

Moldflow 辅助壳形注塑件变形分析 及其加强筋的优化设计

尤芳怡,戴秋莲,刘晶峰

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 基于 Moldflow 软件,通过改变塑件上加强筋的厚度、高度及浇口位置,对典型壳形注塑件的收缩和翘曲变形进行模拟成型分析,并优化设计加强筋.结果表明:加强筋会减小塑件的收缩率并影响翘曲变形量,塑件翘曲变形受加强筋的厚度影响比较大,且与浇口形式及其位置有关,加强筋的高度变化对变形影响不显著.加强筋的厚度与塑件基体壁厚不同,造成收缩不均导致翘曲变形,变形量随着加强筋厚度的加大,呈现先增大后减小的趋势.通过选取合理的浇口位置及加强筋尺寸,可以利用塑件基体部分的翘曲与加强筋所引起的翘曲相互抵消,从而减小塑件的总体变形量.

关键词: 壳形件;注射成型;变形;加强筋;Moldflow 软件

中图分类号: TQ 320 **文献标志码:** A

塑料作为工程材料在各个行业得到广泛应用,但其刚度和强度相对较低.在塑件上设置加强筋可以有效地提高其刚性和强度而无需大幅增加产品的壁厚,对一些承受压力、扭力、弯曲的零件尤其适用.收缩是注塑成型过程中不可避免的一种物理现象,它不仅与材料特性有关,还与制品结构、成型工艺及模具设计有关.成型收缩不均匀所引起的翘曲变形或内部缩孔,会导致塑制品弯曲和扭曲,改变外观,影响注塑件的精度及外观质量.塑件的翘曲变形将在一定程度上取决塑件基体和加强筋两者的收缩量的差异,因此对加强筋尺寸进行优化设计对改善翘曲变形有一定作用.目前,多数研究着重于工艺参数及浇口设计对塑件收缩和变形的影响^[1-5],塑件结构与变形的关系也有学者做定性分析^[6],但对加强筋与塑件收缩与变形的关系进行量化研究未见报道.本文使用流动分析软件——Moldflow 对典型壳型塑件进行模拟注塑成型分析^[7],研究塑件上加强筋的尺寸及数量对注塑件收缩、翘曲变形等的影响,并对加强筋进行优化设计.

1 模拟成型实验方案

图 1 为实验用典型壳形塑件,其内部有 4 条交叉的加强筋,材料为聚丙烯(PP).根据经验,加强筋的厚度应一般取 0.5δ 到 0.7δ (δ 为塑件平均壁厚),以防塑件与加强筋相对的表面出现缩痕现象^[8].此外,对比潜伏式浇口从塑件侧面进料和点浇口从塑件顶面进料两种成型方案,研究浇口类型及进料方向不同是否会使塑件的收缩变形方式发生改变.

采用 Pro/E 建立初始模型,对塑件设置不同厚度的加强筋并生成有限元网格.调整所有模型的网格纵横比到 6 以下,网格匹配率在 85% 以上^[9],以 0.05δ 为步进值,模拟多组数据,然后对无加强筋、加强筋过薄及加强筋过厚等多个产品模型进行成型模拟.参数设置:注射材料为 PP,模具材料为 P-20 钢,熔体温度为 $215\text{ }^{\circ}\text{C}$,模具表面温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,其余选择默认参数.

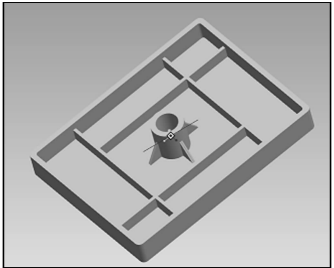


图 1 典型壳型塑件
Fig.1 Typical shell plastic part

2 实验结果分析

2.1 加强筋厚度对壳型塑件收缩的影响

塑件内部不设置加强筋及在塑件壳体内设置 4 条交叉的加强筋后,在相同成型条件下进行模拟成型的结果,如图 2 所示.

