

文章编号: 1000-5692(2004)04-0437-05

# 纤维板表面粉末涂料的涂饰工艺

门全胜, 张文标, 李文珠, 范增霞

(浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 研究一种在纤维板表面进行粉末涂装再转移印花的新工艺。结果表明: 纤维板粉末涂装基材预处理采用预热干燥, 表面砂光, 控制含水率为 6%~8%; 喷涂上粉量为 333.33~388.89 g·m<sup>-2</sup>; 固化条件为 180 °C, 15~25 min。采用干燥箱中热转移方式, 转移印花温度为 (160±10) °C, 时间 15~20 min。按 GB/T 4893-85 和 GB/T1733-79 测试涂膜性能, 涂膜附着等级为 2 级, 耐磨性等级为 1 级, 耐水性合格, 耐液性等级为 1 级。图 1 表 4 参 9

**关键词:** 纤维板; 表面涂饰; 粉末涂料; 转移印花

**中图分类号:** S781; TU531.13      **文献标识码:** A

纤维板作为一种典型的人造板材, 广泛应用于家具制造、建筑和室内外装饰装潢等行业。但纤维板表面粗糙, 纹理不美观, 需要进行二次加工。目前常用的人造板表面二次加工方法主要有各种薄木、装饰纸(板)和 PVC 贴面等。这些加工方法存在以下缺点: 一是需要消耗大量天然优质木材及一些有毒胶粘剂等材料; 二是工艺复杂, 存在产品质量缺陷, 易脱层, 耐热耐磨性较差等; 三是需要增加油漆工序, 不仅工序繁多, 加工周期长, 生产效率低, 而且油漆会产生甲苯、酮类等有机挥发物(VOC), 严重危害人体健康, 污染环境。这种污染不仅在生产过程中产生, 而且在使用过程中长期存在<sup>[1]</sup>。粉末涂料与传统溶剂型涂料不同, 它由树脂、固化剂、助剂、填料和颜料等组成, 不含任何有机溶剂和水, 为 100% 固体物质, 在生产和使用过程中不产生任何 VOC, 被誉为环境友好型涂料。到 2010 年, 粉末涂料将占世界工业涂料总产量的 20%, 粉末涂料和电泳涂料、水性涂料、反应型涂料将成为世界环保型工业涂料的四大支柱产品<sup>[2~4]</sup>。粉末涂料目前应用最普遍的是金属材料及其制品, 国外在 20 世纪 90 年代末才出现低温固化粉末涂料在中密度纤维板上的应用报道, 通过运用特种烘道(高廷仕报告中所提的 IR 固化烘道)加以固化, 并且消除 MDF 在连续高温状态下产生的挥发分, 即在烘道内部将挥发物消耗掉, 同时保证固化温度稳定在工艺温度<sup>[5]</sup>。本文通过普通热固性粉末涂料在中密度纤维板上进行粉末涂装和转移印花的研究, 为下一步进行低温固化粉末涂料的研制及人造板粉末涂饰工艺技术的应用研究提供研究参考, 以探索出一种绿色环保高效率的木质材料表面涂饰工艺技术。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料与仪器设备

**实验材料:** 2 440 mm×1 200mm×9 mm 中密度纤维板, 聚酯-环氧粉末涂料, 聚乙酸乙烯乳液

收稿日期: 2003-12-31; 修回日期: 2004-09-06

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(M503079)

作者简介: 门全胜(1967-), 男, 浙江临安人, 实验师, 从事木质材料表面处理研究。E-mail: menqs@hotmail.com

(PVAc), 酚醛胶, 120~140号砂纸, 转移印花纸, 转印胶。

仪器设备: 电热恒温鼓风干燥箱(温度范围为室温~300℃), 电子天平, 高阻计, 空气压缩机, 喷涂设备, ST-85数字式木材测湿仪, M-1涂膜磨耗仪, 751-GW分光光度计等。

