

# 粉末涂装附着力不良原因浅析

李世军, 张海华, 胡美芳

(南京科润工业介质股份有限公司, 南京 210000)

**摘要:** 针对粉末涂装附着力不良问题的原因, 从人、机、料、法、环 5 个方面进行汇总分析。通过分析发现: 人体汗液、涂装设备老化、工件材质、前处理脱脂材料、陶化材料、粉末以及涂装环境均会造成粉末涂装附着力不良。通过分析产生附着力不良的原因, 提出对应的现场管控方法和建议, 供大家预防和借鉴。

**关键词:** 粉末涂装; 附着力不良; 陶化; 脱脂

中图分类号: TQ639 文献标志码: B 文章编号: 1007-9548(2024)09-0043-03

## Causes Analysis of Poor Adhesion in Powder Coatings

LI Shi-jun, ZHANG Hai-hua, HU Mei-fang

(Nanjing Kerun Industrial Medium Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** This article summarizes and analyzes the causes of poor adhesion in powder coating from five aspects: human, machine, material, method, and environment. Through analysis, it was found that human sweat, aging of coating equipment, workpiece materials, pre-treated degreasing materials, ceramic materials, powders and coating environment can all cause poor adhesion of powder coatings. By analyzing the causes of poor adhesion, corresponding on-site control methods and suggestions are proposed for prevention and reference.

**Key words:** powder coatings; poor adhesion; ceramic; degreasing

## 0 引言

粉末涂装起步较晚, 在 20 世纪 40 年代, 一些国家开始初步研究, 一直没有突破, 直到 1954 年德国的詹姆将聚乙烯用流化床法涂覆成功, 1962 年法国的塞姆斯公司发明粉末静电喷涂后, 粉末涂装才开始在生产上正式采用<sup>[1]</sup>。随着人们对于粉末涂装的不断认知和探索, 发现粉末涂装在安全环保、经济效益、工艺操作、产品质量等方面都有其特殊的优势, 所以在最近十几年的时间里粉末涂装得到了大规模的发展和普及。

## 1 粉末涂装

### 1.1 粉末静电喷涂的原理

粉末静电喷涂过程包含的主要设备有粉房、供粉

系统、回收系统、控制系统、喷枪、往复机等。在工件进入粉房后, 控制系统识别产品需求, 供粉系统借压缩空气将粉末送入喷枪, 喷枪前端加有高压静电发生器产生的高压, 由于电晕放电, 在其附近产生密集的电荷, 粉末由枪嘴喷出时, 形成带电涂料粒子, 它受静电力的作用, 被吸到与其极性相反的工件上去, 随着喷上的粉末增多, 电荷积聚也越多, 当达到一定厚度时, 产生静电排斥作用, 便不继续吸附, 从而使整个工件获得一定厚度的粉末涂层, 然后经过加热使粉末熔融、流平、固化, 即在工件表面形成坚硬的涂膜。

### 1.2 粉末涂装质量问题

人们在使用粉末涂装的过程中会经常遇到很多质量问题, 常见的质量问题有工件表面存在缩孔、颗粒、露白、橘皮、色差、针孔、拉孔等, 当粉末涂装线出现这些缺陷的时候, 我们都可以通过自互检识别问题工件, 并且针对性地进行问题排查。排查过程中产生的不合格品可以通过打磨、二次回喷的方式完成返工。

收稿日期: 2023-11-02

作者简介: 李世军(1991—), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事环保新型涂装前处理药剂的开发和应用工作。E-mail: lisj@njkerun.com。

粉末涂装过程中有一种不合格很难通过自互检发现问题,并且此类不合格产品对产品性能质量影响极大,而且还不容易返工,这种不合格便是附着力不良。当通过定期的抽检发现附着力不良的工件时,只能批量进行工件性能检测,依据检测结果确定是否将工件报废或者脱塑处理,返工返修难度比较大。假如通过定期的抽检没有发现问题,当问题工件流到市场,将会存在极大的质量风险。

## 2 粉末涂装附着力不良分析

针对涂装现场可能造成附着力不良问题的影响因素,从人、机、料、法、环5个方面进行汇总分析,同时由于人、机、料、法、环对应的可能性比较多,本文针对每个方面选择常见的原因提出对应的检测和验证方法,并给出解决和预防方案。

