

汽车保险杠气辅注射成型技术研究及工艺优化

刘建雄 肖正明

吴正宇

(昆明理工大学机电学院,昆明 650093) (昆明理工大学生物与化学工程学院,昆明 650224)

摘要 分析了保险杠的结构及性能要求,并研究了保险杠的气辅注射成型技术及工艺过程。运用 CAE 技术模拟保险杠充填过程,预测其成型质量,并结合实际生产条件优化出合理的气辅注射成型工艺参数。经实验研究,在优化的工艺条件下气体能较理想地穿透熔体,所生产的保险杠质量能满足用户的需求。

关键词 气体辅助注射成型 保险杠 计算机辅助工程 工艺优化

气体辅助(以下简称“气辅”)注射成型是利用高压气体在注塑件内部产生中空截面,实现气体保压,消除制品表面缩痕的一种新型塑料成型技术。保险杠是汽车上较大的外覆盖件之一,作为一个独立的部件安装在汽车上,它对车辆的安全防护、造型效果和气体动力性等都有较大的影响。

随着气辅注射成型技术的不断提升,气控设备日益完善的注气控制系统的研发,以及气辅注射成型计算机辅助工程(CAE)模拟技术可信度的日渐改进,越来越多的保险杠生产厂商都选择采用气辅注射成型技术来开发新型保险杠。气辅注射成型技术具备了传统注射成型技术的优点,同时又能较大程度地避免传统注射成型所产生的制品缺陷。笔者研究了保险杠的气辅注射成型技术,并运用 CAE 模拟技术对保险杠的气辅注射成型工艺参数进行了优化。

1 汽车保险杠结构及使用性能

由于汽车保险杠为一大平面的力学结构件,需要在很多部位设置加强筋,因此经常会在保险杠表面出现凹痕等缺陷,严重影响制品的表面质量。采用传统注射成型方法生产的保险杠表面质量总是不如人意,同时由于注塑压力较大,开模后保险杠的翘曲也较大。为了提高保险杠的质量,降低成型时的注射力,需要研究开发新型保险杠与相关车型匹配。通过分析、比较,并借鉴国外的生产经验,确定采用气辅注射成型工艺生产汽车保险杠。

在设计汽车保险杠时,首先要考虑其使用性能,满足其强度、刚度及与车体配合的要求,同时为满足保险杠的外观要求,在与用户充分讨论的基础上,采用 Pro/E 软件对保险杠进行了三维造型(见图 1)。

所设计的保险杠长度约 1 660 mm,高度 186 mm,保险杠在开模方向的最大距离为 158 mm,平均壁厚约 3 mm。从图 1b 可以看出,保险杠设置了较



a—正视图; b—背视图

图 1 保险杠三维造型

多的加强筋,以增强保险杠的力学性能,保证其具有足够的刚性和韧性。采用气辅注射成型生产的保险杠含有中空气道的结构,与传统注塑件相比具有更为优良的冲击韧性和较理想的缓冲效果。

2 保险杠气辅注射成型工艺过程

保险杠气辅注射成型采用气针进气(型腔进气)方式,首先向模具型腔中注入一定量的塑料熔体,再把氮气经分段压力控制系统直接注入保险杠型腔厚壁部位的塑化熔料中,使注塑件内部膨胀而形成中空,从而完成充填过程。

保险杠气辅注射成型过程大致可分为 4 个阶段:第 1 阶段将给定体积的塑料熔体注入型腔,以实现熔体的预充填过程;第 2 阶段是在注射完熔体后开始注入气体,用高压氮气推动塑化熔料继续填充型腔;第 3 阶段为气体保压阶段,同时使气体二次穿透直至熔体完全充满型腔;第 4 阶段为制品凝固成型,撤回气体由喷嘴释放氮气。

气辅注射成型所需的设备是在普通的注塑机上再加装一套气体注入装置。气体注入装置包括气体压力制备系统、气嘴和气体压力控制系统。图 2 为气辅注射成型工艺装备示意图。

生产该保险杠时选择的注塑机最大锁模力为 25 000 kN,最大注射量 20 kg。气辅设备采用 7-15 型 Gas Preparation System。由于保险杠成型面积较大,为了保证充模充分,一般设计流道直径较大,且

