

注塑件垂直度问题的研究

钟健灵 张 鹏 高静远 肖前坤

(广东工业大学,广州 510006)

摘要 通过对其它行业中垂直度问题的对比,引入了评价注塑件垂直度问题的概念,简要分析了影响注塑件垂直度的因素和解决方法。利用 CAE 翘曲变形模拟分析可计算出产品垂直度,并可运用垂直度数值快速确定反求的尺寸修改量,提高产品设计效率,结合实例证明了该方法的有效性,并在实际试模中得到验证。

关键词 注塑件 垂直度 CAE

垂直度是注塑件重要的质量指标之一,它对制件装配和使用性能影响很大,在某些场合还起到评定制件质量的关键标准。随着注塑件在各行各业的广泛应用,其结构也越来越复杂,质量要求也越来越高,特别是在尺寸精度方面,垂直度是衡量尺寸精度的一个重要指标,已经受到越来越多的重视。然而,在现有的研究和应用中,研究注塑件翘曲度、不圆度比较普遍,对注塑件垂直度问题研究得比较少,因此,有必要引入注塑件垂直度的概念^[1]。

笔者粗略评价了注塑件垂直度问题,定义了注塑件垂直度公式,提出了基于 CAE 翘曲变形模拟结果的垂直度计算方法,并利用垂直度数值来快速计算出产品局部尺寸修改量,减少产品尺寸修改次数,提高产品设计效率,取得了明显的效果。

1 注塑件垂直度

垂直度是位置公差,它是评价直线之间、平面之间或直线与平面之间的垂直状态,其以一个直线或平面作为评价基准。现有垂直度概念广泛应用于建筑、机械制造、仪表仪器、测量等领域。随着以塑代木、以塑代钢的发展,注塑件的结构日趋复杂,对其质量评价的标准化、系统化、自动化的要求也越来越迫切。鉴于注塑件垂直度的重要性,通过参考其它行业垂直度的概念,笔者尝试定义注塑件的垂直度,具体公式如下:

$$r = \tan \theta = \frac{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}{H - (z_1 - z_2)} \quad (1)$$

式中: r ——注塑件的垂直度;

θ ——垂直角;

H ——注塑件收缩前的高度;

x_1, y_1, z_1 ——某点收缩前的坐标值;

x_2, y_2, z_2 ——某点收缩后的坐标值。

2 注塑件垂直度的影响因素和解决方法

注塑件垂直度的影响因素很多,主要包括以下

方面:(1) 材料特性。高分子材料都具有收缩特性,材料从熔融态转变成固态的冷却过程的收缩是不可避免的,收缩是一切变形的根由,因此,注塑件的垂直度不可避免地要受材料收缩因素的影响。(2) 模具设计。模具的分型面、压力方向、浇注系统和冷却系统的形式、布局、尺寸都会影响到垂直度;注射过程中的型芯偏移也会影响垂直度;模具加工精度,模具装配精度对注塑件垂直度都有影响。(3) 产品设计。注塑件的形状、尺寸、壁厚均影响产品的收缩率,特别是不均匀收缩导致的变形,很多情况下是影响注塑件垂直度的主要因素。(4) 成型工艺。注射成型工艺条件对注塑件尺寸精度具有重要作用。在成型过程中,工艺参数的波动会导致收缩率的变化,影响尺寸稳定性,自然会影响垂直度。(5) 成型设备。注塑机固定模板和移动模板的平行度、机器在生产过程中的震动都会对产品质量造成影响。

相应的解决方法如下:(1) 对于收缩率大的材料,加入适量的填料、纤维或片料等添加剂可降低收缩率。(2) 在模具的设计、加工和装配过程中要充分考虑到可能影响到垂直度的因素,可以利用 CAE 对浇注系统和冷却系统进行评估,以达到流动平衡和冷却均匀,尽量避免浇口直冲型芯。(3) 尽量将产品设计成等壁厚;如果壁厚相差悬殊,要设置过渡区域;在必要的场合可添加加强筋保直。(4) 优化设置熔体温度、模具温度、注塑时间、注塑压力和冷却时间等工艺参数,可用 CAE 进行评估并得到最优成型工艺参数,指导试模。(5) 机器动作参数设置应尽量合理、平稳。

