

计算机辅助设计在注射成型中的应用^{*}

陈吉平 丁智平

(湖南工业大学机械工程学院, 株洲 412008)

摘要 根据塑料件的工艺要求, 研究了计算机辅助设计方法在注射成型模具设计中的应用。论述了计算机辅助设计注塑模的流程和方法, 主要包括运用 Pro/E 软件构造模具成型零件三维模型、运用 EMX 模块选取标准模架及标准零件、加载侧抽芯机构、设计推出机构以及运用 MPI 软件进行注射成型分析的过程和方法, 重点论述了浇注系统设计的影响因素、浇口布局方案和冷却管道的优化设计。

关键词 注射成型 Pro/E EMX MPI 计算机辅助设计

计算机辅助设计在塑料模具中的应用是当代计算机应用中的一个重要领域。塑料产品的模塑成型是一个十分复杂的过程, 传统的设计方法经验性强, 不可能综合权衡所有因素, 很难确定能否生产出完全合格的塑料产品, 一般需反复试模与修模, 导致模具设计、制造周期长和成本偏高。采用计算机可以对模塑成型过程进行分析计算与模拟, 为模具设计提供理论依据, 使设计人员在模具制造前发现设计中存在的问题。利用注射模 CAD 柔性技术表达设计构思和修改设计方案, 可以提高设计质量和设计效率, 能够收到传统设计方法不可能达到的效果。

笔者以某电器产品壳体为例, 介绍了 Pro/E、专家模具系统(EMX)、专业模流分析软件(MPI)在注塑模设计中的应用。

1 塑料件分析

该塑料件外表面要求光滑、平整, 不能有扭曲、飞边、银丝、气泡等成型缺陷。塑料件外形尺寸 118 mm × 85 mm × 20 mm, 体积 18 108 mm³, 投影面积 304.88 mm², 产品如图 1 所示。壳体的三个侧面共有两个小圆孔和一个大矩形孔, 需要侧向抽芯, 其中两个圆孔抽芯距为 4.5 mm, 大矩形孔抽芯距为 1.5 mm。塑料件材料为黑色(丙烯腈/苯乙烯/丁二烯)共聚物(ABS), 收缩率取平均值 0.55%。

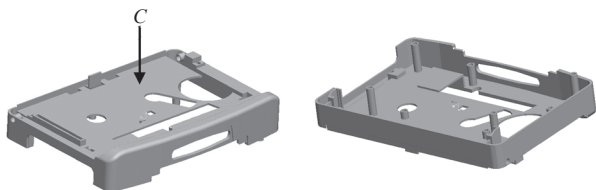


图 1 产品图

2 模具总体方案分析

2.1 分型面

图 2 示出模具分型面位置。分型面的选择应保

证塑料件的质量^[1], 设在塑料件断面尺寸最大的部位, 以利于塑料件的脱模。若选在 A-A 面处, 其拐角处圆角无法保证, 会影响塑料件外观质量; 而结合产品结构在 B-B 位置采用阶梯式分型面, 使得塑料件外表面由模具凹模包容, 内表面由型芯成型, 可使模具结构简单, 且脱模方便。

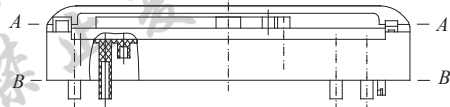


图 2 分型面

2.2 型腔布局及浇口形式

由于产品尺寸中等、产量中等, 采用一模一腔既能满足生产需要, 又可降低模具成本。塑料件的 C 面(见图 1)位于定模, 即凹模位于定模, 型芯位于动模, 便于利用注塑机的推出机构顶出塑料件。成型产品三个侧孔的型芯可以利用定模的定距分型进行侧向抽芯。

根据产品的形状、尺寸及技术要求, 为避免分子流动取向引起收缩不一致所导致的塑料件翘曲变形, 保证塑料件的平整度达到使用要求, 保证浇口均匀进料及良好控制熔接痕质量, 笔者采用多点浇口进料。浇口位置设在产品凹陷处(图 1, C 面), 不影响外观质量。

