

# 叉车薄厚结构件共线同炉生产对策方法

于楠

(海斯特美科斯叉车(浙江)有限公司,杭州 311400)

**摘要:** 主要介绍了叉车工件粉末涂装线,采用超低温和低温两种粉末涂料,结合相应设备配置,实现薄厚板件共线同炉生产,为行业相关人士提供品质稳定、节能降本的生产思路。

**关键词:** 超低温粉末涂料;薄厚板件;共线同炉生产

中图分类号:TQ639 文献标志码:B 文章编号:1007-9548(2025)03-0052-03

## Forklift Thin and Thick Structural Parts Co-line and Co-furnace Production Countermeasures

YU Nan

(Hester Mikos Forklift (Zhejiang) Co., Ltd., Hangzhou 311400, China)

**Abstract:** The powder coating line for forklift workpiece is introduced. the use of ultra-low temperature and low temperature powder coating, combined with the corresponding equipment configuration, to achieve thin and thick parts using the same oven and baking at the same time, for the industry related people to provide stable quality, energy saving and cost reduction production ideas.

**Key words:** ultra-low temperature powder coating; thin and thick parts; co-line and co-furnace production

### 0 引言

为响应国家环保政策,我公司于2022年导入粉末涂装线,实现叉车零部件涂装“油改粉”。粉末涂装件板厚最薄约4 mm,最厚约60 mm,其中板厚4~15 mm的工件占比达到85%以上,产线设计之初,由于场地空间限制,粉末固化只设计1个通道,满足4~15 mm工件2.5 min/挂的生产节拍需求,其余厚板件在每日生产最后集中挂件生产,在生产结束前厚板件全部进入固化炉中延时烘烤。此生产模式的弊端是需要根据每日生产任务提前推算厚板件开始挂件的序号,并且全程需要管理人员监督厚板件小车的进度,必要时手动控制搬送链条,保证厚板件小车集中连续进固化炉;另外,如果当日厚板件数量超出固化炉容量时,必须全线暂停,等待厚板件延时烘烤后出炉。此生产模式对生产团队的管理要求较高,厚板件生产时每日至少占用管理

人员5 h跟踪监督,延时烘烤电能、天然气等消耗较大。

目前市场对大吨位叉车需求明显升高,大吨位厚板件的生产任务增加,为满足产能需求实现弹性生产,降低管理成本及能源消耗成本达到节能减排、绿色制造,我公司在行业内率先采用超低温粉喷涂厚板件,低温粉喷涂薄板件,实现薄厚板件共线同炉同节拍生产。

### 1 粉末涂装产线工艺及设备配置介绍

#### 1.1 粉末涂装产线基本信息

1) 工件为碳钢材质,主要工件为1~7 t级车架、门架、护顶架、滑架及其他小件;

2) 产线最大进件尺寸(长×宽×高)为2 800 mm×2 000 mm×1 500 mm;

3) 工件最大质量1 500 kg,工件平均厚度8~10 mm,最大板厚约60 mm;

4) 产线搬送采用悬挂式积放链,生产节拍2.5 min/挂,双班16 h生产;

5) 工艺采用自动抛丸除锈处理+前处理(脱脂、硅烷)+自动/人工喷粉工艺。其中自动抛丸、自动喷淋前处理、自动喷粉采用慢链连续通过式。其余工序采用快

收稿日期:2024-03-26

作者简介:于楠(1987—),男,本科,涂装工艺工程师,主要从事叉车的涂装工艺管理工作。E-mail:tsyunan@163.com。

链积放式运行。

### 1.2 产线工艺及设备配置

1) 上件工位 2 个, 配有手动控制升降机辅助挂件, 配有扫码枪, 挂件完成后录入工件信息;

2) 屏蔽工位 4 个, 配备基本照明;

3) 采用通过式抛丸设备进行除锈处理, 钢丸粒径为 0.8~1.0 mm, 处理后工件外表面清理等级达到 Sa2.5, 抛丸后配备 1 个人工补喷工位和 3 个人工吹扫工位;

4) 采用喷淋式硅烷前处理, 含有脱脂、水洗、硅烷化处理及钝化处理;

5) 人工吹水工位 2 个, 配备压缩空气管路及工业吸尘器;

6) 水分烘干炉采用热风循环式, 设定温度 100~120 °C, 工艺时间 28 min。

7) 水分烘干后设置 2 个通道, 每个通道都包含室外风强冷+自然冷却, 其中 1 个通道为缓存区, 保证下班前及午休时, 水分烘干炉内小车能够出炉进入缓存区, 确保前处理段小车全部进入水分干燥炉, 防止前处理后工件返锈;

