

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.04.017

带复杂曲面结构手机夹注塑模具设计^{*}

闵志宇¹, 石念峰¹, 张杰¹, 陈枫²

(1. 洛阳理工学院材料学院, 河南洛阳 471023; 2. 浙江工业大学材料科学与工程学院, 杭州 310014)

摘要:介绍了一种带复杂曲面结构的手机夹注塑模具设计,分析了塑件的结构特点和注塑工艺性。利用 Moldflow 分析了模具的浇注系统,得到最佳浇口形状和位置。针对塑件上的复杂曲面结构,应用 Pro/E 软件对该模具进行三维造型,完成了成型零部件、侧抽芯机构、脱模机构、冷却系统等机构的设计。模具采用一模四腔结构,塑件上下两部分一模成型,保证了塑件的尺寸稳定性和装配,能够实现自动化生产,提高了生产效率。

关键词:注塑模具; Moldflow; 手机夹; 侧抽芯; 浇注系统

中图分类号: TG241; TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)04-0083-04

Injection Mould Design of Mobile Phone Holder with Complex Curved Surface

Min Zhiyu¹, Shi Nianfeng¹, Zhang Jie¹, Chen Feng²

(1. Department of Materials Science and Engineering, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471023, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: The injection molding design of the mobile phone holder with complex curved surface was introduced. The structure characteristics and injection molding process were analyzed. The mould gating system was analyzed by means of Moldflow software. The Pro/E software was applied to implement the three-dimensional shape of the mold. The forming parts, side core-pulling mechanism, demoulding mechanism, and cooling system were designed. The mould included four cavities structure and two parts of plastic were formed at the same time, which ensured the dimensional stability and assembly of plastic parts. The mold realized production automation of the plastic parts and the production efficiency was greatly improved.

Keywords: injection mould; Moldflow; mobile phone holder; side core-pulling; gating system

随着家电产业、电子通讯、儿童玩具和汽车工业等制造领域的繁荣,各种塑料制品更新换代较快,塑件的结构也越来越复杂,给模具设计带来了很大的困难。传统的塑料制件在成型过程中,模具的设计通常是设计人员的经验积累进行设计,所以设计就存在很大的缺陷,失败率比较高,并且一般多是可行的方案,而非最优的方案。随着模具技术的发展, CAD/CAE 技术已经越来越广泛应用到模具设计过程中,这种方法降低了塑料模具设计难度,其中使用较多的是 Pro/E 和 Moldflow 软件。通过 Pro/E 模具设计模块可以设计出模具结构,然后利用 Moldflow 模流分析软件模拟出整个塑件成型过程,预测塑件缺陷,也能更好地选择出成型的工艺参数,大大减少模具成型的周期和材料成本^[1-4]。

随着人们生活水平的日益提高,手机逐渐成为人们接触最多的电子通讯设备之一,人们对手机的附属配件也要求越来越多。手机夹是手机的配件之一,该产品外观亮丽,结构复杂,消费者需求量较大,

有较大的市场前景。笔者针对具有复杂曲面结构的手机夹塑件,应用 Moldflow 软件对塑件最佳浇口位置进行分析,利用 Pro/E 模具设计模块建立塑件的三维实体模型,设计了一套复杂注塑模具,为模具的后续加工和生产建立一定的技术基础。

1 塑件结构和成型工艺性分析

塑件结构如图 1 和图 2 所示。该塑件分为上下两部分,薄壁片状且两端带有曲面结构;外形尺寸为 75 mm×70 mm×30 mm,壁厚 3 mm。塑件上下两个部分均带有侧孔,用于塑件链接,需要设计一套侧抽芯机构成型该孔。塑件内外表面要求均没有熔接痕、气孔等不良缺陷,精度等级要求为 MT3^[5]。

^{*} 河南省教育厅高等学校重点科研项目 (13A130790), 河南省基础与前沿技术研究项目 (162300410265), 河南省科技攻关项目 (152102210122)