## 1.2 实验技术路线

基材预处理→表面粉末喷涂→涂层固化→固化后处理→转移印花→性能测试。

## 1.3 基材预处理

纤维板基材预处理包括基材干燥、表面处理和表面修整。

1.3.1 基材干燥 从市场购买规格为2440 mm×1200 mm×9 mm的中密度纤维板, 锯切成规格为120 mm×75 mm×9 mm的试件, 参照GB/T 17657-1999的规定测定含水率。将试件在电热恒温鼓风干燥箱中(103±2)℃进行预热干燥, 含水率控制在6%~8%。

1.3.2 表面处理和表面修整 在产品出厂时砂光的基础上, 再进行多种表面处理试验, 得出最佳表面处理方法。对纤维板表面处理的目的是为涂层提供一个清洁平整, 具有活性的表面, 以提高涂膜对被涂物的附着力, 提高流展性。

基材表面砂光后, 仍然有细碎的纤维黏附在表面, 影响涂膜质量, 必须进行表面修整。用压缩空气将纤维吹净。

1.3.3 基材表面电阻测定 用高阻计测出含水率不同的纤维板试件表面电阻, 得出含水率与表面电阻之间的关系, 为有效控制含水率和进行静电喷涂试验提供依据。

## 1.4 表面粉末喷涂

在喷涂前后将试件称量, 测出单位面积上粉量, 并进行固化试验, 比较得出单位面积上粉量和涂膜质量之间的关系, 确定最佳单位面积上粉量。单位面积上粉量=(试件喷涂后质量-试件喷涂前质量)÷试件喷涂面积。

喷涂前先将干燥过的纤维板试件在干燥箱中预热, 预热温度为(103±2)℃, 预热时间为5 min, 然后用粉末喷涂设备把粉末涂料直接均匀喷涂在试件处理过的表面上, 粉末涂料在自重和压缩空气气流冲击下沉积在基材表面, 并被部分熔融吸附。

## 1.5 涂层固化

1.5.1 固化机理和固化过程 热固性粉末涂料固化成膜机理: 由线型结构预聚体(主体树脂)经受热熔融与固化剂在一定条件下发生聚合反应(交联), 成为三维网状体型结构的高聚物(涂膜)。聚酯-环氧粉末涂料主要成膜物质是环氧树脂和带羧基的聚酯树脂<sup>[9]</sup>。热固性粉末涂料固化过程: 粉末涂层经加热烘烤, 粉末开始熔融, 并将粉末粒子之间的空气排出, 熔融的粉末涂料逐渐流平, 通过交联反应, 粘度不断增高, 逐步失去流动性而固化成膜<sup>[9]</sup>。

1.5.2 固化条件的确定 粉末涂料的固化条件一般由粉末涂料生产厂出厂时规定。本实验用的聚酯-环氧粉末涂料在金属材料上使用的固化条件为(180±10)℃, 15~25 min。结合纤维板自身的性质特点, 采用正交试验法, 分别选择固化温度为176, 175, 180℃, 固化时间为15, 20, 25 min, 以确定纤维板粉末涂装的固化条件。

## 1.6 固化后处理

考虑到固化后冷却速度对试件涂膜质量的影响, 分别采用自然冷却(空冷)和在干燥箱中随炉冷却2种后处理方法。

## 1.7 转移印花

1.7.1 转移印花机理 运用分子热运动理论, 在转移印花纸和涂膜之间加热加压, 当纸达到转移印花温度时, 纸上的染料开始升华, 并在纸和涂膜之间形成浓度梯度; 当涂膜也达到转移印花温度时, 涂膜开始吸附染料, 直达到一定的表面饱和值<sup>[7]</sup>, 从而将印在纸上的图案通过染料分子热转移, 复制在涂膜表面上。

1.7.2 转移印花实验过程和工艺参数的选择 转移印花实验过程: 调制转印胶→试件涂膜上涂转印胶→铺印花纸→干燥箱中转移印花→卸纸。

将转印胶与蒸馏水按一定比例调制, 涂胶时须均匀上胶, 涂胶的目的是保证转移印花纸贴附在涂膜上, 不产生脱离和移动。铺纸时应不留空隙, 边角不翘起, 否则会造成空白点。分别采用 120, 140, 160 °C 的温度和 10, 15, 20 min 的时间, 采用正交试验法, 比较采用不同温度和时间时, 转移印花的着色程度和轮廓清晰度, 确定最佳转移印花工艺参数。

