

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.11.018

基于 Moldflow 与 Ansys 的碟片盒注塑模具结构分析*

王谦,陈晓勇

(杭州科技职业技术学院,杭州 311402)

摘要:探讨了注塑模具结构分析的应用流程与注意事项。以碟片盒注塑模具为例,借助 Ansys 软件的结构分析功能和 Moldflow 软件的注射成型分析功能,完成了模具动模部分的结构分析并得到了合理的支撑柱布置方案。研究结果表明,模具结构分析中要遵循“定性分析为主,定量分析为辅”的原则。

关键词:结构分析;模具变形;注塑模;Ansys;Moldflow

中图分类号:TP391.7;TQ320.662 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2016)11-0080-05

Structural Analysis of Injection Mold for Disc Box Based on Ansys and Moldflow

Wang Qian, Chen Xiaoyong

(Hangzhou Polytechnic, Hangzhou 311402, China)

Abstract : Application process and matters needing attention of injection mold structural analysis were discussed. Taking the injection mold of disc box for example, structural analysis of the movable mold part was completed and reasonable layout plan of support pillars were obtained based on the structural analysis function of Ansys software and injection molding analysis function of Moldflow software. The research results showed that following principles should be carried out in structural analysis of injection mold : taking qualitative analysis as principal, taking quantitative analysis as secondary.

Keywords : structural analysis ; mold deformation ; injection mold ; Ansys ; Moldflow

大型、复杂、精密注塑件成型时,如果模具变形量过大则会显著影响注塑件的成型质量。因此,将结构分析软件(如 Ansys)和注塑分析软件(如 Moldflow)结合起来对此类注塑模具的结构进行分析就显得尤为必要。

相关研究成果很多,如陈志新等^[1]利用 Moldflow 的分析结果作为 Ansys 分析模腔变形的边界条件,研究了模具的变形情况。代丽等^[2]在合理简化注射模结构的基础上,建立了受力模型,并将注射成型 CAE 充模分析所得的熔体压力场导入 Ansys 来计算模具的变形量,实现了注射成型 CAE 软件与结构分析软件的集成。李庆等^[3]在注塑模 CAD/CAE 集成系统中实现了模具结构分析,避免了不同分析系统之间的模型转换。宋满仓等^[4]将 Moldflow 的模拟分析结果导入有限元分析软件中,定量分析了微流控芯片注射模镶块变形量,并结合注射成型试验进行验证。张继祥等^[5]以薄壁塑件为研究对象,将 Moldflow 模流分析工艺参数优化与 Ansys 模具结构分析综合研究塑件翘曲变形,并进行工艺参数及冷却方式的优化。王新继等^[6]以洗手液瓶模具为例,采用 Moldflow 软件模拟其注射成

型过程,并将获得的温度和压力结果导入 Ansys 中来分析模具的应力应变状况。

可见,CAE 技术在注塑模具的设计中已经得到了广泛的应用并取得了一系列研究成果。但现有的研究成果常以模具整体,或模板、型芯、型腔等个别零件作为研究对象,没有结合生产实践的需要来选取分析对象和确定分析模型。而研究内容也偏重于模具结构分析过程的介绍,对具体分析方法的应用场合和注意事项等未作详细的探讨。可以说,研究成果的实用性不足导致其无法有效应用于生产实际,也影响了后续研究的持续开展。因此,有必要结合实例探讨一下注塑模具结构分析的应用流程,为该方法在生产实践中的应用提供参考。

1 注塑模具结构分析的应用流程

1.1 应用场合的选择

随着模具零件加工技术的日新月异和生产实践经验不断积累,注塑模具的生产质量已经得到

* 杭州科技职业技术学院立项课题 (HKYZDA-2014-3)

联系人:王谦,副教授,研究方向为数字化设计与制造、机械制造工艺与设备

收稿日期:2016-08-12

了有效控制。一般的注塑模具均不需要进行较复杂的结构分析。但符合以下两个基本条件时应考虑进行结构分析:一是产品成型质量要求较高,尤其是大型、薄壁、精密塑料制品的成型。注塑压力和温度的提高,注塑速度的加快,导致这类模具受力恶化,使模具产生较为严重的变形。二是外形尺寸为中等的模具(500 mm×500 mm左右)。多年的生产实践表明,企业已形成了一整套经验做法,能有效控制太小或太大模具的变形,而介于过渡尺寸的模具却容易产生意想不到的问题。

