

基于 CAD/CAM 的计价器上下盖压铸模具设计与数控加工

吴 星¹, 宋伟奇²

(1. 柳州职业技术学院, 广西柳州 545006; 2. 柳州城市职业学院, 广西柳州 545036)

摘要: 以某计价器上、下盖的压铸模设计及制造为例, 分析了该铸件的成形工艺, 详细介绍了该铸件压铸模的分型面、浇注系统及排溢系统、脱模机构、冷却系统等设计, 叙述了该铸件的模具结构与工作过程, 剖析了其压铸模的数控加工工艺流程和技巧。实践证明, 该铸件的模具结构设计及数控加工工艺合理, 模具的CAD/CAM一体化设计缩短了铸件开发周期, 确保了铸件质量, 对同类压铸模的机构设计和数控加工具有实用参考价值。

关键词: 压铸模; 侧浇道; 分型面; CAD/CAM; 数控加工

在压铸模还没有大规模发展起来时, 通常采用方铝件进行CNC数控加工出产品形状, 其优点是加工出的产品表面光洁度和装配互换性好, 但CNC加工成本太高, 每个产品的加工周期也比较长, 不仅会提高产品的单价, 还会延长产品的交货周期。而高压压铸是近代铝合金与锌合金等加工工艺中发展较快的一种高效、少或无切削的压铸成形方法。经过高压压铸生产出的产品致密度好、精度高、表面光洁度优良。由于铸件机加工工序少, 后续加工设备需求量少, 与其他铸造方法相比, 高压压铸可以减少机械加工工序, 节省大量的后续设备与机加工工时。因此, 高压压铸的铝合金与锌合金铸件等生产正品率较高, 具有节省原材料与能源等优点, 是一种多快好省的高效精密铸造方法, 现已广泛应用于现代工业生产中, 如手机、照相机、计算机、彩电、洗衣机、冰箱、摩托车、汽车、无线电通信、航空航天产品的零部件以及日用五金等各种产品零部件的生产方面。当然压铸件质量的好坏, 最终取决于压铸模材料的选择是否适当, 结构设计及浇注、排溢系统设计等是否合理。一副压铸模具只有设计合理、材料选择适当, 才能确保批量生产出优质合格的铸件。

在本研究中, 某计价器上、下盖属于薄壁类产品, 压铸成形较为困难, 需选择优化浇注、排溢系统方案与合理设计模具结构, 严格选择模具材料, 以确保生产出优质的铸件, 为企业创造良好的经济效益。

1 铸件工艺分析

图1为计价器上、下盖示意图, 该压铸件材料为ADC12, 颜色为银白色, 属于薄壁类压铸零件, 其最小壁厚 $\delta=1.5\text{ mm}$, 成形较为困难, 容易出现短射现象, 铸件表面易产生流痕与冷隔等铸造缺陷。一般铸件图上会注明未注圆角 $R2\text{ mm}$, 在新模开发过程中往往容易忽视这些未注明圆角的作用, 即铸件所有地方均需采用圆角过渡, 不允许做成尖角或清角, 因为铸件圆角可使铝合金熔液填充更加顺畅, 并使该计价器上、下盖压铸模具内的气体顺利排出, 同时可减少模芯内应力集中, 避免模芯开裂现象, 从而延长压铸模具使用寿命。铸件脱模斜度的作用是使铸件出模顺利而不会拉模, 确保铸件表面光洁度与外观, 从而延长该压铸模具的使用寿命, 故

作者简介:

吴 星(1980-), 女, 副教授, 硕士, 主要研究方向为铸造技术。E-mail: hlyx68@sina.com

中图分类号: TG249.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)12-1387-07

基金项目:

广西中青年教师基础能力提升项目(2017KY1053; 2018KY0991)。

收稿日期:

