

# 一种在污染工件上抗缩孔粉末涂料的制备

陆建楼<sup>1</sup>, 孙勤宜<sup>2</sup>, 刘天亮<sup>3</sup>

(1.石家庄市油漆厂, 石家庄 050800; 2.山东巨明机械有限公司, 山东 淄博 256400;

3.河北宏泰专用汽车有限公司, 河北 沧州 061100)

**摘要:**以环氧和聚酯为主体成膜物, 添加消泡剂、抗污染助剂、表面调整剂, 控制粉末涂料产品的粒度, 制备了抗缩孔粉末涂料。讨论了聚酯树脂的胶化时间, 消泡剂、抗污染助剂和表面调整剂的用量以及产品粒度对粉末涂料施工过程中工件缩孔的影响。结果表明: 选用胶化时间 130 s 的饱和聚酯作为成膜物, 添加 1% 的消泡剂、0.3% 的抗污染助剂和 1% 的表面调整剂, 并控制产品粒度  $D_{50}$  在 35  $\mu\text{m}$  下制备的粉末涂料在基材有致密性缺陷、残留水、油、处理液和残留保护层情况下均具有较好的抗缩孔效果。

**关键词:** 粉末涂料; 工件污染; 缩孔

**中图分类号:** TQ637      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1007-9548(2024)02-0010-04

## Preparation of An Anti-shrinkage Powder Coating on Contaminated Workpieces

LU Jian-lou<sup>1</sup>, SUN Qin-yi<sup>2</sup>, LIU Tian-liang<sup>3</sup>

(1. Shijiazhuang Paint Factory, Shijiazhuang 050800, China; 2. Shandong Juming Machinery Co., Ltd., Zibo 256400, Shandong,

China; 3. Hebei Hongtai Special Purpose Vehicle Co., Ltd., Cangzhou 061100, Hebei, China)

**Abstract:** The anti-shrinkage powder coating was prepared by using epoxy and polyester as the main film-forming materials, adding defoaming agent, anti-pollution additive and surface conditioning agent, controlling the particle size of powder coating products. The influence of the gelation time of polyester resin, the amount of defoamer, anti-pollution additive and surface modifier, and the particle size of the product on the shrinkage of the workpiece during the construction of powder coating were discussed. The results show that the powder coating prepared by using saturated polyester with gelling time of 130 seconds as film-forming material, adding 1% defoamer, 0.3% anti-fouling additive and 1% surface modifier, and controlling the particle size  $D_{50}$  of the product at 35  $\mu\text{m}$  has good anti-shrinkage effect in the case of dense defects, residual water, oil, treatment solution and residual protective layer of the substrate.

**Key words:** powder coating; workpiece pollution; shrinkage cavity

## 0 引言

随着环保和碳排放要求趋严, 溶剂型涂料逐步被限制, 水性涂料、UV 涂料、粉末涂料和无溶剂涂料市场份额逐步增大。各种涂料优势各异, 粉末涂料以其快捷的工艺流程、高效的效率优势占有独有的市场<sup>[1]</sup>。产品应用在工程机械、铝材、铸造件、医疗器械、电子元

件、海洋工程、管道输送等各个方面, 与我们的生活息息相关。

粉末涂料为固体颗粒状涂料, 在施工过程中受热熔融进行化学反应。不同工件的自身特性、空气中的污染、工件表面残留污染、压缩空气中的污染等都会造成不同程度的缩孔现象<sup>[2]</sup>。粉末涂料产生缩孔的原因大体有 6 个方面: 1) 产品本身污染; 2) 气体污染; 3) 环境污染; 4) 工件自身污染; 5) 烘道和燃气污染; 6) 交叉污染。缩孔产生的原因很多, 涉及粉末原材料、生产加工、贮存运输、施工应用各个环节。

收稿日期: 2023-10-24

作者简介: 陆建楼(1989—), 男, 本科, 工程师, 主要从事粉末涂料行业的产品开发和市场应用工作。E-mail: 840519890@qq.com。

工件污染是在施工应用的环节,工件的前处理大体分为喷砂、抛丸、酸洗磷化、硅烷化、电泳、特种除油剂等,由于连续化作业和设备的损耗,溶剂、水洗液以及钢珠等会有不同程度的破坏,造成工件表面会有残余的油渍和水分,特种的处理液,残留底涂层、镀锌层现象,以及铸造工件的致密性差受热膨胀等原因造成喷涂粉末涂料后出现缩孔弊病。在客户无法改变现有的工艺环境情况下,需要通过产品配方的调整来改善应用效果。