注塑模具一般由定模和动模两大部分组成。动模中,由于动模板或支承板与推板之间移动空间的存在,客观上造成了动模板变形加大。如果控制不当,则会导致分型面处产生溢料,形成飞边。因此,应对模具的动模部分进行结构分析,而对定模部分的变形则一般不需要分析。

1.2 评价标准的确定

注塑模具结构分析的根本目的是验证模具的刚度条件,即使模具成型零件的受力变形量不超过允许的最大变形量^[7]。注塑模具允许的变形值受制于注塑成型过程中是否产生溢料,制品是否顺利脱模和制品的尺寸精度能否达到工艺要求^[8]。据此,模具的变形量可用以下三个指标来衡量:①模具分型面间最大允许间隙值小于所成型塑料的溢料间隙值。②型腔的允许变形量小于制品壁厚的收缩值。③型腔的允许变形量小于制品尺寸公差的 $1/4 \sim 1/5$ ^[9]。

一般情况下,型腔的变形量不会超过注塑件的收缩值,而现有的注塑模具设计准则和长期的实践积累也已确保了模具型腔的设计质量,型腔变形量超差情况很难发生。而实际生产中,分型面处变形过大导致产品产生飞边的现象却时有发生。因此,应将所成型注塑件的溢料间隙值作为注塑模具结构分析的评价标准。

1.3 分析过程

(1) 分析模型的合理简化。

为了得到准确的分析结果,分析模型与实际模型越接近越好。但从提高模型网格划分精度的角度看,则分析模型又要尽可能简单。可见,如何恰当地简化是保证最终分析效果的关键步骤。

在工程实际问题中,分析对象往往会受到诸多因素的影响,如分析目的、承载情况等。因此,应在确保分析结果的基础上尽量简化模型,即保留对结

果影响较大的主体特征,删除对结果影响较小的细小特征和细节特征^[10-11]。保留重要的承力构件如模板、镶件等,而删除诸如导柱导套、螺栓螺钉、推杆、浇注系统、冷却系统、排气系统等结构。

网格划分精度是影响模型分析结果的另一重要因素。划分网格时,合理的做法是先采用智能划分方式划分,然后采用网格细化方式再修改完善局部网格模型^[12]。一般可参考能量范数形式的百分率误差等参数来评价网格划分的优劣。

(2) 边界条件的确定与添加。

作为一个整体,动模部分被安装在注塑机的移动模板上。成型时,动模部分受到三个面载荷的作用^[12],即动模座板所受的来自注塑机拉杆的锁模力 $F_{\text{锁}}$ 、分型面处的型芯(镶件)表面所受到的型腔内熔体的压力 $F_{\text{腔}}$ 及分型面上其它表面所受到的接触压力 $F_{\text{面}}$ 。三者达到动平衡,即 $F_{\text{锁}}=F_{\text{腔}}+F_{\text{面}}$ 。

由于熔体是在模具的密闭空间中参与成型的,因此其压力数值较难确定。理论上,可以采用经验法、测量法和模拟法等三种方法来确定型腔压力。经验法简单实用,但不够准确。采用测量仪器进行测量的测量法则比较科学,但测量过程过于繁杂,而实际的注塑情况又千变万化,无法一一测量。因此,一般不被采用。模拟法则是采用注塑分析软件(如Moldflow)通过模拟分析塑件的成型过程得到压力数值,此法简单易用,但结果也存在一定误差。较为科学的做法是将经验法和模拟法有机结合起来。先采用Moldflow软件进行分析初步得出塑件成型时型腔的最大压力,再和经验法所取得的数值进行比较,取二者的较大值输入Ansys软件中进行分析。

压力的计算比较简单。可由具体型号注塑机的最大锁模力计算出动模座板上所承受的压力 $F_{\text{锁}}$,再结合型腔压力 $F_{\text{腔}}$,通过计算即可得到分型面处其它表面的接触压力 $F_{\text{面}}$ 。

