

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.05.011

聚碳酸酯注塑工艺条件研究^{*}

孔玲佩¹, 肖作良¹, 段友顺¹, 杨艳秋¹, 高建国², 赵永仙¹

(1. 青岛科技大学, 橡塑材料与工程教育部重点实验室 / 山东省橡塑材料与工程重点实验室, 山东青岛 266042 ;

2. 山东省出入境检验检疫局检验检疫技术中心, 山东青岛 266001)

摘要:以双酚 A 型聚碳酸酯(PC)为原料,对其进行注射成型,主要探讨了注射成型温度对其成型性能和力学性能的影响,同时讨论了注塑压力及模具温度对其成型性能的影响。结果表明,随着注塑温度升高,PC试样的拉伸强度、弯曲强度、断裂伸长率及缺口冲击强度升高,当注塑温度超过 290℃后,力学性能总体上变化不大,注塑温度过高或过低都会使试样透明性下降、缺陷增多,而过高或过低的注塑压力及模具温度均会劣化 PC 的成型性能。PC 的最佳注塑工艺条件为注塑温度 290℃,注塑压力 100 MPa,模具温度 100℃。对在最佳注塑工艺条件下注塑的 PC 试样通过退火的方式进行热处理,发现在一定范围内,随着热处理温度提高,PC 试样的拉伸强度和弯曲强度总体上升,断裂伸长率和缺口冲击强度下降。当对 PC 的强度要求较高而对韧性要求相对较低时,125℃是较为适宜的热处理温度;而当对其韧性和强度都有一定要求时,热处理温度不宜太高。

关键词:聚碳酸酯;注射成型;热处理;力学性能

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)05-0054-04

Study on Injection Molding Technology of Polycarbonate

Kong Lingpei¹, Xiao Zuoliang¹, Duan Youshun¹, Yang Yanqiu¹, Gao Jianguo², Zhao Yongxian¹

(1. Key Laboratory of Rubber-Plastics, Ministry of Education / Shandong Provincial Key Laboratory of Rubber-Plastics, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China ; 2. Shandong Enter-Exit Inspection and Quarantine Bureau Technical Center of the People's Republic of China, Qingdao 266001, China)

Abstract : Taking bisphenol-A polycarbonate (PC) as raw materials for injection molding, the effects of injection temperature on molding and mechanical properties of PC were mainly studied and the influences of injection pressure and mould temperature on the molding properties of PC were also discussed. The results show that with the increase of the injection temperature, the tensile strength, flexural strength, elongation at break and notched impact strength of PC increase, when the injection temperature is above 290℃, the mechanical properties generally change slightly, when the injection temperature is too high or too low, the transparency of PC decreases and the molding defects increase, when the injection pressure and mold temperature are too high or too low, the molding properties of PC decrease. The optimal injection molding conditions of PC are that the injection temperature is 290℃, the injection pressure is 100 MPa, the mould temperature is 100℃. The PC samples molded under the optimal injection conditions were treated by annealing method, it is found that with the increase of heat treatment temperature, the tensile strength and flexural strength of the samples increase in total but the elongation at break and the notched impact strength decrease within a certain range. For the PC samples, when requiring higher strength and relative lower toughness, the appropriate heat treatment temperature is 125℃, when having certain requirements for strength and toughness, the heat treatment temperature can not be too high.

Keywords : polycarbonate ; injection molding ; heat treatment ; mechanical property

聚碳酸酯(PC)是指大分子链由碳酸酯型重复结构单元组成的一类聚合物,根据酯基不同分为脂肪族、脂环族、芳香族等多种类型,但目前仅双酚 A 型芳香族 PC 获得了工业化生产^[1-2]。PC 的综合性能优异,尤其是具有突出的冲击性能、尺寸稳定性和高透明性,优良的电绝缘性,广泛应用于电子电器、光学材料领域、医疗器械、食品包装,甚至应用于航空领域^[3-4]。PC 分子链存在苯环,熔融温度高且熔

体黏度大,对水分敏感,高温下易水解,制品易产生内应力,如成型工艺控制不当就会出现透明度低、杂

^{*} 国家自然科学基金项目(51243002,51373084),山东省自然科学基金项目(ZR2010EM025),(国家质量监督检验检疫总局)公益性行业科研专项(201410083)

联系人:赵永仙,教授,主要从事聚合物结构与性能及改性与应用研究

收稿日期:2015-03-24

质、变色、银纹、高温分解等问题^[5],因此 PC 属于较难成型加工的塑料。PC 在熔融状态下的流变特性接近牛顿型流体,其熔体黏度与成型温度的关系较大,仅靠改变注塑压力及注射速率达不到改善其流动性的目的,而适当调节注塑温度可以比较有效地改善其流动性。因 PC 为无定型结构,分子刚性大,导致取向及解取向都比较困难,成型后制品的内应力较大,因此成型后的热处理对改善 PC 制品的内应力及性能起到很重要的作用。笔者主要探讨了注塑温度对 PC 成型性能和力学性能的影响,同时也讨论了注塑压力和模具温度对其成型性能的影响,并在此基础上探讨了热处理温度对 PC 试样力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 原料