2.3 推出机构

由于塑料件具有一定高度, 冷却成型后因尺寸发生收缩对动模型芯有一定的包紧力, 会形成塑料件脱模阻力。为了使制品脱模时不致碎裂、变形, 脱模机构应设在靠近脱模阻力较大的型芯壁处, 且分布应均匀, 推力面积尽可能大。结合塑料件形状, 本

^{*} 湖南省教育厅资助项目(06C266)

收稿日期: 2009-03-24

模具采用一次推出机构推出塑料件,在较长的安装孔处采用圆形推管,在其余适当的部位设置圆形推杆,可使模具结构较简单,且能保证塑料件的脱模质量。

2.4 侧抽芯机构

由于塑料件产量中等,塑料件上三处侧孔的抽芯距离不大,因此采用斜销侧向分型与抽芯。利用注塑机的开模力,在定模分型时,通过斜销机构改变运动方向,将侧向的活动型芯抽出。此工艺既不需要人工抽芯,又无需另添设备,同时模具的尺寸也不会增加太大,满足了生产效率,降低了劳动强度,为实现全自动生产提供了条件。

基于上述分析,本注射模采用三板式、定距分型自动脱落浇道凝料的总体结构。

3 模具设计要点

本模具设计流程如图3,其设计要点分述如下。

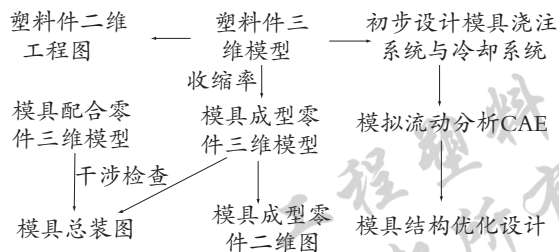


图3 模具设计流程图

3.1 模具成型零件设计

在Pro/E中选择制造模式,对已用Pro/E建立的塑料件实体进行模具型腔的制造,即对实体进行分模,分出模具的型芯、凹模部分。选择塑料件实体作为模具的参照模型,导入模具型腔模块,定义参照模型、制造模型两坐标重合^[2]。系统创建一模一腔的型腔,并使其布局与模板默认的开模方向一致。接着输入系统成型零件收缩率值0.0055,制作一个能完全包容整个塑料件实体尺寸为50 mm×115 mm×150 mm的工件。根据塑料件的结构作出一个大的阶梯主分型面以及三个侧向抽芯的辅助分型面。利用分型面、模具元件命令,将工件分割转换为主型芯、凹模、侧型芯等元件。利用铸模创建成型件,设置移动元件开距,检测开模是否干涉。获得的模具主型芯、凹模见图4、图5。

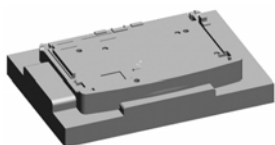


图4 主型芯

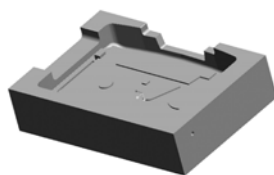


图5 凹模

3.2 加载标准模架

将已设计好的模具型腔调入EMX4.0模板,定位型芯、凹模元件。执行模具基体的组件定义,即在模具型腔的基础上调入标准模架。因本注射模采用三板式、多点浇口、定距分型、自动脱落浇道凝料的结构,故在组件对话框中选择‘Futaba_3P’(3P指三板模;Futaba为模架供货商),模架型号DA-Type。根据塑料件尺寸,设置模架的尺寸为300 mm×280 mm;修改各板厚度,获得模具闭合高度215 mm。依据拟选用的注塑机型号XS-ZY-125,加载定位圈、浇口套以及导柱、导套、螺钉等一系列所需标准元件。标准模架主视图见图6。

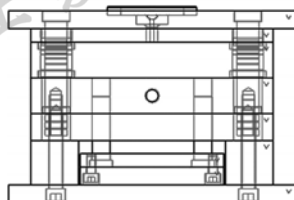


图6 标准模架

3.3 侧滑块抽芯机构设计

利用成型零件上已设计出的两个小圆孔、一个大矩形侧孔用的侧型芯,添加侧抽芯机构。侧抽芯机构由多个元件组成,加载侧抽芯之前,先建立一个确定的坐标系使之定位。Z轴指向模具开模方向,X轴指向滑块移动方向,并选定侧型芯的外端面作为X轴的法平面、以X-Z基准面作为Y轴的法平面,型腔的上表面作为X-Y平面,定义滑块的各种参数,经过计算,在模架上建立滑块及其通过孔。装配滑块抽芯机构中侧压块的螺钉与销钉。两个小圆孔的滑块侧抽芯机构实体见图7。



