

变密度拓扑优化法及其在调模板结构设计中的应用

李 竞

(广西大学机械工程学院, 南宁 530004)

摘要 阐述了拓扑优化的基本理论, 并利用 ANSYS 软件提供的新颖的变密度拓扑优化法对注塑机调模板进行了结构优化, 找出调模板最优的结构形式。优化后的模板与原模板相比较, 大大降低了应力和变形。该方法为改进模板结构提供了理论依据, 对于解决工程设计问题有一定的指导意义。

关键词 拓扑优化 ANSYS 软件 调模板 变密度法

结构优化按照不同要求及求解难度, 通常可划分为 4 个不同层次: 尺寸优化、形状优化、拓扑与布局优化、结构类型与材料优化^[1]。其中拓扑优化就是要寻找物体最佳的拓扑结构, 即寻求材料的最佳分配方案。拓扑优化可分为连续体型和杆系结构型, 对于连续体, 拓扑优化就是要在给定的外载和边界条件下, 在一个确定的连续区域内决定其非实体区域的位置及数量, 使之满足目标函数及约束条件, 简单的说就是通过采用优化方法决定是否应该在连续体内开孔、开多少个孔来减轻结构的质量或者提高结构的性能^[2-3]。目前连续体结构拓扑优化主要采用的方法有均匀化方法、变厚度法及变密度法等。

模板是注塑机合模装置中的主要工作部件, 由调模板、动模板、定模板组成, 具有固定模具和运动导向的定位基准之用^[4]。模板结构和加工精度及其刚度都将影响到整机的使用性能, 直接关系着最终制品的质量。拓扑优化为能够找到一种材料利用率更高、刚度更好的模板结构形式提供了一种理想的工具。

ANSYS 软件提供了一种基于等强度的拓扑优化方法, 它的优化目标是在最大刚度的基础上寻找物体的最佳材料分配方案。它的拓扑优化功能非常简单, 目标函数、状态变量和设计变量都是预定义好的, 用户只要给出结构参数(材料特性、模型、载荷等)和要省去的材料百分比, 通过迭代就能找到承受载荷的物体的最佳材料分配方案, 也就是最优结构^[5]。它所采用的优化方法实际上就是变密度法。

笔者利用 ANSYS 软件所提供的拓扑优化方法对调模板进行了优化研究, 本方法同样适用于定模板和动模板。

1 调模板拓扑优化的实现

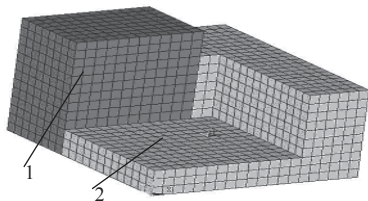
1.1 调模板拓扑优化模型的准备

肘杆式合模机构中, 调模板的主要功用是调节

模具厚度, 同时作为肘杆的支撑点, 在油压的作用下推动模板来回运动, 实现模具启闭动作。因此它主要承受来自合模时肘杆的压力。调模板与定模板不同, 没有带筋结构, 因此设计重点是板前方上下承压突台。

1.2 三维实体优化模型

拓扑优化是在有限元基础上的多次数值计算迭代过程, 数据计算非常庞大, 因此要求优化模型在考虑各种因素下越简单越好, 以便于跟踪变化, 求解优化模型的算法收敛越快越好, 以便于结构重分析次数。因此对调模板作如下简化: 为方便单元的网格划分, 省略所有孔洞; 不考虑板底部支撑, 看成中心对称结构, 调模板四角有拉杆相连, 左右对称, 取 1/4 模型计算, 简化后的调模板拓扑优化模型如图 1 所示^[6]。



1—优化区域; 2—不优化区域

图1 调模板拓扑优化结构模型图

1.3 选择单元类型

ANSYS 软件的拓扑优化功能只提供两种三维实体单元: SOLID92(10 节点四面体)单元和 SOLID95(20 节点六面体)单元。以下选用 20 节点六面体 SOLID95 号单元进行网格划分, 单元大小 40 mm, 共划分节点总数为 15 635, 单元总数为 3 214。