3 垂直度计算公式的反求

垂直度的计算,首先要确定好基准线或平面。一般情况下都是以有垂直度设计要求的部位相连的

线或平面作为基准,考虑注塑件变形的复杂性,给出以下假设:有垂直度要求的部位壁厚都是均匀的,可以是实心体,垂直度部位变形均匀,忽略其对垂直度的影响。

通过以上假设,可以粗略知道在垂直度部位的末端区域的变形是最大的。可以通过总体变形趋势判断垂直度部位在某一方向上变形最大,通过查询相应节点的变形数据并进行对比,可以确定变形量最大的节点,代入式(1)即可求出垂直度数值。

进行 CAE 模拟分析时,通常情况下已经对浇注系统和冷却系统进行了尽可能的优化,但是注塑件的变形量依然很大,通过变形分析可知变形的主因是收缩不均匀,这需要对产品设计进行修改,但修改量需根据经验设定,然后进行多次模拟得出最佳修改量。针对这个问题,笔者提出了垂直度计算公式的反求,目的是能快速确定反求的尺寸修改量。

根据上述假设,基准部位是影响垂直度的主要因素,对基准平面进行分析,就可得出影响变形的最大部位,设变形最大部位的变形后厚度为 h ,建立数学模型,见图 1。尺寸修改量 (L) 具体计算公式如下:

$$L = h \tan \theta \quad (2)$$

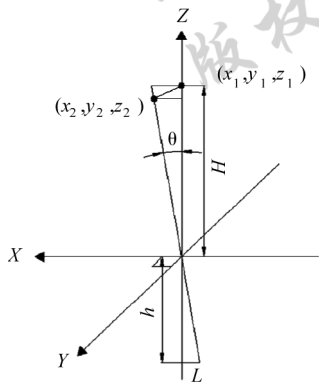


图 1 垂直度参量

鉴于注塑件变形的复杂性,式(2)只是经验公式,有一定的局限性,不可能精确计算出变形量,对于精度要求不高的注塑件有它的优越性。

4 应用实例

4.1 产品设计要求

以图 2 加重单 U 上支座为例,说明式(1)和式(2)的有效性。制品使用聚乙烯(PE)材料,收缩率很大,制品顶端两圆柱体要与直管相连接,因此,两圆柱体有一定的垂直度要求。产品深埋于地下,对表观质量要求不高。顶端圆柱体壁厚为 3.6 mm,底

部壁厚为 10 mm,最厚部位达 25 mm,厚度相差近 7 倍,收缩差异明显。

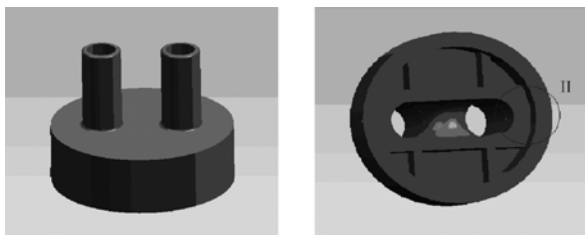
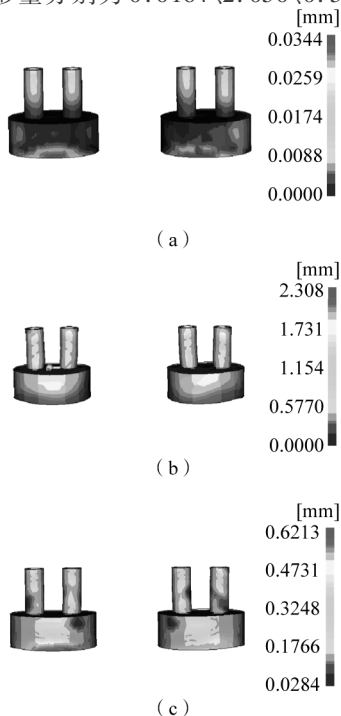