载荷的添加有自动输入与手动输入两种方式。自动输入时需通过适当程序将Moldflow的分析结果导入到Ansys软件中。手动输入可在软件界面中通过菜单操作,将约束与载荷直接添加到模型上。从最终的分析效果来看,自动法比较准确,但手动法简单适用,两种方法各有所长。

1.4 注意事项

(1) 尽量在Ansys软件中创建分析模型。理论上,Ansys软件和其它软件可以实现无缝对接,能直接导入在其它软件中创建的分析模型。但实际操作

时,转换不同软件的数据时常会出现意想不到的问题。

(2) 合理添加压力数值。不需要将型腔压力值精确地传输到 Ansys 软件中。恰当的方法是取其最大值,再将模型中的承载表面进行合理分割,以小面中心区域压力值作为均布压力输入到 Ansys 中^[13]。

(3) 恰当看待分析结果。任何分析软件都是建立在一定的理论假设上的,其模拟结果均存在一定的局限性。故分析结果只能用于定性分析,不能用于定量分析。工程技术人员应依据分析结果并结合实际生产情况来进行注塑模具的设计与制造。

2 实例分析

2.1 产品及模具结构简介

图1中左图为碟片盒的3D模型,由盒盖和盒底装配而成;右图为盒底模型,其中心部位分布有不规则的通孔和狭槽(仅0.6 mm宽),周边则分布有四个椭圆形花纹。该塑件大而薄,总体外形尺寸为142.20 mm×124.60 mm×10.00 mm,主体壁厚仅为1.2 mm。盒盖和盒底连接部位存在用于相互配合的凸起和沟槽,盒底的中心部位则分布有用于装夹碟片的不规则通孔和狭槽。该塑件为透明外观件,采用通用聚苯乙烯(GPPS)塑料生产。产品表面质量要求较高,不允许出现飞边、毛刺、熔接痕等缺陷。

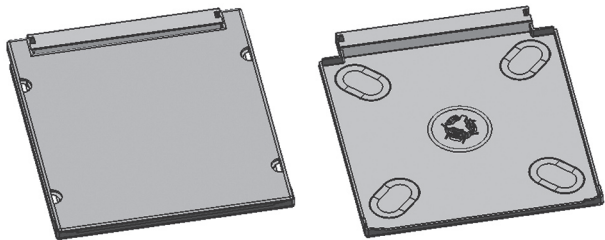
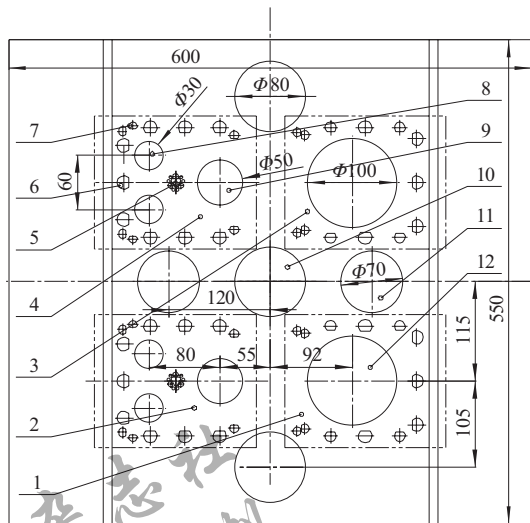


图1 碟片盒

为保证产品成型质量,考虑采用盒底和盒盖同时成型的方法,一模四腔(两底两盖)、对向侧抽、点浇口、推杆推出。为防止顶穿塑件,沿塑件的周边及盒底中心设置了多根推杆。设计完成的模具CAD模型的外形参数为700 mm×550 mm×499 mm,其中动(定)模板尺寸为600 mm×550 mm。

图2为推出机构的结构示意图。左侧的两盒底部分,其中心布置有10根小推杆5,周边则布置有15根扁推杆(6或7)。右侧的两盒盖部分则沿周边分别布置了13根扁推杆。可见,模具的推出机构不对称,这无疑给支撑柱的合理布置带来了困难。此