1.4 指定要优化的区域

ANSYS 软件只有单元类型号为 1 的单元才能做拓扑优化, 可以使用这种限制控制模型优化和

优化的部分。根据调模板的结构特征及优化目的, 选择承载凸台为优化区域, 见图 1。

1.5 定义和控制载荷工况

根据调模板的受力情况施加约束及载荷。

1.6 定义和控制优化过程

拓扑优化过程包括两部分: 定义优化参数和进行拓扑优化。优化参数包括要省去材料的百分比, 收敛的公差等。然后可以进行单次或多次迭代。根据调模板的特点, 选取省去材料的百分比为 0.6, 运行调模板优化的批处理命令流文件:

! 进入 PREP7 并建模

/PREP7

block, 0, 550, 0, 500, 0, 100

block, 550, 770, 0, 800, 0, 350

block, 0, 550, 500, 800, 0, 350

block, 0, 475, 500, 800, 350, 450

VGLUE, 1, 2, 3, 4

ET, 1, SOLID95

ET, 2, SOLID95

mp, ex, 1, 1.73e8

mp, nuxy, 1, 0.3

.....

ASEL, S, LOC, x, 0

ASEL, a, LOC, y, 0

DA, all, symm

local, 11, 1, 580, 550, 0, , , 1, 1

CSYS, 11,

NSEL, S, LOC, Z, 0

NSEL, R, LOC, X, 80, 155

D, all, , , , , UZ, , , , ,

ALLSEL, ALL

CSYS, 0

FINISH

TOPDEF, 60, 1, 0.001

/show, topo_sz6300, grph

/DSCALE, , OFF

TOPITER, 15, 1

FINISH

1.7 查看结果

ANSYS 软件提供了多种拓扑优化分析结果查看方式: 单元节点解、伪密度云图、密度提取单元图、目标方程迭代曲线图、结构变形能等。优化计算历时 10 h 得到模板的目标方程迭代曲线图, 见图 2。

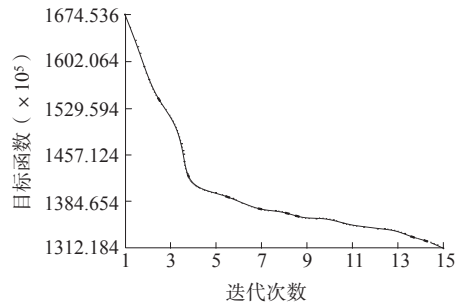


图 2 目标函数迭代曲线

从图 2 可以看出, 目标函数随迭代次数发生变化, 在迭代第 15 次时收敛。最后一次迭代结果伪密度云图, 如图 3 所示。图 3 已经清楚地反映出剩余材料的形状和位置。为了更清楚地查看剩余单元材料, 建立单元表, 观察不同密度区间的单元图, 了解单元的删减趋势, 以及利用结果切片显示观察不同层面的形状, 图 4 示出提取优化部分伪密度在 0.6~1.0 的单元结果图, 该图非常清楚地显示承压凸台的结构形状, 这是一种类似叉架的结构, 与调模板原结构有很大区别。

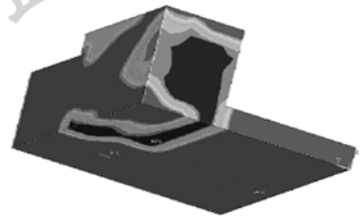


图 3 优化迭代 15 次后结果云图

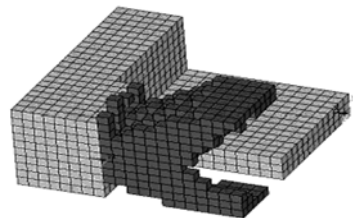


图 4 伪密度单元拓扑图

2 拓扑优化模板的有限元分析

根据拓扑优化的结果, 在 ANSYS 软件中近似地建立起调模板的三维模型, 再进行有限元受力分析。相对原调模板结构, 主要作如下修改: 承压部分原棱台形改为棱柱形, 板背部原直槽改为横斜槽, 去除侧边弧形, 相应开方槽, 改进后结构见图 5。

对此模型进行有限元受力分析: 单元划分总节点数为 6739, 单元数为 29808, 分析求解, 应力及变形云图结果见图 6、图 7。从图 6、图 7 可知, 模板的最大变形为 0.2448 mm, 在承载区的最顶端, 最大应力为 61 MPa, 分布在板背部拉杆孔约束处。