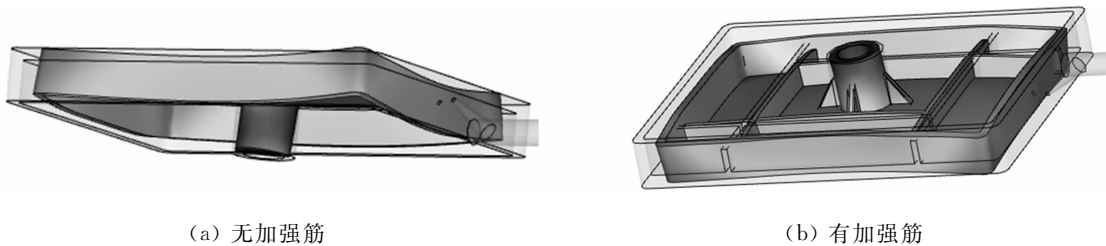


图 2 塑件变形的模拟结果

Fig. 2 Results of warp simulated by Moldflow

由图 2 可知:塑件内部不设置加强筋并采用潜伏式浇口从塑件的侧边进料,塑件发生了收缩及翘曲变形,塑件上的大平面产生了朝向壳体内部的凹陷;而设置加强筋后,塑件仍然存在收缩和翘曲现象且翘曲方向相同.无加强筋塑件总体收缩为 0.87%,总变形量为 0.353 4 mm,Z 方向(加强筋高度方向)上的变形量为 0.239 4 mm;而设置加强筋的塑件总体收缩率为 0.84%,总变形量为 0.398%,Z 方向上的变形量为 0.286%.结果表明:加强筋的存在使变形量明显增大.

加强筋厚度对壳型塑件收缩率影响的模拟结果,如图 3 所示.图 3 中: γ 为收缩率; d 为加强筋厚度.从图 3 可知:当塑件上没有加强筋,总体收缩率最大;塑件上加设了加强筋,收缩率急剧下降;当加强筋的厚度为塑件壁厚 0.2 倍,整体收缩率最小;随着加强筋厚度继续增大,收缩率又缓慢增大但始终小于 0.87%.实验结果说明,较薄的加强筋可以较好地抵御收缩;随着加强筋厚度的增加,这种抵御作用慢慢减弱,使塑件的收缩率逐渐增大,但仍然小于无加强筋时的收缩率.究其原因在于随着加强筋厚度的增大,加强筋本身的收缩也在增大,其抵抗总体收缩的能力减弱,所以塑件整体的收缩率有所回升.

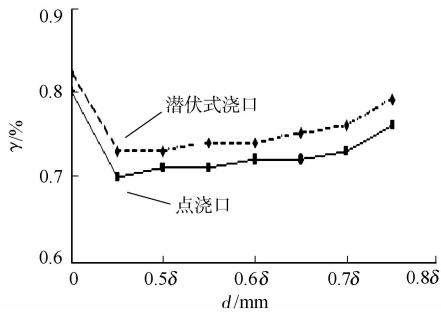


图 3 加强筋厚度对塑件收缩率的影响

Fig. 3 Shrinkage rate of plastic parts affected by the thickness of the rib

从图 3 还可以看出:采用不同类型的浇口从不同的部位进料,对塑件的收缩率大小及变化趋势的影响规律一致,数值差别不大.总之设置较薄的加强筋有利于减小塑件的收缩,塑件总体收缩率受浇口类型及浇口位置影响不大.

2.2 加强筋厚度对壳型塑件翘曲变形的影响

翘曲主要是由于制品收缩不均造成的^[10].当加强筋的厚度小于塑件壁厚,冷却速度比塑件的基体部位快,再加上其体积较小,加强筋部位的总收缩量小于塑件的基体部分.故与加强筋相连的塑件基面壁由于冷却较慢,有更长的时间收缩,且体积较大,会出现较大的收缩.此时,加强筋和与其相连的基面壁会产生很大的收缩差异,基面壁的收缩会对已经提前冷却及停止收缩的加强筋形成拉应力,造成翘曲变形,使塑件向加强筋所在的一侧凸起.

加强筋厚度对壳型塑件变形影响的模拟结果,如图 4 所示.图 4 中: Δ_{tot} 、 Δ_z 分别为总变形量和 Z 向变形量; d 为加强筋厚度.从图 4 可知:随着加强筋厚度的增加,采用潜伏式浇口从侧向进料时塑件在 Z 向(朝向加强筋所在的方向)的翘曲变形量呈现先增大后减小的趋势;在加强筋厚度为 0.6 δ 时,翘曲变形量最大.较薄的加强筋与基面壁的接触面积较小,收缩

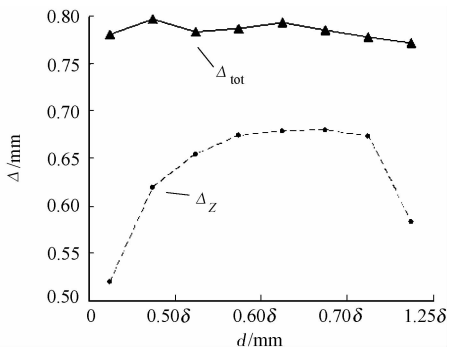


图 4 加强筋厚度对塑件变形的影响

Fig. 4 Warp of plastic parts affected by the thickness of the rib

不均匀产生的基面壁对加强筋的拉应力变形也较小,这种应力会随着加强筋厚度的增大而增大;当加强筋厚度逐渐接近塑件的壁厚时,冷却不均匀的程度也逐渐减小.即加强筋厚度 0.6δ 左右, Z 向的翘曲变形量最大,其后随着加强筋厚度继续增大,翘曲逐渐减小.