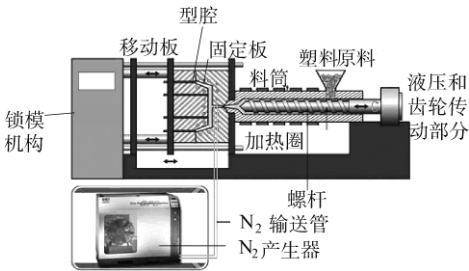


图2 气辅注射成型工艺装备示意图

分布流程较长。另外,由于保险杠尺寸较大,成型时需要很大的注塑压力,所以传输塑料熔体过程中应避免压力损失。鉴于以上原因,设计保险杠模具时采用了热流道技术。

3 气辅注射成型过程模拟与工艺优化

3.1 浇口分析及流道设计

为了能在 Moldflow 软件中进行模拟流动分析,首先应对分析对象进行前置处理。这种前置处理主要包括制品三维模型导入、有限元网格划分、网格模型优化、分析参数和条件变量设定等。将三维造型的文件导入到 Moldflow 时需进行文件格式转换,即把采用 Pro/E 软件造型的保险杠文件格式转换成 IGS 或 STL 文件后再导入到 Moldflow。经有限元网格划分、网格模型优化后,网格模型与实体模型的匹配度可达到 87.7%。网格平均纵横比约为 3,其它网格缺陷均已得到合理修整,有限元模型符合分析前处理要求。

图3为保险杠浇口位置分析云图。由图3可知,保险杠最佳浇口位于中部两圆孔附近。



图3 保险杠浇口位置分析云图

为了解决因制品尺寸较大给注射成型带来的成型困难及工艺范围狭窄的问题,大型塑料件的气辅注射成型往往采用增加热流道和浇口数目的设计形式。根据保险杠的外形特征,在确定分型面后可根据浇口位置分析图及设计经验来确定浇口位置,浇口形式宜采用半圆形横浇口。该保险杠的流道系统整体结构设计如图4所示,其中图4右上角流道系统是从充填模型中抽取的。

3.2 保险杠气辅注射成型过程模拟

3.2.1 保险杠熔体充填与气体穿透

该保险杠选用聚丙烯(PP,规格为 Generic)材

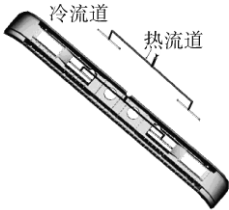
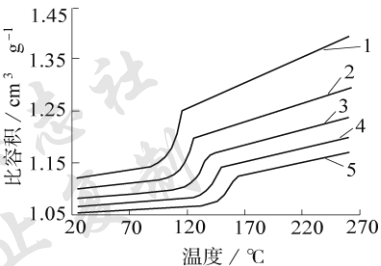


图4 流道系统设计

料,在模拟中可使用软件材料库中的 Generic PP。PP材料的特性及成型条件如表1、图5所示。

表1 PP材料特性及成型条件

材 料	最大剪切速率 / s ⁻¹	最大剪切应力 / MPa	料温 / °C	模温 / °C
PP	10 ⁴	0.25	230	40



1—0 MPa；2—50 MPa；3—100 MPa；
4—150 MPa；5—200 MPa

图5 不同压力下 PP 材料的比容随温度的变化曲线

表2、图6为利用 Moldflow 软件分析对熔料注射与气体注入预设定的主要模拟工艺参数。

表2 气辅注射成型分析预设定的工艺参数

注射时间 / s	延迟时间 / s	注射压力 / MPa	注气时间 / s	熔体预注射量 / %
8	4	25	20	96

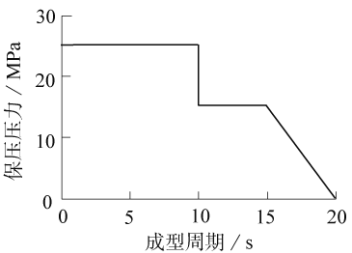


图6 气体保压控制曲线

保险杠气辅注射成型工艺中熔体充模时序如图7所示。熔体充满型腔的时间约为 13.12 s。注塑机的注料时间设置为 8 s,此时充填的熔体已达到型腔体积的 96%,而后在注入气体的推动下熔体继续充填型腔,直到 13.12 s 时熔体完全充满型腔。气体穿透熔体的时序及效果如图8所示。由图8可知,气体能较好地沿着设计的气道布局穿透熔体,在气嘴位置出现了轻微的手指现象,有少许气体穿透了气道附近的薄壁区域。总体看来,气体整体穿