图 2 加重单 U 上支座

4.2 变形分析和对策

初始设计时,部位 II 的厚度为 24 mm,首先在 UG 上建立三维实体模型,导入 MPI 软件,划分网格,建立浇注系统,冷却系统,选择替代材料(因 MPI 软件材料库中没有相应材料)和设置工艺参数,进行注射成型模拟分析^[1]。MPI/Warp 模块分析导致翘曲的主要原因有收缩不均、冷却不均和分子取向不均,产品顶端圆柱体倾斜主因是基准平面翘曲造成的,所以应通过查看翘曲结果来分析柱体倾斜的原因^[3]。

图 3 为注塑件在冷却因素、收缩因素、分子取向因素影响下的变形量。由图 3 可看出,圆柱体末端的最大变形量分别为 0.0164、2.050、0.598 mm。



a—冷却因素影响下的变形量; b—收缩因素影响下的变形量;
c—分子取向因素影响下的变形量

图 3 注塑件变形量

通过对初始设计的试模结果实测,按式(1)算

出垂直度 $r_1 = 0.03621$, 未能达到生产要求; 进一步分析垂直度的影响因素和解决方法, 结合 MPI 分析结果, 造成柱体倾斜的主因是注塑件收缩不均, 尝试多次修改浇注系统和冷却系统, 但效果不大, 依然没有达到公差要求, 因此, 决定对产品设计进行修改, 利用式 (1) 和式 (2) 计算修改的尺寸量。

图 4 为模拟结果计算值, 可查询最大变形节点的变形量为 $(-0.1, -0.71, 1.92)$, 将变形量代入式 (1) 和式 (2), 算出 $r_2 = 0.01278, L = 0.75 \text{ mm}$ 。



图 4 节点变形量

因此, 实际修改值为 $L' = r_1 / r_2 \times L = 0.03621 / 0.01278 \times 0.75 = 2.13 \text{ mm}$ 。

具体数据如表 1 所示。

表 1 尺寸修改前后数据

模拟垂直度	实测垂直度	原始厚度/mm	修改后厚度/mm
0.01278	0.03621	24	22

4.3 改进后的设计

对产品部位 II 的尺寸进行修正, 修改后的壁厚为 22 mm, 再一次进行模拟分析, 其变形比初始设计有所改善, 达到了验收标准, 其模拟结果与实际试模

结果如图 5 所示。



(a) (b)
a—模拟结果; b—实际试模结果

图 5 模拟结果和实际试模结果

5 结语

将垂直度概念引入到注射成型中用以描述注塑件特定部位的垂直倾斜程度, 并定义了注塑件垂直度的计算公式。试模前期, 通过对注塑件垂直度影响因素的全面分析, 在确定收缩因素为主要变形影响因素的情况下, 利用垂直度公式快速反求所需的尺寸修改量, 指导产品设计。结合实例说明了垂直度的计算过程和反求过程, 证明了方法的有效性。

参考文献

[1] 李吉泉, 李德群, 郭志英. 塑件翘曲度及其计算方法[J]. 高分子材料科学与工程, 2008, 24(6): 1-4.
[2] 王刚, 单岩. Moldflow 模具分析应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
[3] 罗宇玲, 曾亚森, 曹晖. 盒状注塑件翘曲冷却分析及优化设计[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(8): 38-41.

INVESTIGATION OF INJECTION MOLDER PARTS VERTICALITY PROBLEMS

Zhong Jianling, Zhang Peng, Gao Jingyuan, Xiao Qiankun
(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT Though comparing with other professions in verticality degree problems, a definition of verticality degree to describe the verticality of injection molded parts was represented. The influence factors and solving methods of verticality degree in injection molding were simply analyzed. The verticality degree of products could be calculated with the CAE simulation results, and the amending measure was fleetly get to improve the efficiency in designing products. An example was given to demonstrate that the proposed method was effective and the method was proved in producing experiment.

KEYWORDS injection molded part, verticality degree, CAE

《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,以便买卖双方有效交流与沟通。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 邮编: 250031

电话: 0531-85878057 85878278 传真: 0531-85947355 85878057 E-mail: epa@epa1973.com