### 2.1 人为导致的附着力不良

一般自动化涂装生产线前处理喷粉的过程中不存在人为的接触问题,但是在很多客户现场由于设备原因或者成本压力,工件前处理后转挂或者放置一段时间再喷粉,转挂或者放置的工件喷粉后放置1d后附着力检测合格,但是部分被人工接触的喷粉工件放置2周以后,人工接触的位置附着力会明显下降,底材表面会有明显的锈点。

针对此问题进行实验室验证,使用陶化前处理一批试板,人为地在试板上涂抹一层汗液,喷粉后放置1d检测附着力,附着力合格。当试板放置2周后再进行附着力检测时发现附着力明显下降,同等条件下未被汗液污染的陶化前处理试板喷粉后附着力未下降。

通过试验证明人工接触对产品附着力影响较大,且不易被短时间内发现,所以涂装生产线前处理与喷粉无法连续进行时,建议在转挂过程中保证操作人员的汗液不会接触烘干的工件,主要因为人的汗液中含0.3%左右的NaCl,会加速板材表面生锈,随着时间的推移工件会逐步由内向外生锈,造成附着力不良。

### 2.2 设备导致的附着力不良

很多生产现场会经常遇到批量生产过程中间断性的附着力不良问题,无论是药剂、粉末排查均没有异常。当遇到这种问题时,就需要对设备进行排查,设备在设计初期都是严格按照工件清洗、工件烘干、粉末喷涂、粉末固化等要求进行链速、温度、喷涂设计,当设备使用一段时间后部分设备会被损耗或者设备处理能力变差,比如固化炉的固化温度变差。

某客户工件批量出现附着力不良,且过程中只是一段时间附着力不良,一段时间后恢复正常,这时就需要排查是否是烤箱烘烤温度的问题,可以使用炉温仪对烤箱进行炉温检测,或者可以将不合格工件进行二

次固化后检测附着力。如果二次固化后的工件附着力合格,炉温曲线与烤箱表显温度差异很大的情况下,就需要对设备进行检修。

针对设备造成的附着力不良,建议进行定期设备点检和维护,预防设备因为长期使用得不到保养造成大面积的质量问题。

## 2.3 材料导致的附着力不良

### 2.3.1 板材对附着力的影响

粉末涂装可以在冷轧板、镀锌板等多材质上应用,不同材质上均会出现附着力问题,然而不同材质影响附着力的原因不同。

冷轧板表面附着力不良主要因为板材表面生锈或者板材在前处理过程中生锈,生锈后的板材表面产物主要为氧化铁,即铁锈,铁锈相对来说比较疏松,同时失去了元素与元素之间的结合力,很容易剥落,当生锈的工件喷粉后,由于底材表面的铁锈相对疏松,附着力大大降低,很容易脱落。此问题的判定方法比较简单,目视脱落的底材是否生锈,粉末与板材结合的部位是否发黄,如果发黄基本确定为板材生锈造成附着力不良。如果需要进一步的进行判定,可以使用XRF仪器对脱落粉末表面的元素进行全元素分析,对比分析脱落的粉末涂层中Fe元素含量与正常粉末涂层中Fe元素含量的差异。图1和表1为某次问题分析的照片及数据,结果发现附着力不合格工件表面粉末涂层中Fe元素含量较正常粉末涂层中Fe元素多很多,其他元素相差不大。



图1 粉末涂层照片

表1 不同条件下的粉末涂层的元素分析

涂层	Cr	Cu	Mn	Fe	Ni	Si	P	S	Ti	V
1#	0.250	0.020	0.135	7.952	28.34	51.17	0.063	0.005	11.90	0.138
2#	0.249	0.006	0.151	7.141	28.46	51.27	0.068	0.005	11.88	0.131

对于镀锌板而言,附着力不良原因很多,但是多数情况下附着力不良的主要原因为镀锌板表面存在钝化层,然而并不是所有的钝化层都存在附着力不良,有一

部分含 Si 类型的钝化层对附着力影响较大。

某客户现场生产的过程中突发镀锌板附着力不良,随线生产的冷轧板及其他镀锌板附着力合格,经过对现场材料、设备多次排查均未找到原因,然后对现场不同的镀锌板表面元素分析发现:附着力不合格的镀锌板与合格的镀锌板表面元素存在差异,附着力不合

格镀锌板表面 Si 元素的数量相对较多,相关数据见表 2,其中试板 1 为未钝化镀锌板,试板 2 为钝化附着力合格镀锌板,试板 3 为钝化附着力不合格镀锌板。通过元素检测和对前道钝化工艺的了解发现,确定是由于镀锌板钝化层原因造成了附着力不合格,更换钝化镀锌板后问题解决。