双酚 A 型 PC: 牌号 110, 台湾奇美实业股份有限公司。

1.2 仪器与设备

注塑机: F2v130 型, 东华机械公司;

电脑伺服万能试验机: GT-TCS-2000 型, 台湾高铁检测仪器有限公司;

悬臂梁冲击试验机: GT-7045-MDH 型, 台湾高铁检测仪器有限公司。

1.3 试样制备

首先将 PC 粒料在真空干燥箱中 120℃ 干燥 24 h, 确保其含水率低于 0.02%, 然后进行注射成型。在注射成型时将注塑温度设为 275~300℃, 注塑压力设为 85, 100, 120 MPa, 模具温度设为 80, 100, 120℃。在获得最佳注塑工艺条件后, 对 PC 重新进行注塑并采用退火方式进行热处理, 热处理温度为 95~125℃。

1.4 性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040.1-2006 测试;

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试;

缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试。

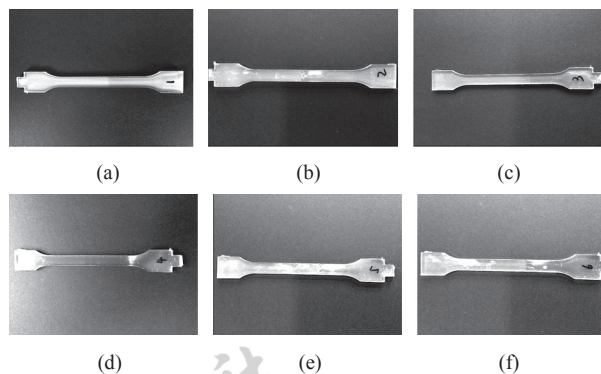
2 结果与讨论

2.1 注塑温度对 PC 成型性能和力学性能的影响

根据实际生产经验, PC 注塑温度一般控制在 280~300℃ 范围内, 在此条件下选取牌号为 110 的 PC, 保持注塑压力为 100 MPa、模具温度为 100℃, 考察注塑温度的变化对其成型性能的影响, 结果如表 1 所示。图 1 为不同注塑温度下成型的 PC 试样照片。

表 1 注塑温度对 PC 成型性能的影响

成型温度 / °C	喷嘴状况	模腔充满状况	缺陷状况
275	堵塞	偶有未充满	流道、皱纹
280	正常	充满	银丝紊乱
285	正常	充满	无
290	正常	充满	无
295	流延	充满	皱纹、光泽度差
300	流延	充满	气泡、银丝等



a—275℃; b—280℃; c—285℃; d—290℃; e—295℃; f—300℃

图 1 不同注塑温度下成型的 PC 试样照片

由表 1 和图 1 可以看出, 当注塑温度过低 (低于 280℃) 时, PC 熔体黏度大, 流动性太差, 有时会出现充模不满的现象; 当注塑温度低于 285℃ 或高于 290℃ 时, 试样表面光洁度及透明性较差, 易出现银丝紊乱等现象。当成型温度高于 300℃ 时, PC 易降解, 使得制品表面产生银纹暗条、变色, 内部有气泡, 喷嘴容易流延。

注塑温度对 PC 试样力学性能的影响如图 2~图 5 所示。

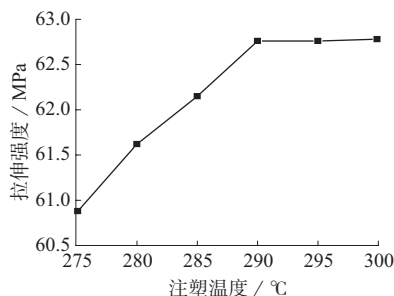


图 2 注塑温度对 PC 试样拉伸强度的影响

由图 2~图 5 可以看出, 随着注塑温度的提高, 试样的拉伸强度、弯曲强度、断裂伸长率及缺口冲击强度增加。当注塑温度超过 290℃ 后, PC 试样的力学性能总体上变化不大。PC 不仅熔融温度高, 而且熔融后的熔体黏度也较高, 熔体黏度对温度的敏感性较大, 因此应选取较高的温度, 但注塑温度不宜超过 PC 的分解温度。综上所述, PC 适宜的注塑温度为 290℃, 此时物料塑化较好, 熔体黏度低, 易充满型腔, 制品透明性和光亮度均较好, 力学性能较高。

