

复合材料 RTM 成型工艺参数的研究

孔晋峰 张彦飞 刘亚青

(中北大学山西省高分子复合材料工程技术研究中心, 太原 030051)

摘要 对树脂传递模塑(RTM)成型工艺进行了具体的研究,对所得制品进行了力学性能测试,并研究分析了不同注胶温度和注胶压力对制品力学性能的影响。证明了 RTM 工艺过程中注胶压力越小,树脂对纤维的浸润也越充分,制品的力学性能也相应的较好。提高注胶温度在使树脂粘度降低的同时也不利于 RTM 工艺的排气,从而影响制品的力学性能。

关键词 树脂传递模塑 工艺参数 力学性能

树脂传递模塑法简称 RTM 法,是通过较低的成型压力将一定配比的树脂基体输送到预放了增强材料的闭合模中,在闭合模中浸渍增强材料而获得复合材料制品的方法^[1-4]。RTM 成型工艺与其它复合材料成型工艺相比,其生产效率较高、生产环境较好,并且生产的制品具有较好的外观。在目前对工作环境条件要求的各项法规日趋严格的情况下,很多人都在致力于这一新的成型工艺的研究。

注胶压力的选择一直是 RTM 成型工艺中一个有争议的问题。有人认为采用低压注胶,可促进树脂对纤维表面的浸润;有人则赞成采用高压注胶,认为这样既可排出残余空气,又可以缩短成型周期,降低成本。

注胶温度取决于树脂体系的活性期和达到最低粘度的温度。在不至于过大缩短树脂凝胶时间的前提下,为了使树脂能够对纤维进行充分的浸润,注胶温度应尽量接近树脂达到最低粘度的温度^[5-6]。

笔者以复合材料低成本液态模塑成型技术(LCM)制造工艺研究课题为背景,主要研究树脂的注胶温度和注胶压力对 RTM 工艺成型制品力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原料

不饱和聚酯树脂:金陵帝斯曼树脂有限公司;
过氧化甲乙酮:市售;
环烷酸钴:市售;
玻璃纤维(GF)方格布:市售。

1.2 主要设备、仪器

模具:450 mm × 200 mm × 5 mm;自制;
高压釜:5 L,威海化工机械有限公司;
空气压缩机:V0.36-7 型,青岛金世达压缩机

厂;

粘度计:NDJ-79 型,同济大学机电厂;
万能材料试验机:SL-10000N 型,承德试验机厂。

1.3 试样制备

首先按照树脂 100 份、固化剂 0.5 份、促进剂 0.5 份的质量比配制树脂体系,通过高压釜将树脂体系注胶到铺有一定层数 GF 方格布的模具内,在 70℃ 下固化 24 h,制成厚度为 5 mm 的板材,然后在万能制样机上制成标准试样。

1.4 性能测试

树脂粘度按照 GB/T 7193.1-1987 测试;

拉伸强度按照 GB 1447-1983 测试;

弯曲强度按照 GB 1449-1983 测试。

2 结果与讨论

2.1 树脂粘度实验结果分析

RTM 工艺对树脂体系粘度要求在一定范围之内(一般应小于 1.0 Pa·s)。粘度低有利于树脂对纤维的浸渍,并且可以使树脂以较小的流动阻力快速充满模具空间,保证树脂在凝胶以前完全通过模具并浸润纤维织物,这一点对于纤维体积比高的复合材料来说尤为重要。树脂粘度随温度变化的曲线见图 1。

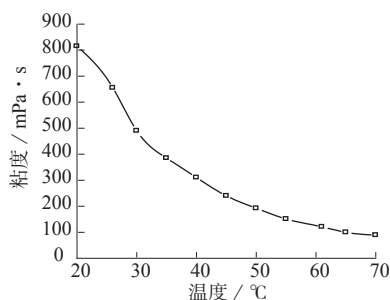


图 1 树脂粘度与温度的关系曲线

从图 1 可以看出, 树脂的粘度随温度的增加而减小, 温度越高, 粘度变化越趋平缓。由于是在 20 ~60℃ 的条件下研究该工艺过程, 根据图 1 可知, 在此温度区间内的树脂粘度是符合该工艺条件的。

2.2 注胶压力实验结果分析

在相同配方树脂体系和固化条件下, 在注胶温度为 20℃ 时, 分别进行 0.05 ~0.5 MPa 内不同注胶压力下的 6 次实验, 记录充模时间并制样测试力学性能。表 1 为不同注胶压力下的充模时间。

