

风扇网罩挡圈注射成型工艺及模具设计

丁永峰¹，张杰¹，王自启¹，龙婵娟¹，贺晓辉²，汪俊¹

(1. 重庆文理学院智能制造工程学院，重庆 402160；

2. 重庆电子工程职业学院 智慧健康学院，重庆 401331)

摘要：以某款风扇网罩挡圈为研究对象，通过对所选择的材料进行分析，确定并校核了此类薄壁结构产品所需的注射机型号及工艺参数，设计了注射模具的主体部分，并对浇注系统、冷却系统等的排布方案做了分析与计算，完成了用于挡圈产品注射成型的模具设计，为同类产品的注射成型及模具设计提供了技术铺垫。

关键词：薄壁结构；注射模具；工艺参数；模具设计

中图分类号：TQ320.662

文献标识码：B

文章编号：1009-797X(2025)05-0071-05

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.05.015

0 引言

社会的发展与科技的进步，使得塑料制品在人们的生活中处处可见，而注射成型作为塑料制品加工成型的主要方法得到了广泛的应用^[1~5]。注射成型技术是通过将高分子塑料熔体浇入模具中，然后冷却成型后开模得到特定尺寸及机械性能产品的过程。其中，模具对于产品的制造成型具有重要作用，其占到所有塑件成型模具的一半以上^[6~8]。在产品的注射成型过程中，不恰当的模具设计会使产品产品翘曲变形、收缩不均匀以及开裂等缺陷^[9~12]，因此，良好的模具设计对塑件的生产具有重要影响。本文以某款风扇网罩挡圈为例，分析了塑件产品的结构特点以及原材料的成型特性，选择了恰当的注射成型设备，设计并校核了注射成型模具各部件的参数，完成了用于产品注射成型的模具设计，为此类薄壁塑件的注射成型提供一定的设计参考。

1 塑件结构及工艺分析

1.1 产品结构及工艺特性

图1所示为某款风扇网罩挡圈产品的三维模型，主要作用是将旋转的叶片与固定于马达基座上，防止对用户造成伤害。其外围尺寸为117.6 mm×112.4 mm，平均壁厚为1.70 mm，外形尺寸相对较大，但熔体流程相对较短；塑件属于外观类零件，精度等级按MT3计算，要求产品内外表面光洁无缺陷，无明显影响产品质量的缺陷如斑点、熔接痕等^[10]，适合采用注

射成型方式。

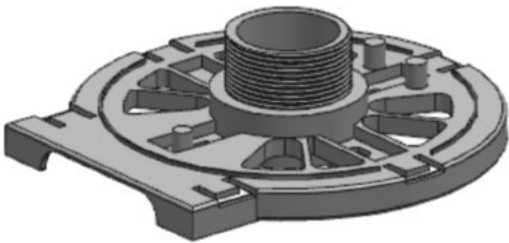


图1 风扇网罩挡圈模型

1.2 PP 材质性能分析

产品所采用的材质为常见的PP塑料，即聚乙烯，其主要用利生产抗腐蚀和耐绝缘的制品；同时，PP材料不易溶于有机溶剂，也可用于制造常见的食用器材。PP具有较低的吸水性（0.01%），故在注射成型前无需干燥处理，材料具有较好的流动性，模具设计时应恰当选择好分模面的位置，以及浇口和流道的设计^[5,10]。塑件在后处理过程中，以空气和水作为冷却截至，处理温度为70~80℃之间，处理时间在16~20 s之间^[7]。

