

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2024.12.017

基于 Moldflow 的汽车抽屉内板注塑模具设计

廖艳¹, 袁博², 李广威³

(1. 同济大学浙江学院, 浙江嘉兴 314051; 2. 武汉城市职业学院, 武汉 430064; 3. 武汉市洪山区科技成果转化促进中心, 武汉 430070)

摘要: 采用 Moldflow 软件对汽车抽屉内板的模流过程进行深入分析和优化, 依据模拟分析的详尽结果与塑料件独特的结构特性, 设计了 1 点开放式热流道浇注系统方案, 预测了在塑件注射成型过程中可能遇到的问题, 最后设计出一模一腔的热流道注塑模具。为了克服注射成型后塑件筋位对滑块产生过强包紧力导致的脱模难题, 设计了一种滑块内置顶针复合抽芯机构, 该机构融合了“滑块+顶针+弹簧+滑动块”的多元组件, 通过实施两次分步抽芯策略, 有效防止了塑件被滑块粘住。导向定位系统通过运用“导柱导套+定模板定位”的策略, 实现了模具在开启与闭合过程中的精确无误及可靠复位功能。为了高效驱动并复位顶出机构, 采用了“顶辊+氮气弹簧”的组合方式, 与采用液压油缸方式相比, 顶出复位时间降低约 25%。设计了一种近似“随形水路”的冷却系统, 形成了一个立体且密集的三维网格状冷却网络, 增强了冷却效果, 成型周期缩短约 8%。模具投入生产后, 运行表现稳定可靠, 所生产的塑件质量完全达到既定标准, 这为同类结构塑件的模具设计提供了参考。

关键词: 汽车抽屉内板; 滑块内置顶针; 模流分析; 热流道系统

中图分类号: TQ330.4+1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2024)12-0117-07

Design of injection mould for automotive drawer inner panel based on Moldflow

LIAO Yan¹, YUAN Bo², LI Guangwei³

(1. Tongji Zhejiang College, Jiaxing 314051, China; 2. Wuhan City Polytechnic, Wuhan 430064, China;

3. Hongshan District Science and Technology Achievement Transformation Promotion Center of Wuhan City, Wuhan 430070, China)

Abstract : Moldflow software was used to deeply analyze and optimize the mold flow process of the inner panel of the automotive drawer. According to the detailed results of the simulation analysis and the unique structural characteristics of the plastic parts, a one-point open hot runner gating system was designed, and the problems that might be encountered in the injection molding process of the plastic parts were predicted. Finally, a hot runner injection mould with one mould and one cavity was designed. In order to overcome the demoulding problem caused by excessive clamping force on the slider due to the reinforcement position of the plastic part after injection molding, a composite core pulling mechanism with a built-in ejector pin in the slider was designed. This mechanism integrated multiple components of "slider+ ejector pin + spring + sliding block". By implementing a two-step core pulling strategy, it effectively prevented the plastic part from being stuck by the slider. The guidance positioning system achieved precise and reliable reset function of the mould during the opening and closing process by using the strategy of "guide pillar guide sleeve + fixed mould positioning". In order to efficiently drive and reset the ejection mechanism, a combination of "top roller + gas spring" was adopted, which reduced the ejection reset time by about 25% compared to using hydraulic cylinders. A cooling system that approximates a "conformal waterway" was designed, forming a three-dimensional and dense grid-like cooling network that enhances the cooling effect and shortens the molding cycle by about 8%. After the mould is put into production, its operation performance is stable and reliable, and the quality of the produced plastic parts fully meets the established standards. This provides a reference for the design of moulds for similar structural plastic parts.

Keywords : automotive drawer inner panel ; sliding block with built-in ejector pin ; mold flow analysis ; hot runner system

基金项目: 武汉市市属高校产学研研究项目(CXY202219), 湖北省教育厅科研计划项目(B2020427, B2019433), 武汉城市职业学院科研创新团队建设计划资助项目(2020whcvcTD02)

通信作者: 袁博, 副教授, 主要研究方向为模具设计与制造

收稿日期: 2024-10-07

引用格式: 廖艳, 袁博, 李广威. 基于 Moldflow 的汽车抽屉内板注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2024, 52(12): 117-123.

LIAO Yan, YUAN Bo, LI Guangwei. Design of injection mould for automotive drawer inner panel based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(12): 117-123.