表 1 不同注胶压力的充模时间

注胶压力 / MPa	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
充模时间 / s	350	195	110	117	61	42

从表 1 可以看出, 随着注胶压力的升高, 充模时间不断的降低。注胶压力升高伴随着树脂对纤维渗透率的增加, 而充模时间与渗透率成反比。注胶压力越高, 充模时间的降低越趋于平缓。这是由于过大的渗透率会导致树脂在纤维束间流动和在纤维织物面层流动加剧, 而对纤维束内浸润减慢。

注胶压力对试样拉伸强度的影响如图 2 所示。从图 2 可以看出, 制品拉伸强度受注胶压力变化明显, 随着注胶压力的增加而下降, 注胶压力为 0.05 MPa 时, 拉伸强度最大为 201.3 MPa, 注胶压力达到 0.5 MPa 时, 拉伸强度随之降低到 107.6 MPa。

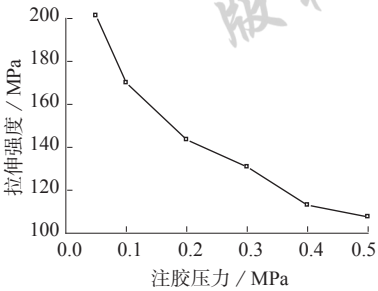


图 2 注胶压力与拉伸强度的关系曲线

注胶压力对试样弯曲强度的影响如图 3 所示。从图 3 可以看出, 在一定温度下, 不同注胶压力下生产的板材弯曲强度的变化不大。注胶压力在 0.2 MPa 时, 试样的弯曲强度最大为 199.2 MPa。注胶压力继续升高时, 试样的弯曲强度下降, 注胶压力为 0.5 MPa 时, 弯曲强度下降为 147.1 MPa。

在一定温度下, 在低压条件下树脂对纤维的浸润程度较大, 随着注胶压力的增加, 树脂对纤维的浸润效果变差, 从而导致制品的力学性能变差。同时过高的注胶压力在充模过程中使得 GF 方格布出现了位移, 使得制品离浇注口较近的一端纤维含量减小, 而在距排气口较近的一端 GF 方格布生成褶皱,

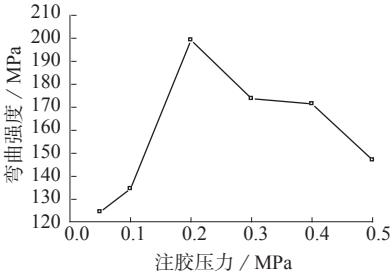


图 3 注胶压力与弯曲强度的关系曲线

影响了制品的力学性能。

2.3 注胶温度实验结果分析

在相同配方树脂体系和固化条件下, 在注胶压力为 0.1 MPa 时, 分别进行 20 ~70℃ 内不同温度下的 6 次实验, 记录充模时间并制样测试力学性能。表 2 为不同注胶温度下的充模时间。

表 2 不同注胶温度下的充模时间

注胶温度 /℃	20	30	40	50	60	70
充模时间 / s	195	175	150	143	137	130

从表 2 可以看出, 随着注胶温度的升高, 充模时间不断的缩短。注胶温度的升高使得树脂的粘度降低, 而充模时间与树脂粘度成正比。注胶温度越高, 充模时间的缩短越趋于平缓。这是由于随着注胶温度的升高, 树脂粘度随温度的变化也趋于平缓。

注胶温度对试样拉伸强度的影响如图 4 所示。从图 4 可以看出, 在注胶温度为 20℃ 时, 制品的拉伸强度最低为 170.0 MPa, 随注胶温度的升高, 试样的拉伸强度增加, 注胶温度为 60℃ 时, 制品的拉伸强度最高为 225.6 MPa。但注胶温度在 60℃ 以上, 拉伸强度随着温度的升高而降低。

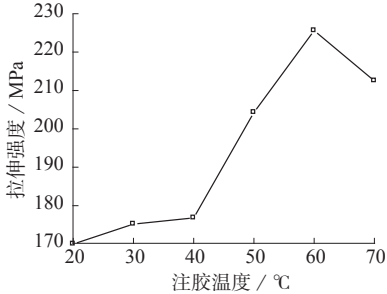


图 4 注胶温度与拉伸强度的关系曲线

注胶温度对试样弯曲强度的影响如图 5 所示。从图 5 可以看出, 在注胶温度低于 60℃ 时, 随注胶温度的升高, 试样的弯曲强度增加。注胶温度在 60℃ 时, 弯曲强度最高为 217.7 MPa; 注胶温度继续升高时弯曲强度降低, 当温度升高为 70℃ 时弯曲强度降低至 202.7 MPa。

