

钢管内涂塑新技术

马 辉, 郑小艳, 邱一鸣

(中国联合工程有限公司, 杭州 310052)

摘要: 介绍了一种内涂塑新技术, 详细介绍了该技术方案的设备组成及工作原理, 并对关键设备内吸涂系统进行说明。根据试验数据总结内涂塑时钢管的温度、钢管的转速、供粉时间对涂层的影响, 并形成结论。通过与同类产品技术性能比较显示其优势, 为国内钢管企业内涂塑生产提供新思路。

关键词: 钢塑复合管; 内涂塑; 涂层影响因素

中图分类号: TQ639

文献标志码: A

文章编号: 1007-9548(2024)11-0045-04

New Technology for Inner Coating of Steel Pipes

MA Hui, ZHENG Xiao-yan, QIU Yi-ming

(China United Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310052, China)

Abstract: A new technology for inner coating was introduced, the equipment composition and working principle of the new technology solution were detailed in detail, the key equipment internal suction coating system was described in detail. Summarize the effects of temperature, rotational speed, and powder supply time on the coating of steel pipes during internal coating, and form conclusions based on experimental data. By comparing the technical performance of similar products and demonstrating their advantages, new ideas were provided for the internal coating production of domestic steel pipe enterprises.

Key words: steel plastic composite pipe; internally coated plastic; coating influencing factors

0 引言

钢塑复合管以钢管为基材, 内、外表面涂覆高分子材料, 既保持了钢管的高强韧性, 又具有塑料管材的环保卫生、不积垢、水阻小等特点, 是一种高效、高强度、环保、经济的新型复合管材。近年来, 其作为镀锌钢管的升级型产品受国家产业政策和广大用户的认可而发展迅速, 广泛应用于民用供水、工业供水、海水输送、环保处理等领域。

我国是世界重要的钢塑管生产、消费和贸易大国, 产量已连续 5 年居世界第 1 位。近几年我国钢塑复合管的产销量均已超 200 万 t, 出口量也逐年增多。但是, 我国钢塑管业大而不强、专而不精, 技术经济指标不够先进, 装备水平与产品质量差, 市场竞争力不强,

产品利润较低。应开发研究先进的工艺与设备, 提高企业生产能力与盈利水平, 加快产品创新、技术创新和工艺流程创新, 做大做强钢管涂塑产业。

早期的内涂塑生产多采用压送涂覆机^[1], 工艺参数不稳定, 产品质量参差不齐, 产量较小。后来经过各钢管企业与科研院所的不断摸索、实践, 形成较为完善的工艺流程: 预处理→上料→预热→吸涂→流平固化→空冷→初检→喷印→加盖→检验→打包→入库^[2]。该工艺流程相对完善, 内涂塑采用真空吸涂机, 但供粉时间较长, 工艺参数较多, 回收粉多, 会影响产品质量, 产量较小。

1 内涂塑新技术

近期, 浙江某大型钢管企业携手国内知名设计院, 开发建设新型钢管涂覆生产线。该生产线可以 9 工位同时生产, 自主研发的高端专有设备多, 自动化程度高, 产品质量好, 产量大, 单线年产最多可达 3 万 t。该生产线的工艺流程为: 原材料上件(内壁已做抛丸处

收稿日期: 2024-03-13

作者简介: 马辉(1984—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事涂装工艺规划与设备设计工作。E-mail: mah2@chinacuc.com。

理)→拆捆成根→压缩空气内壁吹灰→电红外预热→内涂塑→粉末固化(热风循环)→工件冷却→外喷涂→粉末固化(电红外+热风循环)→工件冷却→人工检查判断→自动去次→人工加内盖→喷码→贴防伪标签→单根覆膜热塑→码垛成型→成捆覆膜→自动打包→称

