

模具结构和熔体温度对 PC 透明制品性能的影响

王鑫 李海梅 杜林芳

(郑州大学橡塑模具国家工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 用光弹实验测试不同浇口类型、不同熔体温度下聚碳酸酯透明注塑制品的应力分布,并测试了制品的拉伸强度和透光率。研究发现,模具结构对残余应力的分布形式影响显著,高应力区的拉伸强度较低,相对于无应力区最高降幅达 2.69 MPa;在同一成型条件下扇形浇口试样的透光率普遍要高于潜伏式浇口试样;熔体温度对试样的残余应力分布影响不大,但随着温度的升高,拉伸强度缓慢提高;要满足最佳透光率效果,不同模具结构的试样成型温度不同,试样的透光率最高达 89.93%,浇口高应力区的透光率明显较低。

关键词 聚碳酸酯 模具结构 熔体温度 光弹实验 拉伸强度 透光率

光学透明塑料能克服光学玻璃和光学晶体(即无机光学材料)固有的缺陷,具有易加工、质轻、成本低、抗冲击等优点,在许多应用领域基本替代了无机光学材料。可以说,光学透明塑料应用的日趋广泛是目前光学行业发展的一个主要特点^[1-2]。但是残余应力的存在严重地影响了它们的使用性能,特别是力学性能和光学性能。

双折射是测定无定形透明聚合物分子取向和残余应力的有效方法。白光双折射光弹图上的等色线条纹级数递增方向为按黄、紫、蓝、绿色变化,并且颜色越来越浅,级数大于 3 后只能看到粉红和淡绿。一般配合单色光光弹图,利用绛紫色作为识别条纹级数的标志^[3]。

目前很多研究者利用双折射为手段,通过考察工艺条件对注塑制品残余应力的影响来获得减小残余应力的优化工艺条件,但有关模具结构对残余应力影响的研究却很少,也很少将残余应力与制品的力学性能和光学性能联系起来^[4-8]。笔者利用双折射方法考察了模具结构和熔体温度对聚碳酸酯(PC)透明注塑制品残余应力的影响,并通过测量制品的拉伸性能和光学性能来考察它们与残余应力之间的关系。

1 实验部分

1.1 原材料

PC: Lexan HF1130, 美国 GE Plastics 公司。

1.2 仪器设备

注塑机:420C 型,德国 Arburg 公司;

偏光弹性仪: PJ20 型,大连工学院仪器厂;

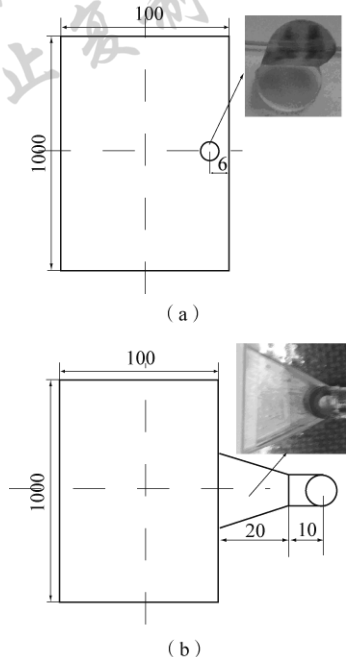
落地型全数字化控制电子万能材料试验机: Instron5585 型,美国 Instron 公司;

透光率/雾度测试仪: WGT-S 型,上海精密科

学仪器有限公司。

1.3 试样制备

将 PC 经注塑机注射成型得到潜伏式和扇形浇口两类透明试样,试样尺寸如图 1 所示,注塑工艺参数如表 1 所示。按熔体温度从低到高将潜伏式浇口



a—潜伏式浇口试样; b—扇形浇口试样

图 1 试样几何模型

表 1 注塑工艺参数

项 目	数 值
注塑压力 /MPa	第一段 80, 第二段 145
注射速率 /m ³ · s ⁻¹	第一段 1.2 × 10 ⁻⁴ , 第二段 3 × 10 ⁻⁵
熔体温度 /℃	270、275、295、300、305
保压压力 /MPa	70
保压时间 /s	第一段 0.15, 第二段 7
冷却时间 /s	30

试样对应标号为 Q1、Q2、Q3、Q4、Q5, 扇形浇口试样对应标号为 S1、S2、S3、S4、S5。

1.4 测定方法

光弹应力测试: 采用偏光弹性仪对试样的光弹应力分布进行分析, 偏光系统光源采用白光光源和钠光源(波长为 589.3 nm)。

拉伸强度测试: 试样尺寸为 100 mm ×33 mm × 2 mm, 切取试样时采取横切(切割方向垂直于熔体流动方向)和纵切(切割方向平行于熔体流动方向)两种方法, 经落地型全数字化控制电子万能材料试验机测试拉伸强度, 拉伸速率 20 mm/min, 测试标准依据 GB/T 16421-1996。

