

工艺参数对注塑压缩 PC 板力学性能的影响

侯珍秀, 乔 刚, 李晓斌, 张有为, 王仲仁

(哈尔滨工业大学 机电工程学院, 150001 哈尔滨)

摘 要: 为了研究模具温度、熔体温度、压缩力等工艺参数对注塑压缩聚碳酸酯制件力学性能的影响,以模拟得到的最优工艺参数组合为参考,采用单因素法制取了聚碳酸酯板,并对其进行了拉伸实验研究.结果表明:聚碳酸酯塑压试件的屈服强度随模具温度的增大而减小,随熔体温度、压缩力、压缩速度的增大而增大;总延伸率随模具温度、压缩力、压缩速度的增大而减小,随熔体温度的增大而增大.

关键词: 注塑压缩;PC板;工艺参数;屈服强度;总延伸率

中图分类号: TQ320.66

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2014)01-0047-05

Influence of technological parameters on mechanical property of injection-compression polycarbonate plate

HOU Zhenxiu, QIAO Gang, LI Xiaobin, ZHANG Youwei, WANG Zhongren

(School of Mechanical Engineering, Harbin Institute of Technology, 150001, Harbin, China)

Abstract: To research the influence of technological parameters, such as mold temperature, melt temperature and compression force, on mechanical property of injection-compression Polycarbonate plate, the injection-compression experiments and tensile experiments of PC plates were conducted by adopting single factor method on the basis of optimized process parameter combinations. The results show that the yield strength of PC specimen decreases with the increasing of mold temperature, but increases with the increasing of melt temperature, compression force and compression speed. The total elongation decreases with the increasing of mold temperature, compression force and compression speed, but increases with the increasing of melt temperature.

Keywords: injection-compression; PC plate; technological parameters; yield strength; total elongation

聚碳酸酯(polycarbonate, PC)是一种无定型、无毒无臭的热塑性工程塑料,由于它具有突出的抗冲击性、良好的透光率、较小的比重等优点,被广泛应用于汽车行业、电子电气、航空航天等领域^[1-2].注塑压缩成型是一种新型的加工方法,它是在模具没有完全闭合的情况下注入熔体,然后对型腔内的熔体施加均匀的压缩力或进行均匀的保压^[3-4].而聚碳酸酯注塑压缩成型是一个非常复杂的物理过程,它包括树脂的流动、冷却固化,同时还伴有体积收缩、分子取向、剪切生热和结晶

过程^[5],任何一个工艺参数的改变都有可能对制品的力学性能造成影响.因此,有必要研究工艺参数对塑压 PC 板力学性能的影响.

本文选择合适的工艺条件进行注塑压缩实验获得 PC 板,之后用机械加工的方法获得其拉伸试件,并进行大量的拉伸实验,以分析研究注塑压缩成型方法中各工艺参数对 PC 板力学性能的影响规律^[6-8].

1 PC 板注塑压缩实验

本文以美国陶氏公司生产的 Calibre 301 EP 22 为成型材料,首先利用 moldflow 模流分析软件,采用正交实验法对塑压 PC 板进行了数值模拟,得到了以翘曲总变形为评价标准的最优工艺参数组合^[9].一方面为了保证加工出来的制品具有较好

收稿日期: 2013-01-08.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50675044);黑龙江自然科学基金资助项目(ZD200811).

作者简介: 侯珍秀(1958—),女,教授,博士生导师;

王仲仁(1934—),男,教授,博士生导师.

通信作者: 侯珍秀, houzx5629@hit.edu.cn.

的尺寸精度和外观质量;另一方面为了使成型制品具有更好的力学性能,实验基准工艺条件将参考模拟得到的最优工艺参数组合.结合实际情况和生产经验,最终确定各成型条件如表 1 所示,其

中 1 号成型条件为基准条件.
实验每一成型条件下加工 5 个制品,部分 PC 板如图 1 所示.