2019-07-26 收到初稿,
2019-09-03 收到修订稿。

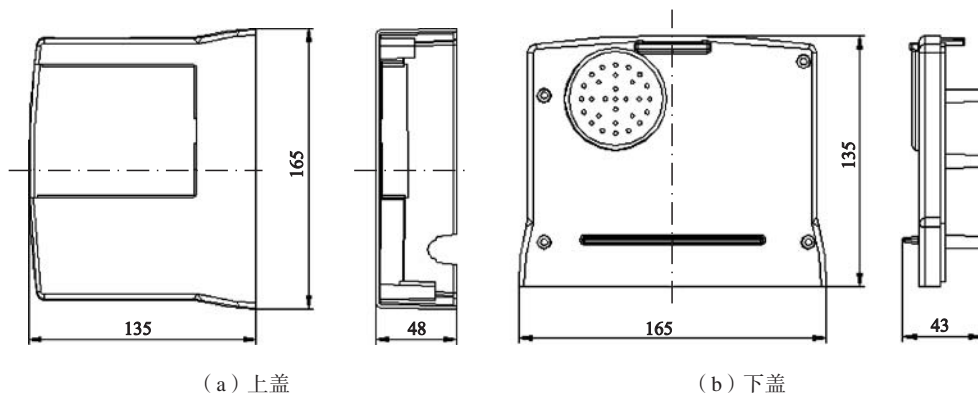


图1 上、下盖铸件示意图

Fig. 1 Schematic diagram of upper and lower cover castings

将其脱模斜度设定为 2° 。模芯成形部位与流道均应按要求仔细抛光，且抛光时应尽量顺着脱模方向抛光。由于合金液的填充时间仅为 $0.01 \sim 0.2$ s，在如此短的时间内为减少液体流动的阻力，从而减少产品填充过程中的压力损失，即要确保成形表面与流道表面的光洁度。同时，流道是最先受热和受冲蚀的部位，环境比较恶劣，流道表面光洁度越差则压铸模具该处就越易损伤。为保证产品填充完整，故决定采用扇形浇道进料。由于成形材料为ADC12，模具成形零件的硬度设定HRC46~48，加工工序为粗加工-热处理-精加工，精加工时压铸模具应尽量留有修复的余量，即做尺寸的上限，避免成形零件焊接时出现开裂现象。

2 模具结构设计

2.1 分型面设计

分型面是根据铸件外观要求与产品结构特点而定，首先设计出该铸件产品的分型线，然后通过拉伸或扫描等设计出整副压铸模具动、定模接合面，即模具的分型面。一般而言，分型面设计是否合理将直接影响到压铸模具加工难易程度以及模具使用寿命，需特别注意压铸模具分型面的结构布局。分型面设计时能拉伸的尽量拉伸，尽量确保动、定模芯的枕位面靠破而不要插破，避免在模具上出现利角或尖角，这样设计出的分型面较平坦，有利于数控加工，缩短模具加工周期，同时使模具钳工配模简单方便，压铸模具生产时稳定可靠。一般而言，分型面会在铸件上留下合型痕迹（俗称分型线），因此尽量把分型线放在非主要外侧或不影响装配的地方，从而提高产品品质。同时在设计该副压铸模具分型面时，要尽量设计结构合理的分型面，确保该上、下盖压铸模具结构布置合理，以便于该模具能生产出物美价廉的铸件。因此，在该压铸模具分型面设计时不仅要考虑模具结构布置是否合理，还要考虑模具机加工可行性与浇注、排溢