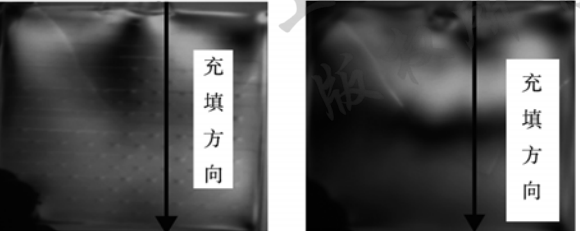
透光率测试: 采用透光率/雾度测试仪测试试样的透光率, 试验采用国际照明协会(CIE)规定的标准“C”光源, 测定标准依据 GB/T 2410-1980。

2 结果与讨论

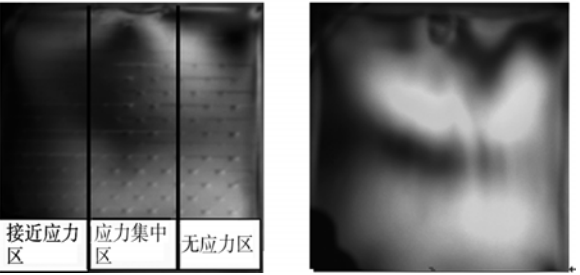
2.1 PC 透明制品的光弹应力分布

(1) 模具结构对光弹残余应力的影响

选取注塑工艺参数相同(熔体温度都为 275℃)的扇形和潜伏式浇口试样的光弹照片进行比较, 结果如图 2 所示。



(a1) (b1)



(a2) (b2)

- a1—扇形浇口试样的钠光光弹照片;
- a2—扇形浇口试样的白光光弹照片;
- b1—潜伏式浇口试样的钠光光弹照片;
- b2—潜伏式浇口试样的白光光弹照片

图 2 模具结构对试样残余应力的影响

从图 2 可看出, 不同类型浇口试样的残余应力分布形式存在明显区别。从图 2a1 和图 2a2 可看出, 扇形浇口试样光弹条纹主要分布在浇口附近, 白

光照片上扇形浇口中心线方向出现蓝色条纹, 中心线左侧依次为紫色和黄色, 说明残余应力主要是沿浇口方向垂直分布, 且浇口中心线处残余应力最大, 在中心线左侧逐渐减小, 右侧和充填后半段基本上无应力分布。从图 2b1 和图 2b2 可看出, 潜伏式浇口试样浇口附近出现绿色条纹, 级数较高, 残余应力较大, 然后条纹基本上沿着充填方向分布, 到试样后半部分基本上无应力分布。

扇形浇口试样最大应力出现在浇口中心线方向, 这可能是扇形浇口在此方向的充填速度最大, PC 分子在此方向的取向最高。而潜伏式浇口从侧面注射, 离浇口越远, 充填速度和分子取向越小, 相应的应力也小, 导致应力条纹基本上沿充填方向分布。

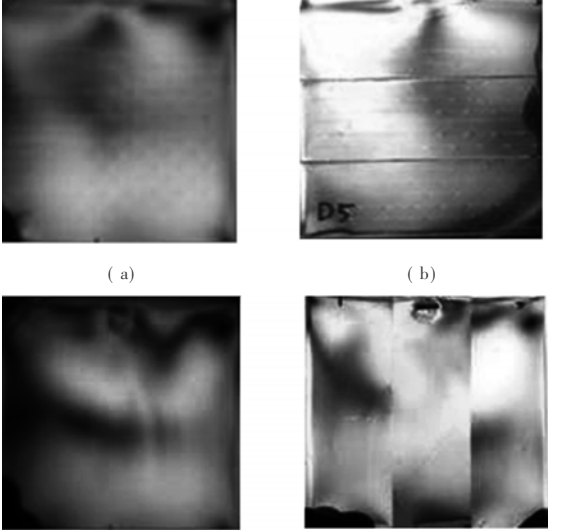
从图 2 还可看出, 潜伏式浇口试样浇口附近残余应力较大, 应力分布区域较宽。从减小残余应力角度看, 采用扇形浇口形式来成型试样较好。另外, 依据扇形浇口试样的应力条纹颜色和分布状态, 可将其分为如图 2a2 所示的接近应力区、应力集中区、无应力区 3 个区域。

