

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.10.016

汽车仪表板内饰件热流道注塑模设计

周慧兰¹, 周胜林^{1,2}

(1. 华东交通大学载运工具与装备教育部重点实验室, 南昌 330013; 2. 深圳比亚迪股份有限公司, 广东深圳 518111)

摘要: 在对汽车仪表板内饰件结构分析的基础上, 采用 UG 软件完成产品的三维建模和分模设计, 运用 Moldflow 软件对热流道模具进行了成型窗口分析、最大剪切速率和最大剪切应力分析以及最大锁模力和最大注塑压力计算, 确定了浇注系统。根据分析结果设计了部分式导流梭针尖喷嘴的热流道, 并对热流道直径和导流梭针尖喷嘴浇口参数进行详细的计算。实践证明, 该模具结构合理, 计算过程正确, 成型的塑件尺寸精度高, 表面缺陷少, 对于同类产品的热流道模具设计具有一定的参考意义。

关键词: 汽车仪表板内饰件; Moldflow; 热流道模具; 部分式导流梭针尖喷嘴

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)10-0085-05

Hot Runner Injection Mold Design for Automotive Dashboard Interior

Zhou Huilan¹, Zhou Shenglin^{1,2}

(1. Key Laboratory of Ministry of Education for Conveyance and Equipment, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

2. Shenzhen BYD Co. Ltd., Shenzhen 518111, China)

Abstract: Based on the structural analysis of automotive dashboard interiors, 3D model of part and its hot runner injection mold in which a kind of needle tip injector with partial diversion shuttle was used were designed by UG software, and Moldflow was applied in analyzing forming window, maximum shear rate, maximum shear stress and calculating the maximum injection pressure for simulating of mold gating system. According to the analysis results, needle tip injector with partial diversion shuttle was designed, apart from that, hot runner diameter and parameters of needle tip injector were determined in details. The practice proved that the mold structure was reasonable and the design method was correct with higher precision size products and less surface defects. The way of mold designing and computing can be referred to other hot runner injection mold of similar products.

Keywords: automotive dashboard interiors; Moldflow; hot runner injection mold; needle tip injector with partial diversion shuttle

热流道^[1]是应用于塑料注射成型的一种先进技术, 是当前塑料注射成型工艺的主要发展方向, 它可以提高塑件表面质量、节省原材料并缩短生产周期。汽车内饰件为外观件, 对内表面没有特殊要求, 但外表面质量要求高, 不允许有斑点、熔接痕、缩印及毛边等缺陷, 而且大多数内饰件为不规则零件, 包含多个复杂曲面, 其分型设计有一定难度, 需借助 CAD/CAE 技术完成其热流道模具的设计^[2-3]。

1 产品结构分析

图 1 为汽车仪表板内饰件结构, 其三个方向

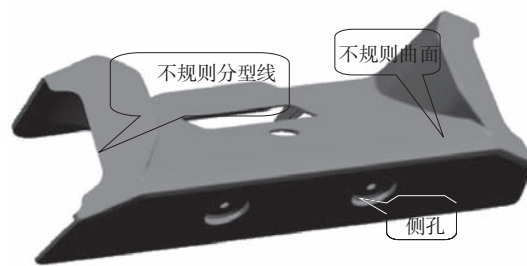


图 1 汽车仪表板内饰件

的最大轮廓尺寸为 310 mm × 118 mm × 100 mm, 壁厚 3 mm, 体积约为 176.71 cm³, 质量约为

基金项目: 江西省高等学校教学改革省级研究项目 (JXJG-18-5-22), 华东交通大学教材基金项目 (2018)

通讯作者: 周慧兰, 副教授, 主要研究方向为模具 CAD/CAM、模具设计、二次开发 E-mail: 253353309@qq.com

收稿日期: 2019-07-23

引用格式: 周慧兰, 周胜林. 汽车仪表板内饰件热流道注塑模设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(10):85-89.

Zhou Huilan, Zhou Shenglin. Hot runner injection mold design for automotive dashboard interior[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(10):85-89.

