

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.12.016

基于 CAE 优化分析的汽车水箱盖中盖注塑模设计

张伯楠

(福建信息职业技术学院机电工程系,福州 350003)

摘要: 针对汽车水箱盖中盖的结构特征,结合 CAE 技术对产品进行注塑成型过程模拟分析,确立了点浇口浇注系统并优化了冷却方案,在此基础上完成了注塑模设计。在模具结构设计中,提出用斜滑块和斜顶组合脱螺纹机构代替常用的旋转脱螺纹方式。模具结构合理,运动可靠,产品成型质量好。

关键词: 汽车水箱盖中盖;注塑模;CAE 技术;脱螺纹机构

中图分类号: TQ320.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)12-0080-05

Injection Mould Design of Middle Cover of Automobile Radiator Cap Based on CAE Optimization Analysis

Zhang Bonan

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou 350003, China)

Abstract : Aiming at the middle cover of automobile radiator cap's structure, combining with CAE technology, the injection moulding simulation was analyzed, the point gate feed system was established, and the cooling solution was optimized. Based on that, the injection mould design was finished. In the mould structural design, the thread demoulding mechanism, which combines slanted slide with slanting top, was presented instead of the traditional rotating thread demoulding mechanism. The mould structure is reasonable, its motion is reliable, and the moulding quality of products is good.

Keywords : middle cover of automobile radiator cap ; injection mould ; CAE technology ; thread demoulding mechanism

随着塑料工业的发展,塑料制品结构的复杂程度和精度等级越来越高,对塑料模具的设计与制造提出了更高的要求,因此 CAE 技术在模具设计与制造过程中得到了广泛的应用^[1-4]。笔者以汽车水箱盖中盖为研究对象,结合华塑注塑成型仿真系统(以下简称华塑 CAE),对塑料件注塑成型过程进行分析,得到优化的注塑成型方案,并在此基础上完成模具结构的设计。

1 产品结构

水箱盖中盖产品结构如图 1 所示。

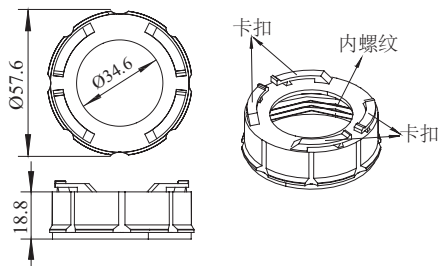


图1 水箱盖中盖产品结构

产品外形尺寸为 $\text{Ø}57.6 \text{ mm} \times 18.8 \text{ mm}$, 平均壁厚为 1.6 mm , 材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS), 收缩率为 0.6% , 形状为一圆形壳盖类

塑料件,塑料件主要结构特征包括:(1)上表面边缘有四个对称分布的卡扣;(2)上表面中间有一直径为 34.6 mm 的通孔;(3)内表面侧壁上有螺纹。

2 产品 CAE 有限元分析

2.1 有限元模型的建立

在华塑 CAE 中导入产品模型,根据产品的结构特点、尺寸大小及壁厚合理划分网格^[5-6],得到的有限元模型数据如下:节点数为 4398,单元数为 8812,单元配对率为 90.87% ,产品体积为 9.862 cm^3 ,如图 2 所示。

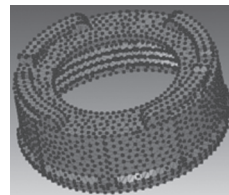


图2 塑料件网格模型

该产品采用 ABS 材料,材料的成型工艺参数列于表 1。

联系人:张伯楠,硕士,讲师,主要从事机械设计及模具 CAD/CAE 等方面的教学和研究工作

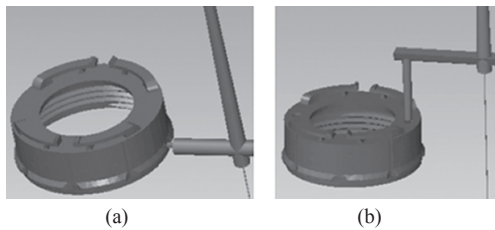
收稿日期:2016-10-10

表 1 ABS 材料成型工艺参数

项目	参数值	项目	参数值
最低成型温度 / °C	200	最低模具温度 / °C	25
最高成型温度 / °C	280	最高模具温度 / °C	80
推荐成型温度 / °C	230	推荐模具温度 / °C	50
最大裂解料温 / °C	320	最大许可剪切应力 / MPa	0.28
顶出温度 / °C	88	最大许可剪切速率 / s ⁻¹	12 000