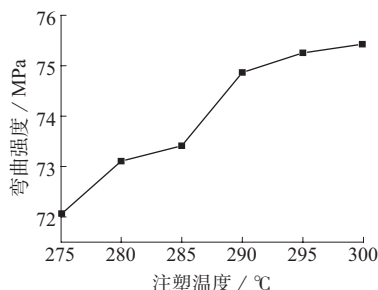


图 3 注塑温度对 PC 试样弯曲强度的影响

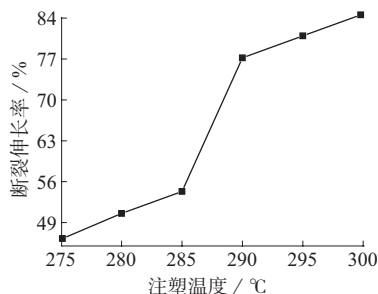


图 4 注塑温度对 PC 试样断裂伸长率的影响

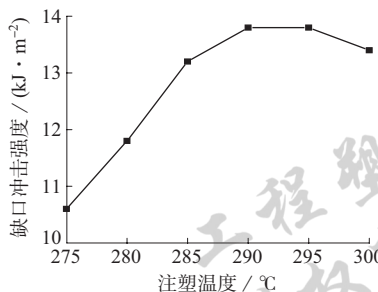


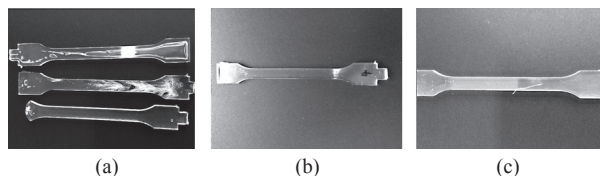
图 5 注塑温度对 PC 试样缺口冲击强度的影响

2.2 注塑压力和模具温度对 PC 成型性能的影响

在注塑温度为 290℃ 的条件下,保持其它工艺条件不变,改变注塑压力,考察其变化对 PC 成型性能的影响,结果如表 2 所示。图 6 为不同注塑压力下成型的 PC 试样照片。由表 2 和图 6 看出,注塑压力为 85 MPa 时,流动性差,PC 试样不易充满型腔,易产生气泡等,试样的缺陷较大,不易得到标准试样;注塑压力为 100 MPa 时,制得的标准试样基本无缺陷,透明性较好且易脱模;当注塑压力为 120 MPa 时,PC 试样不易脱模,且残余 PC 熔体易堵塞喷嘴,容易溢边,试样透明性降低,易使得制品内应力增大,且因不易脱模导致的强行脱模或脱模不良而产生的应力及本身的内应力也会过大,从而导致试样翘曲、变形。综上所述,选择 100 MPa 作为最佳注塑压力。

表 2 注塑压力对 PC 成型性能的影响

注塑压力 / MPa	喷嘴状况	模腔充满状况	缺陷状况	脱模状况
85	正常	未充满	气泡、银丝纹	易
100	正常	充满	无	易
120	堵塞	充满	溢边	难



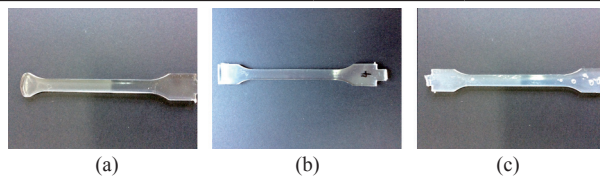
a—85 MPa; b—100 MPa; c—120 MPa

图 6 不同注塑压力下成型的 PC 试样照片

在注塑温度为 90℃、注塑压力为 100 MPa 的条件下,保持其它注塑工艺条件不变,改变模具温度,考察其变化对 PC 成型性能的影响,结果如表 3 所示。图 7 为不同模具温度下成型的 PC 试样照片。由表 3 和图 7 可以看出,当模具温度为 80℃ 时,PC 试样透明性较差,熔体难以充满型腔,更严重的是由于冷却速度快,制品内应力大,易出现开裂现象;模具温度为 100℃ 时,PC 试样尺寸稳定、透明性好且易脱模;模具温度为 120℃ 时,开始出现轻微的粘模现象,脱模困难,使试样在脱模过程中易产生变形,试样透明性变差,部分试样开始出现微小气泡,且制品冷却周期长。综上所述,选取 100℃ 为最佳模具温度。

表 3 模具温度对 PC 成型性能的影响

模具温度 / °C	脱模状况	模腔充满状况	缺陷状况
80	易	未充满	波纹
100	易	充满	无
120	难	充满	部分出现气泡



a—80℃; b—100℃; c—120℃

图 7 不同模具温度下 PC 试样的照片

2.3 热处理对 PC 力学性能的影响

PC 熔融温度高,熔体黏度大,流动性差,冷却速度快,容易使制品内应力增大,在储存和使用中出现翘曲变形、开裂等现象,因此需要通过退火的方式对其进行热处理^[6-7]。在注塑温度 290℃,注塑压力 100 MPa,模具温度 100℃ 下对 PC 进行注塑,然后采用退火方式对试样进行热处理,研究了热处理温度对 PC 试样力学性能的影响,如表 4 所示。

