

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.11.014

整体卫浴彩色壁板一体模压成型工艺研究

胡福涛

(苏州科逸住宅设备股份有限公司,江苏苏州 215132)

摘要:针对不饱和聚酯树脂片状模塑料(SMC)壁板产品色彩单一问题,通过采用预浸胶彩色饰面层的方式进行优化工艺研究。结果表明,模压速度、模压温度和铺料面积工艺参数对产品质量均存在先提高后降低的影响,由正交实验探讨了成型工艺参数对制品弯曲强度的影响程度:模压温度>铺料面积>模压速度,获得了优化的制造工艺参数:型腔模压温度 153℃,铺料面积 80%,模压速度 1.0 mm/s。彩色壁板样块弯曲强度和拉伸强度等力学性能相对较好,产品批量验证合格率为 98.7%。彩色壁板产品的应用提升了整体卫浴的感官效果。

关键词:整体卫浴;彩色壁板;一体模压成型;模压成型;工艺参数

中图分类号: TQ320.63, TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)11-0070-05

Study on The Integrated Compression Molding Process of The Colorful Bathroom Unit Wallboard

Hu Futao

(Suzhou COZY House Equipment CO., Ltd., Suzhou 215132, China)

Abstract : In order to solve the problem of single color on the SMC materials' wallboard, the technology was studied by means of pre-impregnated color finishing layer. The results show that the process parameters of pressing speed, pressing temperature and paving area all have effects on the product quality, which are increased first and then decreased. The influence of the processing factors on the bending strength of the product is discussed through the cross experiment: the pressing temperature > the paving area > the pressing speed. The optimized manufacturing process parameters are obtained as follows: the mold pressing temperature is 153℃, the paving area is 80%, and the pressing speed is 1.0 mm/s. The mechanical properties such as bending strength and tensile strength of the color wallboard are relatively good. The pass rate of batch validation of the product is 98.7%. The application of color wallboard products improves the sensory effect of the whole bathroom.

Keywords : bathroom unit; color wallboard; integrated compression molding; compression molding; process parameter

近年来,在一系列国家政策的支持下,与绿色施工理念相匹配、兼具环保高效的装配式建筑获得较快发展,显著提升了住宅节能、环保水平,推进了住宅全生命周期价值最大化,为我国建筑水平提升和可持续发展提供了重要支撑^[1-2]。整体卫浴是装配式建筑中最重要的组成部分之一,随着装配式建筑的不断进步与发展,整体卫浴的装配式优势逐渐得到认可,已成为市场重点关注产品^[3-6]。

现今,整体卫浴生产技术路线主要是采用不饱和聚酯树脂片状模塑料(SMC),经高温模压制造。这种材料普遍应用于整体卫浴主体壁板、防水盘及

顶板,具有强度高,质量轻,环保绿色等优点^[7-8]。但由于 SMC 材料色彩单调,壁板模压成型后呈现单一颜色,不能满足客户个性化需求,制约了产品在细分市场上的应用^[9-11]。

笔者通过预浸胶的方式首先制备了彩色壁板样块,然后通过模压实验研究了一体模压成型工艺参数对成型质量的影响规律,由正交实验探讨了一体模压成型工艺参数对制品弯曲强度的影响,得到了标准化的制造工艺参数,从而提升了壁板表面观感效果,并使制品性能稳定,提高了生产合格率。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0703700)

通信作者: 胡福涛,高级工程师,主要研究方向为装配式建筑内装部品复合材料研究 E-mail: 5510@chinacozy.com

收稿日期: 2020-09-07

引用格式: 胡福涛. 整体卫浴彩色壁板一体模压成型工艺研究[J]. 工程塑料应用, 2020, 48(11): 70-74.

Hu Futao. Study on the integrated compression molding process of the colorful bathroom unit wallboard[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(11): 70-74.