系统方案可行性等。根据以上设计要素，最终设计出如图2所示的三维成形零部件，从而确保该压铸模具顺利投产。

2.2 浇注系统及排溢系统的设计

该计价器高压铸造模具共用一副模具，即采用1模2穴的模具结构。由于该铸件壁厚较薄，压铸成形比较困难，因此该铸件只能开设大扇形侧浇道进行填充，其浇注系统采用分流锥进行铝合金熔液导流，并且该压铸模具分流锥与浇口套采用 5° 锥度研配，防止分流锥与浇口套被拉伤，该压铸模具浇注系统锥形料饼厚度设定为 26 mm（具体见图3上、下盖铸件上端锥形流道部分）。该浇注系统主要是由主流道、分流道与内浇道三部分组成，选择梯形分流道，并在其根部采用 $R5$ mm圆角过渡，以确保料流顺畅。在设计该压铸模具的浇注系统时要注意把分流道与内浇道均设计在动模芯上，且尽量采用较大截面的内浇道与分流道进行填充，以确保铸件充填成形完全。根据以上设计要素，最后设计出如图3所示浇注系统，以方便铸件压铸成形，确保铸件生产稳定可靠与产品质量优良。同

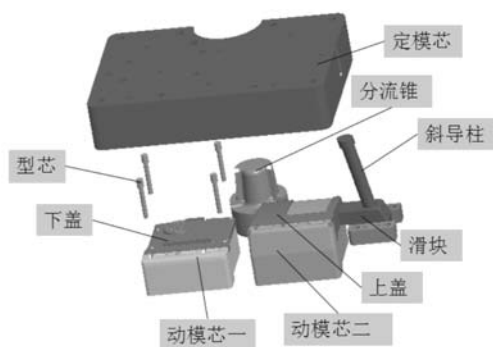


图2 铸件分模设计

Fig. 2 Design of parting dies

时为提高该铸件的压铸成形质量，在该铸件产品末端开设溢流槽，溢流槽要方便从计价器上、下盖铸件上去除，并且尽量不要伤及该铸件本体。为避免该金属熔液中的涂料、污物、气体等从溢流槽中返回到模具动、定模芯内，从而造成该铸件出现气孔、冷隔等压铸缺陷，不要在同一个溢流槽上开设多个溢流口或开设一个较厚的溢流口。为提高该上、下盖铸件的成形质量与消除某些潜在铸造缺陷，需在其溢流槽尾部开设排气槽，确保其不堵塞，能顺利排气，从而达到改善铸件质量的目的。

2.3 脱模机构设计

设计的上、下盖压铸模具见图4。在该压铸模具动模侧均匀布置圆顶杆5、21进行计价器上、下盖铸件顶出，以便从压铸机上顺利取出该铸件，采用圆顶杆28将浇注系统凝料从该压铸模具中顶出。该压铸模具脱模机构通过采用推板导柱19、导套22进行脱模机构导