### 1.8 涂膜性能测试

涂层附着力采用十字划格法, 按照 GB/T 4893. 4-85 测定表面漆膜附着力, 涂膜耐磨性按 GB/T 4893. 8-85 测定, 耐水性按 GB/T 1733-79 测定, 涂膜耐液性按 GB/T 4893. 1-85 测定。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 基材含水率和表面电阻的关系及对涂膜质量的影响

通过测量基材不同试件的含水率及其表面电阻, 得出两者的关系 (图 1)。

由图 1 可知, 随着基材含水率的增加, 基材表面电阻降低, 尤其在含水率大于 7% 时下降幅度最大, 含水率对电阻起着决定性的影响。含水率过高, 会引起涂膜开裂、起泡、回粘及基材变形等弊病; 含水率过低, 不仅在基材干燥时能耗大而且会使纤维板表面电阻过大, 在静电喷涂中粉末涂料上粉率很低, 影响涂装效率和涂膜质量。含水率一般控制在 6%~8%。

### 2.2 不同的表面处理对涂膜性能的影响

由表 1 可知, 涂 PVAc 和涂酚醛胶的表面处理方法, 其耐水性和附着力明显低于砂光和砂光+熨烫的表面处理方法。原因是固化时纤维板主要化学物质纤维素中的羟基 (-OH) 与粉末涂料中的活性基团羧基 (-COOH) 等发生反应<sup>[8]</sup>, 使纤维板表面和涂膜形成一定的粘附力; 而涂 PVAc 及涂酚醛胶在基材表面和涂膜之间形成了一道隔离膜, 大大减少了这种反应的发生概率, 同时 PVAc 和酚醛胶都是和水有较强亲和力的胶粘剂。

考虑到砂光+熨烫比砂光多了一道工序, 选择砂光作为纤维板粉末涂装的表面处理办法。

### 2.3 上粉量对涂膜质量的影响

通过对纤维板试件喷涂不同质量的粉末, 在一定的固化条件下 (180 °C, 15 min) 进行固化, 对涂膜性能和外观进行测试和比较 (表 2)。

由表 2 可知, 最佳上粉量为 3.0~3.5 g, 涂膜附着力、耐磨性、光泽度和外观均较好。因此选择单位面积上粉量 =  $(3.0 \sim 3.5) \div (120 \times 75 \times 10^{-6}) = 333.33 \sim 388.89 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$

### 2.4 固化条件对涂膜质量的影响

粉末涂料附着在基材表面上, 必须用一定的温度和时间加热, 才能使粉末熔融流平, 交联固化成均匀的涂层。根据实验确定了纤维板粉末涂装固化条件 (表 3)。

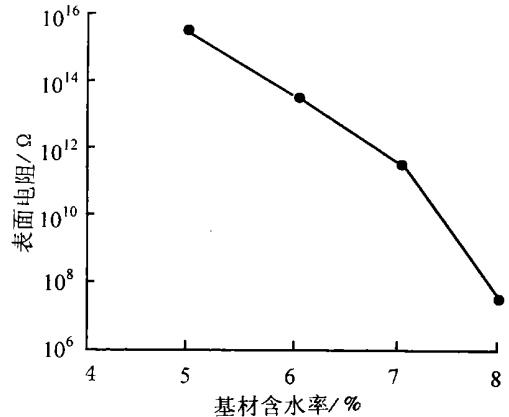


图 1 基材含水率和电阻的关系

Figure 1 Relation between basewood moisture content and resistance

表 1 表面处理对涂膜性能的影响

Table 1 The effect of surface dispose on the properties of surface coating

处理方法	耐水性	耐磨性等级	附着力等级	光泽	涂膜外观
砂光	好	1	1	高光	无明显缺陷
涂 PVAc	一般	1	3	高光	无明显缺陷
涂酚醛胶	一般	1	3	半光	缩孔较多
砂光+熨烫	好	1	1	高光	无明显缺陷