车内抽屉板是车辆内饰的关键部分,它不仅为驾乘人员创造了便捷的储物解决方案,还凭借其独特的设计与优质材料的选择,极大地提升了车内的装饰效果与实用性能。在模具设计与制造的前期阶段,Moldflow 软件能够有效地辅助规划浇注系统,预先识别并评估塑件在成型过程中可能出现的缺陷,并对加工流程中的工艺参数实施精细化调整与优化,这一技术的应用显著缩短了模具的成型周期,同时大幅度降低了塑件生产中的次品率,提高了整体生产效率和塑件质量^[1-2]。

在模具设计的领域内,众多学者对Moldflow的应用进行了广泛而深入的研究与实践。周俊杰等^[3]通过采用Moldflow软件精确定位了排水泵过滤网中的注塑进胶位置并进行了冷却水路布局,进而深入探究了不同工艺参数对最终产品翘曲变形程度的影响,基于这些分析结果,成功设计出了满足既定要求的注塑模具。范玉等^[4]利用模流仿真软件,对电池正极支架的冷却效果和翘曲变形进行了详尽的模拟分析;通过这一过程,他们成功地确定了熔体在塑件上的最佳进胶位置,从而实现了显著的优化效果。王金荣等^[5]借助先进的CAE软件工具,对含有金属嵌件的卡扣部件进行了深入的模拟仿真分析;通过这一过程,他们精确地识别出了最佳的浇口位置,有效地预测了可能出现的塑件缺陷,并据此对生产流程进行了优化,显著提升了塑件的生产效率和品质。王巍等^[6]借助CAE软件的强大功能,精确地识别并确定了最优的浇口位置,同时精心设计了成型顶杆系统,以确保塑件内部嵌件的精准定位和稳固性。张维合等^[7]、胥永林等^[8]、洪维等^[9]、吴俊超等^[10]、傅莹龙等^[11]、符立华等^[12]都成功地利用专业软件设计了注塑模具,并在设计阶段就通过模流仿真软件预测了成型过程中可能出现的质量问题,采取了相应的措施来预防,制造出了符合质量标准的塑料制品。上述学者在模具设计领域的理念和研究成果,无疑为笔者提供了启示与参考。然而,这些理论和方法在解决笔者所探讨的制品模具设计问题上,尚不能完全达到彻底解决的目的。鉴于此,笔者以汽车抽屉内板为载体,系统探讨了如何解决侧抽芯时塑件跟随滑块移动的难题,最终设计了一模一腔的热流道注塑模具。模具投入使用之后,表现出良好的运行性能,生产出的产品达到了质量标准,该模具设计方法和理念为相同

结构塑件的注塑模具设计提供了借鉴和参考。

1 塑件结构工艺分析

汽车抽屉内板结构如图1所示,所用原材料为聚丙烯(PP)+三元乙丙橡胶(EPDM)-质量分数20%滑石粉(T20)复合材料,收缩率为1%,EPDM的加入明显增强了PP材料的韧性和抗冲击能力,在面对较大的撞击力和压力时使材料保持完整,不易发生断裂。塑件最大外形尺寸为336 mm×303 mm×235 mm,主壁厚度为2.5 mm,局部壁厚度为2.2 mm,图1c圆圈处倒扣特征加强筋与塑件连接处壁厚为1.0 mm,塑件整体不规则。对于抽屉内板塑件,内表面为外观面,传统设计是用定模成型外观面,若采用这样的设计会使塑件留在定模,需要单独设计推出机构,这样会使模具结构更加复杂,鉴于此,本套模具拟用动模滑块成型塑件整个内表面,由于内表面形状较复杂,如何设计此位置的滑块是本模具设计的难点之一。塑件上有12个类似图1c圆圈处的倒扣特征,这需要合理安排斜顶抽芯机构,防止机构间产生干涉。*B*向、*C*向、*D*向所指产品面有大量加强筋组成的六边形形状,其中*B*面上有85个高度为4 mm的加强筋,*C*面上有46个高度为4 mm的加强筋,*D*面上有93个高度为3 mm的加强筋;*B*面和*C*面的倒扣特征拟用液压油缸侧向抽芯机构成型,开模后,由于包紧力大,塑件会跟随大滑块移动,因此如何阻止塑件跟随滑块移动是设计的又一难点。