重→储捆→人工辅助下件。

该生产核心工艺为9工位内涂塑系统,包括粉房、回收系统、供粉桶及振动筛、气动阀、吸尘枪、气控柜、电控柜、粉管及气路系统、新粉桶及其他部件,如图1所示。

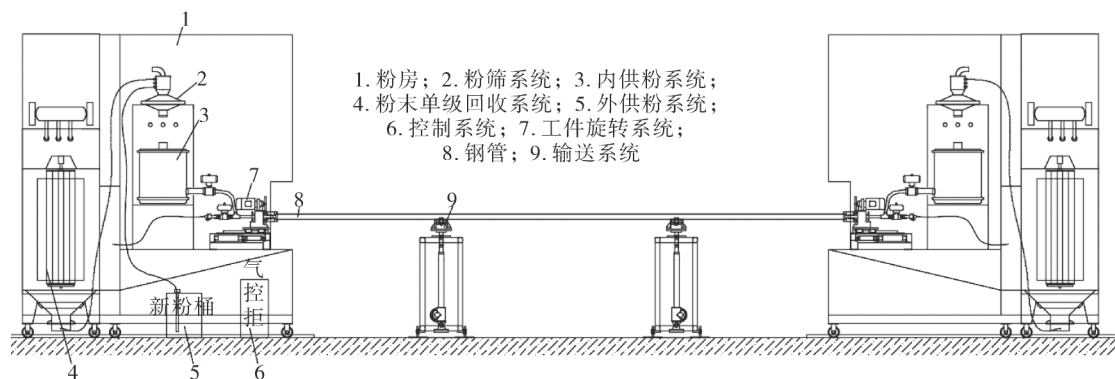


图1 内涂塑系统

喷房采用折边不锈钢螺栓连接,供粉桶、振动筛及端部旋转夹装置安装在喷房内,喷房两侧设有维护和拆装门,底部设计成斜坡式,配置压缩空气蘑菇头,可及时将积粉回收。喷房底座下方有导轨和丝杆调节装置,可通过人工移动满足工件长度变化,目前设计能力为2.8~6.6 m。

内涂塑采用以压缩空气为动力的吸尘枪单侧或双侧间歇吸涂粉末,每侧设置两套供粉桶,其中粉房内为主供粉桶,粉房地面上的为新粉桶,加粉时,人工打开粉袋包装,将粉倒入新粉桶上部开口,新粉桶上配有文丘里式输粉泵,根据粉位开关信号,控制文丘里泵的电阀自动开、关,达到自动补粉的效果。粉桶底部均设置流化床,经流化的粉末用手指能毫不费力地插入。主粉桶上面设置振动筛,来自新粉桶内的粉末通过粉管到达振动筛上部,经过筛、磁吸后进入主粉桶。振动筛上部设置较大直径的透明粉管,直连至粉房负压区,用于回收振动筛内的超细粉。供粉桶上部开有加粉口、高低粉位探测器。

本系统由于采用较为精确的工艺参数,供粉量较之前工艺少了50%以上,因此回收粉也相对少很多。回收系统采用单级滤芯回收,回收背包内配置全聚酯滤芯和流化板,上部配高压风机,产生的负压将粉房内及各粉管内的粉抽进背包内,经滤芯过滤后排放至厂房内。在清理背包、更换滤芯或换色时,仅需将背包与粉房、背包与风机箱之间的张紧绳卡扣打开,并将背包顶部的气缸松开即可,气缸开关设置在两侧气孔柜的侧边。背包内的脉冲发生器能均匀地向脉冲阀发送信

号,有效地控制滤芯工作,其反吹脉冲和压力均可调。程序设定仅在不吸涂的空闲时间进行滤芯反吹,这样可避免因脉冲反吹造成压缩空气压力瞬减,导致吸涂效果不稳定。滤芯清理间隔时间不宜太长,时间久了会导致滤芯上粉末堆积过多,一般间隔时间20~40 s。当背包侧面大压差表指针到达红色区域时,应打开背包后盖,用气枪或吸尘器对滤芯进行清理。

滤芯下部的积粉斗设置流化床,并安装文丘里式输粉泵将回收粉末输送至供粉桶上部的振动筛中。输粉泵压力一般为0.2~0.4 MPa,压力太高将导致进入振动筛的气流过大,粉、气混合物会从振动筛上部的超细粉管中冒出;压力太低会因粉桶正压导致粉末倒灌进入积粉斗流化床。文丘里式输粉泵须定期清理,避免大块粉块堵塞。振动筛为多目的粗筛网,经振动筛筛过的粉末通过永磁分离装置后落进粉桶内,细铁屑、砂粒等被吸附,避免磨损吸尘枪,永磁分离装置吸附的铁末应定期清理。

气孔柜主要显示及控制吸尘枪压力、粉桶流化压力、回收系统流化压力、滤芯清理压力等。总进气压力应在0.6 MPa以上,各分项气路参数对照生产指导参数,一般不需要调整。

2 内涂塑工作原理

内涂塑作业时,钢管首先被预热,双向货叉将加热后的钢管搬运至吸涂工位,顶升装置将钢管顶起,高度与旋转头中心高度一致,之后两侧粉房内的气缸将旋转头推出,碗状的旋转头将钢管端面顶住,随后旋转头旋转,带动钢管同时转动^[3]。