图7 侧抽芯机构实体

3.4 推出机构设计

为保证塑料件质量, 本模具推出机构设有直接与塑料件接触的推杆 26 根、推管 5 根。首先定义推杆和推管的基准点, 然后分别以其基准点作为放置点定义推杆、推管。推杆类型为圆柱头, 名称为 Z41, 直径为 4 mm; 推管类型为顶套, 名称为 Z45, 直径为 4 mm。点按“确定”按钮后, 自动生成模型中的推杆、推管及通过孔。

3.5 浇注系统设计

在 MPI 系统中, 选择 LG Chemical 公司生产的 ABS AF303 材料。模温设置为 60℃, 熔体温度 200℃, 塑料件顶出温度 85℃。最大注塑压力和当前注塑压力均为 119 MPa, 注射时间为 3 s。

(1) 浇口位置

经计算得出浇口位置区域, 见图 8。浇口最佳位置约在塑料件的质量中心处(图中 1 处), 而最差位置是在塑料件左、右两侧需侧抽芯的凸耳及前部两平面的交界处(图中 2 处)。

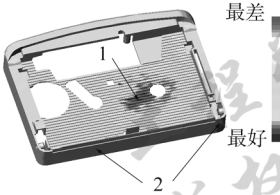
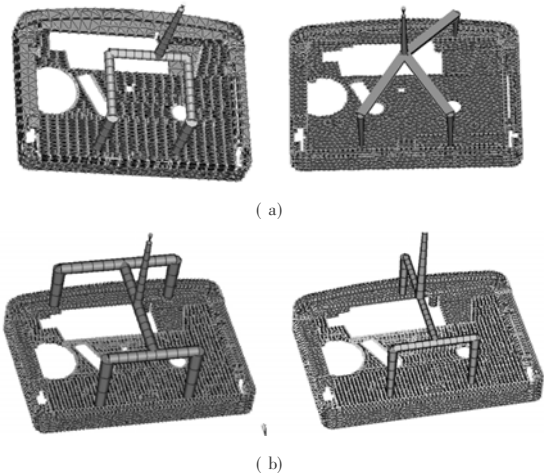


图 8 浇口位置

(2) 浇注系统的确定

浇注系统是影响熔体能否顺利充模的关键因素之一^[1]。根据前面分析得出的浇口位置区域, 笔者采用多点浇口进料, 预设 4 种不同的浇注系统方案, 如图 9, 并对它们的流动行为进行模拟, 结果见表 1。



a—方案 1, 2; b—方案 3, 4
图 9 4 种不同浇注系统方案

由表 1 可以看出, 实际注射时间均少于注塑机提供的注射时间 1.6 s^[3]。注塑时, 只要不发生高速喷流, 熔体流速越快, 粘度就越小, 流动阻力相对降低, 模腔压力增加, 成型的塑料件会更密实、均匀, 熔接痕强度提高。方案 2 充模速度最快。最大注塑压力均低于该注塑机最大注塑压力 119 MPa 的 70%^[4], 注塑机注塑压力满足成型要求。注塑压力越小, 成型后的塑料件内应力、变形越小, 同时能源消耗也少。方案 3 注塑压力最小, 其次是方案 2。熔体充模时温度波动幅度小, 分布均匀, 能有效改善熔体的充模流动性能, 使塑料件收缩均匀, 脱模后翘曲变形小。方案 2 熔体前沿温度变化最小。因此方案 2 塑料件成型质量最好, 故选用方案 2 作为浇注系统。

表 1 流动模拟结果

方案	浇口数目	实际注射时间/s	最大注塑压力/MPa	熔体前沿温度/℃	成型质量预测
1	2	0.750	76.56	204.3 ~103.0	差
2	3	0.460	38.27	201.6 ~174.1	较好
3	4	0.629	35.72	201.2 ~103.0	较差
4	3	0.510	39.78	201.0 ~103.0	中等