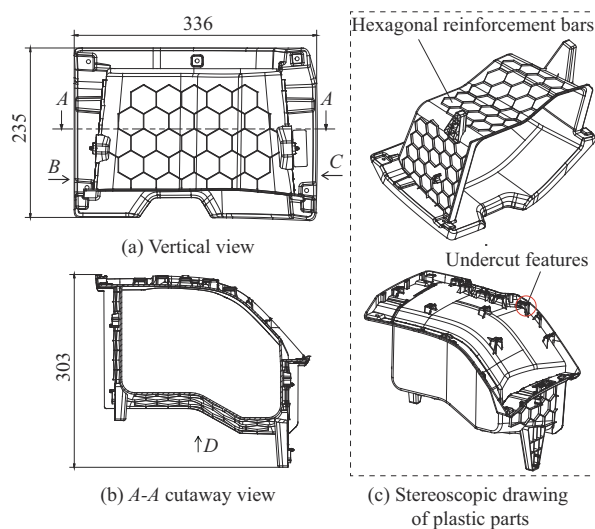


图1 汽车抽屉内板结构图

Fig. 1 Structural diagram of automotive drawer inner panel

2 模具浇注系统设计与模流分析

2.1 模具浇注系统设计

汽车抽屉内板属于内饰件,对其外观面要求较严格,不允许出现缩水痕、夹线等注塑缺陷^[13-14]。依

据塑件结构的特性与工程实践中的丰富经验,设计了1点开放式热流道与冷流道相结合的复合浇注系统,具体设计如图2所示。

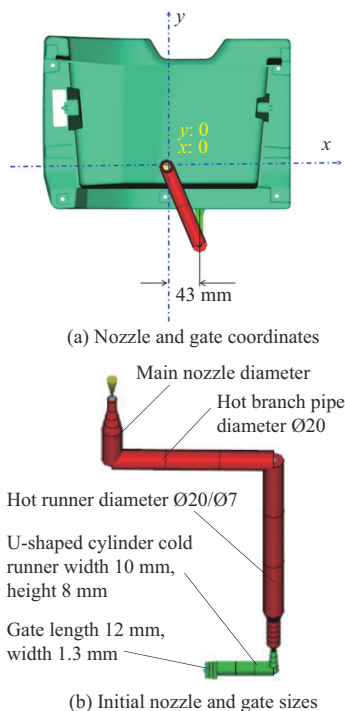


图2 1点开放式热流道

Fig. 2 One-point open hot runner

2.2 基于Moldflow的模流分析

将塑件的三维设计载入到Moldflow软件中,随后执行网格划分操作,根据网格化结果的统计,三角形网格单元的数量是119 804个,连结的节点总数为59 870个,没有不可见三角形,表面区域面积为5 427.97,按照单元类型统计的体积为616.64,网格单元的纵横比最大值为14.95,最小值为1.15,平均纵横比为1.88,共有179 706条共用边,配向不正确的单元、相交单元和完全重叠单元的数量均为0,未出现自由边或多重边的情况,相互百分比为91.1%,匹配率为92.8%,确保了网格的高质量和高效率。

针对PP+EPDM-T20复合材料的特性,在模流分析软件中设定了注射成型工艺参数,见表1。图3直观地呈现了模流分析的结果,可辅助理解材料在模具中的流动行为和填充情况。在图3a中,蓝色线条标识了熔体开始进入模具的区域,即填充的起始点,而红色线条则标记了填充过程的结束位置,即填充的末端,分析结果显示,熔体在整个填充过程中能顺畅地流动,没有出现滞留或阻塞的现象,此外,从图3a还可以得知,整个充填过程耗时4.813 s,

表1 注射成型工艺参数设置

Tab. 1 Setting of injection molding process parameters

Parameter	Numerical value
Mould surface temperature/°C	45
Mould temperature range (recommended)/°C	30~60
Melt temperature/°C	220
Melt temperature range (recommended)/°C	190~250
Absolute maximum melt temperature/°C	290
Ejection temperature/°C	124
Maximum shear pressure/MPa	0.25
Maximum shear rate/s ⁻¹	100 000