185.55 g。产品材料为美国 GE 公司牌号 Cypolac T-1000 的丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS), 该材料具有流动性好、比容率低、成型收缩小等优点。其最大剪切应力为 0.28 MPa, 最大剪切速率为 $12\,000\text{ s}^{-1}$, 主要成型工艺参数为: 熔体温度 $230\sim 260\text{ }^{\circ}\text{C}$, 模具温度 $48\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 注塑压力 $60\sim 100\text{ MPa}$ ^[4]。由于产品尺寸较大且外侧面包含两个侧孔, 需要通过外侧抽芯机构^[5]实现侧孔外抽芯, 内侧面包含内凹特征, 利用斜顶机构才能将塑件顺利顶出, 模具采用一模两腔的型腔布局。

2 分型面设计

2.1 分型面设计

分型面设计时遵循的首要设计原则是: 分型面要经过产品开模方向的最大轮廓线, 即分型线位置。由于产品为不规则零件, 必须通过 CAD 辅助工具设计其分型线和分型面, 应用 UG 软件的注塑模设计向导工具 MoldWizard^[6] 获得的分型面见图 2。

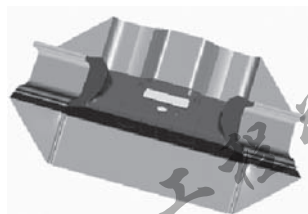


图2 分型面

2.2 引导线

引导线^[7]的功能是将产品中完整的复杂分型线分解为多段简单独立分型线, 用户在对每段独立分型线创建分型曲面片时, 引导线可以作为拉伸方向或扫描截面使用, 创建的引导线如图 3 所示。

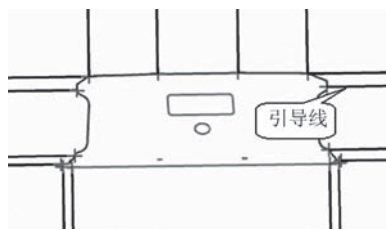
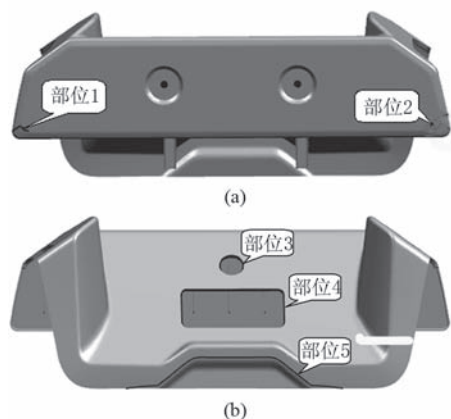


图3 引导线

2.3 拆分面

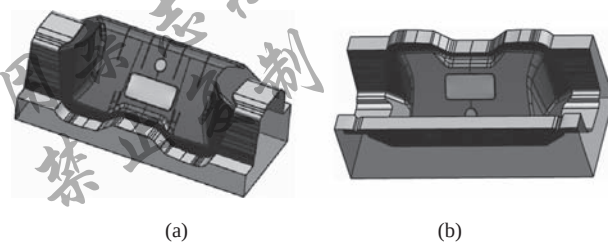
当产品包含跨越面时, 这类曲面的一部分位于型芯区域, 而另一部分位于型腔区域, 这类面必须通过拆分面工具^[8]进行拆分后, 分别指派到型芯区域和型腔区域才能完成分型设计, 该产品包含多处跨越面, 如图 4 所示的部位 1~部位 5 的圆角过渡处, 均需要进行面的拆分。



a—后侧; b—前侧

图4 拆分面位置

分型面创建后, MoldWizard 将利用分型面、产品曲面以及曲面补片对工件进行分割, 获得的型芯和型腔零件如图 5 所示。



a—后侧; b—前侧

图5 型芯和型腔

3 热流道结构设计

3.1 热流道浇注系统填充分析

利用 Moldflow 软件^[9]对模具浇注系统进行模拟优化设计, 以提高模具质量, 减少试模次数。此外热流道模具的注塑机锁模力和注塑压力的校核也需要通过 CAE 技术才能完成。