表 2 上粉量对涂膜性能和外观的影响

Table 2 The effect of the amount of powder had to applying the properties and outside of surface coating

单个试件上粉量/g	附着力等级	耐磨性等级	光泽度	涂膜外观
2.0~2.5	3	1	差	局部露底缩孔较多
2.5~3.0	2	1	一般	缩孔较少
3.0~3.5	2	1	好	无缩孔
3.5~4.0	3	1	好	无缩孔
4.0~4.5	3	1	最好	有缩孔

由表3可知:①固化时间一定时,当实际固化温度达不到涂料组分交联反应所需温度时,反应不完全,组分之间不能充分交联,从而影响涂膜质量<sup>[9]</sup>,造成涂膜表面粗糙,涂膜裂纹,光泽度、附着力、耐水性和耐磨性等均下降。②固化温度一定时,首先固化温度必须达到粉末涂料的理论固化温度以上,涂层才能完全固化;

其次固化时间要适当,过短则涂膜耐水性、附着力等性能下降。③固化条件中,固化温度对固化程度和涂膜性能的影响程度大于固化时间。④纤维板粉末涂装的固化条件为180℃,15~25 min。

## 2.5 后处理方式对涂膜质量的影响

使用2种后处理方式,即自然冷却(空冷)和在干燥箱中随炉冷却。对于未完全固化的试件,采用自然冷却涂膜出现了裂纹,采用随炉冷却涂膜无裂纹产生;对于完全固化的试件,2种后处理方式均无裂纹产生。这是因为从干燥箱(180℃)中取出直接放在空气中冷却,冷却速度快,而基材和涂层的冷却速度不同,基材在冷却过程中吸湿膨胀,对涂层产生了内应力,而涂层未完全固化,出现了裂纹现象。

## 2.6 转移印花工艺条件对印花效果的影响

2.6.1 温度和时间对印花效果的影响 在转移印花过程中,需要一定的温度和时间才能保证达到一定效果。不同温度和时间对转移印花效果的影响见表4。

从表4可知:①温度一定时,随着转移时间的增加,着色更容易,轮廓清晰度逐渐增加,转移效果逐渐改善。②时间一定时,随着转移温度的升高,着色程度、轮廓清晰度都大幅度上升,并且温度对转移印花效果的影响比时间更为明显。

综合上表分析确定,转移印花温度为(160±10)℃,转移印花时间为15~20 min。必须注意:如果涂层未完全固化,在转移印花过程中涂层未固化部分会重新熔融,造成粘纸而不能完成转印过程。因此要实现转移印花必须以涂层完全固化为前提。

2.6.2 转移印花纸的设计和选择 转移印花的花型图案取决于转移印花纸,可自行设计,通过凹版印刷印制在印花原纸上。①染料品种对印花效果的影响。采用水溶性和醇溶性2种染料类型的转移印花纸在相同工艺条件下进行转移印花试验,比较得出使用醇溶性染料的转移印花纸印花效果较好,图案清晰,卸纸容易。②印花原纸品质对印花效果的影响。要求印花原纸单位面积质量要小,以减少原纸厚度,缩短转移温度升温时间。印花原纸抗拉强度要高,以提高卸纸速度,防止印花纸粘附在涂膜表面。

表3 固化温度和时间的确定

Table 3 The determination of solidification temperature and time

固化温度/℃	固化时间/min	固化程度	涂膜裂纹	耐水性	附着力等级
170	15	否	明显	一般	5
	20	否	明显	一般	5
	25	否	明显	一般	5
175	15	否	明显	一般	5
	20	否	明显	一般	4
	25	否	明显	好	4
180	15	是	无	好	3
	20	是	无	好	3
	25	是	无	好	3

