

轿车骨架注塑模具结构的虚拟设计^{*}

黄 先 董祥忠

莫健华

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065) (华中科技大学模具技术国家重点实验室,武汉 430074)

摘要 立足于虚拟造型技术,利用 CAE 软件探讨了轿车骨架注塑模具结构虚拟设计的可行性。结果表明,通过虚拟设计制作的(乙烯/丙烯/二烯)共聚物改性聚丙烯轿车骨架用注塑模具结构设计合理,各部分动作顺畅,特别是浇注系统和冷却系统得到优化,能有效提高生产效率,缩短开发周期,降低生产成本。

关键词 轿车骨架 注塑模具 虚拟设计 (乙烯/丙烯/二烯)共聚物 聚丙烯

未来二三十年,中国将成为全球汽车消费大国和汽车零部件制造大国。汽车工业的车身造型是现代制造技术在产品上的集中体现。汽车制造业能否生存下去并发展壮大,关键看其能否不断地降低成本、及时地设计和制造出新颖的车型来^[1]。随着计算机网络的迅猛发展,某项设计任务往往需由不同地点和协作单位的设计机构与不同部门共同承担。因此虚拟产品开发技术将能更好地解决制造业所面临的重大问题。

在设计领域中,计算机是科技人员高效率设计的工具。设计人员可以按照自己的想象用计算机建立待开发产品的三维模型。利用 CAE 软件还可对其结构进行应力分析、运动仿真,使不合理的部分随时得到修正。协作单位之间可利用互联网络随时传递信息、交换文件,及时地获取对方工作的进展情况,对设计中出现的问题可随时提出相关的建议和意见,也可对其进行直接修改,进行异地虚拟设计。这样既方便协作又节省时间,可以大大提高工作效率,缩短新产品的开发周期^[2]。

1 轿车骨架注塑模具结构总体设计方案

1.1 制品分析和材料选择

本制品为轿车骨架,其模型如图 1 所示。图 1 中 9 个黑点为浇口位置。该骨架总体尺寸为 2 800 mm × 1 200 mm × 1 200 mm,壁厚为 3 mm,外表面要求光洁,其粗糙度(Ra)为 0.8 μm,内表面及其它地方 Ra 为 1.6 μm。车身窗口较多,除了尾部车灯处需要侧抽芯以外,前后盖孔均由型芯成型,而左右门窗处的孔则由型芯与型腔的曲面组合而成。制品对型芯有一定的包紧力,可保证制品留在动模一边。车壳内外侧的边角均设计成圆弧倒角,有利于塑料熔体充模流动和制品的顺利脱模,可增加模具的总体强度,更能满足人们对视觉效果追求。

由于使用条件和环境的特殊性,要求成型轿车



图 1 轿车骨架模型

骨架用塑料应具有高的耐冲击性、耐老化性、耐腐蚀性,良好的耐磨性、耐候性及较高的耐应力开裂性。为满足以上要求,可选用聚丙烯/(乙烯/丙烯/二烯)共聚物(PP/EPDM)合金材料或玄武纤维增强聚丙烯双环戊二烯(PDCPD/BF)复合材料。因为前者常用于汽车保险杠,将 EPDM 与 PP 共混是提高 PP 冲击强度的主要方法,而且 EPDM 具有优异的热稳定性,与 PP 有良好的相容性^[3];采用后者是鉴于美、英、日及西欧等国家和地区都大量采用玻璃纤维增强环氧树脂复合材料,而 PDCPD/BF 复合材料的弹性模量为 110 GPa、拉伸强度为 430 MPa、压缩强度为 440 MPa,使用温度为 -260 ~ 700℃,这种具有网状体型结构的热固性塑料适于制作轿车骨架、车身、保险杠等。现以 EPDM/PP 合金为例,对轿车骨架注塑模具进行讨论。