表 1 注塑压缩成型实验条件

序 号	模具温度/℃	熔体温度/℃	注射时间/s	压缩距离/mm	延迟时间/s	压缩力/t	压缩速度/ (mm·s ⁻¹)
1	80	260	2	3	4	6	6
2	100	260	2	3	4	6	6
3	120	260	2	3	4	6	6
4	80	240	2	3	4	6	6
5	80	250	2	3	4	6	6
6	80	260	1	3	4	6	6
7	80	260	3	3	4	6	6
8	80	260	2	3	4	4	6
9	80	260	2	3	4	2	6
10	80	260	2	3	4	6	4
11	80	260	2	3	4	6	5

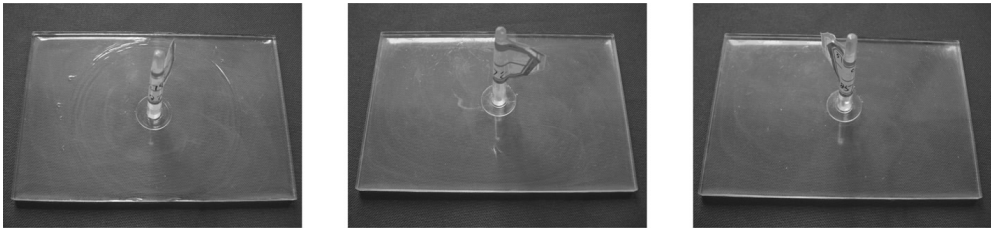


图 1 PC 板实物图

2 拉伸实验

按 GB—1039《塑料力学性能试验方法总则》和 GB—1040《塑料拉伸性能试验方法》,将 PC 板加工成拉伸标准试样,如图 2 所示,所示尺寸如表 2所示.图 3 为部分拉伸试件.

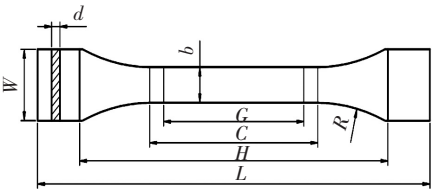


图 2 试件形状

表 2 试件尺寸

名称	总长	夹具间距离	中间平行部分长度	标距	端部宽度	厚度	中间平行部分宽度	半径(最小)
尺寸	120	115	60	50	20	4	10	60
公差	-	±5.0	±0.5	±0.5	±0.2	-	±0.2	-

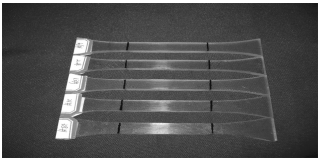


图 3 拉伸试件

为了使结果更加精确,选用型号为 Instron5569 的电子拉伸试验机,如图 4 所示.拉伸实验在常温下进行,拉伸速度均采用 5 mm/min.部分拉伸后的试件如图 5 所示,从图 5 中可以看出:所有的试件均被拉断,在断裂位置的两边都会形成一条狭窄的平行带,但它们的拉伸长度、断裂位置、变形情况都不一样,因此表现出来的力学性能也不一样.



图 4 Instron5569 电子拉伸试验机

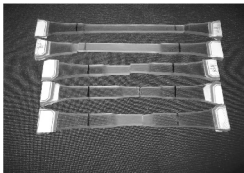


图 5 拉伸后的试件

3 结果与分析

图 6 为 PC 塑压试件拉伸后得到的应力-应变曲线,其成型条件对应于表 1 中的 1 组.从图 6 中可以看出,试件被拉伸时经历了几个不同的阶段:刚开始试件进行弹性变形,应力和应变成正比例关系;接着试件经历非线性弹性阶段,很快达到一个峰值,该值为屈服极限;随后试件产生了明显的应变软化现象,在应变几乎不变的情况下,应力急剧下降;当应力下降到某一值时,试件开始进入硬化阶段,应力随着应变的增大而几乎不变,到断裂时只增加了约 0.6 MPa.其他试件的拉伸应力-应变曲线与图 6 的形状相似.