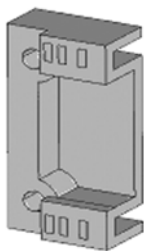


图 5 依照拓扑优化结果建立的调模板三维模型



图 6 拓扑优化模板变形云图



图 7 拓扑优化模板等效应力云图

3 拓扑优化调模板与 SZ-6300 调模板的对比

3.1 SZ-6300 调模板有限元分析

为了检验优化后的结果,笔者将拓扑优化模型与注塑机厂家现在生产的 SZ-6300 调模板进行对比。

SZ-6300 注塑机采用肘杆式合模机构,其调模板模型图见图 8。根据调模板的结构特征及作用其上的载荷对称性,取一半作分析模型,简化一些小孔、凹槽及圆角,在 ANSYS 软件中建立调模板的三维几何模型,进行网格划分,加载荷约束。

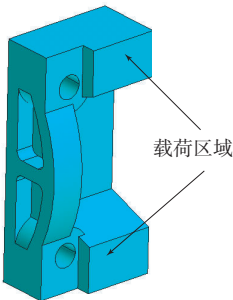


图 8 SZ-6300 调模板模型图

SZ-6300 的合模力为 650 t,根据实验应力测试结果合模力超过了设计值,为使分析模型更接近

实际情况,故将合模力值乘以系数 1.3,即约为 845 t,将合模力简化成均布压力垂直作用于调模板上下突台。沿拉杆孔周围环面给予 Z 向位移约束;底部有床身支撑,可简化成 Y 向约束,同时在对称面上加对称约束,求解。

从云图查看模板的应力、应变分布情况,如图 9、图 10 所示。由图 9、图 10 可以看出,调模板最大变形值为 0.339 mm,在承载区的最上顶端,变形以该点为中心向外递减,越向远离载荷区的部位位移越小。按第四强度理论计算局部最大应力 86 MPa,分布在板背部槽孔周围及拉杆孔约束处。所得结果与工厂提供的实际工作情况相符。



图 9 调模板变形云图(前)



图 10 调模板变形云图(后)

3.2 拓扑优化调模板与原模板有限元受力分析结果对比

就优化后的调模板与原模板在应力、变形及质量上进行对比,结果见表 1。

表 1 拓扑优化模板与 SZ-6300 调模板分析结果对比

方 案	参 数				
	最大位移 / mm	最大应力 / MPa	质量 / kg	单元总数	节点总数
原结构	0.338 9	86	4 568	37 776	9 185
改进设计	0.244 8	61	4 430	29 808	6 739
结果比较	↓ 27.8%	↓ 29.1%	↓ 3.0%		

由表 1 可以看出,拓扑优化模板在质量基本不变的情况下,变形降低了 27.8%,应力下降了 29.1%。

4 结语

笔者以注塑机调模板为例,利用 ANSYS 软件提供的基于变密度的拓扑优化法进行三维结构优化设

计研究。从优化结果云图中“抽象”出新的结构形状,并将此优化模型与 SZ-6300 调模板进行对比,得到了较好的结果。

拓扑优化法为改进调模板结构提供了理论依据,为结构型式的改进提供了方向。该方法对于解决工程设计问题有一定的指导意义。

参考文献

[1] 董桂西,王藏柱. 结构优化设计的现状及展望[J]. 电力情报,

2000(1):5-7.

[2] 程耿东,张东旭. 受应力约束的平面弹性体的拓扑优化[J]. 大连理工大学学报,1995(2):1-9.

[3] Cheng Gengdong, Jiang Zheng. Study on topology optimization with stress constraints[J]. Eng Opt, 1992(20):129-148.

[4] 北京化工大学,华南理工大学. 塑料机械设计[M]. 北京:中国轻工业出版社,1991.

[5] Ansys. Ansys 高级技术分析指南[R]. Ansys China, 1998.

[6] 李竞. 注塑机模板的有限元分析及拓扑优化设计[D]. 广西:广西大学,2002.

