

SMC模压成型工艺参数对成型质量的影响^{*}

陈元芳 李小平 宫敬禹

(重庆工学院,重庆 400050)

摘要 通过模压实验研究了不饱和聚酯树脂片状模塑料(SMC)模压成型工艺参数对制品成型质量的影响;以冲击强度为衡量制品性能的定量指标,通过正交实验得到了优化的 SMC模压成型工艺参数,分析了各参数对冲击强度的影响,对实际生产具有一定的指导意义。

关键词 模压成型 正交实验 成型质量 冲击强度

不饱和聚酯树脂片状模塑料(SMC)具有原材料成本低、生产率高(约为手糊成型工艺的两倍)、产品质量稳定可靠、比强度高、可机械化自动化生产等优点,使其在交通、建筑、船舶、电气、化工等领域得到广泛应用,特别是在汽车工业上具有巨大的应用市场。SMC的模压成型过程是一个既有物理变化、又有化学变化的过程,成型工艺参数对 SMC制品的质量有很大的影响。为了得到性能优良的制品,必须得到优化的工艺参数。笔者通过模压实验研究了模压成型工艺参数对成型质量的影响,由正交实验探讨了 SMC模压成型工艺参数对制品冲击强度的影响,得到了优化的成型工艺参数。从而为实际生产节省了试验时间,提高了 SMC制品成型生产率,并使制品性能稳定,提高了生产成品率,降低了生产成本。

1 模压成型工艺参数对制品成型质量的影响

将一定量的 SMC放入金属模具中,在一定的温度、压力、时间下使模塑料在模腔内受热塑化、受压流动并充满模腔交联固化而获得制品的成型工艺称为模压成型^[1-2]。为探讨模压成型工艺参数对制品成型质量的影响,笔者设计了几组模压实验,根据实验结果分析模压压力、保压时间(也就是固化时间)、合模时间对制品成型质量的影响。

1.1 实验设备

实验用压力机为吉林省金力试验技术有限公司生产的 YAW - 500型压力机,如图 1所示;实验用模压模具如图 2所示。

1.2 模压实验

模压实验的工艺参数如表 1所示。各实验所得模压制品如图 3所示。

从图 3a、图 3b的第 1、2组实验看出,制品外观质量较为粗糙,有流纹,飞边较厚;从图 3c的第 3组实验看出,制品填充不好;从图 3d的第 4组实验看



图 1 YAW - 500 型压力机



图 2 模压实验模具

表 1 模压实验工艺参数

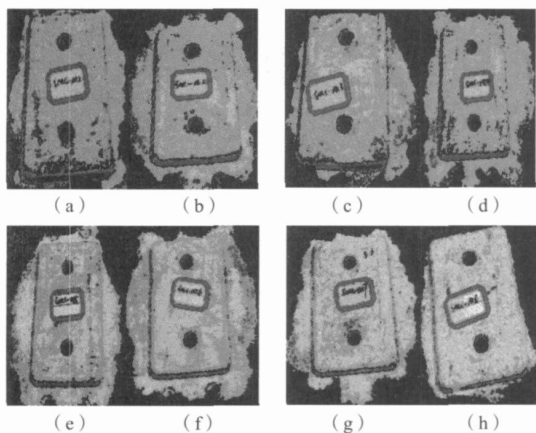
实验组号	(上模温度 / 下模温度) /	模压压力 / MPa	保压时间 / min	合模时间 / s	成型质量 ¹⁾
1	160 / 159	3.74	3	4	6
2	162 / 157	3.91	4	5	6
3	163 / 162	4.25	6	6	5
4	157 / 151	3.91	3	7	7
5	159 / 151	4.08	4	8	7.5
6	158 / 152	4.25	5	9	8
7	160 / 157	3.57	3	10	6
8	159 / 152	4.93	4.5	11	6.5

注: 1)成型质量分为 9级,每级表示: 1—严重缺料; 2—缺料且固化不充分; 3—少许缺料且致密性差; 4—不缺料但致密性较差; 5—外观质量不好,飞边较厚; 6—外观质量一般,飞边较厚; 7—外观较好,飞边较薄; 8—外观良好,飞边薄; 9—外观质量好,无飞边(下同)。

出,制品外观较为光滑,飞边较厚;从图 3e的第 5组实验看出,制品外观较为光滑,填充好;从图 3f的第 6组实验看出,制品外观质量较为光滑,飞边较薄;从图 3g的第 7组实验看出,制品外观一般,有流纹;从图 3h的第 8组实验看出,制品外观较光滑,但有流纹。

