

注射压缩成型和注射成型平板的光学性能对比研究^{*}

陈宇宏 袁 渊 周克斌 柳沥翔

(北京航空材料研究院,北京 100095)

摘要 研究了注射成型和注射压缩成型平板的光学性能特点,然后对两者光学性能的差异进行了分析。结果表明,注射成型平板的光学畸变和角偏差大,与其残余应力大且分布范围宽有关;而注射压缩成型平板的残余应力相对较小且分布范围较窄,型腔压力分布更为均匀,从而成型平板具有更低的光学畸变和角偏差。

关键词 注射成型 注射压缩成型 光学畸变 角偏差 残余应力 收缩

注射压缩成型将注射成型和压缩成型两种成型方式结合在一起,即成型过程中模具首次合模,但动模和定模不完全闭合而保留一定的压缩间隙,随后向型腔内注射熔体,熔体注射完毕后,由专设的合模机构实施二次合模,在模具完全闭合的过程中,型腔中的熔体再一次流动并被压实。

注射压缩成型刚开始多用于光学透镜、激光唱片等小尺寸高精度光学制品领域,但从 20 世纪末起,注射压缩成型开始用于制造航空和汽车领域的大尺寸透明件^[1-2]。在航空领域,1996 年美国开始实施下一代透明件计划^[3],其中重点是发展包括注射压缩成型技术在内的透明件低压成型技术;在汽车领域^[4],2006 年 6 月美国国家公路运输安全管理局批准了注射压缩成型聚碳酸酯(PC)车窗可用于汽车。同年,注射压缩成型 PC 车窗首先在德国奔驰公司生产的一款 Mercedes 车型和日本本田公司的一款 Honda Civic 车型上得到使用。

国内的注射压缩成型技术处在起步阶段,大尺寸透明件注射压缩成型技术基本是空白,笔者从“十一五”开始,进行了大尺寸透明件注射压缩成型技术的基础研究^[5-6]。与普通注塑件不同,透明件成型的技术难点体现在光学质量方面,其中关键技术是如何成型出低光学畸变、低角偏差透明件,影响因素包括注塑件的残余应力、收缩、翘曲变形等。

笔者以一种透明平板为例,比较了注射成型和注射压缩成型两种成型方法对平板光学性能的影响,分析了产生光学性能差距的原因。

1 实验部分

1.1 主要原材料

平板注射用的原料采用自行改性的 PC。

1.2 平板的注射成型及注射压缩成型

平板的成型模具系自行设计和加工。注射前 PC 粒料先放进烘箱进行干燥处理,干燥温度为 100

~115℃,时间为 4~8 h,然后再注射成型,模具温度为 90~120℃,注塑压力为 50~130 MPa,注射温度为 280~320℃。

1.3 性能测试

透光率和雾度按 GB/T 2410-1980 测试;

内应力分布采用偏振光法进行分析;

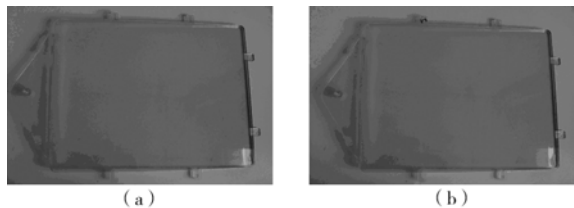
光学畸变按照 HB 7398.1-1996《透明件光学畸变试验方法》进行测试,测试距离为 1.5 m;

角偏差按照 ASTM F733-1990(R2003)进行测试,测试距离为 1 m。

2 结果与讨论

2.1 光学性能

图 1 是注射成型和注射压缩成型制得的 PC 平板样件。从外观看不出两者光学性能的差距,但进一步的光学性能测试显示出两者存在不同。



a—注射成型; b—注射压缩成型

图 1 注射成型和注射压缩成型平板

(1) 透光率

图 2 示出注射成型和注射压缩成型平板不同波段的透光率。积分后注射成型平板的透光率为 87.8%,注射压缩成型平板件的透光率为 87.0%,两者没有明显差距。

(2) 雾度

注射成型和注射压缩成型平板的雾度均在 0.9%~1.1%之间,两者没有明显差距。

* 国家高技术研究发展计划(863)资助项目(2007AA03Z534)