2 模具结构形式的拟定

2.1 分型面的确定

分型面的选择要确保产品的质量合规，同时尽可能是模具结构简单^[6,13]，从而能够降低制造成本，提高产品质量及模具可靠性。通常选择产品的最大投影

作者简介：丁永峰(1987-)，男，在读博士研究生，讲师，主要从事材料成型CAD/CAE/CAM等方面的研究。

面出作为分型面,如图 2(a)所示,可选方案有两种。当选择上表面为注射模分型面时,塑件中的螺纹为外螺纹并且处于型腔位置,型腔较为复杂为成型添加了难度,同时无法使用强制脱螺纹机构,故而外螺纹位置需要单独成型,螺纹与分型面之间的区域就需要重新考虑,使得模具结构复杂,并且,在推出塑件过程中可能稍许困难;当选择下表面为注射模分型面时,虽然螺纹也需要单独成型,但模具结构得到了简化,

便于制造过程中型芯和型腔区域的定义与设置。综合考虑,选择下表面为注射模的分型面,并且,在 UG 注塑模向导 MoldWizard 模块中选择产品分型面处的的外轮廓为分型线,向外延伸生成模具的分型面,如图 2(b)所示。由于风扇网罩挡圈零件的面积较大,成型难度大,壁厚较薄,结合生产制造成本,以及注射成型机的规格大小,初步选用单型腔模具。

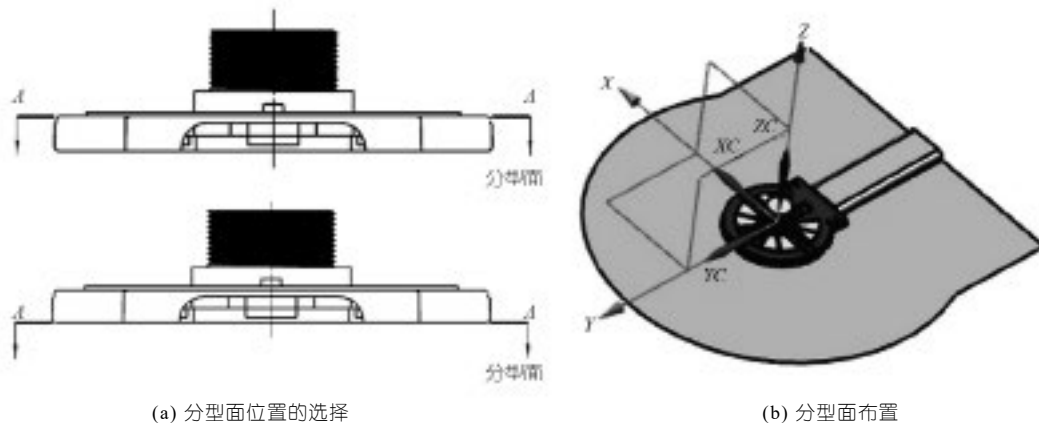


图 2 注射模具分型面的选择

2.2 注射机型号的确定

通过 UG 对塑件建模并且分析测量体得,风扇网罩挡圈零件的体积 $V_{塑} = 322.216 \text{ cm}^3$, 密度 $\rho = 0.89 \text{ g/cm}^3$, 质量 $m = 286.77 \text{ g}$ 。通常浇注系统中的熔体体积一般是塑件体积的 0.2~0.4 倍, $V_{总}$ 可取 $1.2 \cdot V_{塑}$, 即 366.66 cm^3 , 而制品应保证所需注射量小于或等于注射机允许的最大注射量的 80%^[6], 故注射机所需的最小公称注射量 V_0 为 458.325 cm^3 , 参考同类型产品注射成型工艺^[5, 7, 8, 10, 12], 选择注射机型号为 XS-ZY/1000, 其主要技术参数如表 1 所示。

表 1 注塑机主要技术参数

理论注射量 / cm^3	1 000	移模行程 / mm	700
螺杆直径 / mm	80	最大模板厚度 / mm	700
注射压力 / MPa	121	最小模板厚度 / mm	300
注射行程 / mm	260	定位圈尺寸 / mm	150
螺杆转速 / $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	21~40	锁模力 / kN	4 500
拉杆内间距 / mm	650×550	喷嘴球半径 / mm	18
最大成型面积 / mm^2	1 800	喷嘴口径 / mm	7.5