2.2 浇口形式及位置的分析

根据产品结构尺寸,选择一模两腔布局,初步选择侧浇口和点浇口两种进料方式^[7]。浇口形式及位置如图 3 所示。

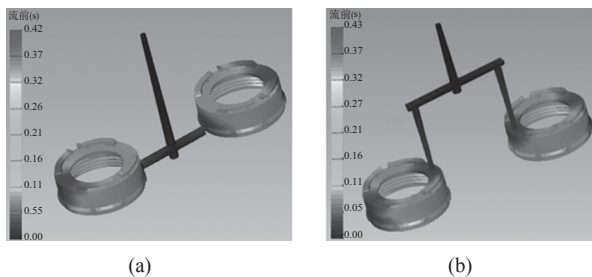


a—侧浇口进料方式; b—点浇口进料方式

图 3 进料方式

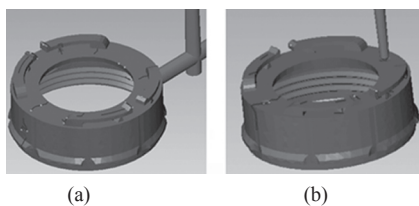
结合 CAE 技术,从充填时间、充填压力、表面质量等方面比较两种浇口进料方式的差别,得到最优浇口方式^[8-9]。

根据产品体积、型腔数目及浇注系统尺寸,选用海天公司的 HT110 J2-A 型注塑机,其参数为:最大注射量 147 cm³,最大注塑压力 206 MPa,注射行程 161.5 cm,锁模力 1 100 kN,最大注射速度 102 cm³/s,螺杆直径 34 mm。根据表 1 设置的成型参数进行模拟,两种浇口进料方式下充填时间、熔合纹及气穴结果比较如图 4、图 5 所示,充填压力结果比较列于表 2。



a—侧浇口进料方式; b—点浇口进料方式

图 4 充填时间比较



a—侧浇口进料方式; b—点浇口进料方式

图 5 熔合纹及气穴比较

表 2 两种浇口充填结束时的压力场

项目	侧浇口	点浇口
最大注塑压力	70.37	72.56
浇口处注塑压力	52.29	57.43
充填末端压力	43.09	50.72

由图 4 可以看出,侧浇口、点浇口进料方式的充填时间分别为 0.42 s 和 0.43 s,相差 0.01 s,说明两种浇口的充填时间均很短,既保证了熔融塑料能够迅速充满型腔,减小了在充填过程中的压力损失,也有利于后续的保压和补缩。

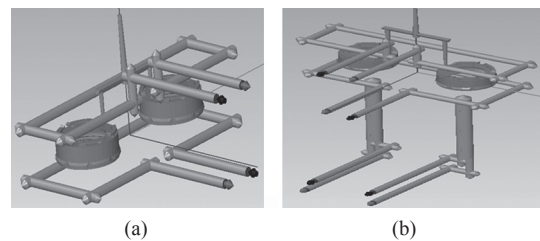
由图 5 可以看出,采用侧浇口进料方式产生的熔合纹和气穴比采用点浇口进料方式的要略多一些。因此从熔合纹和气穴比较上看,点浇口进料方式略优于侧浇口进料方式。

对比表 2 数据可知,采用点浇口进料方式在 3 个位置的壓力均大于侧浇口,同时在流动过程中压力由 72.56 MPa 降为 50.72 MPa,压力损失相对侧浇口少,因此点浇口进料方式优于侧浇口进料方式。

综合充填时间、熔合纹及气穴、充填压力的对比结果可以看出,在同一注塑参数情况下,采用点浇口进料方式的充填效果优于采用侧浇口进料方式,同时,模具结构上采用点浇口可以实现浇注系统与产品的自动分离,便于生产过程的自动化,提高效率。综合考虑本产品采用点浇口进料方式。