8) 对工件表面的缺陷采用刮耐高温导电腻子进行处理, 之后进入腻子干燥炉, 干燥温度 40~80 °C, 干燥后打磨、吹扫处理;

9) 喷涂采用静电粉末喷涂技术, 结合 3 大主件配套生产及产品颜色考虑, 并行设置 3 个人工前补+往复机自动粉房, 在其中一个自动粉房后串行 1 个人工喷涂的杂色粉房。3 个自动粉房配备“大旋风+滤芯”二级回收系统, 根据生产需要可快速换色, 杂色粉房不考虑粉末回收, 未配备回收系统。

10) 为保证粉末涂装清洁度, 减少异物不良, 粉房区域设有隔离间。隔离间设有冷水循环风空调, 隔离间内温度 30 °C 以下, 相对湿度 70% 以下, 防止粉末涂料固化、结块;

11) 粉末固化炉考虑薄厚板件同炉生产, 为避免过烘烤及干燥不足, 采用电红外加热+热风循环加热。薄厚板件的红外开度提前在数据库中设置好, 挂件扫码时已将小车的红外开度设置完成。热风循环段温度设定 210~220 °C。烘干时间: 电红外 3 工位, 工艺加热时间 7.5 min+热风循环 17 工位, 工艺加热时间 42.5 min, 合计加热时间 50 min;

12) 粉末固化后, 设置强冷工序, 进风取室外自然风, 强冷时间设定 30 min, 冷却后工件物温不高于 50 °C, 夏季强冷段开启喷雾风扇辅助降温;

13) 去屏蔽工位 2 个, 配备基本照明;

14) 卸件工位 2 个, 配有手动控制升降机辅助卸件。

## 2 现行低温粉末应用情况

### 2.1 现行低温粉固化窗口

固化下限条件: 工件物温达到 160 °C, 保温 15 min 以上; 固化上限条件: 工件物温达到 200 °C, 保温 10 min 以下。固化窗口参考图 1, 工件的干燥条件若落在合格区域左侧, 则为烘烤不足, 粉末涂层光泽度会异常高, 且涂层附着力较差; 工件的干燥条件若落在合格区域右侧, 则为过烘烤, 粉末涂层色差可能会超标, 涂层变脆, 涂层附着力也会变差。

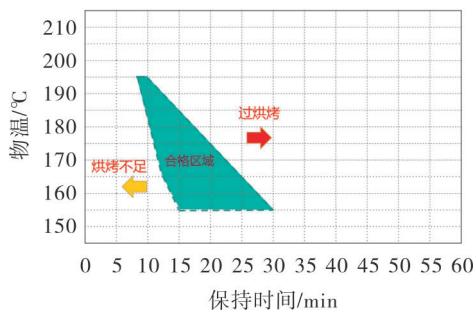


图 1 现行低温粉末固化窗口

### 2.2 粉末涂层固化合格判定方法

在现场实际生产过程, 判断粉末涂层是否固化的方法是测定光泽度和划格附着力, 厚板件使用的都是亚光粉, 正常光泽度应该在 15%~35% 之间, 附着力 1 级以下。当粉末涂层固化不足时, 光泽度会高于 35%, 划格附着力会高于 1 级。薄板件喷涂的粉末涂料既有高光的、也有亚光的, 颜色种类也很多, 针对薄板件固化不足的可能性几乎为零, 过烘烤的情况存在, 判定是否过烘烤主要靠色差仪测定和附着力测定,  $\Delta E > 1.0$  或附着力高于 1 级, 则判定为过烘烤。

### 2.3 薄厚板件物温分布

1) 在试产阶段, 通过验证, 针对薄厚板件调整电红外开度 10%~100%, 固化炉热风循环段温度设定 220 °C, 红外+热风循环总固化时间 50 min, 使用烘道测温仪跟踪 4~15 mm 工件升温情况, 结果见表 1 所列。

表 1 各板厚工件升温情况

工件板厚(主要结构)	起始物温/°C	红外开度/%	红外时间/min	热风炉温/°C	热风时间/min	物温/°C	保温时间/min
4 mm	30	10	7.5	220	42.5	200	13
15 mm	37	100	7.5	220	42.5	160	17
60 mm	17	100	7.5	220	42.5	150	9

2)根据升温曲线的升温速度进行整理,假设所有工件的初始物温均为 30 °C,各板厚工件在固化窗口中的位置如图 2 所示,其中 4 mm 板厚工件在过烘烤区域,但是实际确认工件色差及附着力均合格;15 mm 板厚工件在固化合格区域,实际确认工件色差及附着力均合格;60 mm 板厚工件在烘烤不足区域,光泽度 69%,附着力 2 级,判定不合格。根据测定的升温速度推算,16~60 mm 厚板工件归为一类,采用集中挂件进炉延时烘烤 65 min 方案,可以将厚板件固化条件调整至合格区域内,实际确认工件色差及附着力均合格。