(1) 成型窗口分析。

根据塑件质量系数高于 0.8 (最高质量系数为 1) 的原则, 成型窗口分析结果如图 6 所示, 由图可知, 注射时间 1.119 s 时, 质量系数最高, 为 0.9077。此时, 模具温度为 $67.78\text{ }^{\circ}\text{C}$, 符合材料推荐的模具温

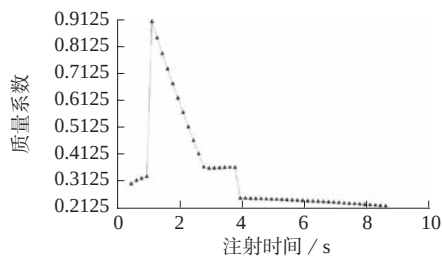


图6 质量系数分析

度范围 50 ~ 80 ℃; 熔体温度为 247.9 ℃, 在材料的熔体温度范围 230 ~ 260 ℃ 之内。

(2) 最大剪切速率和最大剪切应力分析。

当模具温度为 67.78 ℃, 熔体温度为 247.9 ℃ 时, 产品填充时最大剪切速率和最大剪切应力分析结果如图 7 和图 8 所示。熔体充填至 0.45 s 时, 剪切速率和剪切应力最大, 分别为 4072 s⁻¹ 和 0.1988 MPa, 均小于材料的最大剪切速率和剪切应力, 符合要求。

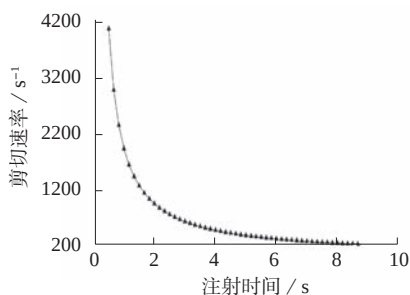


图7 最大剪切速率分析

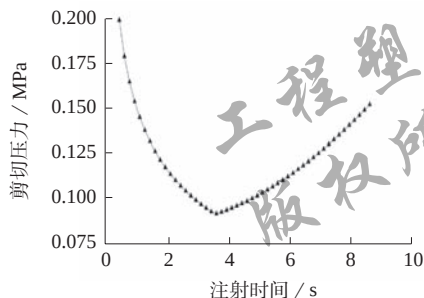


图8 最大剪应力分析

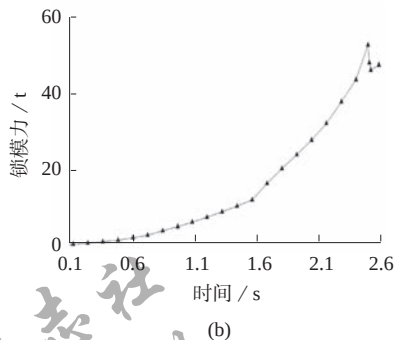
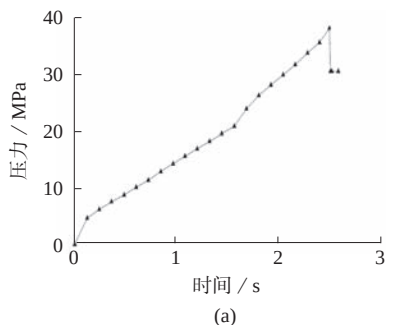
(3) 最大锁模力和最大注塑压力计算。

由于模具采用热流道浇注系统, 注塑机锁模力和注塑压力的校核不能沿用冷流道注塑模具的经验公式^[10] 和方法, 采用 Moldflow 软件对模具最大锁模力和最大注塑力进行模拟计算^[11] 的分析结果如图 9 所示。最大注塑压力为 38.47 MPa, 产品的最大锁模力为 52.8 t, 均发生在注射时间 2.497 s 时刻, 符合注塑机对应要求。

3.2 热流道直径计算

热流道喷嘴的流道直径已经标准系列化, 常采用的流道直径系列为: 5, 8, 12, 16, 18 mm, 也有使用 4, 5, 7, 10, 20 mm 等系列。流道直径的选用由塑料熔体的体积流量和流变参量确定, 热流道板以及喷嘴的流道直径确定方法^[12] 如下。