通过 PP 材料得知其常见的注射压力为 70~120 MPa, 取 $P_0 = 90 \text{ MPa}$, 所选注射机公称压力为 $P_{公} = 121 \text{ MPa}$, 取安全系数 $k_1 = 1.3$, 计算校核后注射压力满足 $P_{公} > k_1 \cdot P_0$ 。通过 MoldWizard 模块计算得塑件在分型面上的投影面积 $A_{塑} = 37\,039.03 \text{ mm}^2$, $A_{浇}$ 一般

是塑件在分型面上的投影面积的 0.2~0.5 倍, 由于模具是由中心浇口并且开设 4 个分流锥, 浇注系统不复杂且熔体需要流动的距离不长, 因此流道凝料投影面积可以取 $0.2 \cdot A_{塑}$, 则塑件和浇注系统在分型面上的总投影面积 $A_{总} = 44\,446.84 \text{ mm}^2$, PP 属于中等粘度而且对塑件零件精度要求较高, 注射模型腔平均压力 $P_{模} = 25 \text{ MPa}$, 可得塑件在型腔内的胀型力 $F_{胀} = P_{模} \cdot A_{总} = 1\,111.17 \text{ kN}$, 取安全系数 $k_2 = 1.1$, 计算校核后锁模力满足 $F_{锁} > k_2 \cdot F_{胀}$, 验证了所选的注射机型号满足塑件注塑成型要求。

3 注射模具设计及校核

3.1 浇注系统设计

3.1.1 主流道设计

浇注系统是熔体进入模具型腔的通道, 对产品的成型非常重要, 它主要由 4 部分组成, 第一部分就是主流道, 它的作用就是连接注射机的喷嘴与分流道的; 第二部分是分流道, 它是连接主流道和浇口的通道, 有改变流动方向, 平稳流动, 分配流量的作用。第三部分是浇口, 它是连接产品和流道的最后通道, 它的作用是把熔化的塑料注入型腔当中, 并充填饱满产品,

浇口处塑料快速凝固而封闭浇口,防止还未凝固塑料从型腔中流出,保证产品的完整。第四部分就是冷料穴,冷料穴是位于主流道末端,在分流道的下方,由于注射模,两次注射之间有间隔,上次注射就会留下冷料,冷料穴的作用就是把冷料带出,防止残余下来的材料,进入型腔而形成缺陷。

对于小型模具而言,基于减少材料损失及注射压力损失的考虑,主流道长度 $L_{主}$ 应低于60 mm,取50 mm,小端直径 $d=8$ mm,大端直径 $d'=d+2L_{主} \cdot \tan(\alpha/2) \approx 11.5$ mm, $\alpha=4^\circ$,球面半径 $S_{R0}=20$ mm,球面配合高度 $h=8$ mm。由 $V_{主}=\pi \cdot L_{主} (R_{主}^2+r_{主}^2+R_{主}r_{主})/3$,计算得主流道凝料体积为 $V_{主}=3.77$ cm³。由于主流道的温度比较高,以及温度的反复变化会加速主流道的磨损,所以主流道不宜做成整体式并且其成本也是无法承受的。考虑在实际生产中的应用以及生产成本的因素初步选择主流道浇口套的形式,更换比较方便,同时主流道部分也可选择耐高温和磨损的材料,从而节约模具的成本延长其寿命。综上采用T10A 碳素工具钢作为浇口套的主要材料,经过热处理后表淬火面硬度可达50~55 HRC,如图3所示。