外,该塑件为透明外观件,表面质量要求较高,而模具外形也属于中等尺寸模具,符合模具结构分析的基本条件。为此,有必要引入 Ansys 软件作模拟分析。



1,3—盒盖镶件;2,4—盒底镶件;5—中心小推杆;
6,7—周边扁推杆;8,9,10,11,12—支撑柱

图2 推出机构结构示意图

经过分析比较,最终选取了如图2所示的平衡式支撑柱布置方案。即在每个盒盖镶件中心设置一个直径为100 mm的大支撑柱12。而在每个盒底镶件处设置两个直径为30 mm的小支撑柱8和一个直径为50 mm的小支撑柱9。此外,还沿垂直中心轴线布置了三个直径为80 mm的支撑柱,沿水平中心轴线布置了两个直径为70 mm的支撑柱。

2.2 分析模型的确定与简化

为便于 Ansys 软件的分析,对模具动模部分的分析模型进行了适当简化,保留了主体结构,去除了螺栓、导柱、滑块、浇道、冷却水道等细节特征。图3为最终得到的分析模型,顶部中间的四个方块为简化后的四个型芯镶件。随后,在 Ansys 软件中选取单元类型为 solid187,完成材料属性等设置,并对分析模型进行网格化分。

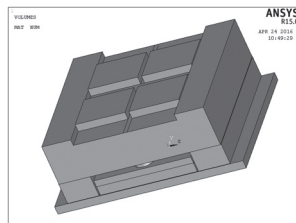


图3 动模分析模型

2.3 注射成型分析

为获得成型时型腔表面的最大压力,决定采用 Moldflow 软件进行注射成型模拟分析。先在 Moldflow 中构建如图 4 所示的分析模型并划分好网格。然后,在软件中选用牌号为 Styron 615 APR 的 GPPS 塑料为充填材料。设定注塑机的最大锁模力为 2800 kN,最大注塑压力为 120 MPa,速度/压力切换方式为“由 90% 充填体积”,其它工艺参数取默认值。随后,执行流动分析^[14]。

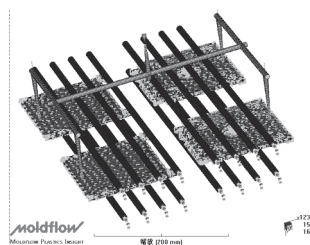


图 4 注塑分析模型

充填过程中不同时刻不同区域的压力是在不断变化的,在充填结束时刻,型腔压力达到最大值,之后进入保压阶段,最后将压力释放。图 5 为充填结束时的压力图。从图中可以看出,四个点浇口位置的压力最大。压力分别为 10.63, 10.50, 23.60, 23.33 MPa,故取最大值 23.60 MPa 作为四个型芯镶件表面的压力值。

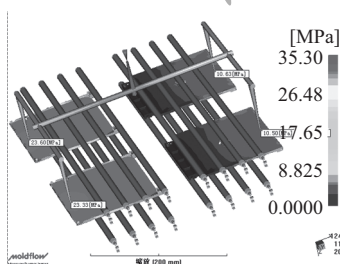


图 5 注射成型压力分析结果

2.4 载荷的确定与添加

模具动模部分的重要零件采用了多种材质,如 S50C, HPM38 等,均为合金结构钢。查得其弹性模量为 2.06×10^5 MPa,泊松比为 0.3^[15]。

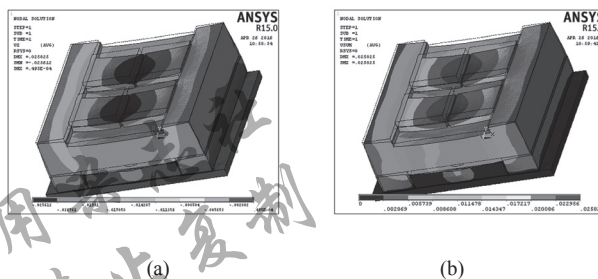
根据企业条件,选取日钢牌中型全电动注塑机 J280EL III 进行生产,最大锁模力为 2750 kN。经过计算,可得动模座板上所受的最大锁模压力为 7.14 MPa。由 Moldflow 的分析结果得到型腔压力为 23.60 MPa,再经过计算可得到分型面处其它表面的接触压力为 2.10 MPa。

