

基于 CAE 技术消除 PP 带铰链瓶盖的气泡

邓 可

(重庆医科大学计算机教研室,重庆 400016)

肖方成 洪剑城 刘先锋 吴世见

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 通过对带铰链瓶盖的注射成型过程进行模拟分析,发现成型瓶盖主体的型腔中的气体未能及时排出,压缩气体阻碍了熔体在瓶盖主体侧壁的填充而在制品上留下凹坑;压缩气体的最高温度为 635.9℃,远高于聚丙烯(PP)的分解温度,与气体接触的部分熔体灼烧、分解,造成了瓶盖主体侧壁的部分塑料变色。研究发现,通过增加瓶盖主体底部的壁厚,可以改变熔体的充模流动路径,有效地排出型腔中的气体,消除制品上的气泡,得到合格的制品。

关键词 气泡 注射成型 流动分析 Moldflow

注射成型充模流动过程是一个相当复杂的过程,非牛顿高温塑料熔体在压力驱动作用下通过流动、浇口向较低温度的模具型腔填充,熔体一方面由于向模具型腔传热而快速冷却,另一方面因高速剪切而产生热量,同时伴随有熔体固化、体积收缩及可能的结晶过程^[1]。因此注射成型会产生各种各样的缺陷,其中气泡就是注射成型过程中的一种常见缺陷^[2]。气泡主要出现在注塑制品的表面或内部,若气泡出现在制品的可见表面或透明制品中,则会影响制品的外观;若气泡出现在制品内部,则会降低制品的强度。所以要尽可能避免或消除气泡缺陷^[3]。

为了避免和消除气泡,通常利用 CAE 分析软件对气泡进行预测。Moldflow 是最常用的软件之一。利用 Moldflow 可以预测熔体充模流动生成气泡的位置和数量。气泡通常在两股或两股以上熔体前沿汇合区域或熔体末端生成,结合填充时间、熔体温度历史和压力历史等分析结果,以及模具结构和用户要求,可以判断气泡的严重性和可接受的程度。

1 带铰链瓶盖存在的缺陷

带铰链瓶盖在工业生产中主要采用注射成型工艺,根据产量要求的不同,模具型腔的排列也不同,有一模 2 腔的,甚至也有一模 128 腔的,但是无论采用多少腔,均采用边缘浇口进浇。在带铰链瓶盖的生产过程中,发现在瓶盖主体的侧面(见图 1 中椭圆形黑色线圈所指位置)总有一个凹坑,且塑料由乳白色变成黑色,严重影响了制品的外观,不能满足制品的使用要求,因此需迫切找出原因及解决方案。

2 模拟分析

2.1 产品模型的建立

带铰链瓶盖主要由瓶盖主体、瓶盖帽和铰链 3

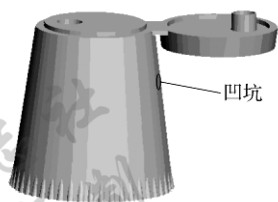
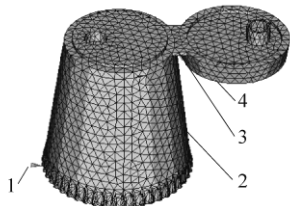


图 1 带铰链瓶盖

部分组成。瓶盖主体底部直径为 38 mm,顶部直径为 28 mm,高 38 mm;瓶盖帽的大端直径为 28 mm,小端直径为 26.68 mm,高 5 mm;瓶盖的厚度均为 2 mm。在三维设计软件 Pro/Engineering 中进行三维建模,并以 STL 格式导入 Moldflow 中,采用 Fusion 格式对网格进行划分,网格划分中“Global edge length”设为 2.5 mm。划分网格后,紧接着对网格信息进行统计,然后根据统计信息依次对网格信息进行诊断,如果诊断结果存在不合理的网格,就利用 Mesh Tool 网格工具进行修改,直到网格诊断合格为止。根据工业生产中带铰链瓶盖的浇口位置设定进浇点,见图 2。