(2) 熔体温度对光弹残余应力的影响

由于两类试样的残余应力都不大, 加之测试条件和光弹图片精度有限, 经在现有宏观条件下对两类浇口试样测量后发现, 熔体温度对残余应力无明显影响。

(3) 切取试样前后光弹应力分布的比较

图 3 为两种试样切取前后的光弹应力分布图。



(c) (d)

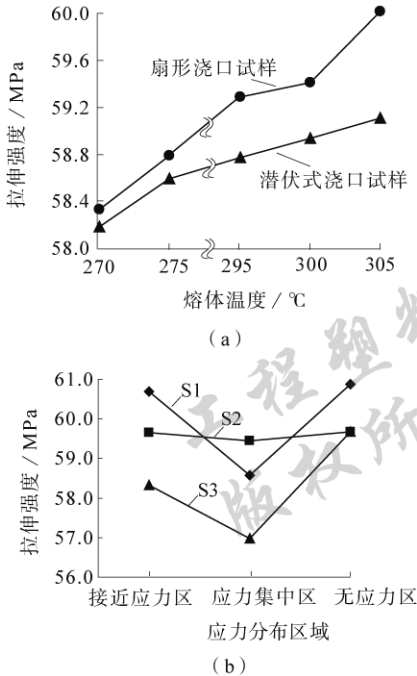
- a—S5, 未切; b—S5, 横切; c—Q4, 未切; d—Q4, 纵切

图 3 两种试样切取前后的光弹应力分布图

从图 3 可看出,无论纵切或横切,试样切取前后的平面光弹应力分布基本不发生变化,说明机械力对双折射引起的光弹应力条纹分布影响不大。

2.2 PC 透明制品的拉伸强度

图 4 为拉伸强度的测试结果。由图 4a 可知,熔体温度从 270℃ 上升到 305℃ 时,扇形浇口试样的拉伸强度从 58.33 MPa 上升到 60.02 MPa,潜伏式浇口试样的拉伸强度从 58.18 MPa 上升到 59.11 MPa。两类试样的拉伸强度都随熔体温度的上升而提高,潜伏式浇口试样的增幅为 1.598%,扇形浇口试样的增幅为 2.897%。



a—熔体温度与拉伸强度曲线; b—应力分布区域与拉伸强度曲线
图 4 拉伸强度的测试结果

由于潜伏式浇口试样的残余应力相对较大,因此在几种熔体温度下其拉伸强度都比扇形浇口试样低,且随着熔体温度的升高,拉伸强度差别增大,最大相差 0.91 MPa。

由图 4b 可知扇形浇口试样 S1 ~S3 应力集中区的拉伸强度明显低于接近应力区和无应力区,相对于无应力区, S3 在应力集中区的拉伸强度降幅最大,达到 4.523%,说明残余应力降低了拉伸强度,造成力学性能的下降。

2.3 PC 透明制品的透光率

透光率是表征光学制品性能常用的指标,也是生产厂家和消费者判断产品是否合格的重要依据。本试验选择试样靠近浇口、中部及填充末端 3 个位置测量透光率,其结果如表 2、图 5 所示。

表 2 PC 透明制品的透光率平均值 %

区 域	扇形浇口试样	潜伏式浇口试样
浇口区域	89.502	89.012
中部区域	89.566	88.934
填充末端区域	89.626	89.154

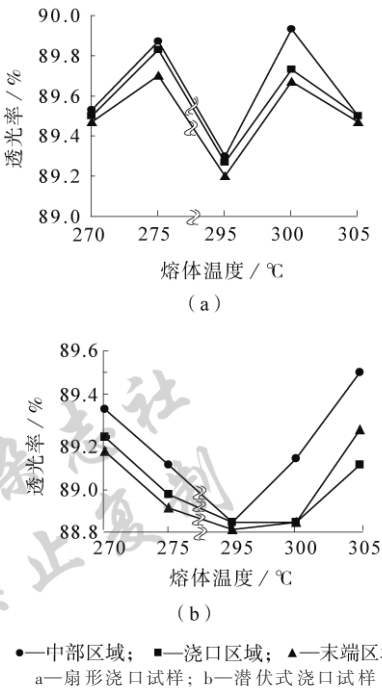


图 5 两种浇口试样的透光率与熔体温度的关系曲线

从表 2 可看出,浇口附近的透光率总是小于其它两个位置,说明残余应力较大的区域透光率较小;在同一成型条件下,扇形浇口试样的残余应力小于潜伏式浇口试样,故它的透光率普遍要比潜伏式浇口试样高,再次说明残余应力降低了制品的透光率。