从图 4 还可知:塑件的总变形量也呈先增大后减小的特征,但总体变形量在加强筋极薄(0.2δ)时出现一个异常的高点.究其原因是加强筋过薄时,其抵抗侧壁向内变形的能力较差,与侧壁结合面积过小,不能抵抗整个侧壁的变形,在加强筋附近的侧壁变形小,而距离加强筋较远的部分则会在平行方向上出现较大的变形(图 5).加强筋越细,侧壁在平行方向上的变形差异越大.故在极薄时,总变形量与 Z 方向上的翘曲量变化趋势不同,总变形量在加强筋较薄处出现一个峰点.

塑件的整体变形通过软件预测后,可以利用成型零件的工作尺寸调节得到补偿,而变形则直接反映到塑件上.因此,对加强筋的优化设计应以减小塑件变形为目标.由前面分析可知:该壳形件采用潜伏式浇口进料,加强筋的厚度选择 0.6δ 和 0.2δ 都是不合理的,这两个位置的总体变形量最大,特别是 0.6δ 时 Z 向的变形量也最大.综合总体变形量和 Z 向变形量指标,确定 0.5δ 是较合理的加强筋厚度.

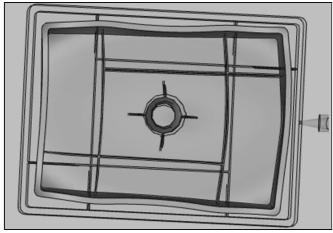


图 5 加强筋极薄时侧壁的变形
Fig. 5 Warp of the sidewall with four paper-thin ribs

2.3 加强筋高度对壳型塑件变形和收缩的影响

当加强筋厚度为 0.6δ ,熔体温度为 $215\text{ }^{\circ}\text{C}$,模具表面温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,不同加强筋高度对壳型塑件变形和收缩影响的模拟结果,如图 6 所示.从图 6 可知:增大加强筋的高度,会使塑件收缩率在变大的同时, Z 方向上的翘曲量变大;然而,由于减弱横向的变形,总变形量反而有所减小.综合各方面指标,可以认为单纯增大加强筋高度对改善塑件的收缩及翘曲效果不显著.

2.4 浇口位置对加强筋对塑件收缩及变形的影响

塑件结构和材料确定后,浇口位置始终是影响塑件成型的主要因素^[11].由图 3 的分析可知:采用潜伏式浇口从塑件侧壁进料时,加强筋的存在加大了变形.不同浇口进料时加强筋厚度对变形量影响的模拟结果,如图 7 所示.从图 7 可知:点浇口从顶部进料,加强筋可以有效减小变形量,且加强筋越厚,变形量越小.浇口位置不同,使加强筋对塑件总变形量的影响机制有很大的不同.这是因为浇口位置不同,料流方向不同,使得塑件本身发生的基础变形量方式不同.

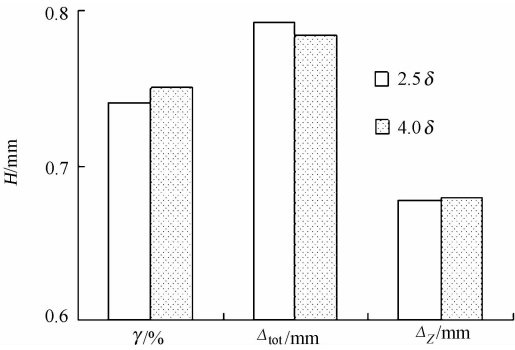


图 6 加强筋高度对塑件变形及收缩的影响
Fig. 6 Warp and shrinkage of plastic parts of affected by the height of the rib

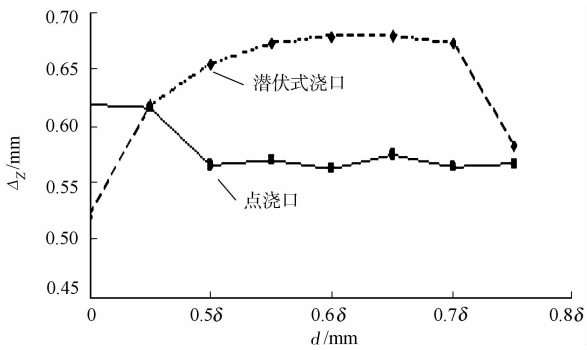


图 7 不同浇口进料时加强筋厚度对变形量的影响
Fig. 7 Warpage affected by thickness the rib with different gate

从图 2(a)可知:当塑件上没有加强筋,采用侧面进料时塑件的变形向着加强筋所在方向突出.无加强筋塑件点浇口进料时的变形,如图 8 所示.从图 8 可知:相同成型条件下,采用点浇口于从顶部进料,塑件的变形方向是朝壳体外侧突出.