收稿日期:2010-07-02

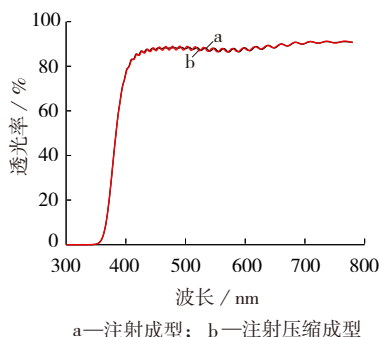


图2 注射成型和注射压缩成型透明件在不同波段的透光率

(3) 光学畸变

图3是注射成型和注射压缩成型平板的光学畸变测试图,除去边缘效应外,注射成型平板的光学畸变最大值为 $1/6$,而注射压缩成型平板的光学畸变最大值为 $1/12$,显然注射压缩成型平板具有更低的光学畸变。

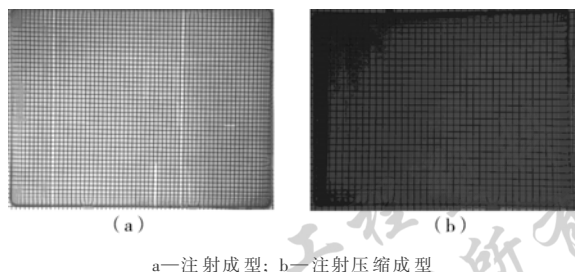


图3 平板光学畸变测试图

(4) 角偏差

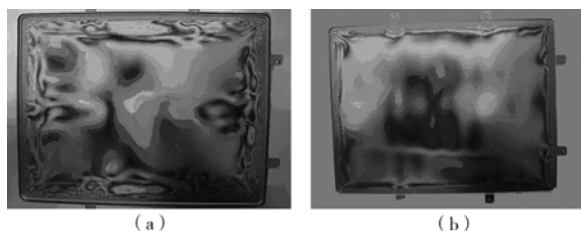
注射成型平板的最大角偏差为 $7'$,而注射压缩成型平板的最大角偏差为 $3'$,因此注射压缩成型平板具有更低的角偏差。

2.2 注射成型和注射压缩成型平板光学性能差距的原因分析

注射成型和注射压缩成型平板的透光率和雾度接近,但注射压缩成型平板具有更低的光学畸变和角偏差。一般来说,除了与材料的特性有关外,透光度和雾度主要与制品的表面粗糙度有关系,而光学畸变和角偏差则与透明件的不均匀性引起的光学角度偏差的变化有关^[7-8]。注射成型和注射压缩成型平板的材料和表面粗糙度相同,因此透光率和雾度无差异;但两者的残余应力和成型收缩特性不一样,因此光学畸变和角偏差存在差距。

(1) 残余应力

采用偏振光法评估了注射成型和注射压缩成型平板的残余应力。图4是白光做光源时,平行平面偏振光场下平板的偏振光照片。此时两个偏振片的偏振轴互相平行,如果中间没有放置样品或样品内

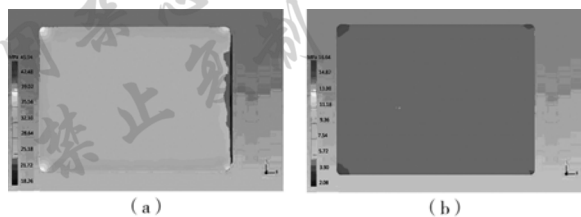


a—注射成型; b—注射压缩成型

图4 平行平面偏振光场下平板的偏振光照片

应力为零,则在起偏镜后观察到的光场为明场,如果中间放置的样品存在内应力,则同样会出现彩色条纹,但颜色会与正交平面偏振光场(暗场)下的颜色不一样。由图4同样可见,注射成型平板存在较大范围的残余应力,而注射压缩成型平板的彩色区域面积很小,大部分区域的内应力很低。