3.6 冷却系统设计

冷却管道的布局对塑料件质量的影响非常大, 它决定了塑料件冷却的均匀性, 直接影响塑料件的最终表面质量、成型后的内应力等, 因此应尽量靠近塑料件高温区, 远离低温区, 并确保模具成型的经济循环次数。

(1) 冷却管道布置

基于冷却系统的设计原则, 同时考虑塑料件尺寸、结构形状及推杆、推管布置, 建立水道走向曲线。选择 EMX4.0 中的“冷却液仓”, 生成流动速率均匀、冷却效果良好的串行冷却水道, 其管径为 10 mm。再选择“冷却孔”、水道走向曲线, 选择水嘴建立的平面、水嘴类型。堵头的建立方法与此相同。优化后的冷却水道布置见图 10。

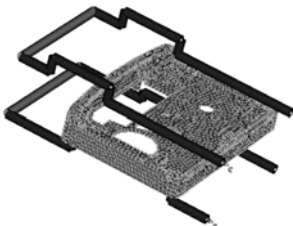


图 10 冷却水道布置

(2) 冷却质量分析

在 Moldflow 中进行冷却分析。设冷却剂入口温

度为 23℃,注塑、保压、冷却时间总和为 30 s,采用自动冷却分析方式。

图 11、12 示出冷却分型结果,由图 11 可知,塑料件表面温度差异的极个别处在 -5.71 ~6.12℃ 间,大部分区域温差在 -1.00 ~1.39℃ 以内,均控制在 20℃ 之内^[5]。由图 12 可知,塑料件除个别尖角处冷凝时间与塑料件能被顶出的冷凝时间差值达到 28.86 s 外,90% 以上的区域与塑料件被顶出的冷凝时间基本相同,而塑料件 80% 达到顶出温度就说明塑料件实现了均匀冷却,能被顶出^[5]。冷却效果证明,该冷却系统布局合理,塑料件冷却的温差引起的翘曲较小,满足塑料件成型需要。

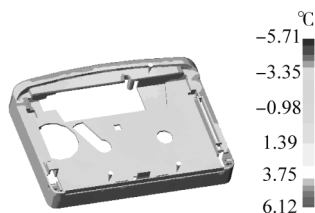


图 11 塑料件表面温度差值

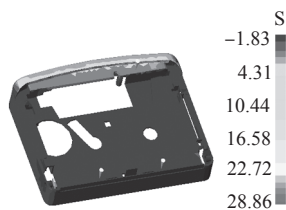


图 12 塑料件冷凝时间差

4 模具的动作原理

模具总体结构见图 13。熔体经浇注系统注入型腔,保压、冷却成型后,模具动模部分随注塑机移动开模。动模板 9 通过锁模机构 10 带动定模板 11,定模板先与浇道脱料板 14 分型,拉料钉 19 将点浇口拉断。与此同时,三个侧抽芯机构的斜导柱 22、48 带动动模板上的滑块 27、45,将三个侧型芯 25、46 从塑料件中抽出;斜导柱与滑块分离,滑块定位钉 29 插入滑块底部凹槽,对滑块进行定位。当动模板运动到浇道凝料能取出的位置时,定距拉杆 12 的轴肩与定模板接触,使得限位钉 16 带动浇道脱料板运动,浇道凝料从拉料钉、浇口套 21 中脱出,自动坠落。此时浇道脱料板、定模板已被刚性限位,动模

