

HDPE 厚壁制品收缩及缺陷形成分析^{*}

陈 志 钱 欣 金杨福

(浙江工业大学化学材料学院, 杭州 310014)

陈冰冰 高增梁

(浙江工业大学机械学院, 杭州 310014)

摘要 利用 Moldflow 3D 网格模型, 对边长为 30 mm 的高密度聚乙烯(HDPE)立方体进行填充保压分析, 分别模拟分析了模温、保压时间、熔体温度和保压压力对厚壁制品体积收缩率的影响。结果表明, 模温和保压时间对其体积收缩率影响最为显著。根据模温对厚壁制品体积收缩率的影响及厚壁制品表面凹陷和内部缩孔的形成机理, 将注射成型的 HDPE 立方体置于 3 种不同的冷却环境中, 发现凹陷和缩孔的形成情况与理论预期结果一致, 当冷却环境温度 120℃ 时, 缩孔消失。

关键词 Moldflow 厚壁制品 体积收缩率 凹陷 缩孔

随着科学技术的发展, 注射成型厚壁制品的应用不断增加, 但厚壁制品收缩率较大, 易导致表面凹陷和内部缩孔等缺陷的产生^[1]。笔者模拟分析了注射成型条件对高密度聚乙烯(HDPE)厚壁制品收缩的影响, 并通过实验对 HDPE 厚壁制品产生内部缩孔的冷却条件进行研究, 为 HDPE 厚壁制品的成型控制提供参考。

1 成型条件对 HDPE 厚壁制品模内收缩影响的模拟分析

1.1 模拟条件

模拟软件: Autodesk Moldflow Insight 2010, 美国欧特克公司;

HDPE: 12450N; 美国 DOW 化学公司;

制品: 尺寸为 30 mm × 30 mm × 30 mm, 浇口位于面中心位置, 采用实体 3D 网格, 网格数为 157 813 个。

1.2 结果与分析

(1) 模温对厚壁制品体积收缩率的影响

保持熔体温度为 200℃、保压时间为 100 s、注塑压力为 100 MPa、保压压力为注塑压力的 80%, 分析模温为 60、90℃ 和 120℃ 时制品的体积收缩情况。图 1 示出模温对制品各厚层体积收缩率的影响。

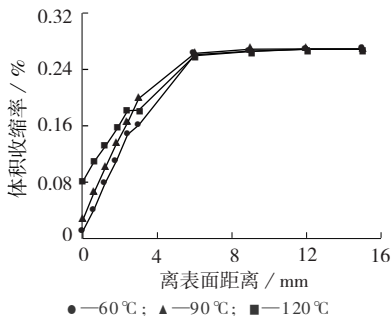


图 1 模温对制品各厚层体积收缩率的影响

从图 1 可以看出, 制品表层体积收缩率受模温影响较大, 而离表面距离 6 mm 以后的芯层体积收缩率受模温影响很小。模温的高低直接影响制品各厚层冷却速率的大小, 表层与模壁紧密接触, 热阻较小, 热量传递很快, 所以表层冷却速率的大小对模温的变化更敏感, 较高的模温导致表层冷却速率明显减小, 结晶度较大, 体积收缩率增大。而随着厚层的增加, 塑料形成的热阻大幅度增加, 芯层熔体的热量向外传递的效率减小, 冷却速率变缓慢, 体积收缩率较大^[2], 而且模温与熔体温度形成的温度梯度效应相对于较厚的塑料层形成的热阻显得很微弱, 所以模温对制品芯层体积收缩率的影响较小。

综上所述, 模温越高, 厚壁制品表层体积收缩率越大, 而芯层体积收缩率受模温影响不大, 从而导致表层与芯层体积收缩率差异缩小, 收缩趋向一致, 制品内部缩孔将减小甚至消失。

(2) 保压时间对体积收缩率的影响

保持模温为 90℃、熔体温度为 200℃、注塑压力为 100 MPa、保压压力为注塑压力的 80%, 分别分析保压时间为 100、200 s 和 300 s 时制品的体积收缩情况。图 2 示出保压时间对制品各厚层体积收缩率的影响。

由图 2 可以看出, 保压时间越长, 各厚层体积收缩率越小, 且芯层的降幅较大。这是因为随着保压时间的延长, 在浇口尚未封闭的时候, 会有更多的熔体从浇口进入模腔, 填补了因冷却收缩的部分体积, 使得制品内部较为密实, 体积收缩率明显下降。但是在浇口封闭后, 保压时间的延长对体积收缩率则

^{*} 浙江省科技厅重大专项资助项目(2008C01047-3)