对平板第一主方向上的模内残余应力分布进行了计算分析,结果如图5所示。



a—注射成型; b—注射压缩成型

图5 模内残余应力分布比较

从图5可以看出,注射成型平板的残余应力相对较大,最大值为 39.02 MPa ,且分布范围较宽,为 $18.26 \sim 39.02\text{ MPa}$,平板的四个角、浇口周围与中间区域的残余应力差距很大;注射压缩成型平板的残余应力相对较小,最大值为 16.64 MPa ,且分布较窄,为 $13.00 \sim 16.64\text{ MPa}$,除平板的四个角以外,其它区域的残余应力很接近。平板的主视区域(中间区域)是最重要的区域,由图5可以看出,注射成型平板主视区域的残余应力约为 26 MPa ,而注射压缩成型平板主视区域的残余应力约为 13 MPa ,约为前者的 50% ,可见注射压缩成型在降低残余应力方面优势明显。

注射压缩成型透明件具有较低残余应力的原因与其成型特点密切相关。对注射成型和注射压缩成型制品而言,残余应力是指制品出模后未完全松弛而残留在制品内部的各种应力之和,主要包括残余热应力和残余流动应力。

残余热应力主要与冷却过程有关,主要影响参数包括熔体温度、模具温度和冷却时间等。注射成型和注射压缩成型的冷却过程主要工艺参数基本一

致,因此两类透明件的残余热应力应该接近。

残余流动应力主要与充填和保压过程有关,主要影响参数包括注塑压力、保压压力、熔体温度和模具温度等。

表1列出透明件注射成型和注射压缩成型的主要工艺参数。由表1可知,两类透明件成型时的熔体温度和模具温度相近,但成型压力差别很大。与注射成型不同,注射压缩成型的熔体注射是在模腔未完全闭合情况下进行的,因此流动阻力小,所需的注塑压力低。

表 1 透明件注射成型和注射压缩成型主要工艺参数

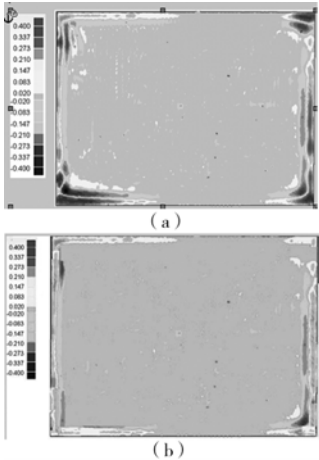
成型方法	注塑压力 /MPa	保压压力 /MPa	熔体温度 /℃	模具温度 /℃	冷却时间 /s
注射成型	60 ~122	42 ~58	300 ~320	90 ~120	60 ~80
注射压缩成型	43 ~78	21 ~29	300 ~320	90 ~120	60 ~80

注射压缩成型平板在残余应力方面的优势,更重要的是体现在保压过程。注射成型在型腔基本充满时开始保压,熔体冷却收缩后只能靠浇口处的新熔融料进入,浇口处空间小,显然需要较大的压力补料以弥补收缩,而且导致浇口处的应力大而不均匀;而注射压缩成型通过压缩型腔进行充填、保压来弥补收缩,由于熔体收缩是整个型腔直接压缩熔体来补偿的,因此型腔的压力分布均匀,使得制品的应力小而均匀。

综上所述,两类透明件残余应力的差别主要体现在残余流动应力方面。与注射成型透明件相比,注射压力和保压压力低导致注射压缩成型时熔体在模腔中受到的剪切应力和拉伸应力小,大分子取向程度低,因此注射压缩成型透明件具有较低的残余应力。