本文以自身致密性缺陷、工件残留水污染、残留油污染、残留处理液、保护层污染等表征工件污染情况,采用环氧聚酯树脂为成膜物,讨论了不同的消泡剂、抗干扰助剂、表调助剂以及粒度对粉末涂料在污染工件产生缩孔的影响。最终制备出了在污染工件上不产生缩孔的粉末涂料,产品满足客户对性能的要求以及HG/T 2006—2022《热固性和热塑性粉末涂料》标准要求,已成功应用在工程机械上,起到良好的防护和装饰效果。

## 1 试验部分

### 1.1 主要原材料

环氧树脂(O14U):工业级,巴陵石化;聚酯树脂(SJ5#BT、SJ5#C、SJ3701):工业级,安徽;流平剂(PL-200):工业级,埃斯特伦;润湿促进剂(BLC701B):工业级,南海化学;脱气剂:工业级;沉淀硫酸钡:工业级,同欣;超细硅灰石:工业级,欣美;表面调整剂:工业级,瀚城悦;消泡剂(BYK961):工业级,BYK 化学;抗干扰助剂:工业级,佳点。

### 1.2 试验设备及仪器

电子天平;手动金属筛;湿法粒度分布仪;漆膜冲击仪;漆膜划格仪;试验用双螺杆型挤出机;多功能粉碎机;高压静电喷枪;电热鼓风干燥箱;膜厚测试仪。

### 1.3 抗污染粉末涂料参考配方

模拟施工现场初步确定抗污染粉末涂料参考配方,具体如表1所列。

表1 抗污染粉末涂料基础配方

原材料	质量分数/%
环氧树脂	20.0~25.0
聚酯树脂	30.0~40.0
流平剂	1.0~1.5
颜填料	15.0~30.0
润湿促进剂	0.5~1.0
消泡剂	0.1~1.0
抗干扰助剂	0.2~1.0
安息香	0.3~0.5

### 1.4 粉末涂料的制备

参照配方称取原料,手动摇匀倒入挤出机下料斗,温度控制在95~115℃,原料熔融挤出通过压辊冷却后破碎收集,再用多功能粉碎机细破碎,最后过200目手筛制得粉末涂料。

### 1.5 制作工件和性能测定

按照A自身致密性缺陷、B残留水、C油污染、D残留处理液污染保护层4种情况模拟工件。

将制取的粉末涂料分别使用静电喷枪均匀涂覆在模拟工件上,膜厚控制在(70±10)μm,喷涂后放入固化炉中烘烤固化,200℃,15min后取出工件。工件冷却至室温,目视工件表面缩孔情况,以“+”表示缩孔外观状况,“+”越多表示缩孔越多。

## 2 结果与讨论

### 2.1 聚酯树脂对漆膜外观的影响

粉末涂料产品使用的聚酯大多是饱和型的,聚酯的酸值一般在22~100mgKOH/g,酸值不同性能不同。本文采用的是高酸值(45~75mgKOH/g)聚酯搭配一步法环氧树脂制备混合型粉末涂料<sup>[3]</sup>。

根据聚酯树脂配方不同选取3种不同反应速度的产品进行试验,观察漆膜表面缩孔情况来确定合适的成膜物质,试验结果如表2所列。

表2 聚酯树脂对漆膜外观的影响

项目	聚酯树脂		
	SJ5#BT	SJ5#C	SJ3701
胶化时间(180℃)/s	180	130	60
漆膜外观	平整光滑	轻微橘皮	有明显橘皮
A	++	无	无
B	++	+	+
C	+++	++	++
D	+++	+++	+++

由表2可以看出: SJ5#BT制备的漆膜平整光滑,但在工件有污染的前提下不能很好地改善缩孔问题。SJ5#C树脂制备的粉末涂料有轻微橘皮现象,在工件表面有少量油渍、水分残留和保护层残留情况下能改善表面张力小的分子扩散,对缩孔改善有明显效果。SJ3701制备的涂料,外观有明显橘皮,在工件表面有保护层和少量油渍、水分残留情况下对缩孔改善效果明显。

SJ5#BT的胶化时间较长,漆膜的流平性好,漆膜平整光滑。但是由于和底材有过长时间的润湿流动,导致相容性差的残留水、油渍和保护层在基材上出现缩孔。SJ5#C树脂比SJ5#BT的胶化时间稍短,漆膜的流平性稍差,导致出现轻微橘皮现象。但是流动和润湿时间