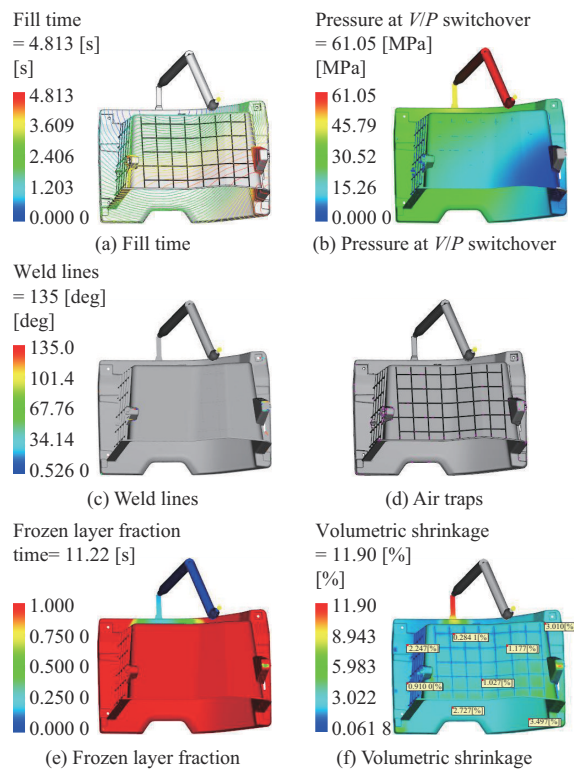


图3 Moldflow分析结果

Fig. 3 Moldflow analysis results

展示了材料在给定条件下高效的填充能力。在图3b中,展示了速度/压力控制转换阶段的压力分布图,观察图3b可以发现,压力分布呈现出较为均匀的梯度,没有出现显著的突变区域,在体积/压力控制转换时,记录到的压力值为61.05 MPa,这个压力值处于一个适宜的范围内,有利于实现有效的填充。图3c和图3d分别展示了塑件中气穴和熔接线的分布情况,分析结果显示,塑件主要外观面没有困气和熔接线,总体符合外观要求,少量困气及熔接线主要集中在筋条位置,可在加强筋处做排气镶件,以此强化排气功能,从而减轻气穴和熔接线的影响。图3e和图3f为冻结层因子和顶出时的体积收缩率分布图,可以明显观察到塑料件从末端至浇口附件逐步冷却并凝固的现象,保压过程充分,确

保证了塑料件的密实度,在保压与冷却过程完成后,塑料件被顶出模具时,其大部分区域的体积收缩呈现出较为均匀的分布状态,表明整个注塑过程控制得当,产品质量稳定。

3 模具主要结构设计

3.1 侧向抽芯机构设计

常规模具的设计方法是将塑件外观面设在定模侧成型,而汽车抽屉内板的外观面位于其内侧,若按照常规设计,开模后会使塑件留在定模,需要设计单独定模推出机构,使模具结构更加复杂,成本提高。若要使塑件开模后留在动模侧,则需要侧抽芯机构来成型塑件内表面,又由于塑件内表面形状较复杂,常规抽芯不能完成,这是抽芯结构设计的难点之一。鉴于此,经反复论证及以往工程经验,本套模具运用动模侧“倾斜式滑块+液压油缸”的抽芯机构来成型塑件的外观面,具体结构如图4所示。侧抽芯机构总体尺寸为764 mm×570 mm×480 mm,属于大型滑块抽芯机构。根据塑件内表面形状,经测算,要使抽芯动作顺利完成,需要把大滑块设计成与Y轴方向(图4a所示)成10°夹角。滑座固定于B板,行程开关固定在压板上,压板、限位柱、导向块和液压油缸用螺钉固定在滑座上,油缸固定座与大滑块用螺钉相互连接。模具从分型面打开时,固定在A板上的两个锁紧块逐渐脱离大滑块,开模完成后,行程开关接受指令,与液压油缸连接的T形拉杆带动大滑块沿着导向块移动,当滑块行程达到220 mm时,侧抽芯动作完成。由于此位置抽芯机构位于模具地侧,因此设计了直径为48 mm、高度为30 mm的限位柱,防止大滑块掉落。

根据前面塑件结构分析可知,B面和C面存在大量加强筋和倒扣特征,拟采用整体滑块成型塑件B面和C面。由于六边形加强筋和倒扣特征对滑块有很大包紧力,当侧抽芯机构运动时,塑件会跟随滑块运动,如何解决这一问题设计的难点。经过反复论证,最后采用滑块内置顶针来解决塑件粘滑块问题,即设计了“滑块+顶针+弹簧+滑动块”的复合机构,其结构如图5所示。塑件B面和C面结构形状不同,但所用复合抽芯机构类似;为了更清楚观察机构内部结构,C面抽芯机构的立体图隐藏了滑块和滑座,如图5a所示。带挂台的两个推管和导向杆固定于滑块座上,用压板盖住;两个推管和直径为8 mm的圆形顶针固定于滑动块上。工作开始