根据熔体体积流量公式:



a—注塑压力; b—锁模力

图9 注塑压力和锁模力分析

$$q_i = \frac{\pi \gamma}{8} \cdot \frac{n}{3n+1} d_i^3 \quad (1)$$

转换后得到流道直径公式:

$$d_i = \frac{1.366}{\sqrt[3]{\gamma}} \sqrt[3]{\frac{q_i(3n+1)}{n}} \quad (2)$$

式中: q_i 为塑料熔体的体积流量, cm³/s; γ 为塑料熔体流经分流道的合理剪切速率, 取 500 s⁻¹; n 为塑料熔体的流动指数, 0.25 ≤ n ≤ 0.50, 取 $n=0.35$; d_i 为流道直径。

根据公式 (2), 多喷嘴的流道直径 D 是最后一级分流道直径 d_i 的延续, 将 γ, n 代入简化得到:

$$D(d_i) = \frac{1.366}{\sqrt[3]{500}} \sqrt[3]{\frac{q_i(3 \times 0.35 + 1)}{0.35}} = 0.31 \sqrt[3]{q_i} \quad (3)$$

其中, 塑料熔体的体积流量 q_i 为喷嘴的输出流量, 即输出的塑料熔体体积 V 除以注射充模时间 t , 塑件体积 V 应用 UG 软件计算为 176.71 cm³, 塑料注射充模时间 t 查阅文献为 1.76 s^[12], 则塑料熔体的体积流量 $q_i = 176.71 \div 1.76 \approx 100.405$ (cm³/s), 计算得 $D(d_i)=14.4$ (mm)。

由于喷嘴的流道直径大于 12 mm, 按照标准化系列直径取为 16 mm, 对应的流道板上的流道直径应为 17 mm。

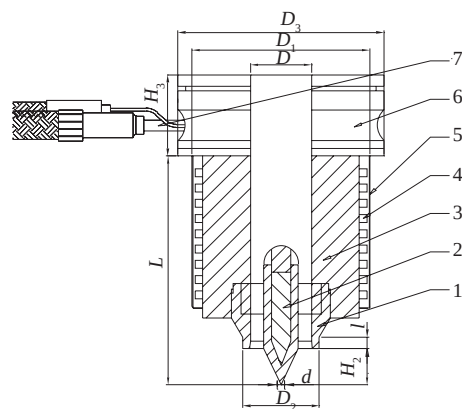
3.3 导流梭针尖喷嘴浇口设计

由于针尖式喷嘴在塑料制品上只留下很小的

残留痕迹,而且还可以适用于结晶型塑料和无定形塑料,该模具采用导流梭针尖喷嘴,熔体由导流梭引流到浇口,使得浇口的温度容易控制,将热量传导到顶针尖上,可防止塑料熔体过冷阻塞,针尖还有助于防止拉丝和流涎。模具采用部分式导流梭针尖喷嘴结构^[13],如图10所示。

浇口直径 d 是喷嘴的主要参数,喷嘴长度 L 是顶针尖到轴肩定位面的轴向尺寸,喷嘴洞口直径 D_1 是在定模板上安装的尺寸,封口外径 D_2 和浇口内腔高度 H_2 决定喷嘴与模具的传热面积,喷嘴固定支承的刚度和密封效果则由封胶长度 l 决定,喷嘴轴座高度 H_3 ,直径 D_3 ,其中 $D_3=D_1+(5\sim6)\text{mm}$ 。

喷嘴的流道直径确定后,可以确定对应浇口的直径及相关参数。导流梭针尖喷嘴的浇口直径 d 为2 mm,喷嘴洞口直径 D_1 为48 mm,喷嘴长度 L 为70 mm,封胶长度 l 为3.0 mm,封口外径 D_2 为20 mm,轴座段高度 H_3 为25 mm,轴座直径 D_3 为54 mm,浇口腔高度 H_2 为9.5 mm。