说明:固化程度由丙酮擦拭确定,如果能被擦拭则未完全固化,反之则固化完全

表4 转移印花温度和时间对印花效果的影响

Table 4 The effect of temperature and time on the transfer printing

转移温度/℃	转移时间/min	着色程度	轮廓清晰度
120	10	浅	不清晰
	15	较浅	模糊
	20	中	较清晰
140	10	较浅	模糊
	15	中	较清晰
	20	深	较清晰
160	10	深	较清晰
	15	深艳	清晰
	20	深艳	清晰

### 3 结论与建议

纤维板基材必须经过预热干燥处理, 控制含水率在6%~8%, 以保证涂膜质量和控制基材变形。应开展纤维板表面处理研究, 进一步降低表面粗糙度, 提高粉末涂料的流平性和附着力。

聚酯-环氧粉末涂料在纤维板上的应用研究表明, 纤维板表面进行粉末涂装是基本可行的。表面采用砂光处理, 粉末喷涂上粉量为 $333.33 \sim 388.89 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 固化条件为 $180 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $15 \sim 20 \text{ min}$ 。按GB/T 4893-85和GB/T 1733-79测得涂膜各项性能如下: 附着力等级2级(涂膜沿割痕有断续剥落), 耐磨性等级1级(涂膜未露白), 耐水性合格(涂膜保持完好), 耐液性能等级1级(无印痕)。

转移印花工艺条件为: 温度 $(160 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ , 时间 $15 \sim 20 \text{ min}$ (在干燥箱中热转移)。转移花纸应选择染料为醇溶性的印花纸, 单位面积质量小, 抗拉强度要好; 在转移印花方式上可作进一步研究, 如采用热辊压方式。

应开展纤维板粉末静电喷涂工艺研究, 提高上粉率和涂膜性能。针对纤维板等热敏性木质材料, 应开发低温固化型粉末涂料。为缩短固化时间, 在固化技术上可作进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘晓红, 周定国. 室内环境污染研究现状与展望[J]. 木材工业, 2003, 17(2): 8-11.
- [2] 孙先良. 新型粉末涂料发展的新趋势[J]. 现代涂料与涂装, 2002, (2): 12-15.
- [3] 曲颖. 国外热固性粉末涂料的现状和发展方向(1)[J]. 现代涂料与涂装, 2001, (4): 18-19.
- [4] 陈红. 粉末涂料发展展望[J]. 涂料工业, 2001, (11): 5-9.
- [5] 赵瑛. 静电粉末喷涂工艺在中密度纤维板中的应用[J]. 现代涂料与涂装, 2000, (4): 25-26.
- [6] 居滋善. 涂料工艺: 第四分册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1994. 314-427.
- [7] 染料应用手册编写组. 染料应用手册: 上册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 1995. 885.
- [8] 张文标, 门全胜, 李文珠, 等. 胶合板表面粉末涂料涂饰的研究[J]. 木材工业, 2004, 18(1): 34-35.
- [9] 王永红. 粉末涂料在施工中出现的开裂问题及解决方法[J]. 现代涂料与涂装, 2000, (4): 27-28.

## A study of the technology of finishing fiberboard surface with powder coating

MEN Quan-sheng, ZHANG Wen-biao, LI Wen-zhu, FAN Zeng-xia

(School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** A new technology of finishing the fiberboard surface with powder coating and transfer printing. The raw fiberboard was preheated dry and then treated by sanding. The moisture rate of the fiberboard was 6%—8%; the quantity of coating powder was  $333.33 \sim 388.89 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ; the solidifying conditions was  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $15 \sim 25 \text{ min}$ ; the mode of heat transfer was conducted in the drying box; the temperature for transfer printing was  $(160 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ ; time was  $15 \sim 20 \text{ min}$ . The properties of the coating were tested according to GB/T 4893-85 and GB/T 1733-79. The results showed that the coating adhesive force reached grade one; wear resistance and liquid resistance reached grade one; water resistance was up to grade. [Ch, 1 fig, 4 tab, 9 ref.]

**Key words:** fiberboard; surface finishing; powder coating; transfer printing