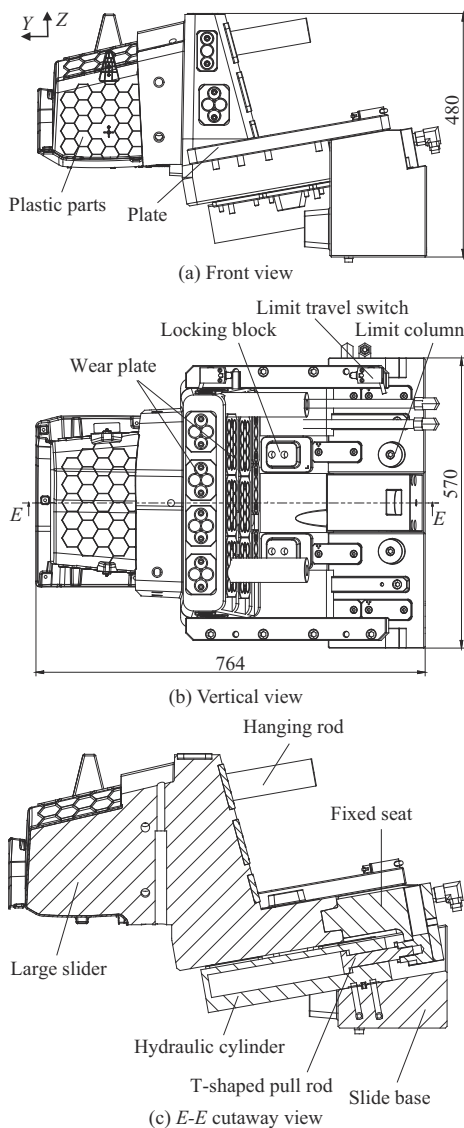


图4 塑件D面侧抽芯机构

Fig. 4 Side core puling mechanism on D-side of plastic part

时,液压油缸带动滑块和滑座运动,此时滑动块在弹簧力的作用下固定不动,从而使两根圆形顶针和推管固定不动,继续抵住塑件;当抽芯机构运动至10 mm时,滑块已从塑件B面和C面的筋位和部分倒扣特征中滑出,此时滑动块、推管和顶针在导向杆的引导下一起随抽芯机构继续后移;当抽芯行程达到60 mm时,侧抽芯动作完成,解决了抽芯时塑件粘滑块的难题。

3.2 导向定位系统设计

为了确保模具结构的稳固与精确导向,本模具在其4个角落均安装了直径为60 mm、长度为400 mm的圆形导柱,这些导柱通过M16规格的螺栓牢固地固定于A板上,如图6所示。此设计不仅简化了导柱过孔的加工复杂度,还促进了模具组装的便捷

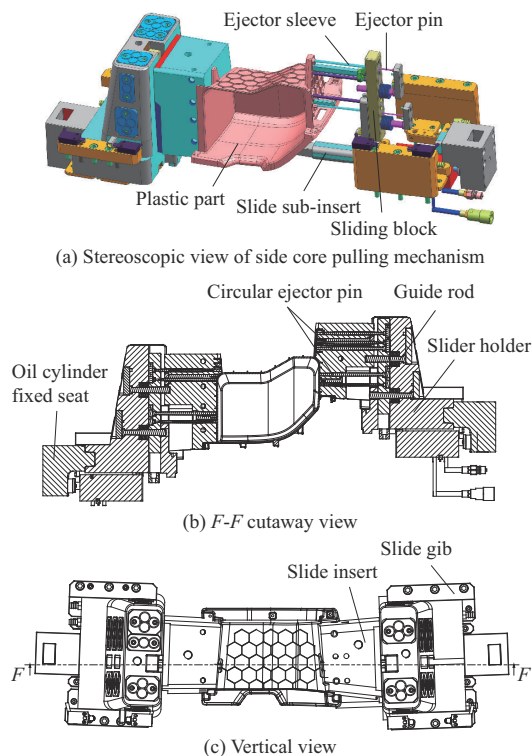


图5 塑件B面和C面侧抽芯机构

Fig. 5 Side core pulling mechanism on B-side and C-side of plastic part

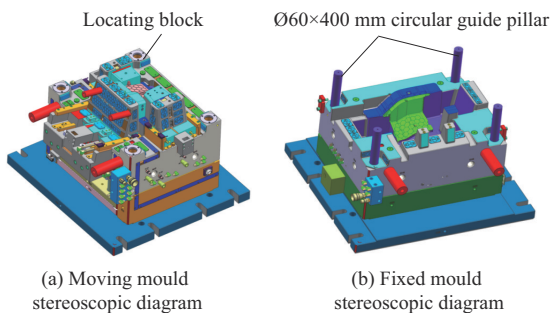


图6 模具导向定位系统

Fig. 6 Mould guidance positioning system

性。另外,为了便利机械手臂在自动化生产过程中能够准确抓取动模侧的塑料制品,特地将导柱布局于定模侧,这一安排充分考虑了生产操作的便利性与效率。模具四角采用6°虎口定位方式,确保模具的强度和稳定性。