2.3 冷却及翘曲分析优化

衡量模具冷却系统好坏的标准有两个:(1)使成型冷却时间最短;(2)使塑料件表面温度均匀,减少翘曲变形。根据产品结构,采用常见的冷却水路布局方式,水路直径 8 mm,布局形式如图 6a 所示。



a—常用冷却水路; b—优化后的冷却水路

图 6 冷却水路布局方式

在 CAE 中进行冷却分析,设定相关参数如下:冷却水入口处温度为 20 °C (室温),冷却时间为 35 s,模具成型零件材料为 P20,开模停留时间为 4 s,进行模拟后得到的冷却分析结果列于表 3。

从表 3 分析结果可知,冷却水路出入口温差值为 0.41 °C,温差小,冷却水路布局及直径设置合理,但型芯与型腔的最大温差达 28.96 °C,说明内外冷却不均,导致翘曲变形量偏大。为保证冷却均匀,减

表 3 常用冷却水路冷却结果

项目	最大值	最小值	差值
冷却介质温度 / °C	20.41	20.00	0.41
型芯与型腔温差 / °C	14.24	-14.72	28.96
翘曲变形量 / mm	0.16	0.00	0.16

少翘曲,在产品内侧设计喷流式冷却管,其直径为 16 mm,长度为 110 mm,如图 6b 所示,重新分析后得到的结果列于表 4。

表 4 优化水路后的冷却结果

项目	最大值	最小值	差值
冷却介质温度 / °C	20.23	20.00	0.23
型芯与型腔温差 / °C	4.72	-4.77	9.49
翘曲变形量 / mm	0.09	0.00	0.09

由表 4 分析结果可知,采用优化的冷却方式后,冷却水路出入口温差进一步减小,达到 0.23℃,型芯与型腔的最大温度差为 9.49℃,比原有方案大大减小,同时产品最终的翘曲变形量由 0.16 mm 降低为 0.09 mm,产品的尺寸精度得到提高,满足产品尺寸