1—浇口;2—瓶盖主体;3—铰链;4—瓶盖帽

图 2 带铰链瓶盖的有限元模型

2.2 成型工艺参数设置

带铰链瓶盖属于外置件,对表面质量和综合性能要求较高,这就要求制品成型后要有良好的表面粗糙度和较高的强度、冲击性能。聚丙烯(PP)具有

密度小, 耐热性、刚性和硬度高, 良好的流动性、尺寸稳定性、无毒、无味及光泽好等优点, 因此通常采用 PP 成型带铰链瓶盖。笔者选用 Phillips Sumika Polypropylene Company 生产的 PP 作为成型原料, 牌号为 Marlex HGL-050-01, 其允许的最大剪切应力为 0.25 MPa, 最大剪切速率为 $1 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$, 熔体流动速率为 5 g/10 min。设模具温度为 50 ℃, 熔体温度为 230 ℃, 制品顶出温度为 93 ℃, 冷却时间为 15 s, 其它工艺参数采用 Moldflow 流动 (Flow) 分析的默认参数。模具材料采用美国预硬模具钢 P20。

2.3 模拟分析结果

经过 Moldflow 模拟分析, 发现在带铰链瓶盖浇口的对面位置形成了大量的气泡, 如图 3 所示。其中气泡 1、2、4 可以通过模具的优化设计来排除。可将模具的定模设计成组合式, 利用定模型芯和固定板之间的间隙排除气泡 1、2 处的气体, 从而消除气泡 1、2; 通过在动定模之间的分型面上设置排气槽排出气泡 4 附近的气体来消除气泡 4。然而气泡 3 在定模型腔的侧壁, 不能通过优化模具设计来排出气体, 所以在实际生产过程中, 该处产生了一个凹坑, 甚至部分塑料变成黑色。

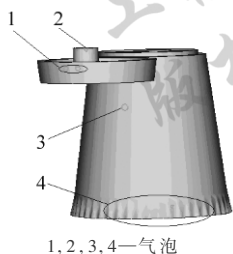
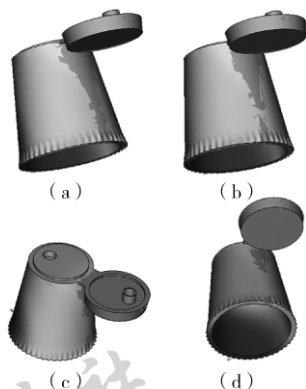


图 3 带铰链瓶盖的气泡

将塑料熔体充模流动过程与气泡的形成过程进行叠加, 结果见图 4。由图 4 可知, 在熔体充模流动过程中, 当熔体填充至 1.002 s 时, 绕着瓶盖主体型芯流动的两股熔体第一次相汇, 形成气泡 4; 当熔体继续填充模具型腔时 (1.016 s), 部分熔体沿着型芯流过型芯顶部, 与绕着型芯两边流动的熔体相汇, 将部分气体困在瓶盖主体的侧壁, 形成气泡 3 (见图 4d)。瓶盖侧面的凹坑大小取决于被困气体的体积和熔体填充该处时的压力大小。如果熔体填充压力大, 则气泡 3 在瓶盖上留下的凹坑就小, 但如果压力过大, 气体体积将会压缩至很小, 气体的温度也会急剧增加, 当气体的温度高于熔体的分解温度时, 与气体接触的部分熔体将会灼烧、分解。

通过理想气体的状态方程, 可计算出带铰链瓶

盖主体侧壁的气泡最高温度为 635.9 ℃, 远超出 PP 熔体的分解温度 (320 ℃), 所以带铰链瓶盖主体侧壁的气体如果不能及时排出模具型腔, 其与气体接触的部分熔体就会分解、灼烧, 外观表现为塑料变色。



a—0.988 s; b—1.002 s; c—1.016 s; d—1.031 s

图 4 带铰链瓶盖的填充过程

2.4 模型优化

根据图 4 分析可知, 带铰链瓶盖侧壁生成的气泡是由于熔体沿着瓶盖主体底部及浇口对面的侧壁流到铰链处的流动路径较长, 而熔体绕瓶盖主体型芯及沿着型芯流过型芯顶部到铰链处的流动路径较短, 因此当熔体沿着型芯流过型芯顶部流到铰链处时, 瓶盖底部的熔体还未将瓶盖主体填充完, 造成 4 股熔体在瓶盖主体侧壁相汇, 将部分气体困在瓶盖主体的侧壁。因此要消除瓶盖主体侧壁的气泡, 就必须加快瓶盖主体底部熔体的流动速率, 让多股熔体在瓶盖铰链处相汇, 将气体推向型腔的末端, 通过模具分型面的排气槽将气体排出。