(2) 收缩特性

图6示出注射成型和注射压缩成型透明件的尺寸分布情况,平板的基准厚度为12 mm。由图6可知,对于注射成型透明件,厚度分布范围为12 ± 0.400 mm,最大厚度与最小厚度差距为0.800 mm;而对于注射压缩成型透明件,厚度分布范围为12 ± 0.273 mm,最大厚度与最小厚度差距为0.546 mm。显然注射压缩成型透明件具有更均匀的厚度分布,即注射压缩成型透明件具有更均匀的收缩率。注射压缩成型平板具有更均匀收缩率的原因与成型时的保压特性有关,因为熔体收缩是整个型腔直接压缩熔体来补偿的,因此型腔的压力分布均匀,使得产品的收缩小而均匀。



a—注射成型; b—注射压缩成型
图 6 平板的厚度分布图

3 结论

(1) 注射成型和注射压缩成型平板的透光率和雾度接近,但注射压缩成型平板具有更低的光学畸变和角偏差。

(2) 注射压缩成型平板具有低光学畸变和角偏差的原因与其残余应力和收缩特性有关。注射压缩成型平板在残余应力方面的优势与其成型过程特点有关,一方面注射压缩成型所需要的注塑压力较低;另一方面注射压缩成型通过整个型腔直接压缩熔体来补偿收缩,型腔压力比注射成型低而且分布更为均匀。注射压缩成型平板具有更均匀收缩率的原因,则主要与成型时的保压压力均匀有关。

参考文献

[1] Shinill Kang, Jong Sung King, Hyun Kim. Birefringence distribution in magneto-optical disk substrate fabricated by injection compression molding[J]. Optical Engineering, 2000, 39(3) : 689 - 690.

[2] Dominick V R, Donald V R, Marlene G R. Injection molding handbook[M]. Netherlands: Kluwer Academic Publishers Group, 2000: 1 235 - 1 236.

[3] Robert E M. Next generation transparency (NGT) program[C] // Proceedings of the 1996 34th annual symposium safe association. Reno, 1996: 469 - 477.

[4] Plastics Technology Group. A wider window opens for PC auto glazing[J]. Plastics Technology, 2006, 52(1) : 56 - 57.

[5] 陈宇宏. 大尺寸透明件注射成型技术的研究进展[J]. 工程塑料应用, 2007, 35(9) : 72 - 75.

[6] 陈宇宏,袁渊,张宜生,等. 基于光学畸变要求的注射成型透明平板应力翘曲分析[J]. 航空材料学报, 2008, 28(6) : 82 - 87.

[7] 中华人民共和国航空工业部. HB 7398. 1 - 1996 透明件光学畸变试验方法[S]. 北京: 中国航空工业总公司, 1996-09-13.

[8] ASTM Committee F07 on Aerospace and Aircraft. ASTM F733 - 1990(R2003). Standard practice for optical distortion and devi-

ation of transparent parts using the double-exposure method[S] . USA: ASTM internal, 2003 -10-01.

CONTRAST THE OPTICAL PROPERTIES OF INJECTION MOLDED WITH THAT OF
INJECTION COMPRESSION MOLDED TRANSPARENT PANEL

Chen Yuhong, Yuan Yuan, Zhou Kebin, Liu Lixiang

(Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

ABSTRACT Optical properties of injection molded and injection compression molded panel were comprehensively investigated, and then the differences between them were analyzed. The results showed that injection molded parts had larger optical distortion and angular deviation associated with large and uneven residual stress. But injection compression molded panels had small and well-distributed residual stresses, and in-mold press was uniformly distributed, this would lead to low optical distortion and angular deviation.

KEYWORDS injection molding, injection-compression molding, optical distortion, angular deviation, residual stress, shrink-age

齐鲁塑料厂推出新型聚乙烯专用料

中国石化股份有限公司齐鲁分公司塑料厂聚乙烯实验中心日前采用国内自主研发的新型催化剂成功开发出滚塑、冷热水管材料两种新型聚乙烯专用料。

滚塑料为已烯共聚中密度产品,具有抗冲击、耐老化、寿命长等特点,适用于形状复杂的容器,如车用复合气瓶内胆、防腐衬里等,性能优于 M 催化剂滚塑料 DNDB7149U。冷热水管材料为目前市场最新型的地板采暖管材专用料,是已烯共聚中密度产品,具有较好的韧性、耐应力开裂性以及耐低温冲击性能。

(工程塑料网)