联系人: 闵志宇, 博士, 副教授, 主要从事高分子材料性能、模具设计加工和高聚物成型 CAE 研究

收稿日期: 2017-01-22

由 Pro/E 建立手机夹模型,塑件上下两部分的体积为 $12.138, 11.830 \text{ cm}^3$,总体积为 35.95 cm^3 ,密度取 1.05 g/cm^3 ,则总质量为 37.75 g ,按照注塑机的实际注塑量为其理论注射量的 20%~80% 计算^[6],选择宁波三友塑料机械有限公司的 SZ160/100 型注塑机。

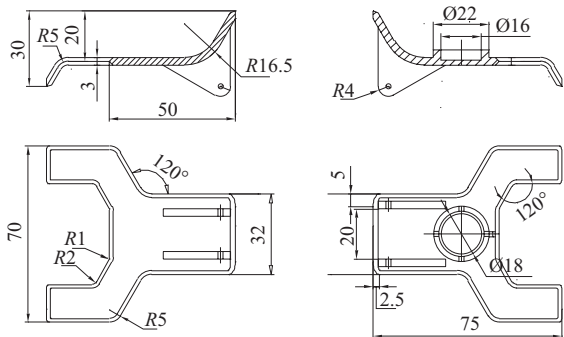


图1 塑件平面图

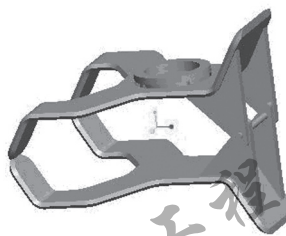


图2 塑件 Pro/E 三维立体图

塑件所使用的材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS),其硬度和尺寸稳定性较好,易于成型加工,但其吸水率为 0.2%~0.4%,吸水性较大,而 ABS 材料注射时允许的含水量为 0.1%,故成型前需要对 ABS 材料进行充分的干燥,干燥条件为在空气循环干燥箱中保持时间为 4~5 h,干燥温度为 $85 \sim 96^\circ\text{C}$,以保证 ABS 塑料含水量在要求的范围之内^[6-7]。另外塑件易产生熔接痕,所以模具设计中要尽量减少浇注系统对料流的阻力。

2 模具设计

2.1 分型面选取

该塑件对外观有要求,表面不能有飞边毛刺等,且结构上存在复杂曲面,因此根据分型面选取原则,考虑不影响塑件外观质量、便于清除毛刺及飞边、有利于排除模具型腔内的气体、分模后塑件留在动模一侧以及便于取出塑件等因素,分型面应选择塑件的外轮廓最大位置处,即选择塑件的中心面作为分型面^[6],结构如图 3 所示,这样既能够保证塑件外观良好,又便于模具型腔加工,节约模具制造成本。塑件为大批量生产,因此模具采用三板式,一

四腔结构,塑件上下两部分一模成型。模具的尺寸紧凑,生产效率高,且便于塑件的后期装配。

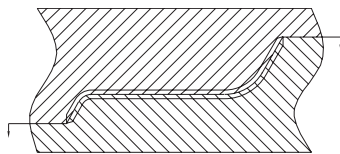


图3 塑件的分型面

2.2 浇注系统设计

(1) 主流道的设计。选用卧式注塑机,主流道与分型面垂直,设计为圆锥形,其圆锥角取 4° 。主流道与喷嘴对接处的位置加工成球面形状的凹坑,它的球半径为 12 mm,小端的直径大小为 5 mm^[6]。

(2) 分流道的设计。为了便于加工,减小塑料熔体流动阻力和热量损失,采用 U 形截面流道。塑件尺寸较大,分流道较长,选取分流道直径 6 mm。

(3) 浇口位置及浇口的设计。塑件形状非规则,浇口位置不容易直接确定,利用 Moldflow 软件分析,得到最佳的浇口位置,见图 4。考虑到塑件与人体直接接触,塑件的外观要求良好,使用点浇口注塑,尺寸和形状见图 5。