1 表面彩色装饰板的制备

表面彩色装饰板是由预浸胶彩色饰面层与 SMC 材料通过一体模压成型的方式制备而成。

1.1 预浸胶彩色饰面层的制备

在不饱和聚酯树脂中加入各种助剂,混合均匀形成树脂糊,其中所述助剂包含:引发剂、脱模剂、促进剂、偶联剂、交联单体、苯乙烯。各助剂的质量份数见表 1^[12]。

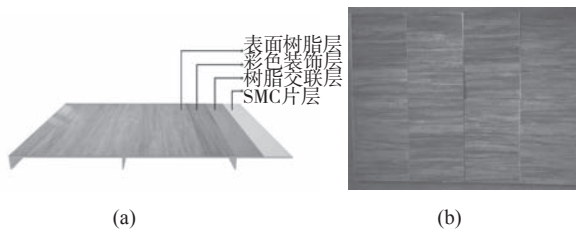
表 1 彩色饰面层浸胶配比表							份
不饱和聚酯树脂	过氧化苯甲酰叔丁酯 (TBPB)	磷酸酯	E4	硅烷偶联剂 KH570	三羟甲基丙烷三丙烯酸酯	苯乙烯	
100	1	3	2	2	8	10	

将上述树脂糊均匀涂覆在具有彩色图案的装饰纸上,装饰彩纸每平方米的质量为 60~85 g,每平方米装饰彩纸上涂覆树脂糊的质量为 60~120 g;然后在 105~130℃ 下进行预固化和干燥,使树脂糊的固化程度达到 70%~90%,完成预浸胶彩色饰面层的制备。

1.2 彩色壁板样块的模压制备

彩色壁板样块制备流程如下:先将 SMC 投料至模具内,再将预浸胶彩色饰面层铺设在模具内,投料面积为制品正投影面积 50%~90%,进行一次模压成型,模压过程中型腔在上、型芯在下;模压过程中,SMC 片状模塑料作为结构层与彩色饰面层发生交联反应,形成一体化制品。制品结构由上到下分别是表面树脂层、彩色装饰层、树脂交联层和 SMC 材料基层结构,见图 1a。

实验所得模压制品如图 1b 所示,样品尺寸 300 mm×200 mm,厚度 5.5 mm,投料量为 610 g。



a—产品结构示意图; b—压制后彩色样块示意图

图 1 一体化模压成型产品结构及压制后彩色样块示意图

2 实验设备及综合测试

2.1 主要设备

液压机: 315T 型,南通锻压设备股份有限公司;

水浴锅: HH-2 型,苏州智博瑞仪器制造有限公司;

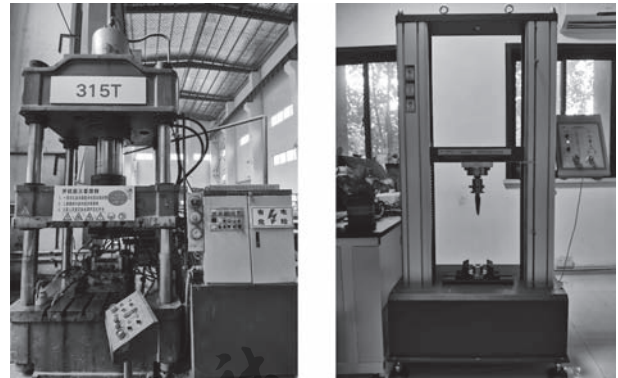
万能试验机: TH-8100S 型,最大试验力为 50

kN,苏州拓博机械设备有限公司;

巴氏硬度计: GYZJ-934-1 型,美国 Barber-Colman 公司;

白度仪: WSB-1 型,上海平轩科学仪器有限公司;