当 A 侧粉房开始吸涂时, A 侧粉房的三通阀 1 关闭,三通阀 2 打开,吸尘枪开启,产生巨大的真空吸力;同时 B 侧粉管上的三通阀 1 打开,三通阀 2 关闭,管路接通供粉桶, B 侧粉桶内的粉被吸入钢管内部,流化的粉末遇到高温的钢管内层,迅速熔融并黏附在内壁上,未被黏附的粉末被负压气流带至 A 侧粉房的旋转头的内腔,经光滑的粉管进入回收系统中,经收集、过滤后泵入 A 侧粉桶上部的振动筛中,作为粉末来源之一,至此完成一个单向循环。当两侧吸涂时,两侧粉房的吸尘枪交替完成上述过程。吸涂动作完成后,钢管继续旋转,粉末流平固化 3~5 s 后,旋转头松开,顶升装置将钢管顶起,双向货叉将钢管送至下一工位。此时,两侧粉房的吸尘枪同时打开,将旋转头内腔里的积粉吸掉,以便后续吸涂时工况稳定一致。单侧吸涂系统主要部件如图 2 所示。

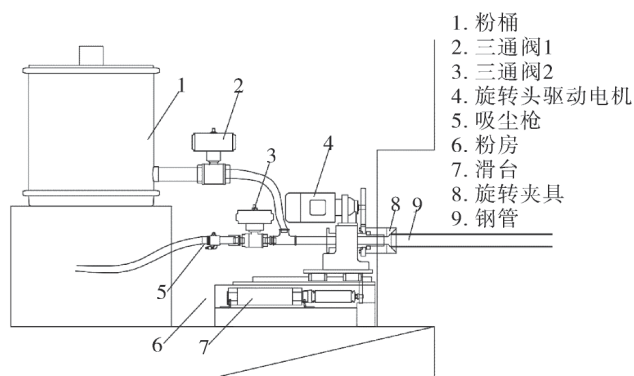


图 2 单侧吸涂系统

3 涂层影响因素分析

钢塑复合管的性能要求有相应的标准规范,包含涂层厚度、附着力、耐冲击、弯曲试验、硬度、耐盐雾性等。其中涂层厚度是最重要的指标,它不仅直接影响其他性能指标,还影响到产品的颜值、生产成本等。以环氧粉末为例,一般要求涂层厚度不小于 300 μm,长度方向、周向各点涂层均匀性好,有光泽。

涂层的影响因素有很多,如粉末特性、预热温度、工件旋转速度、供粉方式、环境温度、供粉时间、供气时间、旋转头角度、吸尘枪吸涂压力等。有些因素是无法量化、固定下来的,比如环境温度,冬季与夏季相差较大;吸涂压力会有波动;供粉时间(量)会随着粉位的变化而有差异。通过测试验证,找到一些相对固定的工艺参数,在保证涂层满足质量要求的情况下,允许其他因素有一定的偏差有非常重要的生产指导意义。

根据调试总结数据,内涂塑时钢管的温度、钢管的转速、供粉时间是影响涂层性能最重要的 3 个因素,其影响关系见表 1~3。

表 1 预热温度对涂层的影响

预热温度/°C	供粉侧端头涂层	中间部位涂层	吸粉侧端头涂层
	厚度/μm	厚度/μm	厚度/μm
95	220	232	225
100	296	336	315
105	373	397	385
110	439	379	401
115	421	491	462
120	556	496	670
125	572	592	624

注:①旋转头转速 70 r/min,供粉 1.2 s,供气 15 s;②预热温度是指吸涂前钢管外壁温度,下同。

表 2 旋转头转速对涂层的影响

旋转头转速/(r·min ⁻¹)	供粉侧端头涂层	中间部位涂层	吸粉侧端头涂层
	厚度/μm	厚度/μm	厚度/μm
40	263	375	239
50	281	384	244
60	316	366	296
70	328	343	352
80	389	384	320
90	467	346	293
100	561	328	258

注:预热温度 105 °C,供粉 1.2 s,供气 15 s。

表 3 供粉时间对涂层的影响

供粉时间/s	供粉侧端头涂层	中间部位涂层	吸粉侧端头涂层
	厚度/μm	厚度/μm	厚度/μm
0.5	166	117	96
1.0	242	194	158
1.5	313	276	241
2.0	336	349	345
2.5	372	386	437
3.0	370	424	532
3.5	393	448	586

注:旋转头转速 70 r/min,预热温度 105 °C,供气 15 s。

由表 1~3 可以看出:

1)预热温度越高,涂层越厚。当内涂塑时钢管温度在 105 °C 以下时,内涂层有局部不到 300 μm,甚至有露底的现象;当内涂塑时钢管温度在 105 °C 以上时,内涂层厚度逐渐增加;当内涂塑时钢管温度在 120 °C 以上时,内涂层厚度可达 500 μm 以上,涂层均匀性较差。过高的温度会使部分粉末刚进入供粉端钢管内壁就迅速熔融黏结在端头,导致供粉端偏厚,弯曲试验不合格。最适宜的内涂塑钢管温度应在 105~115 °C 之间。