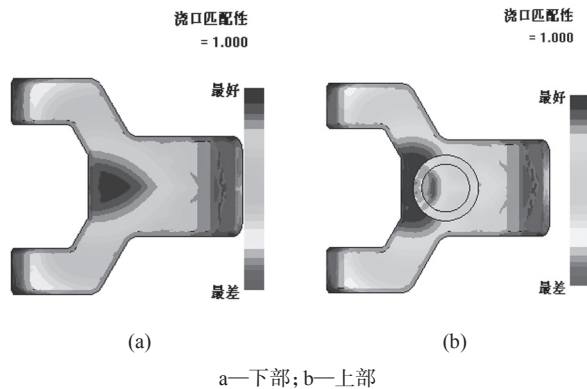


图4 塑件的最佳浇口位置

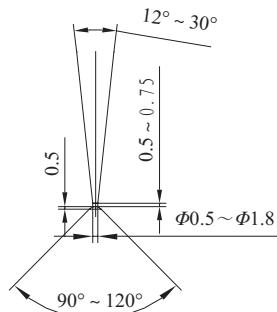


图5 点浇口的尺寸和形状

2.3 凸凹模设计

根据塑件的结构特点,模具凹模采用整体式结构,如图 6 所示。由于塑件含复杂曲面结构,且侧向

抽芯机构在动模部分,为了便于加工和更换维修故将凸模设计为整体嵌入式,即凸模加工成带台阶的镶块,从凸模定模板下部嵌入,用支承板螺钉将其固定。凸模如图 7 所示。

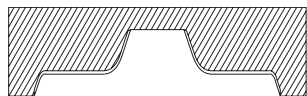


图 6 凹模结构

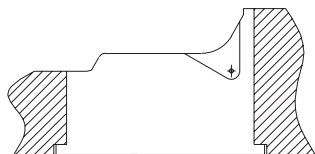
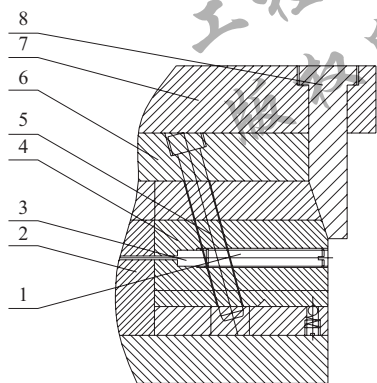


图 7 凸模与固定板结构

2.4 侧向分型机构设计

塑件侧面带有孔,考虑用带有燕尾槽的侧滑块来满足设计要求,其中斜导柱、挡块、楔紧块也是这部分的重要组成部分,如图 8 所示。模具工作时,开模力通过斜导柱促使滑块移动,带动滑块上的侧型芯在动模板的导滑槽内朝模具一侧移动,侧型芯脱离塑件,塑件由推出机构推出。



1—紧固螺钉;2—凸模;3—侧型芯;4—滑块;
5—斜导柱;6—垫板;7—定模座;8—楔紧块

图 8 斜导柱侧抽芯示意图

(1) 抽拔力 F 的计算。

$$F = \frac{2\pi\delta_1 E S l \cos \varphi (f - \tan \varphi)}{(1 - \mu)k} + 0.1A \quad (1)$$

式中: δ_1 为塑件的壁厚,取 3 mm; E 为塑料的弹性模量,取 2000 MPa; S 为塑料的平均收缩率,取 0.05%; l 为塑件对型芯的包容尺寸,取 30 mm; f 为型芯与塑件的静摩擦因数,取 0.2; μ 为塑料的泊松比,取 0.394; k 为无因次系数,取 1; A 为盲孔塑件型芯在分型面上的投影面积。将以上数据代入