通过 Moldflow 的 “Thickness Diagnostic” 工具栏诊断带铰链瓶盖的有限元模型的厚度, 结果见图 5。

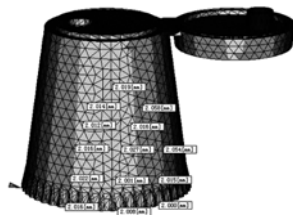


图 5 带铰链瓶盖有限元模型的厚度

由图 5 可知, 瓶盖主体的厚度为 2 mm, 由于瓶盖主体底部直径较大, 流动路径较长, 因此熔体填充瓶盖主体底部所需时间较长。为了加快瓶盖主体底部熔体的流动速率, 减小流动阻力, 可以增加带铰链瓶盖主体底部的厚度, 将瓶盖底部的厚度增加 0.6

mm,如图6所示。然后利用 Moldflow 分析熔体的充模流动过程,发现带铰链瓶盖的主体侧壁气泡完全消除。厚度优化后熔体的充模流动过程见图7。

由图7可知,PP熔体首先在带铰链瓶盖主体的

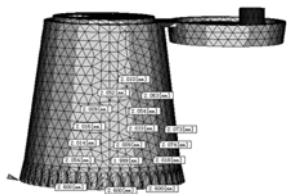
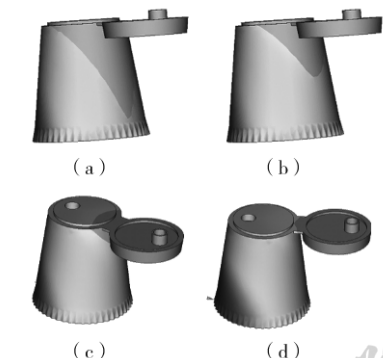


图6 带铰链瓶盖有限元模型优化后的厚度



a—0.898 s; b—1.004 s; c—1.096 s; d—1.141 s

图7 优化后熔体的充模流动过程

底部相汇(图7a),然后由带铰链瓶盖底部向上进行填充(图7b),4股熔体在带铰链瓶盖的铰链部分相汇(图7c、7d),最后通过铰链部分向瓶盖帽部分填充,有效地排出了瓶盖主体部分的气体,消除了瓶盖主体侧壁的凹坑。

3 结论

(1) 带铰链瓶盖主体侧壁的凹坑和塑料变色是因为瓶盖主体部分的气体不能及时排出,压缩气体阻碍了熔体的填充,从而在制品上留下凹坑;由于压缩气体的温度远超过熔体的分解温度,与气体接触的部分熔体灼烧、分解,造成了部分塑料变色。

(2) 增加带铰链瓶盖主体底部的壁厚可以改变PP熔体的充模流动路径,能够有效排出型腔中的气体,消除制品上的气泡。

参考文献

- [1] 肖云峰,吕涛,俞建荣,等.注射成型填充模拟分析:气泡和熔接痕的形成[J].北京石油化工学院学报,2007,15(1):25-27.
- [2] 王兴天.注塑成型技术[M].北京:化学工业出版社,1993:249-253.
- [3] 李宏生.注射成型模拟中气泡的分析与评价[J].中国塑料,2006,20(2):73-76.

REMOVING AIR TRAPS OF PP BOTTLE CAP WITH INTEGRAL HINGE BASED ON CAE

Deng Ke

(Computer Teaching and Research Section, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Xiao Fangcheng, Hong Jiancheng, Liu Xianfeng, Wu Shijian

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT It was found that gas in molding bottle cap body cavity was not discharged immediately by simulating injection process of bottle cap with an integral hinge, and the compressed gas hindered melt filling at the side wall of bottle cap body, so a hole was left. The highest temperature of gas by counting was 635.9℃, which was much higher than PP decomposition temperature, so part of the melt exposed to the gas was burnt and decomposed, causing part of the plastic of side wall of bottle cap body discolored. Research revealed that increasing wall thickness of the bottom of bottle cap body could change filling route of polymer melt, efficaciously discharge gas in mould cavity, and remove air traps on injection product, so eligible product could be produced.

KEYWORDS air traps, injection molding, flow simulation, Moldflow

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务,《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com)网站已开设“技术转让与合作”栏目,以方便买卖双方的有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让,公司新产品、新技术简介等方面。另外,为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象,《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍,人物专访等。来稿字数控制在5000字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国工程塑料工业协会会刊,国内外公开发行,屡获国家期刊奖,是中国塑料行业的权威媒体,知名度高,发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。

欢迎各有关企事业单位踊跃投稿!投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址:济南市108信箱杂志社(250031) 电话:0531-85878057 传真:0531-85947355 E-mail:epa@epa1973.com