3.3 顶出系统设计

汽车抽屉内板作为一种深型腔塑料制品,在完成注塑工艺后,由于产品内部较深,顶出时所需的行程相对较长,因此,设计并应用恰当的顶出机构至关重要,它能够有效地防止诸如顶白痕迹、顶裂等缺陷的出现,确保产品质量与外观的完美。本模具集成了“顶针系统、推管装置、斜向顶块、流动导向钩针以及内置于滑块的顶针”这一综合脱模机

构,具体布局如图7所示。这样的设计旨在实现高效、精准的脱模过程,确保模具制品的完整性和表面质量。顶出开始时,注塑机顶辊驱动顶出机构零件运动,当行程达到105 mm时,顶出结束,机械手抓取塑件。在复位时,通过4组氮气弹簧在复位杆的精确引导下驱动推板及其固定板回归至初始位置,这种复位机制显著提升了复位效率,有效减少了整体成型周期,实现了生产流程的进一步优化,与采用液压油缸方式相比,顶出复位时间降低约25%。

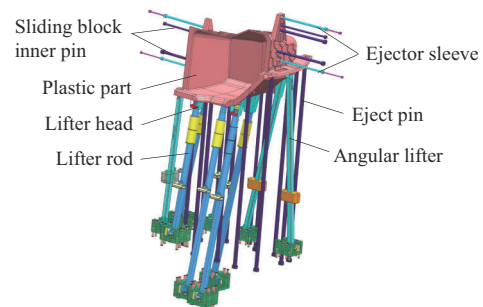


图7 模具顶出系统

Fig. 7 Mould ejection system

3.4 冷却系统设计

为确保塑料制品的成型质量并减少成型所需时间,一个精心设计的冷却系统至关重要。通过优化冷却通道的布局以及冷却介质的流动路径,可以精确地调控模具温度,进而促进生产效率的显著提升,同时确保塑件具备优异的尺寸一致性和光洁的表面质量^[15-16]。图8展示了本模具所采用的冷却系统设计,该系统采用了接近“随形水路”的布局方式,各冷却通道在模具内部错综复杂地交织,构建出一个三维网格状的冷却网络,成型周期缩短约8%。这种设计使得水流的方向与塑料熔体的流动方向保持高度一致,而相邻冷却通道之间的距离则被控制在45~65 mm范围内,以优化冷却效果。