式 (1),得 $F=250$ N。

(2) 斜导柱尺寸计算。

斜导柱工作参数由倾斜角 α 、抽芯距 s 、直径 d 、弯曲力 P 、长度组成。斜导柱的倾斜角度小,承受的弯曲力 P 就小,该套模具取 $\alpha=15^\circ$,抽芯距通常设置的尺寸比侧孔的轴向尺寸大 2~3 mm, $s=3+(2\sim3)$ mm,取 5 mm。弯曲力为:

$$P = \frac{F}{\cos \alpha} = 212 \text{ N} \quad (2)$$

斜导柱的直径为:

$$d \geq \sqrt{\frac{PL}{0.1[\sigma]}} = 6.04 \text{ mm} \quad (3)$$

式中: $[\sigma]$ 为材料的许用弯曲应力,因此取斜导柱直径 $d=12$ mm。

斜导柱的总长度 L 为:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{S}{\sin \alpha} + (5 \sim 10) \quad (4)$$

取 $L=100$ mm,斜导柱与定模板之间采用 H7/m6 的过度配合,与滑块之间采用大间隙配合,配合间隙为 0.4~0.5 mm。斜导柱与定模板装配时,斜导柱应整体装入,然后与定模板一起铣平。导滑槽选用燕尾槽形式,加工中用燕尾式铣刀铣出后经钳工精加工,满足导滑精度要求,可保证侧向抽芯动作的稳定性和塑件侧孔的尺寸精度。

2.5 冷却系统设计

塑料注射模的温度调节能力,不仅影响到塑件的质量,而且也决定着生产效率,模具中需要设置冷却系统。冷却水道应避开塑件易产生熔接痕的位置,冷却水道直径取 8 mm,由于模具的凸凹模板较薄,选取左右对称冷却回路,冷却管道之间内部钻孔沟通,非进出口用螺塞堵住,其位置布置方式如图 9 所示。

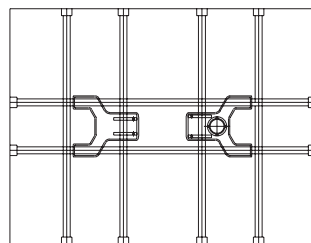
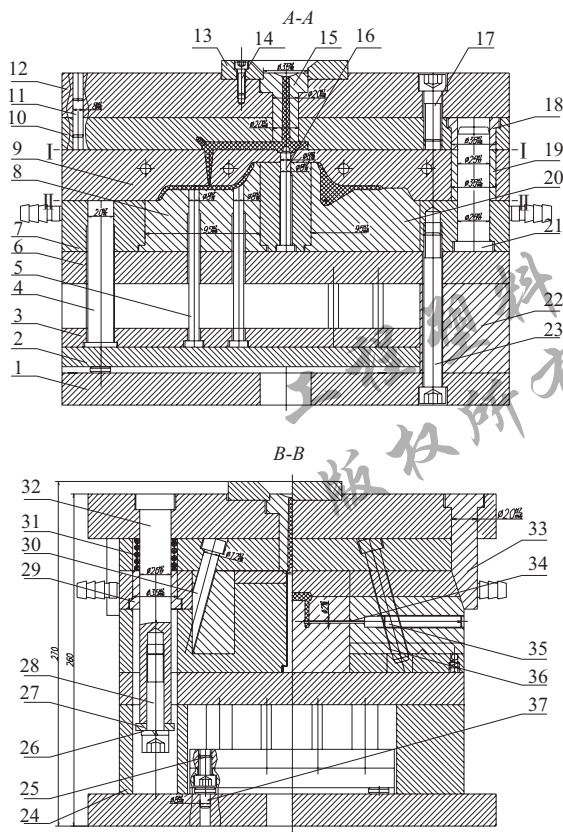


图 9 冷却水道的布置

3 模具总装配图

模具装配图如图 10 所示。模具的工作过程如下:合模后,注塑机将已经塑化的塑料熔体通过喷

嘴挤入到模具浇注系统中,充满型腔;塑料熔体经过保压后冷却成型。模具开模时,弹簧 31 迫使型腔板 9 向下移动,首先从 I 处分型,垫板 10 中的斜孔拉住冷凝料,浇口被拉断并与制件断开,同时球头拉料杆 16 将浇口套内的凝料拉出,随型腔板 9 一起移动,斜滑块将侧型芯 34 从塑件中抽出;模具继续向下移动,拉杆导柱 32 通过挡环 27 拉住型腔板 9,模具从 II 处分型,拉料杆 16 的球头与冷凝料分离,浇注系统凝料靠自重坠落;当主流道凝料完全脱出定模板后,继续开模,为制品的脱模留出空间,侧型芯完全从塑件中脱离;最后注塑机推出系统动作,动模侧的推杆 5 将制品从凸模上推出。