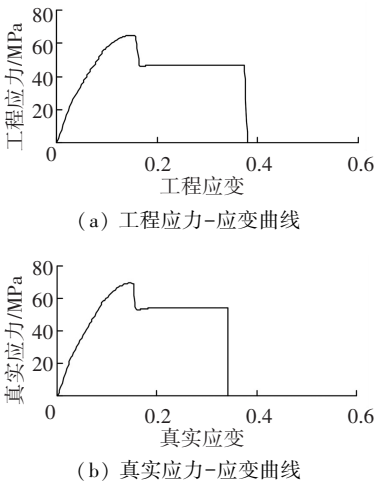


图 6 试件拉伸应力-应变曲线

3.1 模具温度的影响

图 7 为不同模具温度 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线,成型条件对应于表 1 中的 1、2、3 组.从图 7 中可以看出:随着模具温度的升高,应力-应变曲线呈现下移的趋势,即在应变相同的情况下,模温越高对应的应力越小.取不同模具温度下应力-应变曲线的屈服强度,绘制成柱形图,如图 8 所示.由图 8 可知,试件的屈服强度随着模具温度的升高而减小,从 63.73 MPa 降低到 59.98 MPa,造成这种变化趋势的主要原因是模具温度越高,制品的热残余内应力越大,当试件受到外力作用时就越容易被破坏,因此力学性能就越差.图 9 为不同模具温度 PC 塑压试件的总延伸率,由图 9 可知随着模具温度的升高,试件的总延伸率从 22.72 %减少到 14.32 %.

3.2 熔体温度的影响

对表 1 中 1、4、5 组成型条件下的试件进行拉伸实验,得到的应力-应变曲线如图 10 所示.从图 10 中可以看出:随着熔体温度的升高,应力-应变曲线往右上移动.将每条应力-应变曲线对应的

屈服强度绘制成柱形图,如图 11 所示,由图 11 可知,试件的屈服强度随熔体温度的升高而增大,从 60.63 MPa 增大到 63.73 MPa.分析其原因是熔体温度越高,粘度越小,流动时受到的剪切应力就越小,冷却时分子链恢复自由状态的可能性就越大,因此成型制品的内应力和材料的降解就越小,这就使得其力学性能越好.图 12 为不同熔体温度 PC 塑压试件的总延伸率,从图 12 中可以看出,随着熔体温度的升高,试件的总延伸率从 19.04 %增大到 22.72 %.

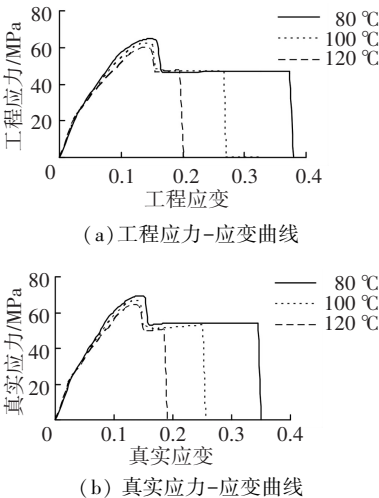


图 7 不同模具温度 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线

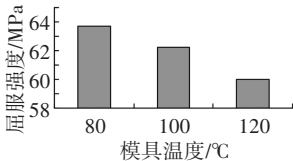


图 8 模具温度对屈服强度的影响

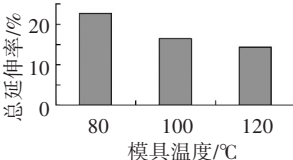


图 9 模具温度对总延伸率的影响

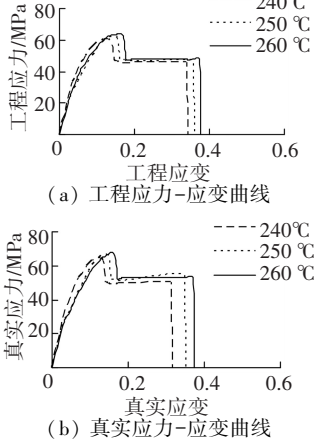


图 10 不同熔体温度 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线

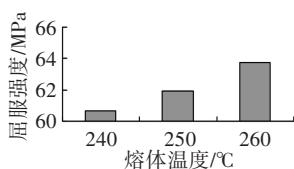


图 11 熔体温度对屈服强度的影响

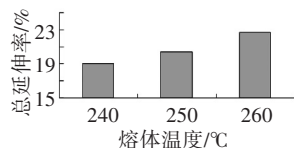
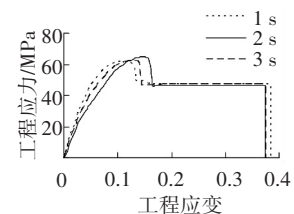