^{*}重庆市科委资助项目(2005CC32, 2005CC34, 2008BA3014)

收稿日期: 2009-02-06



a~h—分别对应实验 1~8 组

图 3 模压实验制品

1.3 模压实验结果分析

(1) 模压压力对成型质量的影响

SMC 的模压压力随树脂粘稠程度的提高而增加,流动性越差,加料面积越小(即料层越厚)所需的模压压力也越大;模压压力还与制品的结构、形状、尺寸有关。形状简单的制品,仅需 2.5~3 MPa 的模压压力;形状复杂的制品,如带有加强筋、深槽结构的制品,模压压力可达 14~21 MPa;制品尺寸越大,模压压力也相应增加。另外,模压压力的大小与模具结构有关,垂直分型的模具所需的模压压力低于水平分型的模具。本模压实验模压压力与成型质量的关系如图 4 所示。

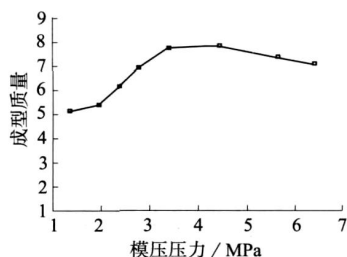


图 4 模压压力与成型质量关系曲线

从图 4 可以看出,随着模压压力的增加,成型质量初始呈上升趋势,但当模压压力超过 4.25 MPa 以后,成型质量反而呈下降趋势,说明在模压成型过程中不是模压压力越高越好。从图 4 还可看出,本实验所用 SMC,当模压压力为 3.91~4.25 MPa 时,成型质量良好。取其平均值 4.08 MPa 为宜。

(2) 保压时间对成型质量的影响

SMC 在成型温度下的保压时间与其性质及固化体系、成型温度、制品厚度等因素有关。保压时间一般按 40 s/mm 计算。对于厚制品(3 mm 以上),每增加 4 mm,保压时间增加 1 min。本模压实验的

制品厚度为 6 mm,保压时间与成型质量的关系如图 5 所示。从图 5 看出,随着保压时间的增加,成型质量提高,但当保压时间达到 6 min 以后成型质量开始下降,保压时间为 4.5~6 min 时成型质量良好。

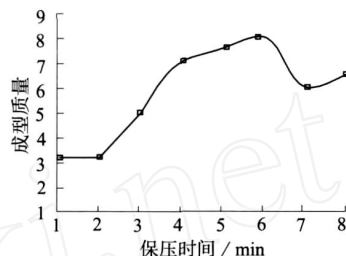


图 5 保压时间与成型质量关系曲线

(3) 合模时间对成型质量的影响

由于 SMC 是一个快速固化系统,因此压力机的快速闭合十分重要。如果在加料后压力机闭合过于迟缓,那么在制品表面就会出现预固化斑,或者产生缺料、尺寸过大等缺陷。在成型温度比较高的情况下,更容易产生上述缺陷。另外,在快速闭合的同时,应尽可能使被困集的空气能顺利排出。本实验合模时间与成型质量的关系如图 6 所示。从图 6 看出,合模时间为 7~9 s 时成型质量良好。

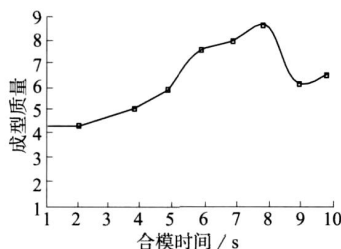


图 6 合模时间与成型质量关系曲线

2 通过正交实验确定最佳模压工艺参数^[3-5]

在模压实验中,笔者得到了模压成型工艺的一个参数范围。为了获得最佳的模压工艺参数,还必须进行科学的实验设计。

2.1 正交实验指标及正交表设计

在任何定量的实验中,对实验单元进行设计,还必须设计出一个或多个实验指标,作为对所研究现象性质的定量刻画,这些实验指标称为判据。指标的恰当与否事关实验的成败。本实验以冲击强度作为衡量制品性能的一个定量指标。

不饱和聚酯树脂 SMC 模压成型过程中,影响制品成型质量及性能的因素主要是模压温度、保压时间、合模时间。因此,在设计正交表时,以这几个参数为影响因素,于是模压成型工艺实验的正交表为 $L_9(3^4)$ 。

2.2 冲击强度的正交实验

冲击实验参照 GB/T 1451 - 1983;冲击实验机为 6/3 冲击试验机。试样类型为 型,其尺寸大小为 120 mm × 15 mm × 10 mm,缺口类型为 A 型。