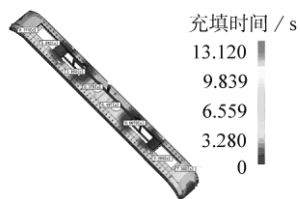


图7 熔体充填时序图



图8 气体穿透时序图

透效果比较理想。

3.2.2 保险杠气辅注射成型压力和锁模力

图9为保险杠气辅注射成型时熔体喷嘴处的注射压力-时间曲线。由图9可见,注射压力峰值出现在8 s时刻,注射压力值约为47 MPa。保险杠气辅注射成型工艺下的锁模力-时间曲线如图10所示。由图10可以看出,该锁模力-时间曲线有2个峰值,1个在8 s时刻,锁模力约为5 800 kN;另一个在18 s时刻,锁模力约为8 000 kN。第1个锁模力峰值出现在熔体注射阶段的填充/保压转换时刻,此时型腔平均压力处于熔体注射阶段的最大值,因此锁模力也要随之增大。

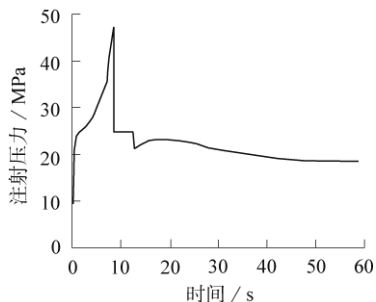


图9 气辅注射成型喷嘴注射压力-时间曲线

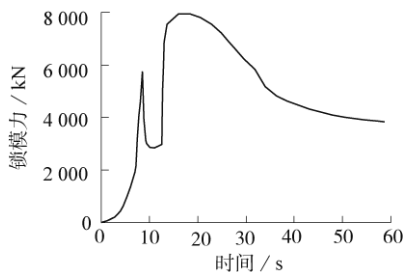


图10 气辅注射成型锁模力-时间曲线

在填充/保压转换时刻的型腔压力分布如图11所示。由图11可见,最大型腔压力位于热流道喷嘴处,其值为46.8 MPa,与喷嘴注射压力-时间曲线

的峰值相对应。图12为气辅注射成型型腔内不同部位的压力-时间曲线。由图12可以看出,填充/保压转换时刻型腔的平均压力约为20 MPa,该压力为熔体注射阶段型腔整体压力的最大值。在气体注入阶段其气体注射压力一般要高于型腔内熔体的平均压力,所以保险杠气辅注射成型的注气压力应设定为25 MPa。

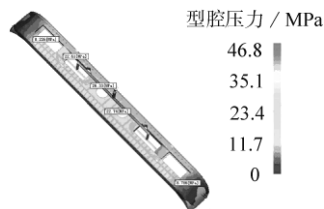


图11 填充/保压转换点型腔压力分布

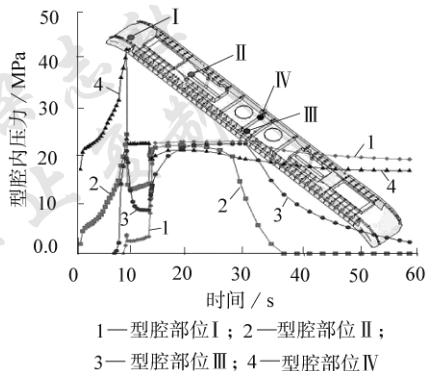


图12 型腔内不同部位的压力-时间曲线

3.2.3 保险杠气辅注射成型表面质量

表面缩痕是保险杠注射成型最易出现的缺陷,如果采用传统注射成型工艺,这种缩痕缺陷会较为明显。而气辅注射成型技术能有效地减小制品表面的缩痕值。图13为保险杠气辅注射成型的表面缩痕值分布。由图13可知,气辅注射成型保险杠的表面缩痕最大值为0.0516 mm,并且绝大多数壁厚部位的缩痕值不超过0.02 mm。

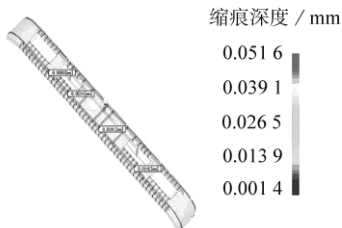


图13 气辅注射成型保险杠缩痕值

对于轻微的表面缩痕,卡车保险杠是允许存在的,总体缩痕值为0.02 mm对客车保险杠的整体外观效果不会造成太大的影响。图14为气辅注射成型保险杠的表观效果。由图14可看到,框内出现了较轻微的缩痕,这种缩痕缺陷用肉眼不易观察到,对