这是由于注胶温度较低时, 树脂粘度过大, 树脂

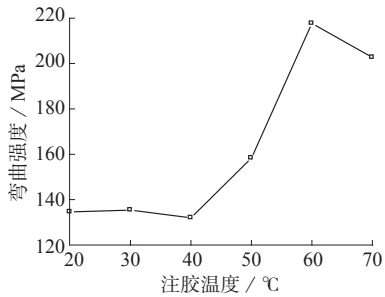


图 5 注射温度与弯曲强度的关系曲线

不易于浸润纤维;随着温度的升高,树脂粘度降低,树脂对纤维的浸润效果也随之变得越来越好。注射温度超过 60℃ 时,树脂粘度太低,充模时树脂流动容易形成湍流,夹带大量气泡进入模腔使制品空隙率升高,影响制品的力学性能。

3 结论

- (1) 随着注射压力和注射温度的升高,充模速度逐渐增加,相应缩短了充模时间。
- (2) 加大注射压力可提高充模速度和纤维渗透率,这符合达西定律。但注射压力不能太大也不能太小,只有压力适中时,树脂充模速度和纤维渗透率随压力变化才较为显著;当注射压力较大或者较小

时,提高注射压力对树脂的充模影响不大。

(3) 注射温度取决于树脂体系的活性期和达到最低粘度的温度。在不至太大缩短树脂凝胶时间的前提下,为了使树脂在最小注射压力下对纤维进行充分的浸润,注射温度应尽量接近树脂达到最低粘度的温度。温度过高会缩短树脂的活性期;温度过低会使树脂粘度增大,压力升高,也阻碍了树脂正常渗入纤维的能力。

参考文献

[1] Carthy R M, Haines G, Newley R. Polymer composite applications to aerospace equipment[J] . Composites Manufacturing, 1998, 7 (2) : 80 - 90 .

[2] 吴人杰. 下世纪我国复合材料的发展[J] . 复合材料学报, 2000, 20(1) : 45 - 56 .

[3] 陈雅丽. 低成本复合材料的新进展[J] . 航空工程与维修, 2001 (1) : 14 - 19 .

[4] 陈祥宝. 先进树脂基复合材料的发展[J] . 航空材料学报, 2002, 20(1) : 24 - 28 .

[5] Beckwith S W, Hyland C R. Resing transfer molding, a decade of technology advances[J] . Sampe Journal, 1998, 34 (6) : 3 - 23 .

[6] Halley P J. Chemorheology of thermost-an overview[J] . Polymer Engineering and Science, 2002, 46(3) : 56 - 67 .

RESEARCH IN COMPOSITE RTM MOLDING PROCESS PARAMETERS

Kong Jinfeng, Zhang Yanfei, Liu Yaqing

(Research Center for Engineering Technology of Polymeric Composites of Shanxi Province, North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT The resin transfer molding (RTM) process was studied. Concretely, the mechanical properties of products were tested, and the effects of different injection temperature and injection pressure on the mechanical properties of the products were analysed. The results showed that the mechanical properties of composite enhanced and fiber was soaked well in resin with the injection pressure decreased. Further more, with the temperature increased, the viscosity of the resin became lower. Contemporary, it was not conducive to exhaust of the RTM process, thus the mechanical properties of the products was affected.

KEYWORDS RTM, parameters, mechanical properties

欢迎查询有关广告

对于在我刊刊登的所有广告,如读者需要查询更详细的资料或了解情况,请填好《读者查询广告资料服务卡》后寄回或来函。本杂志社将为您提供或转请有关单位提供资料,以满足您的要求。如需购买任何广告单位的材料、设备、仪器及配件等产品,我社将帮助您联系,以保证产品质量,争取优惠价格。欢迎各单位在我刊刊登广告。刊登办法函索即寄。

《工程塑料应用》读者查询广告资料服务卡

No _____

读者姓名 _____ 单位 _____ 邮政编码 _____

通讯地址 _____ 电话 _____ E-mail: _____

欲获得《工程塑料应用》 _____ 年第 _____ 期第 _____ 页 _____

广告中有关 _____ 的详细资料。

如空位不够,请另附纸。填好后请寄回。

山东省济南市 108 信箱杂志社

邮政编码: 250031