收稿日期: 2010-01-03

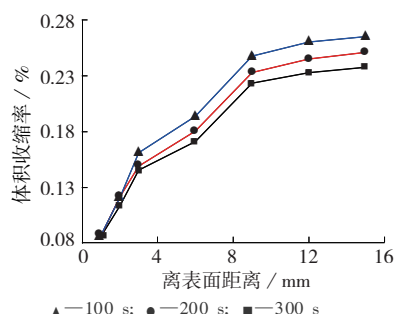


图2 保压时间对制品各厚层体积收缩率的影响

没有影响。所以,保压时间越长,厚壁制品芯层体积收缩率大幅减小,而表层体积收缩率几乎不变,即表层与芯层体积收缩率差异随着保压时间的延长而减小,内部缩孔减小甚至消失。

(3) 熔体温度对厚壁制品体积收缩率的影响

保持模温为 90℃、保压时间为 300 s、注塑压力为 100 MPa、保压压力为注塑压力的 80%,分析熔体温度为 180、190℃和 200℃时制品的体积收缩情况。图3示出熔体温度对制品各厚层体积收缩率的影响。

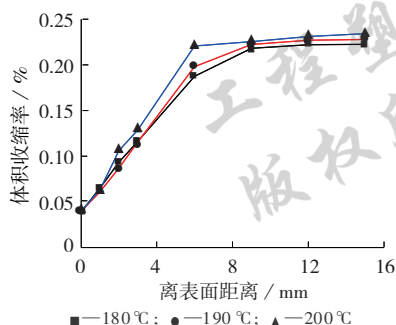


图3 熔体温度对制品各厚层体积收缩率的影响

由图3可知,随着熔体温度的升高,各厚层体积收缩率均有所增大。这是因为熔体温度越高,在其它工艺条件相同的情况下,一方面制品各厚层冷却速率减小,结晶度增加,体积收缩率增大;另一方面,熔体温度的升高将使得浇口封闭时间延长,保压补缩作用更加明显,体积收缩率有所减小^[3]。所以熔体温度对体积收缩率的影响是上述两方面共同作用的结果。

(4) 保压压力对厚壁制品体积收缩率的影响

保持熔体温度为 200℃、模温为 90℃、注塑压力为 100 MPa、保压时间为 300 s,分析保压压力为注塑压力的 100%、80% 和 60% 时制品的体积收缩情况。图4示出保压压力对制品各厚层体积收缩率的影响。由图4可以看出,保压压力对制品各厚层体积收缩率没有明显的影响,但是也存在一个合适的

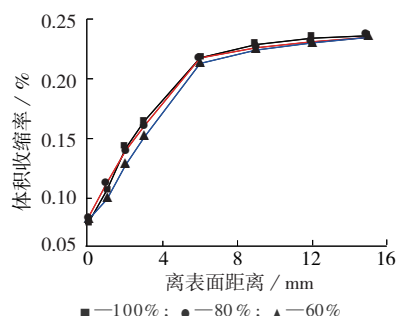


图4 保压压力对制品各厚层体积收缩率的影响

范围。当保压压力为注塑压力的 60% 时,体积收缩率相对较小。保压压力对体积收缩率的影响主要在浇口封闭之前,此时保压压力越高,会使得聚合物聚集得越密实,体积收缩率越小。而浇口封闭之后保压压力对制品体积收缩率影响不大。

2 HDPE 厚壁制品收缩缺陷的分析

2.1 厚壁制品收缩缺陷的形成机理

凹陷和缩孔是厚壁注塑制品冷凝过程中由于体积收缩形成的两种缺陷。凹陷是制品产生的整体向芯收缩,体积收缩反映在制品表面;缩孔则将形成的体积收缩以在制品内部成孔的形式反映。凹陷影响制品的表观性能,而缩孔则影响制品的力学性能。

冷却速度对制品凹陷和缩孔的形成影响最大。当制品表层温度降到结晶温度以下开始固化时,而内部仍处于粘流态;当制品内部继续冷却时,由于体积向芯收缩而产生的内应力作用于表层,将表层向内拉。若材料刚性较小、模温较高或制品厚度较薄时,制品表层承受不了内应力的作用,便与芯层一起收缩而形成凹陷,凹陷最深的地方往往是冷却最慢的地方所对应的外表面;当材料刚性较大、模温较低或制品厚度较大时,表层迅速结晶形成模量较高或较厚的结晶层^[4],收缩产生的内应力无法使得坚硬的表层向芯层运动,为平衡产生的收缩,制品在芯层形成了缩孔。

2.2 冷却条件对收缩缺陷形成的影响

由厚壁制品凹陷和缩孔形成机理可知,只要制品的冷却条件改变,就可以得到完全凹陷没有缩孔的制品、也可以得到部分凹陷有缩孔的制品。为了验证这种机理,笔者以模内成型、模外冷却的实验方法,考察厚壁制品的凹陷和缩孔情况。