2) 钢管转速较低时, 粉末受到的真空吸力大于钢管旋转产生的离心惯性力, 导致粉末在供粉侧停留的时间较短, 大量粉末被迅速抽至中间部位而后熔融在内表面上; 而吸粉侧因更靠近吸尘枪, 粉末受到影响更大, 同时钢管表面温度下降较多, 涂层也更偏薄。当钢管转速较高时, 粉末受到的旋转离心惯性力大于真空吸力, 大量粉末刚进入供粉端的钢管内就被强大的离心力甩向钢管内壁, 无法被吸至钢管另一端, 导致供粉侧的内涂层厚度偏厚。最适宜的钢管旋转速度为 65~75 r/min。

3) 供粉时间越长, 涂层越厚。供粉时间在 1.5 s 以下时, 总的供粉质量小于钢管最小涂层要求所必须的

量, 所以涂层出现露底、橘皮现象。当供粉时间大于 3.0 s 时, 涂层厚度普遍超过 400 μm, 供粉侧更高, 此时在供气时间内已经不能将过喷的粉末吸干净, 出现积粉现象。产生的回收粉, 导致回收系统压力过大, 滤芯、吸尘枪、粉泵、管路等寿命降低, 而且这些回收粉, 因为经过一次钢管内壁的高温影响, 粉末性能、颜色都较新粉有些偏差, 对产品质量不利。最适宜的供粉时间在 2.0~3.0 s 之间。

4 与国内外同类产品技术性能比较

新技术的应用使得企业产品质量大幅提升, 各项性能指标见表 4。与行业内产品横向对比也有较大的优势, 见表 5。

表 4 性能对比(以生产 DN50 消防管环氧粉末为例)

项目	相关标准	控制要求	检测/结果	一般产品
涂层厚度/μm	GB/T 28897, CJ/T 120, GB/T 4956	>300	330~360	250~500
附着力/(N·cm ⁻¹)	GB/T 28897	>30	56.2	35~40
弯曲试验	CJ/T 120, GB/T 244	90°弯曲	无分层、无裂纹	φ2~4 mm, 涂层无破坏
压扁试验	GB/T 28897, GB/T 246	2/3 压扁	无裂纹和剥离出现	4/5 压扁无裂纹
耐冲击性	GB/T 28897	6.3 kg 落下 500 mm	涂层不剥落、不断裂	涂层无破坏
针孔试验	GB/T 28897	2 000~3 000 V 电压, 电火花检测仪	无电火花	偶有火花
耐冷热循环性能试验	GB/T 28897	3 个周期冷热循环	涂层不剥落、无分层	偶见分层

表 5 与同行业产品对比

名称	新建项目	国内外同行业
涂塑工艺	吸尘枪内吸涂→固化→静电外喷→固化	高压风机吸涂→外喷→固化
有无瑕疵点	无瑕疵	有瑕疵, 后续打磨、补喷
生产工位	9 工位	单工位
单线年产量/t	约 3 万	约 1 万
生产 1 t 涂塑管所需粉末/kg	约 26	约 32
工件长度适用范围/m	2.8~6.6	5~6
管径规格适用范围/mm	32~100	40~80
单线所需工人数量	12	16

从表 4~5 可以看出, 新技术下的产品涂层更加均匀, 性能更加优异, 其产品质量、工艺水平、生产规模、节能环保及市场竞争力等方面已处于行业领先水平, 不但可以较大幅度地提升单线产量, 更可以生产定制化、多品种钢塑复合管, 具有重要的生产推广价值。

5 结语

目前, 我国钢管企业的内涂塑生产痛点主要在于产量低, 规格种类多, 涂层质量不稳定, 生产现场“笨、重、土、脏”, 产品颜值低。本文针对上述问题介绍了一

种内涂塑新技术, 详细介绍了其系统组成及工作原理, 并根据数据总结了温度、转速、供粉时间对涂层的影响。该技术不仅解决了钢管内涂塑领域关键性技术难题, 还可推广应用于矩形管、铝型材、箱型梁、桁架结构、不锈钢管等领域, 必将有力促进钢塑管品质提升, 增强钢管企业核心竞争力, 更好地促进国民工业高质量发展。

参考文献:

- [1] 孙冰心, 柏永清, 庞永俊. 给水涂塑复合钢管的性能及加工工艺[J]. 中国给水排水, 2006, 22(6): 106-108.
- [2] 刘辉义. 钢管热涂 EP 和热涂 PE 的工艺特点[J]. 焊管, 2004, 27(1): 33-35.
- [3] 马辉, 沈国方, 郑小艳, 等. 镀锌钢管内部涂塑装置: CN202121192806.7[P]. 2022-02-22.