向定位，并且采用复位杆4进行复位，同时通过该模具前限位柱27进行限位并设置合理的顶出距离，以方便铸件取出。

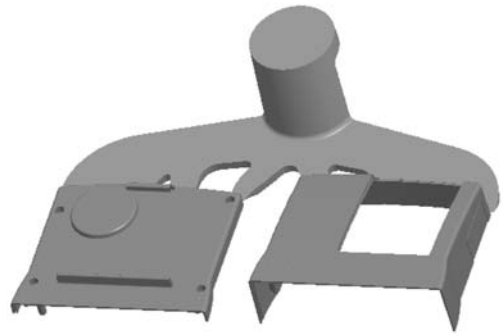
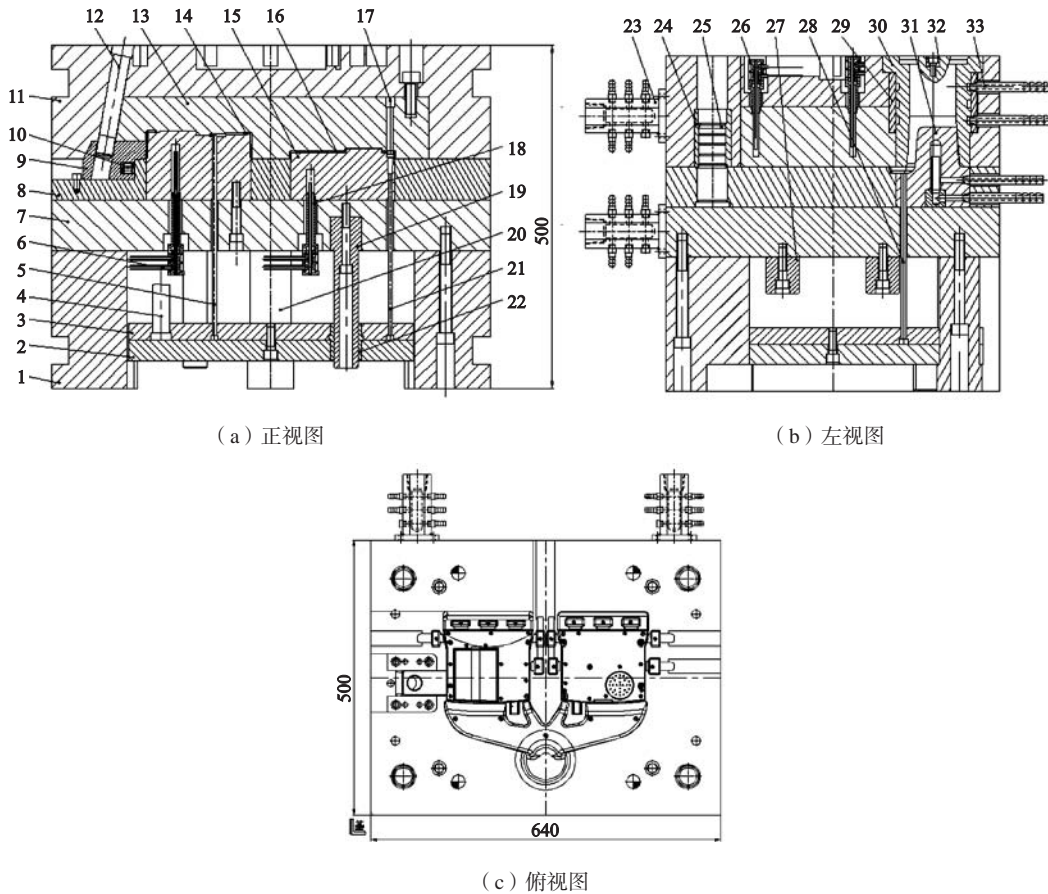


图3 铸件浇注系统

Fig. 3 Gating system of upper and lower cover castings



- 1. 模脚 2. 推板 3. 顶杆固定板 4. 复位杆 5、21、28. 圆顶杆 6、18. 动模冷却组件 7. 动模垫板 8. 动模套板 9. 滑块 10. 复位弹簧
- 11. 定模套板 12. 斜导柱 13. 定模芯 14. 上盖 15. 动模芯 16. 下盖 17. 定模型芯 19. 推板导柱 20. 支撑柱 22. 推板导套
- 23. 积水包 24. 导套 25. 导柱 26. 定模冷却组件 27. 前限位柱 29. 浇口衬套 30. 浇口套 31. 分流锥 32. 定位块 33. 浇口套冷却水管

图4 上、下盖压铸模

Fig. 4 Die casting die for upper and lower covers

2.4 冷却系统设计

该压铸模具冷却系统主要根据上、下盖产品结构特点与模具零部件的结构布局等来设计水路，以确保整副模具的冷却效果。为了不影响该模具冷却系统的冷却效果，又避免冷却水路与相关模具零部件发生干涉，决定在动、定模采用如图4所示的一进一出的铜制冷却组件进行动、定模芯冷却，以加强该压铸模具的冷却效果。该压铸模具动、定模水路直径设定为 $\Phi 10$ mm，其所有冷却水管全部集结在钢制积水包23上，以便于集中布置模具冷却水管并进行快速冷却。当从压铸机上取出铸件后，其自动喷淋装置会喷冷却液继续冷却整副模具。