实验所用液压机及万能试验机见图 2。



a—测试液压机; b—万能试验机

图 2 测试液压机及万能试验机照片

2.2 实验测试标准

实验过程中,针对样品表面性能采用的具体的测试方法及参考标准见表 2。

表 2 测试方法与标准

检验项目	标准要求	参考标准
外观	表面均匀,无破损、明显褶皱等	GB/T 13095-2008 《整体浴室》
剥离性测试	温水 80℃ 浸泡 24 h 后,趁热剥离,装饰材料与结构层不脱离	
耐污染测试	凡士林和碳黑 (9:1) 混合,涂布 30 min 后清理表面,无可见污渍,白度数值回复率≥90%	
弯曲强度测试	弯曲强度≥120 MPa	GBT 1449-2005 《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》

3 模压实验

为了探讨不同模压参数对制品表面质量的影响,笔者选取了模压速度,铺料面积及型腔温度作为主要变量分别进行探讨,总结影响规律^[13]。

3.1 模压速度对外观质量的影响

在其他工艺参数不变的条件下,研究模压速度变化对模压质量的影响见表 3。

表 3 模压速度变化的工艺参数表

实验号	模压速度 / (mm·s ⁻¹)	铺料面积 / %	(型芯 / 型腔温度) / °C	模压时间 / s	模压质量 / 级
1 [#]	0.4	80	140 / 150	300	3
2 [#]	0.6	80	140 / 150	300	7
3 [#]	0.8	80	140 / 150	300	8
4 [#]	1.0	80	140 / 150	300	9
5 [#]	1.2	80	140 / 150	300	7
6 [#]	1.4	80	140 / 150	300	6

成型质量分为9级^[14],每级表示:

1—严重缺料;制品严重褶皱,剥离性测试不合格;

2—缺料且固化不充分;制品严重褶皱,剥离性测试不合格;

3—少许缺料;制品较多褶皱,剥离性测试不合格;

4—不缺料,制品较多褶皱,剥离性测试不合格;

5—外观质量不好,制品较多褶皱,剥离性测试合格;

6—外观质量一般,制品较多褶皱,剥离性测试合格;

7—外观较好,制品轻微褶皱,剥离性测试合格;

8—外观良好,制品较少褶皱,剥离性测试合格;

9—外观质量好,制品无褶皱,剥离性测试合格。

模压速度与成型外观质量的关系如图3所示。

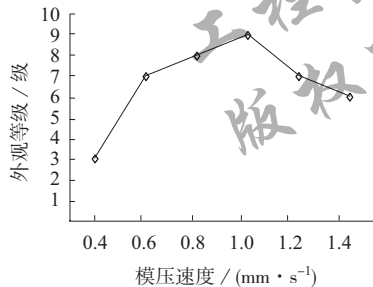


图3 模压速度变化与外观质量的对应关系图

由图3可知,加压速度过慢,初始停留时间过长会导致彩色饰面材料表面出现预固化斑,有时会产生缺料及气孔等缺陷;随着模压速度的提高,SMC片料在模具内流动速度加快,外观质量有先增加后降低的趋势,说明模压速度与片料流动性有关,加压速度过快会导致片料流动快,空气不易排出导致局部褶皱等缺陷。从表3中看出,模压速度为0.8~1.0 mm/s时成型质量良好。

3.2 模压温度对外观质量的影响

在其他工艺参数不变的条件下,保持型腔与型芯温差在10℃,研究模压温度变化对模压质量的影响见表4。

表4 模压温度变化的工艺参数表

实验号	模压速度 / (mm · s ⁻¹)	铺料面积 / %	(型芯 / 型腔 温度) / °C	模压时间 / s	成型质量 / 级
1 [#]	0.8	80	128 / 138	300	3
2 [#]	0.8	80	131 / 141	300	5
3 [#]	0.8	80	134 / 144	300	6
4 [#]	0.8	80	137 / 147	300	7
5 [#]	0.8	80	140 / 150	300	9
6 [#]	0.8	80	143 / 153	300	9
7 [#]	0.8	80	145 / 156	300	7