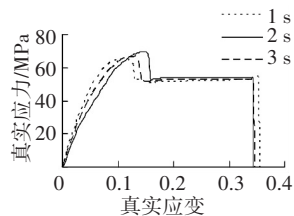
图 12 熔体温度对总延伸率的影响

3.3 注射时间的影响

不同注射时间(表 1 中 1、6、7 组成型条件)PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线如图 13 所示,从图 13 中可以看出:随着注射时间的增大,应力-应变曲线先往右上移后往左下移,呈波动状态.图 14 为注射时间对屈服强度的影响图,由图 14 可知,注射时间增大时,试件的屈服强度由 61.71 MPa 增大到 63.73 MPa 再减小到 62.52 MPa.分析原因是注射时间太短或太长都会引起熔体在注射时受到的剪切应力变大,则分子取向变大,材料被降解的可能性也变大,故力学性能就会变差.图 15 为不同注射时间 PC 塑压试件的总延伸率,从图 15 中可以看出,试件的总延伸率随注射时间的变化很小,由 23.72% 减小到 21.96%,变化只有 1.76%,因此注射时间对试件的总延伸率影响很小.



(a) 工程应力-应变曲线



(b) 真实应力-应变曲线

图 13 不同注射时间 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线

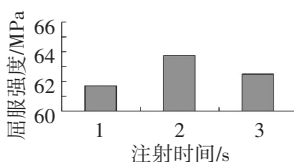


图 14 注射时间对屈服强度的影响

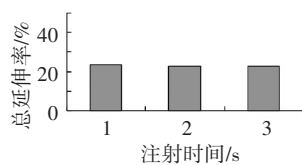
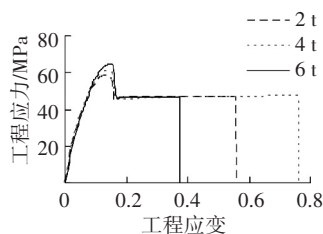


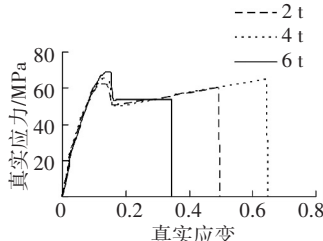
图 15 注射时间对总延伸率的影响

3.4 压缩力的影响

图 16 为不同压缩力 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线,成型条件对应于表 1 中的 1、8、9 组.从图 16 中可以看出:随着压缩力的增大,应力-应变曲线往上移.取不同压缩力下应力-应变曲线的屈服强度绘制柱形图,如图 17 所示,由图 17 可知,试件的屈服强度随着压缩力的增大而增大,由 58.22 MPa 增大到 63.72 MPa.分析原因是压缩力越大,熔体被压缩得越密实均匀,分子链的排列越紧密,因此表现出来的力学性能就越好.不同压缩力 PC 塑压试件的总延伸率如图 18 所示,由图 18 可知,随着压缩力的增大,试件的总延伸率从 54.84% 升到 72.46% 再下降到 22.72%.



(a) 工程应力-应变曲线



(b) 真实应力-应变曲线

图 16 不同压缩力 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线

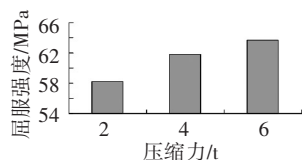


图 17 压缩力对屈服强度的影响

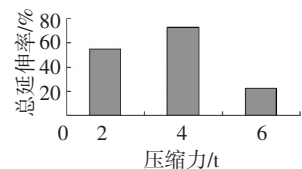


图 18 压缩力对总延伸率的影响

3.5 压缩速度的影响

为了研究压缩速度对试件力学性能的影响,

除压缩速度以外其他各工艺参数均保持不变, 图 19 为不同压缩速度 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线. 从图 19 中可以看出: 随着压缩速度的增大, 应力-应变曲线往右移, 因此屈服应变越来越大. 图 20 为压缩速度对屈服强度的影响图, 由图 20 可知, 试件的屈服强度随着压缩速度的增大而缓慢地最大, 由 62.07 MPa 增大到 63.73 MPa, 变化只有 1.66 MPa, 因此压缩速度对试件拉伸力学性能的影响相对比较小. 图 21 为不同压缩速度 PC 塑压试件的总延伸率, 从图 21 中可以看出, 随压缩速度的增大, 试件的总延伸率由 33.04 % 降低到 22.72 %.