缩短,所以在工件表面有少量油渍、水分残留和保护层残留情况下对缩孔有所改善。SJ3701 树脂的胶化时间最短,表干较快,导致橘皮现象严重,影响外观,但是由于反应速度快,在工件表面有保护层和少量油渍、水分残留情况下对缩孔改善效果明显。

通过外观效果和表面缩孔现象综合考虑,选择胶化时间为 130 s 的 SJ5°C 树脂作为主体成膜物进行本次试验的研究。

## 2.2 助剂选择

### 2.2.1 消泡剂对漆膜外观的影响

消泡剂在粉末产品中能有效加速工件和粉末产品中的小分子气体逸出,消除表面气孔和缩孔。消泡剂和气泡接触,然后消泡剂在气泡界面上展布,接着消泡剂进入气泡或置换气泡,最后是气泡破灭<sup>[4]</sup>。但是消泡剂的加量很关键,加量多了会雾影严重,甚至增加缩孔;加量少了起不到作用。

确定 SJ5°C 聚酯为成膜物质,观察不同添加量的消泡剂对漆膜外观的影响,试验结果如表 3 所列。

表 3 消泡剂对漆膜外观的影响

项目	加量/%		
	0.5	1.0	2.0
漆膜外观	无雾影	轻微雾影	雾影严重
A	无	无	无
B	+	无	无
C	+++	++	无
D	+++	+++	++

由表 3 可以看出:加入 0.5%消泡剂,漆膜表面光亮无雾影,但在工件有污染的前提下不能很好地改善缩孔问题。加入 1.0%消泡剂,漆膜表面有轻微雾影,对残留水分的工件表面有明显改善效果,但是在少量油渍、保护层残留情况下对缩孔改善效果不明显。加入 2.0%消泡剂,漆膜表面雾影严重,在工件表面有少量油渍、水分残留、处理液情况下对缩孔改善效果明显。

消泡剂的加入对致密性差的工件有很好的脱气消泡效果,对表面少量油渍、水分残留、处理液污染的缩孔改善效果明显。但是不同的加量对表面的显影性影响较大,由于消泡剂自身的分子结构特性和蜡基成分在粉末涂料高温成膜过程表面迁移,用量过大会产生雾影,雾影严重影响表面的外观效果。

根据外观效果和表面缩孔现象确定其添加量为 1.0%进行本次试验研究。

### 2.2.2 抗干扰助剂对漆膜外观的影响

抗干扰助剂为一种特殊的酯类物质,主要针对不

明物质对工件造成的污染。抗干扰剂的加量多了漆膜橘皮严重,加量少了起不到明显作用。

确定 SJ5°C 聚酯为成膜物质,观察添加不同量抗干扰助剂对漆膜表面缩孔影响,试验结果如表 4 所列。

表 4 抗干扰助剂对漆膜外观的影响

项目	加量/%		
	0.1	0.3	0.6
漆膜外观	无影响	轻微橘皮	橘皮严重
A	无	无	无
B	无	无	无
C	+	无	无
D	++	+	无

由表 4 可以看出:加入 0.1%抗干扰助剂,漆膜表面光亮平整光滑,但在工件有油渍和处理液污染下还是不能很好地改善缩孔问题。加入 0.3%抗干扰剂,漆膜表面有轻微橘皮,对残留水分、油渍的工件表面有明显改善效果,但是对于有保护液残留工件的缩孔改善效果不明显。加入 0.6%抗干扰剂,在工件表面少量油渍、水分残留、处理液情况下对缩孔改善效果明显,但是表面橘皮严重。

抗干扰助剂的加入对水分、油渍残留的工件有很好的消除缩孔效果,对处理液污染的工件需要加入很大量才能起到效果,但是严重影响了外观效果。因为抗干扰助剂作为一个活性高的高分子化合物在涂层成膜过程中能够抵抗低表面张力干扰物质带来的干扰,但是由于其自身的高分子结构对于涂层外观有很大影响。

根据表面缩孔情况和外观效果确定其添加量为 0.3%进行本次试验研究。

### 2.2.3 表调助剂对漆膜外观的影响

表调助剂为一种特殊的醛类物质,主要调整产品体系的黏度。

确定 SJ5°C 聚酯为成膜物质,观察不同添加量的表调助剂对漆膜缩孔的影响,试验结果如表 5 所列。

表 5 表调助剂对漆膜外观的影响

项目	加量/%		
	0.5	1.0	2.0
漆膜外观	无影响	无影响	轻微雾影
A	无	无	无
B	无	无	无
C	无	无	无
D	+	无	无

由表 5 可以看出:加入 0.5%表调助剂,漆膜表面光亮平整光滑,但在工件有处理液污染下还是不能完全解决缩孔问题。加入 1.0%和 2.0%表调助剂,都很好地解决了污染工件表面缩孔问题。