模压温度与成型质量的关系如图4所示。

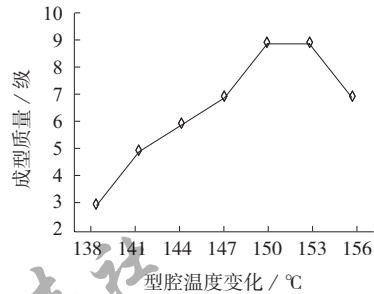


图4 型腔温度变化与外观质量的对应关系图

由图4可知,模压温度低会导致制品表面出现固化不良,并导致表面剥离性异常;随着模压温度的提高,样品外观成型质量有先增加后降低的趋势,说明彩色装饰材料一体模压成型需要较高的反应温度。从表4看出,模压型腔温度为150~153℃时成型质量良好,若温度太高则会导致预固化现象,对表面质量有一定影响。

3.3 铺料面积对成型外观质量的影响

铺料面积与成型质量的关系如图5所示。

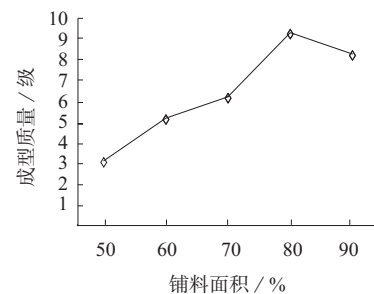


图5 铺料面积与外观质量的对应关系图

由图5可知,随着铺料面积的提高,样品成型质量有先增加后降低的趋势,铺料面积过小会导致彩纸偏移或褶皱等现象(见图6所示),铺料面积过大会导致制品表面排气不畅,有发白的微孔产生。表5为模压温度变化的工艺参数表。从表5中可得出,铺料面积在80%~90%是合适的。

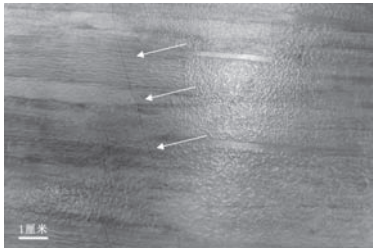


图6 样品表面褶皱示意图

表5 模压温度变化的工艺参数表

实验号	模压速度 / (mm · s ⁻¹)	铺料面 积 / %	(型芯 / 型 腔温度) / °C	模压时间 / s	成型质 量 / 级
1 [#]	0.8	50	140 / 151	300	3
2 [#]	0.8	60	140 / 151	300	5
3 [#]	0.8	70	140 / 151	300	6
4 [#]	0.8	80	140 / 151	300	9
5 [#]	0.8	90	140 / 151	300	8

3.4 通过正交实验确定最佳模压工艺参数

在模压工艺单变量参数实验中,得到了模压成型工艺的一个优化参数范围。为了获得最佳的模压工艺参数,还必须进行进一步的实验设计^[15]。

由于整体卫浴墙板的实际使用,常伴随着水平载荷的推力,所以笔者将弯曲强度作为对所研究现象性质的定量指标。SMC 片料和装饰材料在一体模压成型过程中,影响成型质量和产品性能制造工艺参数主要为模压速度(A),铺料面积(B)和型腔温度(C)。因此,在设计正交表时,以这几个参数为影响因素,设计模压成型工艺试验正交表为 $L_8(2^4)^{[16]}$ 。笔者以“卡迪木纹”花色作为研究对象(压制样品见图1b所示),进行了相关生产制造工艺的研究试验。实验的成型工艺参数见表6,恒定不变的工艺参数为投料量610 g,模压压力290 T和保压时间300 s。

表6 模压成型工艺 $L_8(2^4)$ 正交实验极差分析表

实验号	A/(mm · s ⁻¹)	B/%	C/°C	弯曲强度/MPa
1 [#]	A1(1.0)	B1(60)	C1(143)	143.25
2 [#]	A1(1.0)	B1(60)	C2(153)	145.32
3 [#]	A1(1.0)	B2(80)	C2(153)	151.77
4 [#]	A1(1.0)	B2(80)	C1(143)	138.11
5 [#]	A2(0.8)	B1(60)	C2(153)	138.44
6 [#]	A2(0.8)	B1(60)	C1(143)	130.63
7 [#]	A2(0.8)	B2(80)	C1(143)	145.18
8 [#]	A2(0.8)	B2(80)	C2(153)	150.15
K ₁	578.45	557.64	557.17	各因素指标求和
K ₂	564.40	585.21	585.68	
k ₁ =K ₁ /4	144.61	139.41	139.29	各因素水平指标和的平均值
k ₂ =K ₂ /4	141.10	146.30	146.42	
极差R	3.5125	6.8925	7.1275	最优方案
优化方案	A1	B2	C2	