实验用试样由试样模具按正交实验条件制备,如图 7 所示。

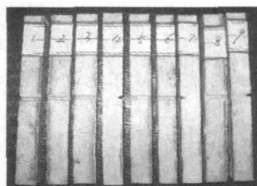


图 7 冲击实验试样

2.3 正交实验结果分析

由于保压时间越长越易发生烧糊、脆化现象,影响制品成型质量,因此正交实验保压时间的设计取 1.3(2)中优化范围的下限。正交冲击实验结果如表 2 所示。

表 2 模压成型工艺 $L_9(3^4)$ 正交实验极差分析表

实验号	因 素			考查指标
	(A) 保压时间 /min	(B) 合模时间 /s	(C) 模压温度 /	
1	A1 (3.5)	B1 (7)	C1 (150)	69.12
2	A1 (3.5)	B2 (8)	C2 (155)	66.24
3	A1 (3.5)	B3 (9)	C3 (160)	61.46
4	A2 (4)	B1 (7)	C2 (155)	91.94
5	A2 (4)	B2 (8)	C3 (160)	87.55
6	A2 (4)	B3 (9)	C1 (150)	66.46
7	A3 (4.5)	B1 (7)	C3 (160)	45.20
8	A3 (4.5)	B2 (8)	C1 (150)	48.62
9	A3 (4.5)	B3 (9)	C2 (155)	82.15
K1	196.82	243.21	184.20	各因素水平 指标求和
K2	245.95	202.41	240.33	
K3	170.30	167.92	194.21	
$k_1 = K_1/3$	65.60	81.07	61.40	各因素水平 指标和的 平均值
$k_2 = K_2/3$	81.98	64.47	80.11	
$k_3 = K_3/3$	56.77	55.97	64.74	
极差	25.21	25.10	18.71	最优方案为: A2B1C2
优化方案	A2	B1	C2	

由正交实验的极差分析可知,3 个因素对制品冲击强度的影响按大小顺序为:保压时间最大,合模时间次之,模压温度最小。根据正交实验分析结果

得出该实验用 SMC 最佳模压工艺参数为模压温度 155,保压时间 4 min,合模时间 7 s。

2.4 实验验证

为了检验正交实验得出的模压工艺参数,笔者按照这一组模压工艺参数做了 4 组模压实验,制品如图 8、图 9 所示。

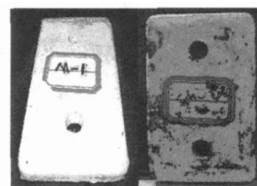


图 8 剪除毛边后的制品

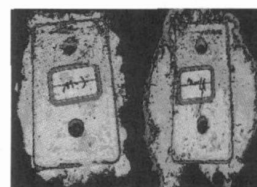


图 9 未剪除毛边的制品

由图 8、图 9 可以看出,在优化的模压工艺参数下压制的制品表面光滑,填充均匀,飞边薄而少,便于后续的处理加工。

3 结论

(1) 保压时间对制品冲击强度的影响最大,合模时间的影响次之,模压温度的影响最小。

(2) 由正交实验得到的 SMC 模压成型优化工艺参数为:模压温度 155,保压时间 4 min,合模时间 7 s,通过实验验证,该优化的工艺参数是正确的。

参考文献

- [1] 梁国正,顾媛娟. 模压成型技术 [M]. 北京:化学工业出版社, 1999.
- [2] 闻荻江. 复合材料原理 [M]. 武汉:武汉工业大学出版社, 1998.
- [3] 刘建平,郑玉斌. 高分子科学与材料工程实验 [M]. 北京:化学工业出版社, 2005: 64 - 67.
- [4] 洪伟,吴承祯. 试验设计与分析——原理、操作、案例 [M]. 北京:中国林业出版社, 2004: 2 - 3.
- [5] 郑少华,姜奉华. 试验设计与数据处理 [M]. 北京:中国建材工业出版社, 2004.

THE EFFECT OF SMC DIE PRESSING FORMING PARAMETERS ON FORMING QUALITY

Chen Yuanfang, Li Xiaoping, Gong Jingyu

(Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China)

ABSTRACT The effect of forming parameters of SMC on forming quality was researched based on the experiment of die pressing forming. By the quadrature experiment, the best parameters of SMC die pressing forming was obtained and the influence of parameters on impact strength was analyzed. The results was of value for directing the production of SMC die pressing forming.

KEYWORDS die pressing forming, quadrature experiment, forming quality, impact strength