。