在模温为 90℃、熔体温度为 200℃、注塑压力为 100 MPa、保压压力为注塑压力的 80%、保压时间为 100 s 的条件下注射成型 HDPE 30 mm × 30 mm × 30 mm 的立方体,开模取出后立即放入 30、90℃ 和

120℃的烘箱中缓慢冷却2 h至室温,观察制品的表面凹陷及剖开制品查看内部缩孔情况,结果见表1。

表1 3种冷却条件下制品的凹陷和缩孔情况

项 目	模外冷却温度 /℃		
	30	90	120
制品缺陷	制品表层凹陷小,芯层出现一个长轴为8mm,短轴为7mm的椭圆形缩孔	制品表层凹陷较大,靠近芯层部位出现两个长轴为5mm,短轴为2mm的椭圆形缩孔	制品表层凹陷大,芯层内部结构密实,没有缩孔

3 结论

(1) 模温升高,表层的体积收缩率增大,芯层的收缩率变化不大,表层与芯层之间收缩率的差异减小。另外模温升高使得表层屈服强度减小,当小于收缩应力时,则会向芯层凹陷,从而使得内部缩孔减小甚至消失。

(2) 保压时间对芯层的体积收缩率有较大影响,保压时间越长,芯层的体积收缩率越小,而表层的体积收缩率受其影响不大,这样缩孔就会减小甚至消失。

(3) 熔体温度升高,将导致芯层的体积收缩率增大,而表层的体收缩率受其影响不大,表层和芯层

的体积收缩率差异增大,缩孔容易形成。

(4) 保压压力对厚壁制品体积收缩率的影响不大。

(5) 将注射成型后的厚壁制品置于3种不同的冷却环境中冷却,得到不同的收缩缺陷。当环境温度为120℃时,制品内部结构密实,表面凹陷明显;当环境温度为30℃时,制品内部会出现大缩孔,表面凹陷较小;当环境温度为90℃时,制品既会产生缩孔又会形成表面凹陷。

参考文献

[1] 李名章,王春涛.厚壁制件的注射成型工艺探讨[J].工程塑料应用,2001,29(6):14-16.

[2] Kamal M R, Lai Fook R A, Hernandez Aguilar J R. Residual thermal stresses in injection molding of thermoplastics: A theoretical and experimental study[J]. Polymer Engineering and Science, 2002, 42(5):1098-1113.

[3] 杨凤霞,片春媛.结晶型塑料注射制品收缩率影响因素分析[J].模具工业,2005(11):31-34.

[4] Walsh S F. Shrinkage and warpage prediction for injection molded components[J]. Journal of Reinforced Plastics and Components, 1993, 12(7):769-776.

SHRINK AND DEFECT ANALYSIS OF HDPE THICK PART

Chen Zhi, Qian Xin, Jin Yangfu

(College of Chemical Engineering and Materials Science, Zhejiang University of Technology, HangZhou 310014, China)

Chen Bingbing, Gao Zengliang

(College of Machinery, Zhejiang University of Technology, HangZhou 310014, China)

ABSTRACT 30 mm cubes HDPE part were analyzed on filling and pressurize by Moldflow 3D model. The influence of mold temperature, dwell time, melt temperature and dwell pressure on thick part volume shrinkage were analyzed. The results showed that the mold temperature and dwell time had the most significant influence. According to the influence of mold temperature on volume shrinkage and formation of surface indentation and inside shrink hole, 30 mm cubes HDPE part were molded and put in three different cooling surroundings. The formation of indentation and shrink hole was the same as theoretical expectations. When the temperature of cooling surroundings was 120℃, the shrink hole would disappear.

KEYWORDS moldflow, thick part, volume shrinkage, indentation, shrink hole

福建省二轻工业研究所

福建省二轻工业研究所、福建省高新技术开发中心最新研发成功再生塑料管材增韧、增强改性剂。该改性剂内含高分子材料调节剂、表面分散剂、功能树脂、热稳定剂、弹性体、补强剂等材料。经塑料管材厂家试用,相同配方下,添加少量(5-8份)改性剂可使塑料管材的伸长率提高4-6倍,拉伸强度提升10%,效果明显。该改性剂可增加再生塑料在塑料管材的使用比例,具有较好的实际应用效果。

联系人: 李伟光 13805065107 陈侃 15259128657
电话: 0591-83702347 83702346 传真: 0591-83702321
地址: 福州市杨桥中路50号西城公寓2座 邮编: 350001
网址: www.fjerqing.com E-mail: cyz233@sina.com