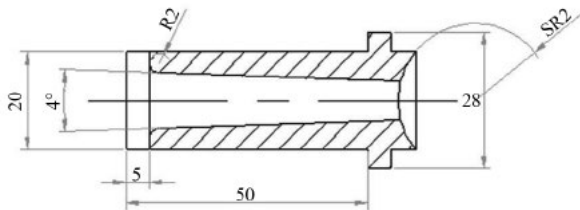


图3 主流道浇口套

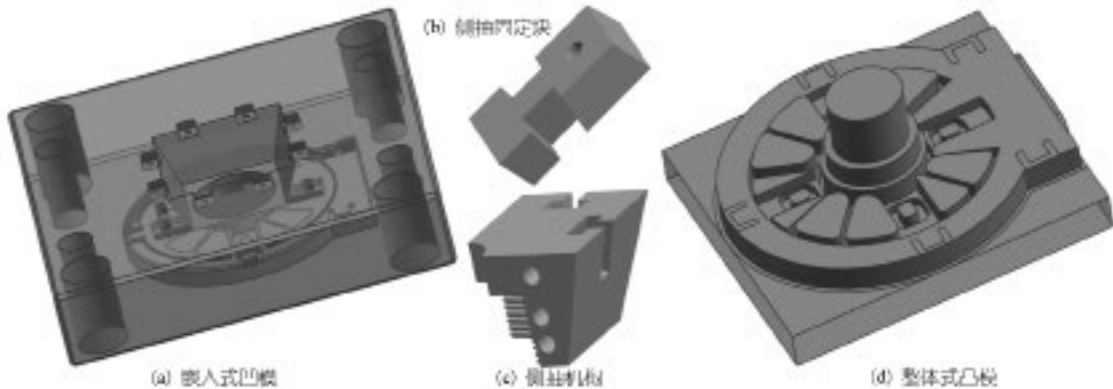


图4 成型零件结构

型芯因为在脱模时需要经常与塑件发生接触及磨损,因此采用Cr12MoV 高合金工具钢。参考材料性能及塑件的尺寸,确定注射模各个成型零件的脱模斜度统

3.1.2 分流道及浇口设计

熔体在浇注系统中的压力损失以及液态熔体温度的降低是设计分流道主要的前提。因为流道设计简单,分流道可选取为圆形,尺寸适当选小点,取 $D_{分}=6$ mm, $L_{分}=140$ mm,计算得分流道凝料体积为 $V_{分}=3.97$ cm³。采用中心浇口,同时利用该孔设置分流锥,取浇口直径 $d_{浇}=1$ mm,高度 $l_{浇}=1$ mm。

3.1.3 剪切速率校核

根据所选注射机的参数,得出注射时间为 $t=3.2$ s,同时依据塑料熔体在浇注系统各部位的凝料体积,计算得塑料熔体在分流道的剪切速率为 3.96×10^3 s⁻¹,在浇口处的剪切速率为 2.5×10^3 s⁻¹,在主流道处的剪切速率为 9.35×10^3 s⁻¹,均处于最佳剪切速率 $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3$ s⁻¹之间,校核合格。

3.2 成型零件及辅助机构设计

3.2.1 凹模及凸模结构设计

根据塑件的结构特点,为保证零件的形状和尺寸的一致性和稳定性,选择整体嵌入式凹模,如图4(a)所示,其中,凹模上方四周的8处浅凹用于安装固定块[图4(b)],以对侧抽芯模块进行导向。对于塑件的螺纹部分,则需要设置侧抽芯机构,如图4(c)所示。塑件内表面的形状通过凸模形成,采用整体式凸模,将其置于动模部分,可以简化注射模具结构,如图4(d)所示。

同时,注射模中的成型零件需具有良好的力学性能及抗疲劳特性,因此,凹模部分采用P20 钢材;而

—为 1° 。

3.2.2 模架的确定

由于该塑件使用推杆推出机构,并且定模型腔板

需要有两块模板部件,初步选用模架序号为10号A2标准模架,其规格为: $W \cdot L=250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$,采用经验公式,依据塑件的尺寸及标准模架的部分尺寸,进一步计算模架的具体尺寸,依次确定凹模板厚度25 mm,凹模固定板(A板)厚度50 mm,型芯固定板(B板)厚度32 mm,垫块高度80 mm,中间板厚度25 mm,脱模板厚度20 mm;经初步校核,所选模架满足塑件产品尺寸要求。同时对塑件的脱模力及模具推出力进行计算校核,确保塑件不会在推出过程中因为推出应力而发生变形。