2.5 模具结构及工作过程

该计价器上、下盖模具属于高速高压铸造模，其模架属于非标模架，最大外形尺寸为640 mm × 500 mm × 500 mm，可直接将模架3D图档发至专业模架厂下料定做，但模架厂必须发模架最终确认2D图无误后方可进行加工。根据压铸机锁模力大于胀型力的设计原则，以计价器压铸模最大外形尺寸和压铸机格林柱内距等为依据，最后决定选用BD500t卧式压铸机。在装配该压铸模具时，主钳工必须确保该压铸模具零部件动作平稳可靠，不得有任何相对窜动与咬死现象存在。在完成该模具成形零部件与模架结构设计后，最终完成的计价器高压铸造模具结构如图4所示。

该计价器压铸模具工作过程为：先将该计价器模具固定在卧式压铸机上，然后关闭卧式压铸机安全门，计价器压铸模具动模与定模合拢，熔融铝合金液通过规格为1.2 kg汤勺注入到该压铸模具浇口套30中，紧接着高速冲头将熔融铝液以一定压力与速度注入到该模具密闭动、定模芯内，经过一段时间保压、冷却后，当达到模具顶出温度即可进行开模取件。该模具开模时，其动模与定模分开，上、下盖铸件慢慢脱离定模，当该卧式压铸机动模板到达设定开模行程450 mm后，其顶出油缸立即开始工作，带动该压铸模具脱模机构将该计价器上、下盖铸件从动模芯15中顶出，当脱模机构运动到设定顶出行程40 mm后即可取出上、下盖铸件与定模侧的流道凝料。而后该卧式压铸机自动喷淋装置会喷冷却液继续快速冷却整副模具，紧接着动、定模再次合拢，计价器压铸模具脱模机构在该卧式压铸机顶出油缸带动下再次复位，一个完整的压铸周期也就随之完成。

3 工艺流程编制

由于该压铸模具出模件数为一出二，且为上、下盖组合成形，产品成形曲面较复杂，其成形零件为热

处理料，其加工工序比较复杂，下面仅以如图5所示为上、下盖压铸模定模芯数控加工为例进行详细说明。该定模芯毛料尺寸为461 mm × 321 mm × 91 mm，其材料为SKD61，定模芯粗加工余量为单面0.5 mm，最大加工高度约为90 mm，使用CIMATRON软件加工模块进行数控编程CNC加工。为确保毛坯工件安装在机台上牢固可靠，又不与移动刀具发生干涉或撞刀，压板放在四个角上将其压紧，确保其受力均匀。在确定工件摆放与安装没问题后就使用百分表校正并固定好工件，设置好加工基准原点，X、Y原点设置在定模芯毛坯正中间，Z0设置在该毛坯底平面，确保工件加工时产品成形面不出现错位现象，即确保动、定模芯断差控制在0.03 mm以内。在确认加工原点设置正确与工件安装牢固可靠后，通过数控传输软件将CIMATRON软件自动编程产生的后置处理程序输送至数控加工中心即可进行在线数控加工。

根据上、下盖压铸模定模芯结构特点特定制其正面加工工序为：先粗加工成形曲面→粗加工清角→热处理→半精加工分型与成形曲面→精加工清角→精加工成形曲面→精加工圆角的数控加工方式。在加工工序制定好后，需根据每道工序加工特点选择合适的刀具与设置符合实际的加工工艺参数，设置合理的加工方式，按执行指令自动进行程序计算并生成刀路，根据刀路图检查是否合理与是否存在空刀或撞刀现象，实际加工时在保证安全的前提下尽量减少过高抬刀或空刀现象，以提高工件的实际加工效率。在CIMATRON软件中制定好每道工序后，要制定数控加工作业指导书，并在确定每道程序工艺参数与刀路OK后，通过后置处理器生成CNC加工代码程序文件，并通过数控加工传输软件将每道程序传送至指定的CNC机床即可按每道程序进行自动加工。