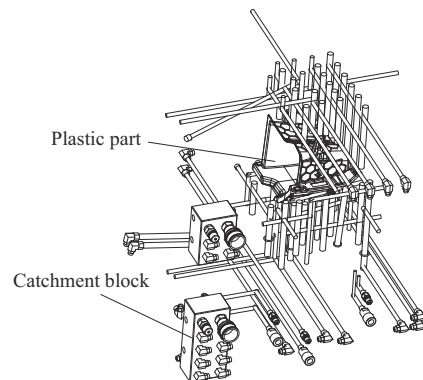


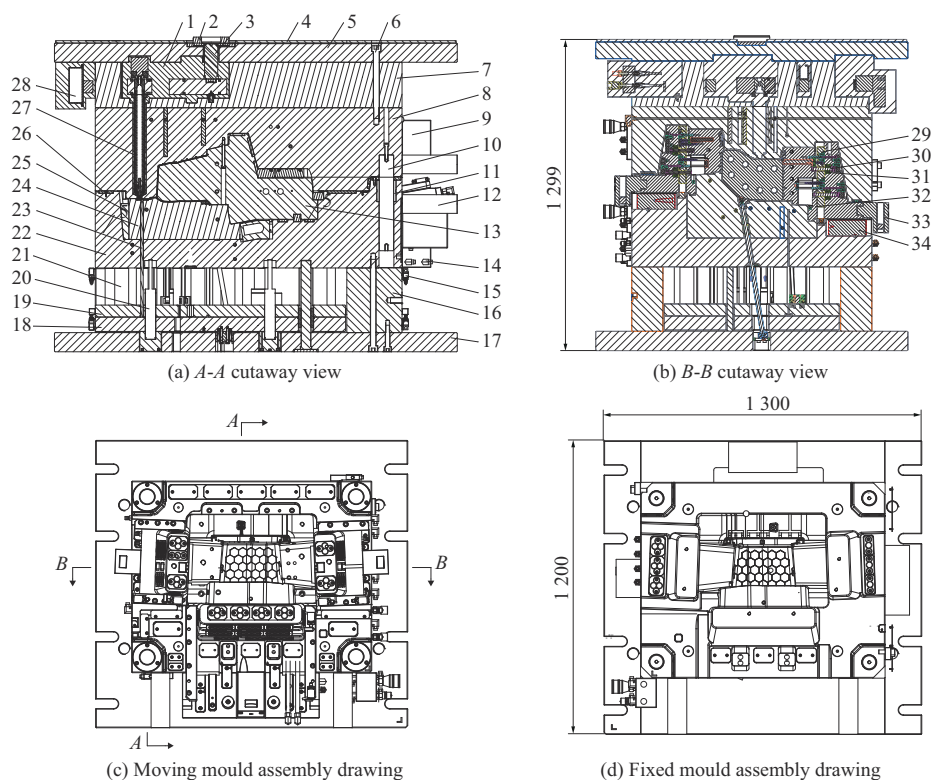
图8 模具冷却系统

Fig. 8 Mould cooling system

4 模具工作过程

图9为汽车抽屉内板模具的装配示意图,该模具采用二板式结构设计,运用1点开放式热流道浇注系统,顶出行程105 mm,模具总体尺寸为1 300 mm×1 200 mm×1 314 mm,定模质量大约为4 200 kg,动模质量大约为4 350 kg,属于大型注塑模具。整个模具的工作流程概述如下:将模具的热流道控制器28接线口接通电源,并加热至预设的适宜温度,随后利用注射系统产生的压力,将经过充分塑化的熔融塑料注入热流道板1内,随后在电磁阀的精准操控下,熔融塑料依次通过一级热嘴3和二级热嘴27精确地注入模具的型腔之中;注射完成后,为确保

熔料能够完全填充型腔并维持其形状,需对熔融塑料施加一定的保压压力;在完成保压补缩和充分的冷却固化过程后,通过施加开模力,动模B板22与定模A板8被顺利分离。当动模的运动停止后,塑件B面、C面和D面的复合抽芯机构随即启动,将对应的滑块向外抽出,此过程将持续进行,直至各个滑块的限位杆触碰到相应的行程开关,标志着抽芯动作的完成;接下来顶出机构开始工作,当顶出行程达到105 mm,顶出完成,机械手抓取塑件;随后在复位杆的引导下,4组氮气弹簧20驱动顶出机构组件回到原位,接着注塑机带动动模合模,各机构均相继恢复到开模前的状态,开启下一个注塑循环。



- 1—Hot runner plate; 2—Positioning ring; 3—First level hot nozzle; 4—Base plate; 5—Fixed clamp plate; 6—Hexagon socket head cap screw; 7—Frame plate; 8—Fixed mould A plate; 9—Water collection block; 10—Guide pillar; 11—Guide sleeve; 12—Hanging rod; 13—Large slider; 14—Plug; 15—Travel switch; 16—C plate; 17—Moved clamp plate; 18—Push plate fixing plate; 19—Pushing board; 20—Gas spring; 21—Limit column; 22—Moving mould B plate; 23—Sprue puller; 24—Moving mould core; 25, 32—Moving mould inserts; 26—Wear plate; 27—Secondary hot nozzle; 28—Hot runner controller; 29—Slider; 30—Guide rod; 31—Spring; 33—Oil cylinder fixed seat; 34—Slide base

图9 模具装配图

Fig. 9 Mould assembly drawing

5 结论

模具采用一模一腔的布局方式,运用了1点开放式热流道与冷流道相结合的浇注系统方案。利用Moldflow工具进行了详尽的注射成型仿真,对潜在的注塑缺陷进行了深入的分析和评估。设计了滑块内置顶针机构,即“滑块+顶针+弹簧+滑动块”

复合抽芯机构,通过两次分步抽芯,防止滑块移动时塑件被一起带走。采用了交叉布局的立体网格冷却系统,这种设计使得冷却效率得到了显著提升。采用“顶针系统、推管装置、斜向顶块、流动导向钩针以及内置于滑块的顶针”这一综合脱模机构,解决了脱模困难问题。自投入生产运行以来,