从图 5 可看出,随熔体温度的升高,两种试样的透光率呈不规则变化。在 295℃ 时,透光率都呈现一个低谷,扇形浇口试样在 275℃ 和 300℃ 时透光率较高,最高达 89.93%;潜伏式浇口试样在 270℃ 和 305℃ 时透光率较高,最高达 89.5%。要满足最佳透光效果,扇形浇口试样成型温度应控制在 275℃ 或 300℃ 附件,潜伏式浇口试样应控制在 270℃ 或 305℃ 附件。

3 结论

(1) 不同模具结构(浇口形式)对 PC 注塑制品残余应力分布规律的影响很大,机械力对光弹应力条纹分布影响不大。

(2) 试样拉伸强度随着熔体温度的上升而缓慢提高,从 270℃ 到 305℃,潜伏式浇口试样的增幅为 1.598%,扇形浇口试样的增幅为 2.897%,且同一

试样应力集中区的拉伸强度明显低于其它区域。

(3) 残余应力可以降低 PC 制品的透光率,且其透光率随熔体温度的升高而呈不规则变化,要满足最佳透光率效果,不同模具结构的注塑试样成型温度不同,试样的透光率最高达到 89.93%。

参考文献

- [1] 官建国,润章.光学透明材料的现状和研究进展: I. 光学透明高分子材料[J]. 武汉工业大学学报,1998,20(2): 11-12.
- [2] 李复生,魏东伟.聚碳酸酯光学性能应用及改进研究进展[J]. 塑料,2003,32(3): 65-69.
- [3] 赵清澄.光测力学教程[M]. 北京: 高等教育出版社,1996: 25

- 32.

- [4] Neves N M, Pouzada A S. The use of birefringence for predicting the stiffness of injection molded polycarbonate discs[J]. Polymer Engineering and Science, 1998, 38(10): 1770-1776.
- [5] 徐文莉.透明注塑件残余应力与光学性能的研究[D]. 郑州: 郑州大学,2006.
- [6] 韩健,李刚,陈静波.注塑件残余应力影响因素的模拟实验研究[J]. 塑料工业,2007,35(2): 23-28.
- [7] 闫辰光.无定形聚合物注塑制品双折射行为的实验研究[D]. 郑州: 郑州大学,2007.
- [8] 郝如江,田中.注塑件残余应力的测试方法[J]. 工程塑料应用,2002,30(2): 46-48.

INFLUENCE OF MOLD STRUCTURE AND MELT TEMPERATURE ON PERFORMANCE OF PC TRANSPARENT INJECTION MOLDED PARTS

Wang Xin, Li Haimei, Du Linfang

(National Engineering Research Center for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

ABSTRACT The stress distribution of polycarbonate injection molded parts is tested by the photo-elastic experiment under different gate type and different melt temperature, and the tensile strength and luminous transmittance are tested. According to the research, the distribution of residual stress is significantly influenced by the mold structure. the tensile strength in the high stress area is lower. Compared to the no stress area, the highest amplitude reduction is 2.69MPa. In the same condition luminous transmittance of the fan gate is higher than that of the submarine gate. Residual stress is less influenced by the melt temperature. The tensile strength increases slowly with increasing temperature. In order to achieve the optimal luminous transmittance effect, molding temperature of the parts with different mold structure is different. The highest luminous transmittance is 89.93%, and luminous transmittance in the gate area is lower obviously.

KEYWORDS polycarbonate, mold structure, melt temperature, photo-elastic experiment, tensile strength, luminous transmittance

优惠销售 2000 ~2007 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000 ~2007 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 8 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,尤其突出了我国工程塑料行业“十一五”发展规划、加入 WTO 的对策等行业规划、政策。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,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》, 优惠价为 220 元/套, 单册价格如下:

《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 343 页, 50 元/册;

《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 346 页, 含中国工程塑料工业“十一五”发展规划, 45 元/册;

《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 338 页, 40 元/册;

《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 337 页, 35 元/册;

《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 105 篇, 正文 373 页, 30 元/册;

《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 351 页, 25 元/册;

《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》, 论文 80 篇, 正文 270 页, 20 元/册;

《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇, 正文 339 页, 20 元/册。

2. 论文集光盘, 优惠价为 160 元/盘。

本光盘除收录上述 8 本《论文集》的全部内容外, 还包括约 1600 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者, 请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮局汇款

收款单位: 山东济南市 108 信箱杂志社 邮编: 250031

电话: (0531) 85878057 85878223 85878278

传真: (0531) 85947355 85878224

银行汇款

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所

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>