赢创推出含 50% 可再生材料的 PPA

赢创工业集团日前在其 VESTAMIDHT plus 聚邻苯二甲酰胺 (PPA) 产品系列中新推出一种产品——VESTAMIDHT plus M3000。相比常规 PPA 产品,这种新产品的显著优势在于吸水率更低,尺寸稳定性和断裂延伸率更佳,且具有更为优良的加工性能。

VESTAMIDHT plus M3000 产品基于 PA10T 共聚酰胺。PA10T 是 1, 10-癸二胺和对苯二酸的缩聚产品,并且 1, 10-癸二胺提取自蓖麻油,因此,VESTAMIDHT plus M3000 基于可再生原料的比例最高可达 50%。

就产品的整个生命周期而言,VESTAMIDHT plus M3000 相比纯石油基聚酰胺材料具有更好的二氧化碳平衡性。

(工程塑料网)

锦湖日丽推出免喷涂塑可丽™ 特殊色彩效果树脂

近年来,彩色外观正成为家电行业新的时尚。为了获得彩色外观,可以采用传统的喷涂技术。但是,由于喷涂工艺较为复杂,生产不环保且成本较高,以及具有不良率高和回收困难的缺点,因此,越来越多的家电厂商开始寻求新的可替代技术来为产品带来美观的色彩效果。

目前,上海锦湖日丽塑料有限公司已成功开发出高光免喷涂塑可丽™ 特殊色彩效果树脂,满足了家电厂商的这一需求。通过使用该树脂,家电厂商在无需喷涂的情况下即可获得珠光白、闪烁红和炫彩蓝等特殊颜色效果。塑可丽™ 特殊色彩效果树脂适用于制作 LCD 前框和底座、空调面板、冰

箱门边条、洗衣机面板以及各种小家电的外壳。目前,海尔集团正与锦湖日丽合作,将锦湖日丽开发的高光免喷涂特殊效果 ABS 树脂应用于海尔新一代的波轮洗衣机面板上。

(工程塑料网)

扬子石化开发洗衣机桶专用料

扬子石化研究院和生产厂密切合作,在该公司聚丙烯装置上成功开发出洗衣机桶专用料 PPB - M30 - V(YPJ - 630)。该产品具有优异的流动性、良好的冲击强度和弯曲弹性模量,同时具有较快的结晶速率,能显著缩短产品的成型加工周期。

经性能测试,该专用料的各项性能指标完全符合国内洗衣机桶专用聚丙烯产品的要求。目前该产品已经在美的公司旗下的小天鹅洗衣机、美的洗衣机、荣事达洗衣机上推广应用。

(中化网)

住友扩大聚丙烯复合物产能

日本住友化学近日宣布,将在全球范围内实施多个聚丙烯复合物产能扩张项目,以满足中国等新兴市场汽车工业发展的需求,同时满足成熟地区汽车配件需求的不断增长。

住友公司表示,将在中国珠海现有厂再建一条产能为 1.1 万 t/a 的生产线,并在华北地区(候选地址为北京或天津)新建一座聚丙烯复合物生产厂,年内将最终确定厂址。在沙特 Rabigh 石化工业区,公司将在今年底启动与东洋油墨合资的聚丙烯复合物生产厂的建设,该厂计划在 2011 年底投产,产品将出口到土耳其、北非国家以及南非。另外,公司还在考虑在泰国新建一条生产线。

住友化学目前在全球的聚丙烯复合物产能为 12.7 万 t/a,其中,英国 4 万 t/a,法国 2.7 万 t/a,泰国 1.1 万 t/a,中国 2.2 万 t/a,美国 2.7 万 t/a。

(慧聪网)

新型聚氨酯玻纤复合材料研制成功

据报道,虎飞(厦门)聚氨酯制品有限公司日前开发出一种新型聚氨酯玻璃纤维树脂复合材料。

该种新型聚氨酯玻璃纤维树脂复合材料不仅具有玻璃钢的硬度以及低密度聚氨酯内芯泡沫的强度和韧性,且产品整体密度低,冲击强度高。

(慧聪网)