3.1 正面加工工艺

由于模温较高，熔融液体容易冲蚀模芯表面，故

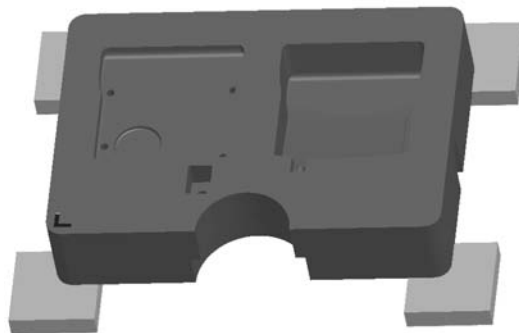


图5 定模芯（包含4个等高块）

Fig. 5 Fixed core (including 4 contour blocks)

模芯要按粗加工-热处理-精加工的工艺路线去执行加工。先制定粗加工工艺，设置合理加工工艺参数，由于模芯需要热处理，故其粗加工余量设定为0.5 mm。为提高其加工效率，粗加工时尽量采用大刀与较大切深去进行编程加工，在保证模芯不变形的前提下尽量减少粗加工时间，为热处理与精加工节省时间。粗加工好后即可进行热处理，热处理时至少回火8次，热处理硬度为HRC46~48。热处理好后要研磨模芯六面成直角，直角度公差控制在0.02 mm以内。然后制定精加工工艺程序，设置合理的走刀参数与加工工艺参数，进行加工刀路模拟，并进行三维加工模拟动态仿真与过切检查，在确认数控加工程序准确无误后即可进行后置处理生成数控加工程序文件，并根据每道程序与刀

具制定数控加工作业指导书，把每把刀与程序对应起来，并设置合理的工艺参数与走刀参数等，最终制定如表1所示的CNC数控加工工序。

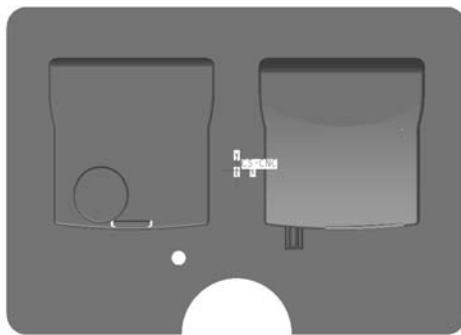
3.2 3D 加工仿真模拟

在上、下盖定模芯正面所有加工工序自动编程完成后，要设定加工毛坯并进行加工模拟过切检查与3D加工仿真模拟校验（其仿真模拟效果如图12所示），同时要检查是否有撞刀或干涉现象，必须在确定所有加工程序准确无误后方可对所有CNC程序进行后置处理，生成模具零件的数控加工程序，然后将数控作业指导书交至操作工，并通过传输软件将程序输送至加工中心即可。

表1 上、下盖型腔正面数控加工工序
Table 1 CNC processing procedures for front die cavity of upper and lower covers

序号	刀具名称	程序名称	有效刀长/mm	主轴转速/(r·min ⁻¹)	走刀速度/(mm·min ⁻¹)	每层切深/mm	备注
1	D53r6牛鼻刀	D53r6.tap	≥70	3 000	1 500	0.6	粗加工刀路模
2	D24r0.8镶片刀	D24r08.tap	≥70	3 500	2 000	0.4	拟见图6、7
3	d20r0.8镶片刀	d20r08.tap	≥80	3 800	2 500	0.35	
4	d12r0.8镶片刀	d12r08.tap	≥60	4 500	2 800	0.25	精加工刀路模
5	d10r5球刀	D10r5.tap	≥40	5 500	3 000	0.25	拟见图8-11
6	d32r0.8镶片刀	D32r08.tap	≥80	3 500	2 300	0.4	