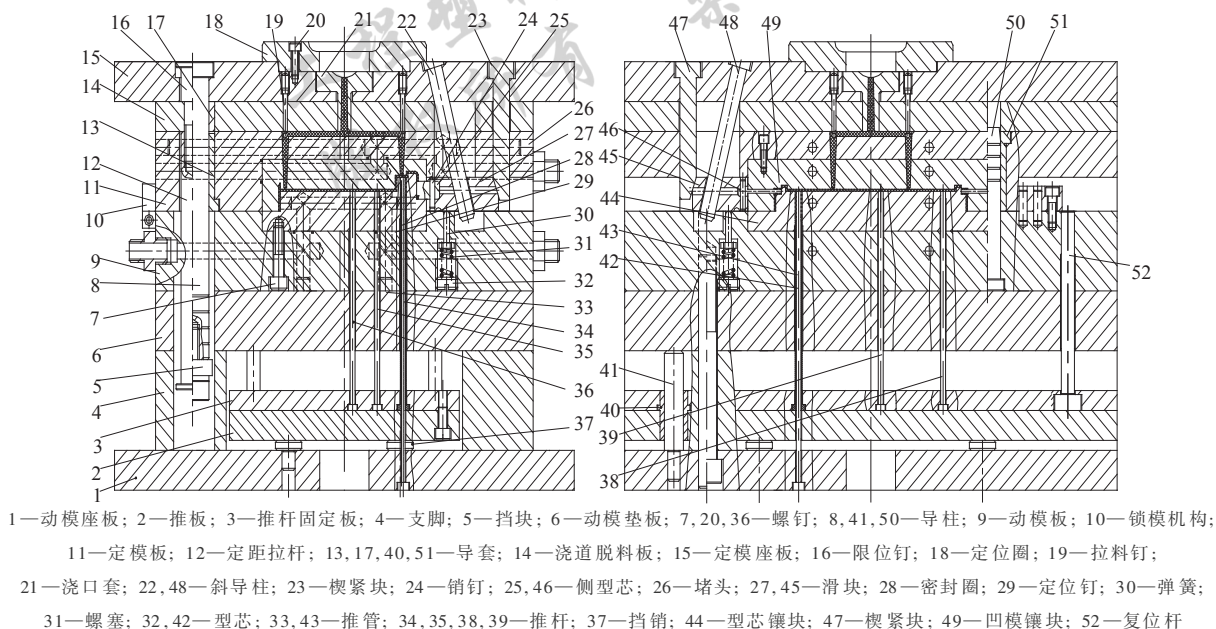


图 13 模具总装图

板再运动时,锁模机构弹出,动模板、定模板分离。动模部分移动到塑料件可取出位置后,注塑机的顶出机构顶推推板 2、各推杆(34、35 等)、推管(33、43 等),塑料件从型芯镶块 44 上被顶出。然后模具合模,推杆、推管在复位杆 52 的作用下复位,各分型面闭合,抽芯机构、锁模机构复位。至此,模具完成一次注射循环过程。

5 结论

笔者利用 MPI 和 Pro/E、EMX 进行注射模设计,及时发现模具和成型质量方面存在的问题,便捷地修改设计方案,减轻了设计工作强度,极大地缩短了产品的开发周期,提高了模具设计结果的合理性,有效地降低了生产成本,为生产优质塑料件提供了强有力的保障。

参考文献

- [1] 黄虹. 塑料成型加工与模具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 李军. 精通 Pro/Engineer 中文野火版(模具设计篇)[M]. 北京: 中国青年出版社, 2004.
- [3] 塑料模设计手册编委会. 塑料模设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [4] 董斌斌, 申长雨. 薄壁件注射成型流动分析[J]. 塑料工业. 2003, 31(4): 25-28.
- [5] 单岩, 王蓓, 王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

THE STUDY AND APPLICATION OF CAD FOR INJECTION MOLDING

Chen Jiping, Ding Zhiping

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412008, China)

ABSTRACT According to technological requirements of the plastic part, applications of CAD in injection molding mould design are discussed. The process and method of CAD in injection mold, which include the constructing three-dimensional model of mold molding parts using Pro/E software, selecting standard mould bases and standard parts, loading the side core-pulling mechanisms and designing the ejecting mechanism using EMX module are introduced in detail. At the same time, the process and method of injection molding analysis are discussed by means of MPI software. The influencing factors of pouring system design, the optimal design of programs on gate layout and cooling pipes are discussed emphatically.