由正交试验的极差分析可知,3个工艺参数对制品弯曲强度的影响按大小排序为:型腔温度>铺料面积>模压速度。根据正交实验分析结果得出该彩色装饰材料最佳一体模压工艺参数为型腔模压温度153℃,铺料面积80%,模压速度1.0 mm/s。

4 实验验证

4.1 批量产品验证

为了检验正交实验得出的模压工艺参数,按照优化的模压工艺参数在生产线上实际小批量生产,产品花色为卡迪木纹,产品规格尺寸为500 mm×2200 mm,总计150件,经测试A品共148件(外观质量等级≥8级),B品共2件(表面外观缺陷),合格率98.7%,在优化的模压工艺参数下压制的制品表面光滑,彩色逼真,表面褶皱少,获得了很好的工业化生产效果。

4.2 带彩色装饰层制品与原色产品性能对比

为了进一步了解彩色装饰层对于SMC材料产品性能的影响,笔者采用上述标准工艺参数分别压制带表面装饰层的制品样块和不带表面装饰层的纯SMC制品样块,并分别对主要物理性能进行检测,测试结果见表7。

表7 测试样块性能对比

测试项目	彩色壁板制品	纯SMC制品
弯曲强度/MPa	151	142
弯曲弹性模量/MPa	9800	9070
拉伸强度/MPa	59	51
巴氏硬度	55	55
耐污染回复率/%	96.5	93.3

由表7可以看出,与没有表面装饰层的SMC制品相比较,彩色壁板样块的弯曲强度和拉伸强度等力学性能指标上有明显的提高,说明带表面装饰层的一体化模压成型产品具有一定实际应用价值。

彩色表面装饰层应用于整体卫浴壁板产品的实配效果图见图7,从美观方面有了很大提升。



(a) (b)
a—安装Ⅰ; b—安装Ⅱ

图7 彩色饰面整体卫浴安装效果图

5 结论

(1) 在整体卫浴彩色壁板制备的各工艺参数中,模压温度对样品弯曲强度影响最大,铺料面积的影响次之,模压速度的影响最小。

(2) 由正交实验得到标准化的彩色壁板一体模压成型优化工艺参数为:型腔模压温度 153℃,铺料面积 80%,模压速度 1.0 mm/s。

本研究对课题的支撑作用如下:

(1) 通过整体卫浴表面花色壁板标准化制造工艺的研究,可以显著提升制品的表面感观质量,使其可达到天然石材、木纹等逼真的感观效果,并且可以进一步提升壁板性能。

(2) 本研究可以对壁板的标准化制造起到指导作用,为彩色壁板的工业化生产奠定基础,从而为整体卫浴标准化、系列化制造技术的提升起到关键的助推作用。

参考文献

- [1] 魏素巍,苗青.装配式内装修行业现状与展望[J].城市住宅,2019(1):17-20.
Wei Suwei, Miao Qing. Present situation and prospect of the assembled interior decoration[J]. City & House, 2019(1):17-20.
- [2] 张雪敏,魏兴娜.浅谈装配式住宅的发展现状及前景展望[J].建材与装饰,2018(28):134-135.
Zhang Xuemin, Wei Xingna. Development status and prospect of assembled residence[J]. Construction Materials & Decoration, 2018(28):134-135.
- [3] 吴水根,丁景辰.装配式混凝土住宅中的整体卫浴间国内应用前景探析[J].建筑施工,2014,36(2):201-203.
Wu Shuigen, Ding Jingchen. Brief analysis of application prospect of bathroom unit for prefabricated concrete housing in China[J]. Building Construction, 2014, 36(2):201-203.
- [4] 魏素巍,苗青.装配式内装修的实践与思考——集成式卫生间设计与应用要点[J].城市住宅,2019,26(10):117-121.
Wei Suwei, Miao Qing. Practice and thinking about the assembled interior decoration——The key points in design and application of integrated bathroom[J]. City & House, 2019, 26(10):117-121.
- [5] 魏素巍.适合我国国情的装配式内装技术探索[J].工程建设标准化,2017(5):23-25.
Wei Suwei. Research on assembled interior technology suitable for China's national conditions[J]. Standardization of Engineering Construction, 2017(5):23-25.
- [6] 王晓朦,胡惠琴.住宅适应性工业化内装体系初探——以整体卫生间为例[J].建筑学报,2012(S2):157-161.
Wang Xiaomeng, Hu Huiqin. A Preliminary Study of the adaptable industrialized housing interior decoration system——The case of integrated bathrooms[J]. Architectural Journal, 2012(S2):157-161.
- [7] 李宇航,马一铭,耿亚玲,等.装配式建筑中的整体卫浴应用浅析[J].居业,2020(4):53-54,56.
Li Yuhang, Ma Yiming, Geng Yaling, et al. Application of bathroom unit in assembled building[J]. Create Living, 2020(4):53-54, 56.
- [8] 刘合森,管锡珺.整体卫浴的发展前景,优缺点及住宅建筑应用现存问题[J].青岛理工大学学报,2014,35(4):93-96.
Liu Heseng, Guan Xijun. Development prospects and advantages and disadvantages and problems of the whole bathroom applied in residential buildings[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2014, 35(4):93-96.
- [9] 刘霜艳,潘艳茹,邓熙.住宅产业化背景下整体卫浴发展现状及存在问题[J].四川建筑科学研究,2018,44(3):122-127.
Liu Shuangyan, Pan Yanru, Deng Xi. The development status quo and problems of bathroom unit under the background of housing industrialization[J]. Sichuan Building Science, 2018, 44(3):122-127.
- [10] 曹伟杰.工业化内装卫浴核心解决方案——好适特整体卫浴在实践中的应用[J].建筑学报,2014(7):53-55.
Cao Yijie. The core solution to the industrialization of integrated kitchen and bath the application of haoshite unit bathroom [J]. Architectural Journal, 2014(7):53-55.
- [11] 王雪梅,潘亦兵.现代卫浴文化的整体化发展趋势[J].上海建材,2008(4):25-27.
Wang Xuemei, Pan Yibing. The integrated development trend of modern bathroom culture[J]. Shanghai Building Materials, 2008(4):25-27.
- [12] 苏州科逸住宅设备股份有限公司.用于整体浴室的彩色装饰板的制造方法:CN201710485121.3[P].2017-12-12.
Suzhou COZY house equipment CO., Ltd. Manufacturing method of color decorative panel for bathroom unit: CN 201710485121.3[P].2017-12-12.
- [13] 黄家康.聚酯模塑料生产与成型技术[M].北京:化学工业出版社,2002.
Huang Jiakang. Production and molding technology of polyester molding compound[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [14] 梁国正,顾爱娟.模压成型技术[M].北京:化学工业出版社,1999.
Liang Guozheng, Gu Aijuan. Compression molding technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1999.
- [15] 郭祥,周妮娜,郭海艳.工艺验证方法在 SMC 模压成型的应用[J].玻璃钢/复合材料,2012(S1):209-210.
Guo Xiang, Zhou Nina, Guo Haiyan. Application of process validation method in SMC molding[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2012(S1):209-210.
- [16] 韩之俊.质量管理[M].北京:科学出版社,2011.
Han Zhijun. Quality management[M]. Beijing: Science Press, 2011.