- 1—动模座;2—推板;3—推板固定板;4,5—推杆;6—支撑板;
7—凸模固定板;8—凸模 1;9—型腔板;10—垫板;11—定位销;
12—定模座;13—定位圈;14,17,23,25,28—螺钉;15—浇口套;
16—拉料杆;18—带头导套;19—直导套;20—凸模 2;21—带头导柱;
22—垫块 2;24—垫块 2;26—垫圈;27—挡环;29—带头导套;
30—斜导柱;31—弹簧;32—拉杆导柱;33—压紧块;34—侧型芯;
35—紧定螺钉;36—滑块;37—限位钉

图 10 模具装配图

4 结语

通过对塑料精度和结构分析,应用 Moldflow 软件分析了塑件成型工艺过程,优化了模具浇口位置

及形状,利用 Pro/E 软件设计了模具的整体结构。该模具结构设计合理,采用一模四腔结构,塑件上下两部分一模成型,便于塑件的后期装配;浇口采用浇口痕迹较小的点浇口,从而保证了塑件表面质量。模具型腔采用整体式结构,型芯采用组合式型芯结构,能够满足塑料制件精度和结构要求。采用斜导柱带动侧滑块的侧向分型机构成型塑件上用于安装定位连接的侧孔,侧滑块采取燕尾槽结构,不但降低了设计难度,而且还便于模具的安装与维修,侧抽芯机构侧滑块端面不参与形成封闭型腔,避免在塑件上产生拼缝的痕迹,保证了塑件的外观。塑件通过推杆推出,模具采用复位杆复位,便于保证塑件在模具中的位置。

参考文献

- [1] 刘细芬,张帆. 基于 Pro/E 和 Moldflow 的注射模 CAD/CAE 技术[J]. 机械设计与制造,2011(4):239-241.
Liu Xifen, Zhang Fan. CAD/CAE technology for injection mould based on Pro/E and moldflow[J]. Machinery Design & Manufacture, 2011(4):239-241.
- [2] 闵志宇,康莉,沈俊芳. 带嵌件结构的塑料钥匙注塑模设计[J]. 工程塑料应用,2014,42(5):68-70.
Min Zhiyu, Kang Li, Shen Junfang. Design of injection mould for plastic key with metal insert[J]. Engineering Plastics Application, 2014,42(5):68-70.
- [3] 赵龙志,赵明娟,李娜,等. CAD/CAE 在安全带护盖支架注塑模设计中的应用[J]. 工程塑料应用,2009,37(2):72-75.
Zhao Longzhi, Zhao Mingjuan, Li Na, et al. Application of CAD/CAE in design of injection mould for safety belt protection cover support[J]. Engineering Plastics Application, 2009,37(2):72-75.
- [4] 闵志宇,沈俊芳,盛腾飞. 基于 Moldflow 的复杂塑件模具优化设计[J]. 塑料工业,2015,43(6):39-43.
Min Zhiyu, Shen Junfang, Sheng Tengfei. Optimum design of injection molding of complex mould based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2015,43(6):39-43.
- [5] 王伯平. 互换性与测量技术基础[M]. 北京:机械工业出版社,2013:13-31.
Wang Boping. Basic technology of exchangeability measurement [M]. Beijing:China Machine Press, 2013:13-31.
- [6] 齐晓杰. 塑料成型工艺与模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2012:87-197.
Qi Xiaojie. Plastic molding process and mold design[M]. Beijing:China Machine Press, 2012:87-197.
- [7] 洪镇章. 注塑成型设计数据速查手册[M]. 北京:化学工业出版社,2014:213-250.
Hong Shenzhang. Handbook of rapid check for injection plastic forming design data[M]. Beijing:Chemical industry Press, 2014:213-250.