KEYWORDS injection molding, Pro/E, EMX, MPI, CAD

3M 开发出专用于聚碳酸酯的耐高温阻燃剂

最近, 美国 3M 公司开发生产出了一种专用于聚碳酸酯(PC) 的耐高温阻燃剂 FRMB5010, 该阻燃剂不含溴和氯化物, 在 PC 中溶解性高, 用量少, 加工简便, 对材料生产及加工工艺没有特定要求, 添加 1% 时可以达到 UL 94 V-0 阻燃级别, 不需要造粒, 搅拌后直接成型, 特别适用于透明 PC 的应用领域。

(工程塑料网)

我国复合热致相法 PVDF 中空膜实现产业化

北京格兰特膜分离设备有限公司在全球范围内率先实现了复合热致相分离法生产聚偏氟乙烯(PVDF) 微滤/超滤中空纤维膜的产业化, 目前已经形成了 25 万 m²/a 生产能力, 今年年底还将扩能至 100 万 m²/a。该产品不仅质量提高, 而且价格比国外同类产品低一半左右。

据介绍, 目前国内外大多采用浸没沉淀法和热致相分离法生产 PVDF 中空纤维膜。采用浸没沉淀法的产品尽管过滤精度高, 但膜强度差; 采用热致相分离法的产品尽管膜强度高, 但过滤精度较低, 生产成本低; 而采用复合热致相法生产的产品不仅强度更高, 而且可以获得较高的过滤精度, 生产成本也较低。国内有不少高校和企业都在进行热致相分离法制备 PVDF 微滤/超滤中空纤维膜的技术攻关, 有的单位已突破了小试和中试的技术瓶颈, 但截至目前只有格兰特公司实现了产业化。该成果的产业化填补了我国热致相分离法制造 PVDF 中空纤维膜的空白。

采用复合热致相法生产的多种型号 PVDF 膜的强度高, 达 8~12 MPa, 过滤精度在 0.03~0.1 μm 范围内任选, 通量可以控制在 500~1500 L/m²·h 范围内。

据了解, PVDF 微滤/超滤中空纤维膜主要在水处理领域, 特别适合于膜生物反应器工艺或对耐氯要求较高的场合, 还可用于工业污水、海水和苦咸水淡化以及反渗透的预处理。近年来, 随着国家节能环保政策的推行, 水处理相关

市场快速增长, 微滤/超滤膜每年以 30% 的速度递增。

(工程塑料网)

日本帝人重组部分塑料业务

日本的多元化化学品公司帝人集团近日称, 受到近几个月来绩效显著恶化的打击, 该公司希望“大规模重组”其部分塑料业务, 包括 PET 薄膜、纤维和聚碳酸酯树脂。

之所以会宣布重组计划, 是因为帝人表示, 随着开工率下降和市场对其材料需求的减退, 特别是传统的塑料业务受到了最严重的冲击。在截止 3 月 31 日的财年里, 预期其销售额下跌 9% 至 9434 亿日元(666 亿元人民币, 约合 97.2 亿美元), 损失额达 433 亿日元(30.6 亿元人民币)。

尽管传统塑料业务现占帝人总销售的 50%, 但帝人称, 希望到 2020 年将这部分比例缩减至 25%, 并将芳纶纤维、碳素纤维和其它高级材料业务占总销售的比例从目前的 10% 扩大至 30%。帝人还希望加大对生物材料、再生系统和其它绿色化学领域的重视, 并推动制药和家庭保健服务的发展, 目前这部分业务约占其销售的 15%。

帝人集团拥有美国生物塑料生产商 Natureworks LLC 公司以及美国农用产品生产商 Cargill Inc. 公司的部分股份。

帝人坦言其对聚碳酸酯业务商品化的响应确实滞后了, 因此现正在考虑将聚碳酸酯生产从日本工厂迁往新加坡和中国的工厂, 设法使这部分开工率在 70% 的业务保持盈利。对于 PET 薄膜业务, 帝人表示将加大对亚洲市场的重视, 包括太阳能电池薄膜市场, 同时可能停产亏损的欧美生产线。

至于聚酯纤维方面, 帝人表示将开拓更高性能且更环保的材料, 设法扩大对汽车内饰市场的销售, 并开设零售专卖店销售自主品牌服装。

帝人还称将在两年里冻结主要的资本投资, 并将今年的资本支出缩减近 50%。帝人还计划裁减 2500 名临时工和合同工, 其中裁员幅度最大的将在材料业务领域。

(工程塑料网)