1.2 模具总体结构设计及动作原理

根据轿车大小、形状及用途,并考虑到模具制造技术的合理性和可行性,将模具设计为单型腔、针点浇口进浇的三板式结构,它的外形长 3 400 mm、宽 1 700 mm、高 3 800 mm,结构如图 2 所示。分型时选取骨架底部大平面为分型面,型芯和型腔分别成型制品的内外表面,骨架左右门的空洞由型芯与型腔各成型一半,而车前盖和后盖的空洞可直接由型芯

^{*} 华中科技大学塑性成型模拟及模具技术国家重点实验室资助项目(03-8)

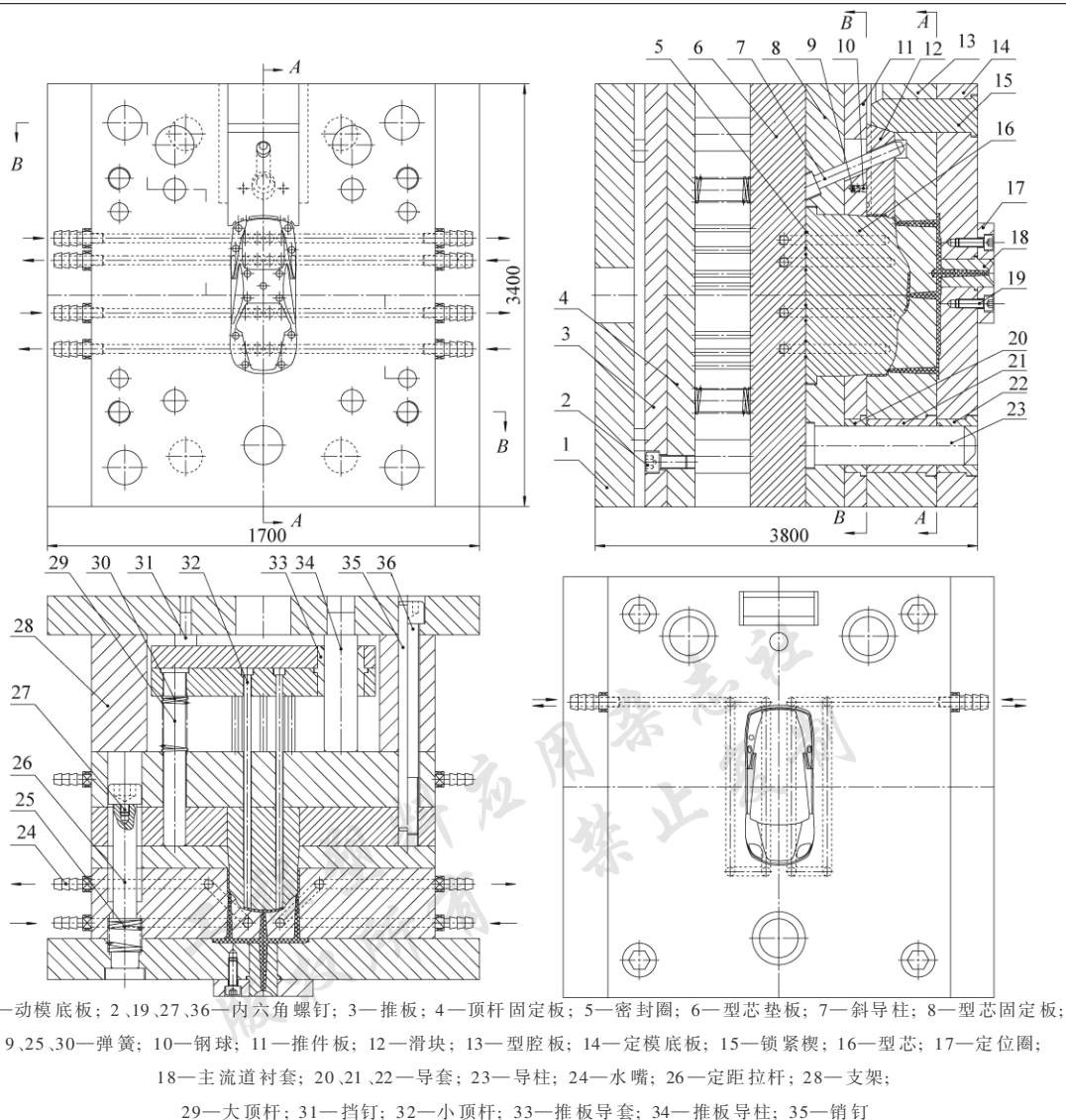


图2 轿车骨架注塑模具结构图

成型,型腔为一个完整的曲面。这样分型有利于将制品留在动模一边,便于脱模。型腔采用整体式,型芯采用轴肩、推件板、固定板和垫板的组合结构。推件板中心孔制成型芯外壁形状,保证与轿车骨架底部的形状吻合,前后4个车轮曲线由嵌块与推件板组合,并可随推件板同时顶出,制品顶出受力均匀,保证了轿车骨架能平稳地被推件板脱出。

该模具动作原理如下:

(1) 熔体注射、保压、冷却完成后,开模时依靠弹簧25作用使次分型面A-A首先打开,拉断浇口,然后次分型面继续打开直到定距拉杆26头部螺钉撞击型腔板13的圆形槽,迫使主分型面B-B打开,制品包紧型芯留在动模一边。

(2) 开模到位,注塑机中心顶杆动作,顶出系统

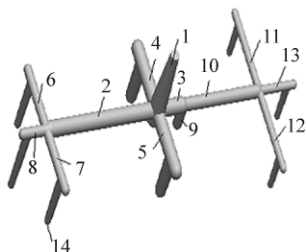
前进、推板3前移,制品在大顶杆(顶出回程杆)29、推件板11和小顶杆32的同时作用下推动斜导柱7使滑块12完成侧向分型抽芯,并由钢球10定位。制品从主型芯上顺利脱出。