加工简图：



工件名称：上、下盖定模芯（正面）

X

分中

机 床：东芝加工中心

Y

分中

文件地址：pc189/dingmx/TOP

Z=0

底平面

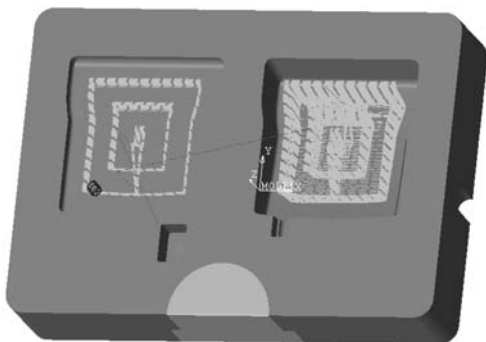


图6 正面粗加工一刀路模拟

Fig. 6 One-tool-path simulation of front rough machining

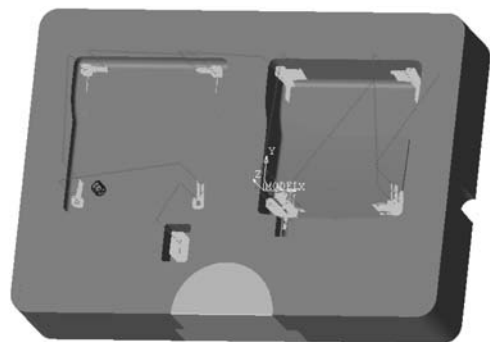


图7 正面粗加工二刀路模拟

Fig. 7 Two-tool path simulation of front rough machining

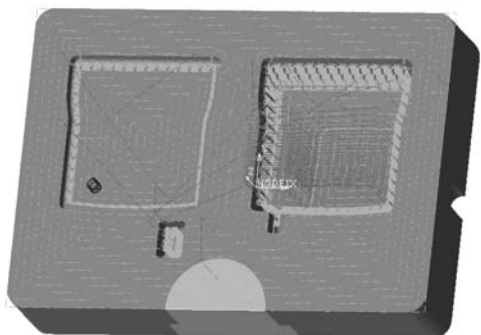


图8 正面半精加工一刀路模拟

Fig. 8 One-tool-path simulation of front semi-finish machining

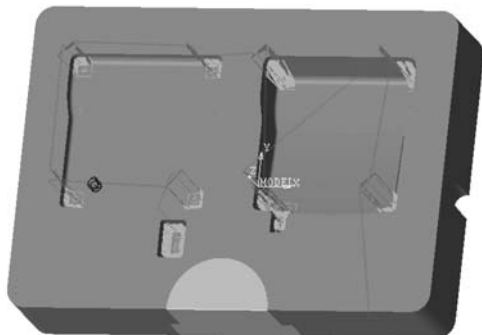


图9 正面半精加工二刀路模拟

Fig. 9 Two-tool path simulation of front semi-finish machining

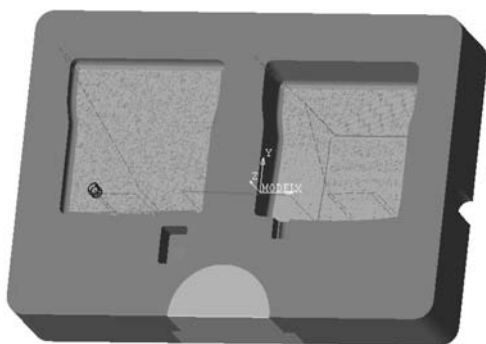


图10 正面半精加工三刀路模拟

Fig. 10 Three-tool path simulation of front semi-finish machining

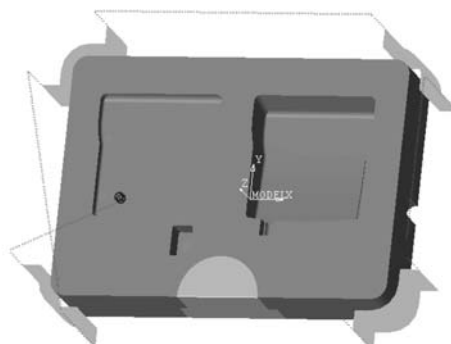


图11 正面半精加工四刀路模拟

Fig. 11 Four-tool path simulation of front semi-finish machining

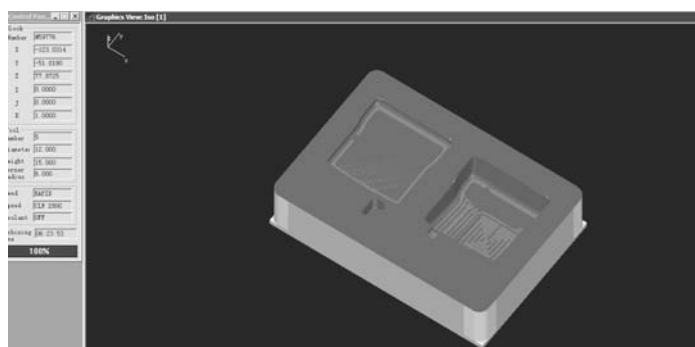


图12 仿真模拟图

Fig. 12 Simulation diagram

4 结束语

(1) 在新产品与模具开发过程中, 利用CAD/CAM一体化设计与编程非常重要。压铸模具结构设计是新模开发的源头, 只有设计出合理可靠的压铸模具结构, 才能确保新模2D与3D加工图档准确无误。

(2) 通过使用CAD/CAM一体化软件进行工艺编程, 并制定数控加工作业指导书来严控模具加工精度, 才能确保加工出优质的压铸模具, 缩短该压铸模具与铸件产品的开发周期, 降低该压铸模具制造成本, 创造良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 徐宗驰, 姚芳萍, 李金华. 基于CAD/CAM的座体熔模模具三维设计与数控加工 [J]. 热加工工艺, 2015 (13): 82-83.
- [2] 朱超, 韩雄伟. 锌合金压铸模具浇注系统改进设计 [J]. 特种铸造及有色合金, 2015, 35 (2): 164-166.
- [3] 张玉玺. 户外圆桌面铝合金扇形件压铸模具设计 [J]. 铸造, 2017, 66 (6): 586-589.
- [4] 张玉玺. 基于PQ2图理论验证模具设计和优化压铸工艺 [J]. 铸造, 2010, 59 (5): 470-474.
- [5] 李宪军, 黄继战. 皮带轮压铸模具优化设计 [J]. 铸造, 2018, 67 (4): 323-326.