从表 4 可以看出,随着热处理温度的提高,PC 的拉伸强度呈上升趋势,但当热处理温度高于 125℃ 时,拉伸强度的提升幅度变得很小;当热处理温度低于 125℃ 时,弯曲强度随热处理温度的升高变化不大,而当热处理温度达到 125℃ 时明显提升,热处理温度达到 135℃ 时又有所降低,但降低幅度

表4 热处理温度对PC试样力学性能的影响

热处理温度 / ℃	拉伸强度 / MPa	弯曲强度 / MPa	断裂伸长率 / %	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)
未处理	61.9	73.3	86.7	16.7
95	63.4	74.4	85.1	15.8
105	64.6	73.4	84.8	14.9
115	66.6	74.2	75.5	11.6
125	70.8	79.5	72.3	12.5
135	71.0	77.3	69.1	9.3

较小;断裂伸长率和缺口冲击强度随着热处理温度的升高呈下降趋势,尤其对于缺口冲击强度,在未热处理或热处理温度较低时常出现试样未冲断的现象,但随着热处理温度提高,试样全部被冲断。由此可以推断,当对PC的强度要求较高而对其韧性要求相对较低时,适宜的热处理温度为125℃;当对PC的强度和韧性均有一定要求时,热处理温度不宜太高。

3 结论

(1) 随着注塑温度升高,PC试样的拉伸强度、弯曲强度、断裂伸长率及缺口冲击强度升高,当注塑温度超过290℃后,力学性能总体上变化不大,注塑温度过高或过低均会使试样透明性下降、缺陷增多;注塑压力与模具温度过低或过高都会劣化PC的成型性能。综合考虑,PC最佳注塑工艺为注塑温度290℃,注塑压力100 MPa,模具温度100℃。

(2) 随着热处理的温度升高,PC试样的拉伸强度和弯曲强度总体呈增加趋势,当热处理温度超过125℃时,两者的变化幅度较小;断裂伸长率和缺口冲击强度随热处理温度的升高而下降。

(3) 当对PC的强度要求较高而对其韧性要求相对较低时,适宜的热处理温度为125℃;当对PC强度和韧性均有一定要求时,热处理温度不宜太高。

参考文献

- [1] 杨文华,杨霞,郑世清.聚碳酸酯的生产与应用[J].广州化工,2010,38(8):76-79.
Yang Wenhua, Yang Xia, Zheng Shiqing. Application and production of polycarbonate[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2010, 38(8):76-79.
- [2] 徐振发,肖刚.聚碳酸酯的技术与市场现状及发展趋势[J].合成树脂及塑料,2011,28(2):76-80.
Xu Zhenfa, Xiao Gang. Technology and market status quo and development trends of polycarbonate [J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2011, 28(2): 76-80.
- [3] Shang Yinghui, Wang Bo, Wang Fangfang, et al. Study on the Influence of processing condition on impact property of injection-molded polycarbonate[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 151:135-138.
- [4] Abts G, Eckel T, Wehrmann R. Polycarbonates[J]. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2014, 19:13-15.
- [5] 张玉龙,李萍.塑料注射成型工艺与实例[M].北京:化学工业出版社,2011.
Zhang Yulong, Li Ping. The process and examples of plastic injection molding[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2011.
- [6] 王鑫,李海梅,申长雨.退火对注射成型PC制品力学性能的影响[J].化工学报,2010,61(6):1555-1559.
Wang Xin, Li Haimei, Shen Changyu. Effects of annealing on mechanical properties of injection mold polycarbonate parts[J]. CIESC Journal, 2010, 61(6):1555-1559.
- [7] 张勤星,李倩,张果,等.退火对聚碳酸酯注塑制品力学及动态力学性能的影响[J].化工学报,2012,63(6):1929-1933.
Zhang Qinxing, Li Qian, Zhang Guo, et al. Effect of annealing on mechanical and dynamic mechanical properties of polycarbonate injection molding product[J]. CIESC Journal, 2012, 63(6):1929-1933.

优惠销售中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合2000~2014年先后召开的中国工程塑料复合材料技术研讨会,共编辑、出版了15本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,现以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订购。

1. 2004~2014年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》,优惠价350元/套。

2. 2000~2014年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集光盘,优惠价300元/盘。本光盘除收录2000~2014年15本《论文集》的全部内容外,还包括约2900人次的会议代表通讯录。

邮局汇款

收款单位:山东济南市田庄东路3号杂志社

邮 编:250031

电 话:(0531)85878223 85878057 85878278

传 真:(0531)85947355

银行汇款

户 名:山东非金属材料研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐 号:1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>