表调助剂的加入对水分、油渍残留、处理液污染的工件有很好的消除缩孔效果,2.0%加入量会使工件表面出现轻微雾影现象,影响了外观效果。因为表调助剂作为一种表面张力很低的活性化合物可以调整体系黏度梯度,在涂层成膜烘烤过程中率先释放牵引,加量过大会在表面形成残留的烘烤膜,影响外观效果。

根据表面缩孔情况和外观效果确定其添加量为 1.0%进行本次试验研究。

### 2.3 粒度控制影响

粉末涂料粒度分布会影响涂料的外观和贮存性。粒度曲线分布窄、粒度均匀,粉末涂料上粉均匀,涂装后漆膜表面平整性高;粒度分布太分散,太细的不容易带电,质量轻被引风抽走,太粗的上不去落到粉房,漆膜表面平整性差<sup>[5]</sup>。

确定 SJ5°C 聚酯为成膜物质,观察不同粒度粉末涂层表面缩孔情况,试验结果如表 6 所列。

表 6 粒度对漆膜外观的影响

项目	中位粒径( $D_{50}$ )/ $\mu\text{m}$		
	28	35	45
贮存稳定性((40±1) °C, 7 d)	轻微压实	无变化	无变化
漆膜外观	细腻平滑	细腻平滑	轻微橘皮
A	无	无	无
B	无	无	无
C	无	无	无
D	无	无	无

由表 6 可以看出,粒度在 28  $\mu\text{m}$  时,表面光滑细

腻,但是在特定贮存环境下出现轻微压实现象,贮存稳定性较差。粒度在 35  $\mu\text{m}$  时表面光滑细腻,在特定贮存环境下没有出现明显变化,贮存稳定性好。粒度 45  $\mu\text{m}$  时,表面轻微橘皮,在特定贮存环境下没有出现变化,贮存性好。

根据产品综合效果确定,中位粒度控制在 35  $\mu\text{m}$  为宜。

### 3 结语

1)选择胶化时间为 130 s 的饱和聚酯树脂 SJ5°C 作为成膜物对改善有污染工件缩孔现象有益;

2)添加 1.0%消泡剂对表面有致密性缺陷较差的工件和少量水的干扰可以起到一定的消除缩孔的作用;

3)添加 0.3%抗干扰助剂对工件油渍污染残留效果明显;

4)添加 1.0%表调助剂可以对工件表面保护层残留能起到消除缩孔的作用;

5)粒度选用中位粒径为 35  $\mu\text{m}$ ,得到的漆膜细腻,贮存稳定性好。

### 参考文献:

- [1] 危民喜.粉末涂料在防火门上的应用[J].涂装与电镀,2007(6):22-24.
- [2] 王颖.热固性粉末涂料产生缩孔的原因与改善办法[J].硫磷设计,1998(4):47-50.
- [3] 汤明麟,应民友,张林杰.高韧性粉末涂料用聚酯树脂合成及性能研究[J].涂料技术与文摘,2016(3):23-28.
- [4] 张华东,顾若楠,张俊,等.粉末涂料与表面张力[J].中国涂料,2003(4):43-45.
- [5] 庄爱玉.粉末涂料及其原材料检验方法手册[M].北京:化学工业出版社,2010.

## 欢迎订阅 2024 年《现代涂料与涂装》

《现代涂料与涂装》期刊是由中昊北方涂料工业研究设计院有限公司主办的全国性科技期刊,国内外公开发行,国际连续出版物号:ISSN 1007-9548,国内统一连续出版物号:CN 62-1135/TQ;本刊是中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》、《万方数字化期刊群》全文收录期刊;美国《化学文摘》(CA)收录期刊。连续多届荣获全国石油和化工行业优秀期刊奖。主要报道涂料、颜料及辅助材料的研究、开发、产业化及应用的创新情况,侧重报道的国内外涂装行业的最新进展,赋予本刊鲜明的应用特色,搭建涂料与涂装工程师交流的技术平台。

本刊为月刊,每月 20 日出版,大 16 开本,彩版印刷,每期定价 15.00 元,全年 12 期 180.00 元,挂号 216.00 元(含每期挂号费 3.00 元),快递 282.00 元。

请根据您的方便,选择以下方式订阅:1)通过当地邮局订阅,国内邮发代号 54-65;2)直接向编辑部订阅:征订热线 0931-8496343,邮箱 1056418548@qq.com。