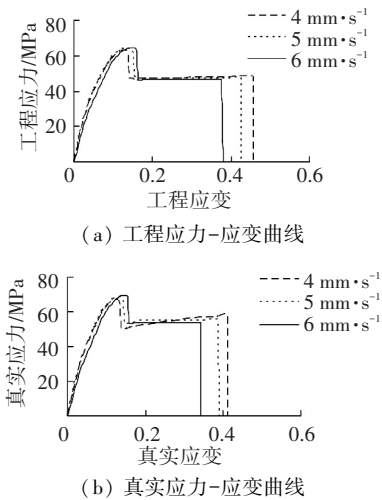


图 19 不同压缩速度 PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线

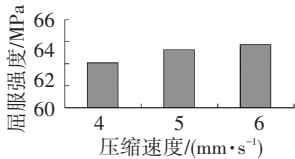


图 20 压缩速度对屈服强度的影响

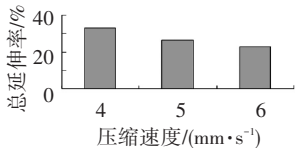


图 21 压缩速度对总延伸率的影响

4 结 论

- 1) PC 塑压试件的拉伸应力-应变曲线在进入硬化阶段后应力几乎不变, 到断裂时只增加了约 0.6MPa.
- 2) 各工艺参数对 PC 塑压试件屈服强度的影响规律是: 随模具温度的增大而减小, 随熔体温度、压缩力、压缩速度的增大而增大, 但其受注射时间的影响很小.
- 3) 各工艺参数对 PC 塑压试件总延伸率的影响规律是: 随模具温度、压缩力、压缩速度的增大而减小, 随熔体温度的增大而增大, 注射时间对其的影响很小.
- 4) 通过实验得出, 加工 Calibre 301 EP 22 牌号的 PC 塑压件时, 其较优的工艺条件为模具温度 80 ℃、熔体温度 260 ℃、注射时间 2 s、压缩力 4 t、压缩速度 5 mm·s⁻¹.

参考文献

[1] LYU M Y, LEE J S, PAE Y L. Study of mechanical and rheological behaviors of linear and branched polycarbonates blends [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2001, 80(10):1814-1824.

[2] 孙欲晓, 关俊超, 周占发. 聚碳酸酯生产及市场分析[J]. 塑料工业, 2010, 38(8):1-4.

[3] LEE S H, KIM S Y, RYOUN Y J, et al. Warpage of a large-sized orthogonal stiffened plate produced by injection molding and injection compression molding[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 116(6):3460-3467.

[4] 李沙, 黄汉雄. 注射-压缩精密成型制品收缩率均匀度的研究[J]. 塑料, 2007, 36(5):54-58.

[5] 林师沛, 赵洪, 刘芳. 塑料加工流变学及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008:45-50.

[6] XU X Y, XU X F. Mechanical properties and deformation behaviors of acrylonitrile-butadiene-styrene under izod impact test and uniaxial tension at various strain rates[J]. Polymer Engineering and Science, 2011, 51(5):902-907.

[7] ABENOJAR J, TORREGROSA-COQUE R, MARTÍNEZ M A, et al. Surface modifications of polymercarbonate (PC) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS) copolymer by treatment with atmospheric plasma [J]. Surface & Coatings Technology, 2009, 203(16):2173-2180.

[8] BAI Ning, CHEN Xu, GAO Hong. Simulation of uniaxial tensile properties for lead-free solder with modified Anand model[J]. Materials and Design, 2009, 30(1):122-128.

[9] 乔刚. 工艺参数对聚碳酸酯注塑压缩成型制品性能影响的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.

(编辑 张 红)