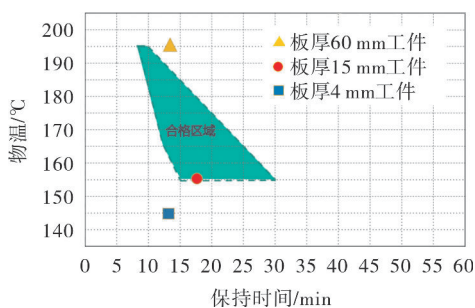


图 2 各板厚工件在固化窗口中的位置

#### 2.4 粉线烘烤模式

- 1)板厚 15 mm 以下工件,按台套挂件,烘烤温度 220 °C,烘烤时间(红外+热风循环)50 min;
- 2)板厚 16~60 mm 工件,集中挂车进件,烘烤温度 220 °C,烘烤时间(红外+热风循环)65 min。

#### 2.5 厚板件集中挂件生产模式的痛点

- 1)工件按板厚分类后,无法成台套生产,且厚板件在制品数量至少 1 班,库存场地占用面积大;
- 2)厚板件集中生产时,产线必须安排专人监视,确保炉内没有薄板件,厚板件烘烤时间需要手动调整,造成人员浪费;且专人一旦处理其他现场紧急问题监视不到位时,有可能导致厚板件烘烤不足直接出炉,需要二次烘烤,造成生产浪费;
- 3)干燥炉热风循环段 17 个小车工位,当日厚板件数量低于 17 车时,可以安排厚板件在下班前进炉单独烘烤,产线只需要留 1 人看守,一旦数量超过 17 车,就会导致全线延时等待厚板件烘烤,造成产能下滑;并且为保证厚板件在下班时停止在炉内,需要提前计算好厚板件的上线次序,产线的灵活性受到极大的影响。

### 3 薄厚板件共线同节拍生产方案检讨

- 1)方案 1:追加 1 条干燥炉支线,厚板件进入支线干燥炉中追加烘烤时间。此方案可以解决厚板件集中挂件延长烘烤时间所生产的痛点,但是受现场场地的限制,没有空间追加干燥炉。
- 2)方案 2:导入干燥条件要求更低的超低温粉末

涂料,应用于厚板件的喷涂。此方案不仅可以解决厚板件集中挂件生产的痛点,也不需要扩建产线,并且通过三方检测涂料的各项性能均符合公司的标准;缺点是涂料单价上涨约 60%。

### 4 超低温粉应用于厚板件解决痛点的验证

#### 4.1 超低温粉末涂料固化条件窗口

固化下限条件:工件物温达到 150 °C,保温 10 min 以上;固化上限条件:工件物温达到 220 °C,保温 20 min 以下。固化窗口参考图 3 所示。

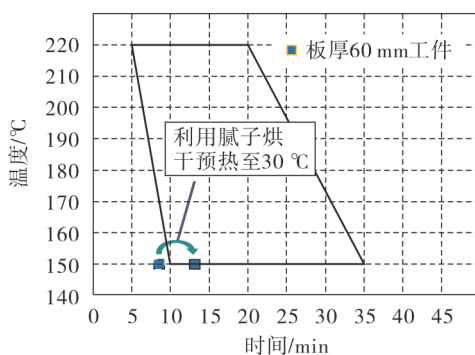


图 3 超低温粉固化窗口

#### 4.2 厚板工件的预热

工件进固化炉时,初始温度越高,在固化炉中能够达到的物温上限越高,满足固化要求的保温时间越长,所以将喷粉前的腻子干燥炉的烘烤温度从 40 °C 提高至 80 °C,经过现场确认,正常生产节拍,厚板件喷粉前的物温能保持在 34~37 °C 之间,喷粉后进固化炉时,物温能维持在 30 °C 左右,厚板件在固化炉中的升温情况在超低温粉末涂料固化窗口位置参考图 3。

#### 4.3 超低温粉末试车

试验条件见表 2 所列,试车结果见表 3 所列。

表 2 试验条件

项目	参数
试验对象	7T 外门架(板厚 15 mm)×1, 7T 滑架(板厚 60 mm)×1
喷涂粉房	杂色粉房(后续厚板件进自动粉房往复机喷涂)
烘干条件	红外 7.5 min+热风 220 °C×42.5 min

表 3 试车结果

项目	基准	7T 门架	7T 滑架
膜厚/μm	100~180	127~204	200~230
光泽度/%	20±5	22~25	15~24
色差(ΔE)	<1	0.53~0.58	
附着力/级	<1	0	0

试验工件膜厚偏厚,光泽度和色(下转第 69 页)