表 2 镀锌板表面元素分析

试板	Cu	Mn	Ni	Mo	Si	P	S	Ti	V	Co	W
1	0	0.320	0.350	0.046	0	0.076	0.039	0.047	0.010	0.435	10.756
2	0.268	0.216	0.668	0.048	0.185	0.200	0.051	0.096	0.030	0.543	15.783
3	0	0.172	0.490	0.079	3.102	0.145	0.026	0.071	0.027	0.575	15.000

### 2.3.2 前处理药剂、粉末对附着力的影响

材料造成的附着力不良除了板材本身以外,前处理脱脂、陶化药剂和粉末均可能造成附着力不良。

脱脂剂的影响:脱脂剂的主要作用是去除板材表面的油污,不会直接造成附着力不良,但是会间接造成附着力不良,比如现场水洗水的更换频次太低,工件在喷粉前脱脂药剂没有清洗干净,或者挂具及链条上,工件夹缝中带的脱脂液在烤箱内跌落或者残留在工件上,此种工件喷粉后当下看不出附着力不良,但是一段时间后会从板材的内部开始锈蚀。

陶化药剂的影响:陶化剂的主要作用在板材表面形成一层陶化膜,增加板材表面积,增加粉末涂料熔融后与板材的接触面积,增加附着力。我们都知道即使没有陶化膜的裸板喷粉后附着力也是没有问题的,所以在陶化药剂参数不失调、陶化膜层均匀的情况下,陶化药剂一般是不会造成附着力不良的。

粉末的影响:粉末对于附着力的影响要比前处理脱脂剂、陶化剂的影响大很多。比较常见的粉末影响因素包括:有效物质(树脂)含量偏低、有效物质(树脂)的分子量分布过宽、添加剂不合格或者用量不当等,均是造成附着力不合格的原因<sup>①</sup>。由于当下很多粉末厂家没有有效的检测手段,无法预判涂料是否合格。当初步判定粉末存在问题时,可以使用有机溶剂去除试板表面的油污,直接喷粉检测附着力。

## 2.4 方法不当导致的附着力不良

### 2.4.1 回收粉使用对附着力的影响

喷粉的过程中会产成大量的回收粉,为了提升粉末的利用率,多数情况下会将回收粉与新粉混合使用,由于回收粉中树脂及添加剂的数量相对新粉发生了变化,当混合数量较多时会使得粉末中各组分比例失调,导致附着力不良,所以在使用回收粉时需要提前做好相关的试验,确定使用比例。

在很多情况下回收粉的使用肯定对附着力有影响,只是少量的回收粉使用很难被试验检测出来。当喷涂工件在前处理及烘烤过程中严重污染时,附着力才会被显现出来,所以质量要求比较高的情况一般不建议使用回收粉,回收粉可以考虑使用在质量要求不高的产品内部等位置。

### 2.4.2 水洗水对附着力的影响

喷粉之前工件表面需要有一个干净的表面,其中前处理水洗水的质量对喷粉的质量影响比较明显。

如果现场使用的水是地下水、沿海自来水或者自来水质量不好时,建议陶化和陶化后的水洗水使用纯水,水洗水中的  $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$  等阴离子,  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  等阳离子残留在板材的表面,影响产品的长期附着力。同时如果现场的水洗水没有及时地更换,长期使用水洗水被污染后,残留在工件表面会造成工件附着力不良,尤其是脱脂剂未被清洗干净,当下不会影响附着力,但是对长期附着力的影响较大。

## 2.5 环境导致的附着力不合格

环境部分最常见的影响位置为水分烘干炉,水分烘干炉内如果存在大量的烟气,或者局部位置直接接触烟气,喷粉后的工件附着力会明显下降。

## 3 粉末涂装日常管理关注事项

通过人、机、料、法、环对常见的影响附着力的原因进行分析和探讨,可以得出一些喷粉涂装线的常见关注事项:

1) 粉末涂装对喷粉前工件的洁净度要求很高,产线设计及后期生产过程中尽量减少人为对工件的二次污染,同时需要特别关注当地自来水水质的好坏;

2) 只有好的设备才能够保证好的产品,所以涂装线生产运行过程中一定需要对设备进行定期的点检和设备保养,保证能够及时发现设备异常点,降低批量不合格风险;

(下转第 66 页)