(3) 脱模完成以后,注塑机中心顶杆复位,顶出系统在弹簧30的作用下先行复位,侧向抽芯机构回到原始位置,进而主分型面B-B和次分型面A-A相继合模,完成整个成型周期。

1.3 浇注系统设置

由于轿车骨架的尺寸较大,且尾部又设有侧抽芯的灯孔,因此该模具采用多点浇口进浇,浇注系统如图3所示。图1中9个点浇口分别设于轿车骨架的前、中、后部,脱模时可自动拉断,在外壁上基本不留痕迹。采用这种小浇口增加了物料的流速,浇

口前后两端有较大压力差, 便于充模。小浇口处有较大阻力, 熔体流过浇口时一部分能量转换为摩擦热, 使熔体温度明显升高, 可降低表观粘度, 增加充模的流动性。另外, 小浇口冻结快, 可控制并缩短补料时间, 有助于提高制品质量, 缩短成型周期。经 CAE 优化, 浇注系统完全达到预期设计的效果^[4]。



1—主流道; 2~13—分流道; 14—点浇口

图3 浇注系统示意图

1.4 脱模与抽芯机构设置

轿车骨架外形复杂、长和宽的尺寸较大、壁厚较薄, 尾部有灯孔需侧抽芯, 上面有较大的空缺部位, 特别是门和窗中间的骨架部位尺寸相对较小。因此, 该模具采用了顶杆与推件板及斜导柱联合脱模机构。为保证制品形状, 顶杆前端应加工成所在制品位置的形状, 并与型芯顶部曲面吻合。推件板作用于制品底部最大截面上, 中心隆起的壳体则由顶杆顶出。脱模时, 制品在推件板、顶杆及斜导柱的同时作用下, 使尾部滑块首先分型、抽出灯孔侧型芯, 进而将制品顶出主型芯而脱出。

1.5 导向机构设置

该模具在动模边设有4根导柱, 材料为T8A, 主要用于导向、定位、承受注塑时产生的侧向压力, 并有支撑推件板脱模时重力的作用。在定模边也设有4根定距拉杆, 其配合长度较长, 同样能起到导向、定位和承受型腔板重力的作用。为增加导柱寿命, 导套以硬度较低的黄铜制成, 可使开合模更趋于平稳。