- [6] 申来娣, 王泽, 叶霞, 等. 箱体零件模具三维设计与压铸工艺模拟 [J]. 铸造技术, 2017 (4): 952-954.
- [7] 缪朝东, 王泽. 基于Pro/E和ProCAST的手机按键板压铸模设计与充型过程流场分析 [J]. 铸造技术, 2016 (1): 99-101.
- [8] 李宁, 朱培浩, 胡亚辉, 等. 铝合金轮毂低压铸造的模具设计及工艺优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2017, 37 (5): 494-497.

Design and NC Machining of Die Casting Die for Upper and Lower Covers of Fee Meter Based on CAD/CAM

WU Xing¹, SONG Wei-qi²

(1. Liuzhou Vocational and Technical College, Liuzhou 545006, Guangxi, China; 2. Liuzhou City Vocational College, Liuzhou 545036, Guangxi, China)

Abstract:

Taking the design and manufacture of the die-casting die for the upper and lower covers of a certain fee meter as an example, the forming process of the castings is analyzed. The design of the parting face, gating system, overflow system, and the demolding mechanism as well as the cooling system of the die-casting die are introduced in detail. The die structure and working process of the casting are described. The NC machining process and skills of the die-casting die are expounded. Practice proves that the die structure design and NC machining technology of the castings are reasonable. Application of CAD/CAM integrated technology in die design make the development cycle of the castings shortened and the quality of the castings improved. It has a practical reference value for the mechanism design and NC machining of the same kind of die-casting dies.

Key words:

die casting die; side gate; parting face; CAD/CAM; NC machining