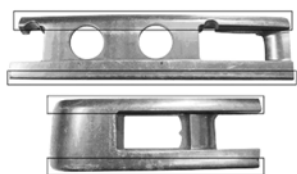


图 14 气辅注射成型保险杠的表现效果

保险杠的表面质量、整体外观不会造成太大的影响。

4 保险杠气辅注射成型工艺的适用性与经济性评估

采用传统注塑工艺生产的汽车保险杠很难达到用户满意的质量要求, 因为传统工艺生产的保险杠表面缩痕非常明显, 缩痕最大值达 0.24 mm。由以上分析可知, 气辅注射成型保险杠时注射熔体所需的最大压力约为 47 MPa, 而传统注射成型注射熔体所需的最大压力约 65 MPa, 相比之下, 采用气辅注射成型技术可使注塑机最大注射压力减少 18 MPa; 气辅注射成型保险杠时锁模装置只需提供不小于 8000kN 的锁模力, 比传统注射成型约节省了 6% 的锁模力, 有效降低了注塑机的能耗。

由于预注射熔料为型腔体积的 96%, 所以每件制品可节省 4% 的塑料量, 约 0.12 kg。根据目前 PP 的市场价格, 平均每件保险杠成本可节省约 1.2 元。

在优化的工艺条件下, 气体能较合理地穿透熔体, 得到满意的气体中空效果。工厂采用气辅注射成型生产时采用的工艺参数与笔者模拟调试的工艺

参数基本相符, 并且生产的保险杠质量也与预测结果出入不大。

5 结语

由于大多数保险杠结构比较复杂, 加强筋较多, 壁厚差异较大, 往往需要使制件产生局部中空效果。采用气辅注射成型技术生产保险杠能避免传统注射成型中的缩痕、翘曲过大、内应力较大等制品缺陷, 同时还提高了保险杠的韧性, 缩短了成型周期, 节省了材料, 降低了成型设备锁模力吨位。

气辅注射成型是一种新型成型技术, 成型过程控制参数较多, 可借鉴的经验较少, 因此采用 CAE 技术进行模拟流动分析显得更为重要。笔者运用 MPI/Gas 气辅分析功能模块对保险杠气辅注射成型进行熔体充模和气体穿透分析, 在模拟过程中需反复调试注料和注气工艺参数, 最后优化得到的气辅注射成型工艺为实际生产调试提供了很好的技术借鉴。

参考文献

- 1 刘洁, 史玉升, 何贵, 等. 轿车保险杠大型注射模设计及 CAE. 模具制造, 2004(7): 22
- 2 Liu S J, Chang K H. An empirical study of gas penetration in full-shot gas-assisted injection moulded parts. Journal of Engineering Manufacture, 2002(B12): 1549
- 3 肖正明. 气体辅助注射成型数值模拟与工艺优化: [硕士学位论文]. 云南: 昆明理工大学, 2006.

STUDY ON GAIM TECHNOLOGY OF AUTO-BUMPER AND PROCESS OPTIMIZATION

Liu Jianxiong, Xiao Zhengming

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Wu Zhengyu

(Faculty of Biological and Chemical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

ABSTRACT The structure and capability requirement of auto-bumper were analyzed, and the gas assisted injection molding (GAIM) technology and its process were studied. The filling process of bumper was simulated by using CAE software, and the molding quality was predicted. The GAIM processing parameters of bumper were optimized combining with the practice. According to experimental research, the gas penetrated through the melt polymer commendably, and the product quality could satisfy the client's requirements.

KEYWORDS gas assisted injection molding, bumper, CAE, process optimization

“工程塑料网”启用新域名及《工程塑料应用》杂志更改投稿邮箱的通知

随着“工程塑料网”网站影响的不断扩大, “工程塑料

《工程塑料应用》杂志投稿邮箱更改为:

网”已启用新域名: **www.epa1973.com**

epa@epa1973.com

www.中国工程塑料.com

为便于统计与管理, 请“工程塑料网”网站的广大网友使用新域名访问网站。

原投稿邮箱还可使用到今年年底。为方便管理, 确保您的稿件能被准确接收, 请广大作者尽量使用新信箱, 并相互转告。