由于制品形状复杂, 包紧力较大, 模具中采用了4根大顶杆、推件板和13根小顶杆联合顶出, 并在顶出系统中设有4根推板导柱, 可避免小顶杆顶出时产生倾斜、变形甚至折断, 同时可以防止型芯垫板在高压注射成型下变形, 提高了产品质量。

1.6 冷却系统设置

考虑到制品冷却的均匀性及模具加工的方便, 在定模型腔板上开设了两条对称且不在一个截面上的水道; 在动模主型芯上开设了4条冷却水道, 水道进、出口开在型芯垫板上, 水的流向如图2所示。

在每条水道沿型芯的纵向开设了若干个垂直于轿车骨架的孔, 并在孔的中间插入隔板, 以保证能增大散热面积。

2 理论计算

2.1 脱模力与锁模力^[5]

包紧力 P 可采用式(1)计算:

$$P = \sigma(R_{k1} - R_{k2})/R_{k2} = E \varepsilon T/R_{k2} \quad (1)$$

式中: σ ——拉应力, Pa;

R_{k1} 、 R_{k2} ——注塑件和型芯的径向尺寸, m;

E ——弹性模量, Pa;

ε ——收缩率, %;

T ——注塑件壁厚, m。

$$R_{k1} = (F_1 + F_2)/\pi, \quad R_{k2} = F_2/\pi \quad (2)$$

$$Q = KhPA(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 31.7 \text{ MN} \quad (3)$$

式中: F_1 、 F_2 ——注塑件和型芯的当量截面面积, m^2 ;

Q ——脱模力, N;

K ——可靠性系数, 一般取2~3;

h ——型芯埋入注塑件深度, m;

A ——型芯断面周长, m;

μ ——摩擦系数, 取0.1~0.2;

α ——脱模斜度, 为 23° 。

锁模力 $F = P' \times S$, 最大注塑压力 P' 取100 MPa, 注塑件和浇注系统在轴向的投影面积之和 S 约为 1.44 m^2 , 实际生产中 F 为:

$$F \geq P' \times S = 100 \times 1.44 = 144 \text{ MN} \quad (4)$$

2.2 开模行程与侧抽芯尺寸

开模行程 H 可用式(5)计算:

$$H \geq H_1 + H_2 + a + 10 \text{ mm} = 2650 \text{ mm} \quad (5)$$

式中: H_1 ——注塑件脱模距离, 为1200 mm;

H_2 ——注塑件高度, 为1200 mm;

a ——脱出浇口所需次分型面打开距离, 为240 mm。

骨架尾部有对称的单向侧抽芯孔, 抽芯距离 $S' = 156 \text{ mm}$, 斜导柱与水平线夹角 $\alpha = 23^\circ$, 因此得到斜导柱有效长度 L 为:

$$L = S'/\sin \alpha = 400 \text{ mm} \quad (6)$$

最小开模行程 $Hc = L \times \cos \alpha = 445 \text{ mm}$, 因此保证了 $Hc < H_1 + H_2$ 。

2.3 冷却水道尺寸^[6]

研究表明, 湍流状态下的对流传热效果比层流状态下好。判断流动状态的准则是雷诺数 (Re)。 $Re \geq 4000$ 时即为湍流状态, 由此可以计算出当量直

径大于等于 4 mm 时为湍流。本模具初定水孔直径为 50.5 mm。

$$\text{对流传热系数 } \alpha = 0.023 \frac{\lambda}{d_w} \left(\frac{d_w v \rho}{\mu} \right)^{0.8} \left(\frac{c_w \mu}{\lambda} \right)^{0.4} \\ = 299.46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (7)$$

$$\text{冷却系统传热 } Q_w = \alpha S (\theta_k - \theta_l) \quad (8)$$

$$\text{传热面积 } S = \pi d_w L_w \quad (9)$$

假设制品冷却时所有热量全由冷却系统带走, 则 $Q_w = C(\theta_k - \theta_l) \rho V/t = 7.85 \times 10^5 \text{ kJ/h}$

$$\text{模具冷却水道最大长度 } L_w = S/\pi d_w = 472 \text{ m} \quad (10)$$

式中: v ——冷却水流速, 实际生产中为 1 ~ 1.5 m/s;

d_w ——冷却水道断面为非圆形时的当量直径, 为 0.0505 m;