3.2.3 辅助机构的设计

采用导柱、导套定位机构控制注射模具的打开及闭合,导柱、导套机构采用间隙配合。塑件结构相对对称,采用推杆推出机构,以降低注射模具制造难度,控制模具制造成本。冷却系统初步考虑使用采用直通型水路,采用纯水作为冷却介质,计算并校核流经冷却通道的体积流量,在凹模及凸模处各设计冷却水道的数量为2条。各成型零件之间的配合间隙即可排出气体,无需单独设计排气系统,靠各成型部件之间的间隙配合即可满足要求。

根据以上的设计,依次对各系统进行装配并添加固定装置,完成如图5所示的注射模具设计。



图5 塑件注射成型模具总装图(爆炸图)

4 结论

本文以某款风扇网罩挡圈产品为研究对象,分析了塑件产品的结构及性能特点,运用UG注塑模设计专用模块快速设计了模具的成型零件部分,并拟定了注射成型参数,选择了合理的标准模架并进行了计算校核,确保产品设计的合理性,最后设计了注射成型的模具总装图,为此类薄壁塑件产品的注射模具的开发与快速生成加工提供了较好的技术参照。

参考文献:

- [1] 刘成娟,刘成刚,李延平.高分子材料注塑成型技术应用及发展趋势[J].塑料工业,2019,47(10):7-10,45.
- [2] 王志强.注塑成型工艺试验优化方法及应用研究[D].浙江大学,2009.
- [3] 贺晓辉,丁永峰,邓先峰.基于正交试验的薄壁塑件注塑模拟及工艺优化[J].塑料,2023,52(06):164-167,178.
- [4] 贺晓辉,雷帆,丁永峰,等.薄壁塑件注射成型工艺及模具设计[J].橡塑技术与装备,2023,49(12):69-73.
- [5] 丁永峰,龙婵娟.PC+ABS工程塑料合金薄壁制品注塑工艺参数的优化[J].机械工程材料,2019,43(11):12-15,31.
- [6] 叶久新,王群,李落星,等.塑料成型工艺及模具设计[M].机械出版社,2008.
- [7] 丁永峰.柱塞防尘盖注射工艺分析及模具设计[J].机械与自动化,2019(03):135-137,140.
- [8] 丁永峰,韩涛,全亮.薄壁制品注塑工艺分析及模具设计[J].橡塑技术与装备,2019,45(6):26-30.
- [9] OKTEM H, ERZURUMLU, UZMAN T. Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part[J]. Materials & Design, 2007, 28(34):1 271-1 278.
- [10] 丁永峰.基于CAD/CAE的止鼾舌套注塑模设计[J].塑料科技,2018,46(10):100-103.
- [11] 丁永峰,胡仕杰.基于正交试验的瓶盖注塑成型数值模拟及工艺优化[J].塑料科技,2018,46(08):91-94.
- [12] 丁永峰.基于MoldWizard的阻鼾器上牙套注塑模设计[J].机电工程技术,2018,47(11):23-25.
- [13] 骆俊廷,王国峰,等.塑料成型模具设计[M].北京:国防工业出版社,2014.

Injection molding process and mold design for fan grille retaining ring

Ding Yongfeng¹, Zhang Jie¹, Wang Ziqi¹, Long Chanjuan¹, He Xiaohui², Wang Jun¹

(1. Chongqing University of Arts And Sciences School of Intelligent Manufacturing Engineering, Chongqing 402160, China;

2. School of Smart Health, Chongqing Polytechnic University of Electronic Technology, Chongqing 401331, China)

Key words: thin-walled structure; injection mold; process parameters; mold design



India initiates anti-dumping investigation on rubber chemicals related to China

摘编自“中国轮胎商务网”

Bridgestone will lay off employees at two tire factories

(R-03)