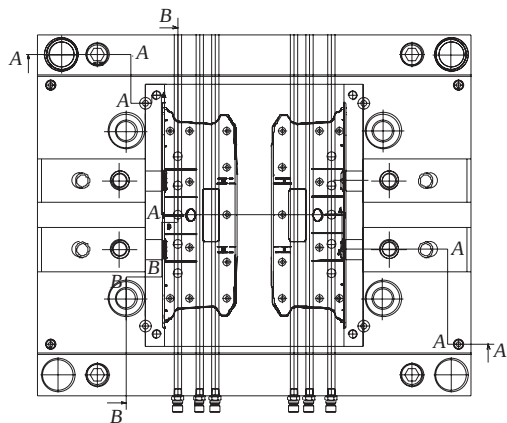
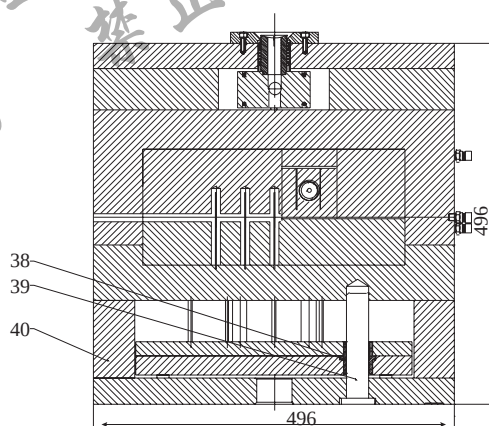
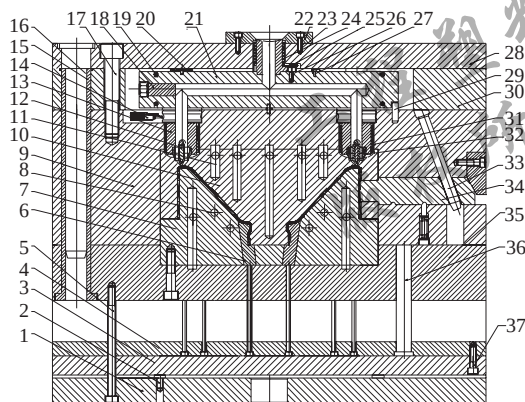


1—喷嘴头;2—导流梭;3—喷嘴壳体;4—加热线圈;
5—圆柱外套;6—轴座;7—加热器引出线

图10 部分式导流梭针尖喷嘴结构

4 模具工作过程

模具整体结构如图11所示。模具工作时,注塑机合模系统带动模具动模部分向定模方向移动,合模运动精度由导套15和导柱16保证,合模结束



1—动模固定板;2—垃圾钉;3—顶杆垫板;4—顶杆固定板;
5—固定螺钉;6—斜顶杆;7—型芯;8—冷却水道;9—定模板;
10—型腔;11—隔水板;12—导流梭;13—分喷嘴壳体;14—喷嘴加热线;
15—导套;16—导柱;17,37—内六角螺钉;18—旋塞;19—电热弯管;
20—承压圈;21—热流道板;22—定位圈;23—定位圈固定螺钉;
24—加热线圈;25—主流道喷嘴;26—主喷嘴固定螺钉;27—测温热电偶;
28—定模固定板;29—止转销;30—上垫板;31—分喷嘴外套;32—喷嘴头;
33—斜导柱;34—活动型芯;35—动模板;36—复位杆;38—顶板导柱;
39—顶板导套;40—垫板

图11 模具整体结构

后,型芯 7 和型腔 10 形成闭合模腔,注塑机喷嘴的熔融塑料通过主流道喷嘴 25 的流道,进入热流道板 21 的分流道和分喷嘴壳体 13 的分流道,经过导流梭 12 进入模腔,再利用注塑机对模腔施加的锁模力,防止模腔由于熔体压力作用而胀开。经过填充、保压、冷却成型后,模具利用开模动作,通过安装在定模的斜导柱 33 和安装在动模的滑块 34 实现侧面滑块的外侧抽芯。当动模运动到一定位置后,推出机构的顶杆垫板 3 和顶杆固定板 4 在注塑机推杆作用下带动含斜顶杆 6 的推出机构将塑件从模腔中顶出,至此完成一个注射成型周期。