然后,将这些载荷均以面载荷的方式加载在相

应的表面上,具体表面则在 Ansys 软件中选取。

2.5 模具变形分析

图 6 为模具动模部分的 Z 向和总的受力变形分析结果。从图中可以看出,模具最大变形区域处于镶件的中心部位,但范围和尺寸均较小。模具总变形的最大值为 0.025 825 mm, Z 向最大变形量则为 0.025 612 mm。查 GPPS 塑料的溢料间隙值为 0.03 mm^[16]。因此,模具分型面处沿开模方向的最大允许变形值为 0.03 mm。可见,图中的两数值均符合塑件成型的极限值要求,模具支撑柱布置方案合理。实际生产实践也表明,该模具结构合理,动作可靠,成型的塑件质量稳定。



a—Z 向变形; b—总变形
图 6 模具变形分析结果

3 结论

(1) 将 Ansys 软件和 Moldflow 软件联合应用于注塑模具的结构分析是完全可行的。分析中要遵循“定性分析为主,定量分析为辅”的原则。工程技术人员应依据分析结果并结合实际生产情况进行注塑模具的设计与制造,注意用实际试模结果验证分析结论,不断积累经验数据。

(2) 应将所成型塑料的溢料间隙值作为注塑模具结构分析的评价标准并选取模具的动模部分为结构分析对象。

参考文献

- [1] 陈志新,黄凡. 基于 Moldflow 和 Ansys 的注塑模具变形模拟分析[J]. 机械设计与制造, 2009(3):246-248.
Chen Zhixin, Huang Fan. Injection mold deformation analysis base on Moldflow and Ansys[J]. Machinery Design & Manufacture, 2009(3):246-248.
- [2] 代丽,李庆,廖宇航,等. 注射模变形的数值计算与试验研究[J]. 模具工业, 2011, 37(7):10-14.
Dai Li, Li Qing, Liao Yuhang, et al. Numerical simulation and experimental research on the injection mould deformation[J]. Die & Mould Industry, 2011, 37(7):10-14.
- [3] 李庆,黄志高,代丽,等. 基于 CAD/CAE 集成的注塑模结构分