由加强筋的变形机理分析可知,壳体内设置了加强筋会使得塑件向加强筋所在方向突出.这两种变形在点浇口进料的情况下正好方向相反,加强筋所造成的变形抵消了部分塑件初始的变形量,使得塑件的变形在加强筋的帮助下减小.所

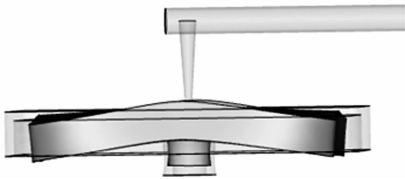


图 8 无加强筋塑件点浇口进料时的变形
Fig. 8 Warp of the part with no rib injected with a point gate

以在大部分情况下,采用点浇口进料产生的塑件 Z 向变形量小于侧向进料的变形量. 当加强筋为 0.5 δ 并采用点浇口从塑件对称中心进料时,塑件变形量比相同情况下采用潜伏式浇口的变形减小 14%. 因此,如果塑件外观结构允许,壳形零件最好采用点浇口从产品顶部对称中心进料.

3 结论

- 1) 壳形注塑件内部设置加强筋有利减小收缩率,但加强筋的存在增大了塑件的翘曲变形.
- 2) 加强筋的高度变化对变形影响不显著,塑件翘曲变形受加强筋的厚度影响比较大,且与浇口形式及其位置有关.
- 3) 以减小总体变形及 Z 向变形量为优化目标,壳形零件采用潜伏式浇口进料时的加强筋厚度应选择 0.5 δ .
- 4) 浇口位置及料流方向合理分布有利于改善塑件变形及翘曲,精度要求高的壳形塑件为减小变形量,在结构外观允许的情况下应选择点浇口从顶部进胶,加强筋造成的变形将抵御塑件本身的基础变形,使塑件变形最小.

参考文献:

[1] 刘晓红. 基于 Moldflow 的薄壁注塑件的工艺参数优化[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(1): 35-38.

[2] 俞华英, 金杰, 吕圣. 基于 Moldflow 的薄壁注塑件的工艺参数的优化[J]. 浙江工业大学学报, 2008, 36(4): 460-464.

[3] 陈亚娟, 刘承科, 温彤, 等. 摩托车坐垫底板的翘曲分析[J]. 塑料工业, 2008, 36(8): 30-32.

[4] 许建文, 刘斌. 注塑件体积收缩率变化的数值模拟优化与预报[J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2010, 31(3): 241-245.

[5] 冷崇杰, 项辉宇, 张媛, 等. 车用 PBT 长臂灯架防翘曲注射浇口设计分析[J]. 中国塑料, 2009, 23(4): 61-63.

[6] 蒋志辉, 李倩, 郑国强, 等. 气体辅助注塑成型带加强筋平板的翘曲试验研究[J]. 塑料科技, 2009, 37(7): 73-76.

[7] 陈智勇. Moldflow 6.1 注塑成型从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 9.

[8] 王洪. 塑料注塑件加强筋的设计方法[J]. 机械工程材料, 1999, 23(2): 17-19.

[9] LEE T S, RAHMAN W A, RAHMAT A R, et al. Computer aided injection moulding process analysis of polyvinyl alcohol-starch green biodegradable polymer compound[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2012, 14(1): 8-19.

[10] 张昉昀, 钟汉如. 基于 Moldflow 和 DOE 技术的翘曲变形工艺优化[J]. 电加工与模具, 2011(2): 42-44.

[11] 吕长友, 于同敏. 浇口设计对塑件收缩规律影响的数值模拟[J]. 塑料科技, 2008, 36(8): 68-72.

Warp Analysis and Rib Optimization of the Shell-Shaped Injection Molding Part Based on Moldflow

YOU Fang-yi, DAI Qiu-lian, LIU Jing-feng

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The ribs of the shell-shaped injection molding part were optimized by means of Moldflow software. The parts with different height and thickness and different injection gates were simulated, and the warpage and the shrinkage under various parameters were got. The results showed that rib to reduce the shrinkage of the part and affect the warpage as well. The thickness of the rib is the main factor to increase warpage, the warpage is related to the form and location of the gate. And the height of the rib hasn't the significant effect on the warpage. Warp was caused due to the different thickness of the rib and the part, and it increases firstly and then decreases with the increase of the thickness of the rib. The warpage caused by rib can offset against that caused by the part when the gate be correctly placed as well as the ribs be optimally designed. Thus the overall amount warpage of the plastic parts is reduced.

Keywords: shell part; injection molding; warp; rib; Moldflow software