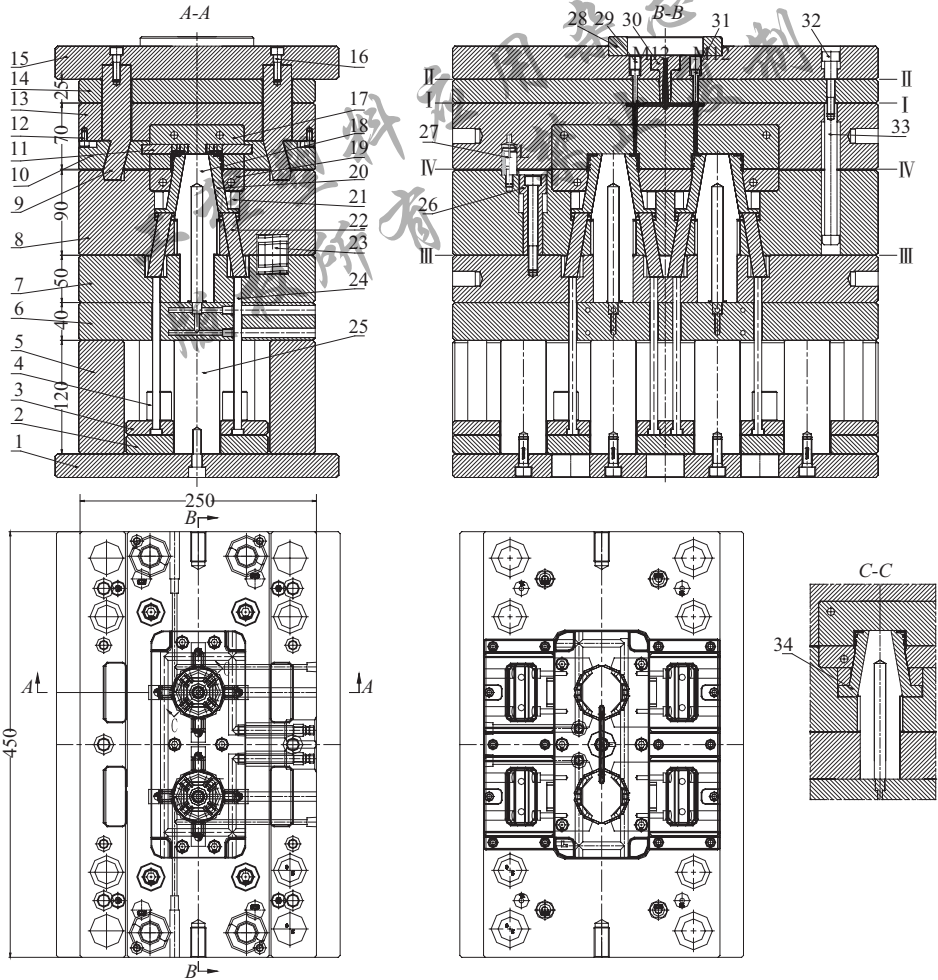
要求。证明该冷却方案切实可行。

通过优化分析,确定该产品的进料方式和冷却方式设计方案:(1)采用点浇口进料方式,充填时间短,充填压力损失小,熔合纹和气穴少,充填质量好;(2)采用产品外部环形水路,内部喷流管的冷却方式,内外温差小,翘曲变形量小,提高产品精度。

3 模具结构设计及工作原理

3.1 模具总体结构

模具总体结构如图 7 所示,采用龙记三板式双分型面定制模具,其规格型号为 LKM-FCI-2545-A70-B90-C120,相对于常规双分型面标准模架,在动模板 8 与支承板 6 之间多了一块推件板 7,用于内螺纹的脱模;浇注系统及冷却方式采用 CAE 分析结果;排气方式通过型芯镶件之间的间隙排气;产品的脱模顶出及抽芯方式采用定模弯销抽芯,动模斜滑块和斜顶组合脱螺纹、斜顶顶出的方式。



1—动模座板;2—推杆垫板;3—推杆固定板;4—限位柱;5—垫块;6—支承板;7—推件板;8—动模板;9—弯销;10—滑块;11—侧型芯;12—限位螺钉;13—定模板;14—流道推板;15—定模座板;16—螺钉;17—定模镶件;18—主型芯;19—动模镶件;20—斜顶块;21—压板;22—斜顶杆;23—弹簧;24—推杆;25—支撑柱;26—定距拉杆;27—开闭器;28—定位圈;29—紧定螺钉;30—浇口套;31—拉料钉;32—定距螺钉;33—定距拉杆;34—斜滑块

图 7 模具结构图

斜滑块水平运动距离:

$$S_1 = h_1 \times \tan 10^\circ = 20 \times 0.18 \text{ mm} = 3.6 \text{ mm}$$

斜顶块水平运动距离:

$$S_2 = h_2 \times \tan 10^\circ = 20 \times 0.18 \text{ mm} = 3.6 \text{ mm}$$

由计算可得,两者水平运动距离(脱螺纹行程)均大于螺纹牙深度,可保证脱螺纹过程的进行。

3.4 模具工作过程

模具工作过程如下:模具合模时,熔融塑料经过点浇口浇注系统进入模具型腔,冷却定型后,分型面 I 首先打开,点浇口在拉料钉 31 作用下与塑料件分离,留在定模上,同时弯销 9 驱动滑块 10 连同侧型芯 11 运动,脱离塑料件上卡扣部位,实现定模抽芯,分型面 I 的开模行程通过定距拉杆 33 定距;接着流道推板 14 在面 II 处打开,将流道凝料推离浇口套 30 和拉料钉 31,实现浇注系统的脱模;随着开模运动继续进行,在弹簧 23 作用下,推件板 7 在面 III 处打开,带动主型芯 18 后退,通过斜 T 型槽带动斜滑块 34 向内侧运动脱离产品,实现第一阶段脱螺纹过程;推件板的打开距离通过定距拉杆 26 定距,最后,分型面 IV 打开,塑料件随动模后退,通过推杆 24 带动斜顶杆 22 和斜顶块 20 向上将塑料件推离型芯的同时斜顶块向内水平运动,脱离塑料件螺纹,实现第二阶段脱螺纹,完成模具的整个动作。