- 析[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2012,40(3):104-107.
- Li Qing, Huang Zhigao, Dai Li, et al. Structural analysis of injection mould based on CAD / CAE integration[J]. Journal of Huazhong University of Science & Technology:Natural Science Edition,2012,40(3):104-107.
- [4] 宋满仓,许建超,于文强. 基于 ANSYS Workbench 及 Moldflow 的精密注射模镶块变形分析[J]. 模具工业,2014,40(3):6-10.
- Song Mancang, Xu Jianchao, Yu Wenqiang. Deformation analysis for precise injection mould inserts based on ANSYS Workbench and Moldflow[J]. Die & Mould Industry,2014,40(3):6-10.
- [5] 张继祥,秦海涛,钟厉,等. 薄壁件注塑翘曲变形综合优化分析[J]. 塑料工业,2014,42(5):56-61.
- Zhang Jixiang, Qin Haitao, Zhong Li, et al. Comprehensive optimization analysis of injection moulding warp deforming of the thin-wall plastic parts[J]. China Plastics Industry,2014,42(5):56-61.
- [6] 王新继,杜群贵,刘雄,等. 典型注塑模成型过程模拟与模具变形分析[J]. 机械设计与制造,2015(1):243-246,250.
- Wang Xinji, Du Qungui, Liu Xiong, et al. Typical injection mold forming process simulation and mold deformation analysis[J]. Machinery Design & Manufacture,2015(1):243-246,250.
- [7] 胡占军,董旭,董丽娜. 探测器壳体注塑模具型腔壁厚设计及静刚度有限元分析[J]. 河北工业大学学报,2009,38(4):40-43.
- Hu Zhanjun, Dong Xu, Dong Lina, et al. Transmitter shell design for injection mold wall thickness and static stiffness finite element analysis[J]. Journal of Hebei University of Technology,2009,38(4):40-43.
- [8] 杨丁,廖宇航,赵朋,等. 塑料注塑成型过程中模具变形的测量与研究[J]. 塑料,2014,43(2):92-95,77.
- Yang Ding, Liao Yuhang, Zhao Peng, et al. Measurement and research on deformation of mold during plastic injection molding[J]. Plastics,2014,43(2):92-95,77.
- [9] 李云,葛正浩. 注射模具中组合式矩形型腔壁厚的分析计算[J]. 塑料制造,2006(10):63-65.
- Li Yun, Ge Zhenghao. Thickness analysis of combined rectangular injection mold cavity[J]. Plastics Manufacture,2006(10):63-65.
- [10] 廖宇航,李庆,黄志高,等. 注塑模结构分析中模型简化的研究[J]. 模具工业,2013,39(5):40-47.
- Liao Yuhang, Li Qing, Huang Zhigao, et al. Model simplification in injection mould structure analysis[J]. Die & Mould Industry,2013,39(5):40-47.
- [11] 吴智恒,赵宏林,贺艳琴,等. 机床整机结构建模中若干技术问题的研究[J]. 机床与液压,2007,35(5):56-59.
- Wu Zhiheng, Zhao Honglin, He Yanling, et al. Some technologies in simplifying modeling of entire machine tool[J]. Machine Tool & Hydraulics,2007,35(5):56-59.
- [12] 胡仁喜,康士廷. Ansys14.0 机械与结构有限元分析从入门到精通[M]. 北京:机械工业出版社,2013:112-115.
- Hu Renxi, Kang Shiting. Mechanical and structural finite element analysis from entry to the master[M]. Beijing:Machinery Industry Press,2013:112-115.
- [13] 刘斌,覃孟然,冯彦洪,等. 大型注塑模型腔刚度优化分析[J]. 模具工业,2007,33(4):1-4.
- Liu Bin, Qin Mengran, Feng Yanhong, et al. Optimization of cavity rigidity of large scale injection mould[J]. Die & Mould Industry,2007,33(4):1-4.
- [14] 秦寅明,王晓瑾,郭建芬,等. 厚壁塑料制品的注射成型流动模拟分析及模具结构优化[J]. 工程塑料应用,2011,39(7):41-43.
- Qin Zhenming, Wang Xiaojin, Guo Jianfen, et al. Injection molding analysis and die structure optimization of thick plastics[J]. Engineering Plastics Application,2011,39(7):41-43.
- [15] 秦大同,谢里阳. 现代机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2011:1-7.
- Qin Datong, Xie Liyang. Modern mechanical design manual[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2011:1-7.
- [16] 许江伟. 基于数值模拟的平板类注塑件飞边研究[D]. 郑州:郑州大学,2014.
- Xu Jiangwei. Research on flash of injection molded plank parts based on numerical simulation[D]. Zhengzhou:Zhengzhou University,2014.

赫斯基推出 HyperSync 高性能集成式专业瓶盖系统

赫斯基注塑系统公司(Husky)宣布将面向专业瓶盖制造领域推出全新的高性能、全集成式系统。在 K 2016 期间,公司在展位现场演示了 HyperSync 系统,展示该系统的卓越性能、快速的注塑周期及一流的产品品质。

HyperSync 为同步化系统,模具、机器、热流道以及辅助设备协同工作。除具备突出工业 4.0 级别的智能性及连通性外,机器及模具流程同步化的增强可以较低的总产品成本实现较快的注塑周期,同时不会影响产品的质量。

赫斯基医疗及专业包装部门总裁 Steve Lawrynuik 说:

“我们在 PET 集成式系统开发方面取得了巨大的成功,现在我们将复制这些专业经验和创新技术并将它们引入其他市场。我们相信,投入 HyperSync 的研发努力是非常值得的——这一系统性能优越、能源利用率高、使用便捷,可向客户保证最佳的使用体验以及产品品质。”

赫斯基大量投入对专业瓶盖的科学研发,包括开启力、铰链设计、二次成型能力以及流程模拟等,可在功能、质量以及生产流程方面优化产品开发,保证产品品质的一致性。与单一的供应商开展合作可保证系统层面的协同一致,提升性能,并更快地向市场引入新产品。(CPRJ 中国塑料橡胶)