ρ ——水的密度, 为 998.2 kg/m³;

μ ——水的粘度, 为 $1.005 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$;

c_w ——水的比热容, 为 4.183 kJ/(kg · K);

λ ——热导率, 为 0.599 W/(m · K) (以上均为 20℃下的数据);

θ_k ——模具平均温度, 为 60℃;

θ_l ——冷却水平均温度, 为 25℃;

C ——熔体比热容, 为 2.2 kJ/(kg · K);

ρ ——熔体密度, 为 778.3 kg/m³;

V ——一次注射量, m³。

3 结论

(1) 轿车骨架的造型和模具结构全都采用虚拟方法设计, 并对浇注和冷却系统进行 CAE 优化, 使

模具结构设计合理, 能大大缩短开发周期, 降低成本。

(2) 该单型腔、针点浇口的三板式模具总体尺寸大, 浇口多(可缩短充模时间)且能自动脱出, 不会留下明显的痕迹。

(3) 轿车骨架尾部左、右灯孔采用了斜导柱与侧滑块同在动模的分型抽芯机构, 可使滑块分型抽芯与合模复位安全; 采用顶杆和推件板联合脱模机构, 可使脱模时受力均匀, 而弹簧可保证顶出系统安全复位。

(4) 定模型腔沿轿车骨架的表面开设了两条冷却水道, 可保证型腔曲面均匀冷却; 型芯采用了 4 条相互错位交叉进出水的冷却水道, 每一条水道沿型芯的纵向开设了若干个垂直轿车骨架的孔, 并在孔中间插入隔板, 它保证了水的流速和散热面积在计算值的许可范围内, 可进一步用 CAE 优化冷却系统获得准确的控温参数。

参考文献

- 胡平. 汽车车身与模具虚拟设计仿真技术. CAD/CAM 与制造业信息化, 2004(1): 37
- 马素平, 梁贵义. 21 世纪的设计方法——虚拟设计. 山西机械, 1999, 6(2): 39
- 张启霞, 范宏, 卜志扬, 等. 三元乙丙橡胶共混改性聚丙烯. 合成橡胶工业, 2004, 27(3): 161
- 董祥忠, 李年伟, 沈洪雷. 奥托轿车前保险杠注塑模浇注系统的 CAE 分析. 工程塑料应用, 1999, 27(12): 28
- 李思良. 塑件对型芯包紧压力和脱模力的计算. 塑料科技, 1996(3): 41
- 朱成实, 于传昊, 闫为秋, 等. 塑料注射模具冷却系统设计. 沈阳化工学院学报, 1999, 13(1): 47

VIRTUAL DESIGN OF INJECTION MOLD FOR AUTOMOTIVE FRAMEWORK

Huang Xian, Dong Xiangzhong

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Mo Jianhua

(State Key Laboratory of Die and Mold Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

ABSTRACT The feasibility of virtual design of injection mold for automotive framework is discussed by using CAE software based on virtual modeling technology. The results show that the structure of injection mold made by virtual technology for PP/EPDM framework is reasonable. Each part of the mold works smoothly, especially the runner system and cooling system are optimized, as a result the production efficiency is improved, the development period is shortened and the production cost is decreased.

KEYWORDS automotive framework, injection molding, virtual design, ethylene/propylene/diene copolymer, polypropylene

杜邦高性能弹性体有限公司技术中心在上海成立

最近杜邦高性能弹性体有限公司技术中心在上海张江高科技园区成立。该技术中心将承担中国 and 全球市场的研发和新产品应用的工作, 并提供强大而个性化的技术服务来

满足客户的特殊需要。目前可向客户提供混炼、工艺和性能测试等服务, 让客户从许多先进的加工工艺和技术中受益, 包括挤出和压延成型、注射模压成型、加工助剂、粘合剂和涂料、自动化应用设备、电脑辅助设计和工程。(化信)