模具运行平稳无故障,确保了生产出的产品质量完全符合既定标准与要求。

参考文献

- [1] 王颖,秦龙,冯安平.汽车主副驾饰板顺序阀热流道注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(6):99-104.
WANG Ying, QIN Long, FENG Anping. Design of injection mold on sequence valve hot runner for automobile driver and co driver trim panel[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(6): 99-104.
- [2] 张留伟,顾赛君,袁博,等.汽车尾翼本体顺序阀热流道大型注塑模具设计[J].塑料科技,2022,50(11):115-119.
ZHANG Liuwei, GU Saijun, YUAN Bo, et al. Design of large injection mold with hot runner of sequence valve for automobile tail body[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(11): 115-119.
- [3] 周俊杰,陈秋凡,冯文,等.基于Moldflow的排水泵过滤网注塑工艺优化与模具设计[J].工程塑料应用,2024,52(1):109-115.
ZHOU Junjie, CHEN Qiufan, FENG Wen, et al. Injection molding process optimization and mold design of drainage pump filter based on Moldflow[J]. Engineering Plastics Application, 2024, 52(1):109-115.
- [4] 范玉,黄继战,范佳琦.电池正极支架成型工艺分析及其注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(11):102-107.
FAN Yu, HUANG Jizhan, FAN Jiaqi. Molding process analysis of battery positive pole bracket and its injection mould design[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):102-107.
- [5] 王金荣,王权,赵笑梅.基于Moldflow的带金属嵌件汽车安全带卡扣浇口优化设计[J].塑料工业,2021,49(S1):103-108.
WANG Jinrong, WANG Quan, ZHAO Xiaomei. Optimum design of gate for buckle of automobile safety belt with metal insert based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2021, 49(S1):103-108.
- [6] 王巍,张贺,李珍.机载计算机卡钩注塑模具设计[J].塑料,2022,51(2):43-46,106.
WANG Wei, ZHANG He, LI Zhen. Design of injection mold for airborne computer hook[J]. Plastics, 2022, 51(2):43-46, 106.
- [7] 张维合,冯国树,朱晓敏,等.汽车右后门板顺序阀热流道大型薄壁注塑模具设计[J].中国塑料,2022,36(1):166-171.
ZHANG Weihe, FENG Guoshu, ZHU Xiaomin, et al. Design of large and thin-walled injection mold with SVG for car right-tuer hinten[J]. China Plastics, 2022, 36(1):166-171.
- [8] 胥永林,冯国树,张维合,等.汽车后视镜支架大型注塑模具设计[J].塑料,2022,51(3):104-107,148.
XU Yonglin, FENG Guoshu, ZHANG Weihe, et al. Design of large injection mould for car rearview mirror bracket[J]. Plastics, 2022, 51(3):104-107, 148.
- [9] 洪维,傅莹龙.汽车仪表板下本体大型注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(5):107-112.
HONG Wei, FU Yinglong. Design of large injection mould for automobile instrument panel lower body[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(5):107-112.
- [10] 吴俊超.基于Moldflow的汽车仪表板大型塑件注塑模工艺优化[J].中国塑料,2021,35(12):121-128.
WU Junchao. Process optimization of injection mold for large plastic parts of automobile dashboard based on Moldflow[J]. China Plastics, 2021, 35(12):121-128.
- [11] 傅莹龙,符立华,叶星辉,等.基于CAE技术的汽车转向管柱护罩热流道注塑模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(11):97-101,116.
FU Yinglong, FU Lihua, YE Xinghui, et al. Design of hot runner injection mould for car steering column protecting cover based on CAE technology[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(11):97-101, 116.
- [12] 符立华,赵贵显,任建平.基于顺序阀与复杂抽芯技术的汽车门槛精密模具设计[J].工程塑料应用,2022,50(8):91-96.
FU Lihua, ZHAO Guiyu, REN Jianping. Design of precision mould for automobile threshold based on sequence valve and complex core pulling technology[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(8):91-96.
- [13] 金志伟.基于Moldflow的注塑成型缺陷分析和工艺参数优化[D].宁波:宁波大学,2016.
JIN Zhiwei. The defect analysis and parameter optimization of injection molding process with Moldflow[D]. Ningbo: Ningbo University, 2016.
- [14] 杨鸿.基于Moldflow的无人机上盖模流优化分析与模具设计[J].中国塑料,2020,34(6):92-99.
YANG Hong. Moldflow-based optimization analysis and die design of UAV upper cover[J]. China Plastics, 2020, 34(6):92-99.
- [15] 闫丽静,张维合,邓成林.汽车A柱上护板大型复杂内侧抽芯注塑模设计[J].中国塑料,2023,37(7):110-114.
YAN Lijing, ZHANG Weihe, DENG Chenglin. Design of large injection mold with complex inner core pulling for door cladding under A-pillar of car[J]. China Plastics Industry, 2023, 37(7): 110-114.
- [16] 韩伟,江丽珍,黄凌森.汽车档位杆注塑模具冷却系统设计及优化[J].塑料,2020,49(2):128-131.
HAN Wei, JIANG Lizhen, HUANG Lingsen. Design and optimization of cooling system for injection mould of automobile gear rod[J]. Plastics, 2020, 49(2):128-131.