VARIABLE DENSITY TOPOLOGICAL OPTIMIZATION METHOD AND ITS APPLICATION RESEARCH IN THE REAR PLATEN'S STRUCTURE DESIGN

Li Jing

(College of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

ABSTRACT Topological optimization theory was enunciated in this paper, and variable density topological optimization method was used to analyze the rear platen's structure of injection molding machine by ANSYS software. The optimal structure was found out and it had lower stress and strain than original. Topological optimization method gave the theory base to improve the platen's structure, and it was useful for solving practical problems.

KEYWORDS topological optimization, ANSYS, rear platen, variable density method

Igus 推出新一代自润滑塑料的线性驱动器

Igus 公司推出较原有加工器较低安装高度和较轻质量的新型线性驱动器。目前客户在设计紧凑线性驱动器系统时拥有不需维修、自润滑、轻质驱动器选项。

DryLin ZLW-0630 的安装高度仅为 31 mm。此轻质单元由牙轮皮带线性驱动器组成,其驱动器装备有硬质阳极电镀铝, DryLinW 紧凑线性向导, Iglide J 塑料滑移单元和塑料引线端。DryLin ZLW-0630 还可应用于最高速度为 165.1 mm/s 的高速运动中。

DryLin ZLW 可被用于快速定位小载荷并可应用于很多工业领域中如包装、自动化、医疗技术以及食品和饮料生产。

Igus 公司的第一个线性驱动器 DryLin ZLW 的紧凑型产品是对 DryLin 产品流水线的理想补充。”Igus 公司的 DryLin 产品经理 MattMowry 说。这种新型系统具有质轻,不需维修的特性并可应用于需求调整、紧凑线性单元的应用领域。”

(工程塑料网)

新型色母料运用于药用塑料瓶

通常认为医药材料的颜色只能局限于琥珀色,但是 Americhem 公司在过去的 15 年里一直不断努力为新材料开发新的颜色。公司管理者认为色母料就是要为产品提供多样性并且让加工工程更加的高效,所以公司一直致力于为客户研发解决方案。Manfull 说:“我们的产品为制造商和终端用户带来巨大的效益,有效的降低了生产成本,与其他同类商品相比只需使用少量色母料就可以得到意想不到的效果。而这次我们开发出来的新型琥珀色医药包装用色母料,让瓶体更加透明。这样就方便于配药的时候易于鉴别药品。”据悉,这种新型的色母料主要用于 PET。

Americhem 在全球范围内提供塑料基料色母料,而在医药包装材料着色剂的提供上处于世界领先地位,其高质量的产品具有耐光性、防紫外、清晰、色彩鲜艳,所以非常实用于医药包装材料。

当然 Americhem 公司为医药包装材料生产的色母粒也包括其他的颜色,如红色、绿色、黄色、乳白色和多种琥珀色。产品也可用于 PET 外的 PETG、HDPE、PP。所有产品按照美国药典 661 号技术参数生产。

(中塑网)

沙伯医疗保健树脂系列帮助 Biorep 技术公司

快速高效地推出独特的糖尿病治疗方案

Biorep 技术公司是一家专业制造糖尿病研究与治疗工具的医疗设备制造企业,它采用沙伯基础创新塑料的医疗保健树脂系列,建立起一种能够更加快速有效的分离胰岛素制造细胞的新型系统。Ricordi 腔室系统装置采用半透明性、耐高温以及可高压灭菌的 Ultem HU 聚醚酰亚胺(PEI)树脂注塑成型后, Biorep 技术公司实现了批量生产腔室的能力以及降低制造成本的目标。由于腔室的价格降低,更多的研究中心、高等学院与公司都可购买与使用 Ricordi 腔室。

该公司在开发用于移植手术的一次性灌注托盘时采用了沙伯基础创新塑料的 Cycolac HM(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)注塑成型,这种具有生物相容性的材料具有出色的韧性、抗老化性与粘结性,通过沙伯基础创新塑料的 ColorXpress 服务定制为白色。由于许多厂家不具备在二次使用用于分离的设备时所需的价格昂贵、通过认证的灭菌设备以及获得认可的工艺,因此购买采用 Cycolac ABS 树脂制成的一次性无菌灌注托盘已帮助许多厂家的分离协议获得认可。

(刘硕)