4 结语

通过 CAE 成型模拟分析和优化,确定了塑料件浇注系统方式和冷却系统结构,避免了凭传统经验确定浇口造成的模具设计盲目性以及生产试模时的失误风险,降低了生产成本。注塑成型方案确定后,模具结构设计为一模两腔三板式结构,经生产实践证明,该模具结构合理,工作可靠,充填顺利,产品成型质量好,为同类产品的模具设计及生产实践提供了有益参考。

参考文献

- [1] 刘国良,王侃,赵明,等. CAE 塑料注射成型模具设计方法的应用研究[J]. 新技术新工艺, 2009(10):73-79.
Liu Guoliang, Wang Kan, Zhao Ming, et al. Application research on CAE design method for plastic injection molding[J]. New Technology & New Process, 2009(10):73-79.
- [2] 李雯雯,卢军,刘洋. Moldflow 软件在注塑模具 CAE 中的应用[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(9):80-82.
Li Wenwen, Lu Jun, Liu Yang. Application of Moldflow in CAE technology of injection mold[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(9):80-82.
- [3] 罗超,龙侃,王强. CAE 技术在注塑模具上的应用[J]. 煤矿机械, 2011, 32(5):195-197.
- [4] Luo Chao, Long Kan, Wang Qiang. Application of CAE technology into injection molds[J]. Coal Mine Machinery, 2011, 32(5):195-197.
- [5] 蒋新萍,徐自明. 基于 CAD/CAE 的外壳塑料件注塑模具创新优化设计[J]. 塑料科技 2014, 42(11):96-100.
Jiang Xinping, Xu Ziming. Innovation and optimized design of mold for one plastic cover based on CAD/CAE[J]. Plastics Science and Technology 2014, 42(11):96-100.
- [6] 袁飞. 基于 HSCAE 的电器外壳注射模优化设计[J]. 模具工业, 2014(8):46-49.
Yuan Fei. HSCAE-based optimization design of injection mould for electrical apparatus shell[J]. Die & Mould Industry, 2014(8):46-49.
- [7] 张爽华. 基于 HSCAE 的法兰浇注系统的有限元分析[J]. 佳木斯大学学报:自然科学版, 2015, 33(6):899-901.
Zhang Shuanghua. Finite element analysis of the flange pouring system based on HSCAE[J]. Journal of Jiamusi University: Natural Science Edition, 2015, 33(6):899-901.
- [8] 刘彦国. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:人民邮电出版社, 2014.
Liu Yanguo. Plastic molding process and mould design[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2014.
- [9] 韩宝菊. 基于 Moldflow 优化分析的轿车内饰出风口面板注塑模设计[J]. 塑料工业, 2016, 44(5):48-53, 104.
Han Baoju. Optimization of injection mold design for a panel vent based on moldflow[J]. China Plastics Industry, 2016, 44(5):48-53, 104.
- [10] 张建卿. 汽车暖风机下壳体 CAE 优化与模具设计[J]. 工程塑料应用, 2016, 44(5):65-69, 106.
Zhang Jianqing. Mould design and CAE optimization for automobile heater under-shell[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(5):65-69, 106.
- [11] 刘庆辉,刘斌,覃孟然. 带内螺纹塑料件的新型脱模机构设计[J]. 模具工业, 2007, 33(7):44-47.
Liu Qinghui, Liu Bin, Qin Mengran. Development of demolding mechanism for plastic part with internal thread[J]. Die & Mould Industry, 2007, 33(7):44-47.
- [12] 王成. 螺纹旋转脱模内螺纹塑料件注塑模设计[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(2):52-54.
Wang Cheng. Injection mold design with thread rotating demoulding mechanism of plastic part with internal thread[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):52-54.
- [13] 姬和平,许智. 成型塑料件内螺纹抽芯结构设计[J]. 模具工业, 2015(3):53-55.
Ji Heping, Xu Zhi. Design of core-pulling structure in forming plastic part with internal screw thread[J]. Die & Mould Industry, 2015(3):53-55.
- [14] 虞杰伟. 注射模脱螺纹结构设计[J]. 模具工业, 2016, 42(3):55-57, 64.
Yu Jiewei. Design of thread demoulding mechanism of injection mould[J]. Die & Mould Industry, 2016, 42(3):55-57, 64.