5 结语

应用 CAD/CAE 技术完成了汽车仪表盘板内饰件的热流道注塑模设计,模具含内外侧抽芯,采用一模两腔的型腔布局,通过 CAD 软件创建复杂分型面获得型芯、型腔,利用 CAE 技术对热流道浇注系统进行了模流分析,采用部分式导流梭针尖喷嘴进料,这种浇口残留痕迹微小,可保证产品的外观质量,且有效防止拉丝和流涎。模具中的热流道结构设计方法与计算方法,对形状不规则的复杂产品的热流道注塑模设计具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 王桂林,陈昌乾,吴松琪.大型热流道注射模技术研究现状与发展趋势[J].模具制造,2014,14(10):48-53.
Wang Guilin, Chen Changqian, Wu Songqi. The research status and development tendency of big hot runner technology in injection mold[J]. Die & Mould Manufacture, 2014, 14(10):48-53.
- [2] 狄金叶,黄海龙,宋杰.基于 CAE 技术的后壳体点浇口热流道模具设计[J].塑料工业,2017,45(4):56-60.
Di Jinye, Huang Hailong, Song Jie. Design of hot runner mould for post shell point gate based on CAE technology[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(4):56-60.
- [3] 黄继战,范玉,仇文宇,等.基于 UG NX 的汽车音响面板注塑模设计[J].工程塑料应用,2017,45(9):80-83.
Huang Jizhan, Fan Yu, Qiu Wenning, et al. Design of injection mould for car audio panel based on UG NX[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(9), 80-83.
- [4] 《塑料模具设计手册》编写组.塑料模设计手册[M].北京:机械工业出版社,2002.
Writers of Design Manual for Plastic Mould. Design manual for plastic mould[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2002.
- [5] 田福祥.先进注塑模 330 例设计评注[M].北京:机械工业出版社 2008.
Tian Fuxiang. 330 designed examples of advanced injection molds and commentary[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2008.
- [6] 金大伟,张春华,华欣.UG NX 12.0 完全实战技术手册[M].北京:清华大学出版社,2018.
Jin Dawei, Zhang Chunhua, Hua Xin. Fully operational technical manual for UG NX 12.0[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2018.
- [7] 高玉新,李丽华,戴晟.UG NX 8.0 模具设计教程[M].北京:机械工业出版社,2013.
Gao Yuxin, Li Lihua, Dai Sheng. Mould design course based on UG NX 8.0[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2013.
- [8] 翟元盛.UG NX 8.0 模具设计从入门到精通[M].北京:中国铁道出版社,2012.
Zhai Yuansheng. Mould design from entry to proficiency based on UG NX 8.0[M]. Beijing:China Railway Publishing House, 2012.
- [9] 戚春晓,陈开源,黄小明.某车型前门饰框热流道浇注系统设计与优化[J].塑料,2017,46(2):102-105.
Qi Chunxiao, Chen Kaiyuan, Huang Xiaoming. Design and optimization of runner system for front door sash based on Moldflow[J]. Plastics, 2017, 46(2):102-105.
- [10] 叶久新,王群.塑料成型工艺及模具设计[M].北京:机械工业出版社,2013.
Ye Jiuxin, Wang Qun. Plastic forming technology and mould design[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2013.
- [11] 陈进武,曹轶杰,苏庆勇. Moldflow 在塑料模热流道技术中的应用[J].塑料工业,2014,42(4):31-34.
Chen Jinwu, Cao Yijie, Su Qingyong. Application of the hot runner technology in plastic mold based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(4):31-34.
- [12] 徐佩弦,张占波,王利军.热流道注射模[M].北京:机械工业出版社,2016.
Xu Peixuan, Zhang Zhanbo, Wang Lijun. Hot runner injection mould[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2016.
- [13] 王建华,徐佩弦.注塑模的热流道技术[M].北京:机械工业出版社,2006.
Wang Jianhua, Xu Peixuan. Hot runner technology of injection mold[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2006.