

MQ200 变速器壳体压铸工艺及模具设计

侯丽彬¹ 王琳琳² 间德海²

(1.大连科技学院机械工程学院;2.大连亚明汽车零部件股份有限公司)

摘 要 通过对 MQ200 变速器壳体结构特点及工艺性分析,并借助 AnyCasting 软件进行 CAE 流场数值模拟分析。基于工艺设计和模拟结果,进行压铸模结构设计。浇注系统采用“Y”型填充结构,搭接式内浇口;型腔设计为拼接结构,便于制造、维修;导向机构采用方导柱导套结构,保证模具在热膨胀下的导向精度。针对填充末端和局部厚大处设计局部增压结构,以减少铸件缩孔缺陷的产生。

关键词 变速器壳体;模拟分析;分型面;浇注系统;局部增压

中图分类号 TG249.2 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.01.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Die Casting MQ200 Gear Housing and Its Mould Design

Hou Libin¹, Wang Linlin², Jian Dehai²

(1.School of Mechanical Engineering, Dalian University of Science and Technology;
2. Dalian Yaming Auto Parts Co., Ltd.)

Abstract: MQ200 gear-housing characteristics and its process analysis were analyzed and the flow field analysis was performed by the AnyCasting software. According to process design and simulation analysis, die-casting mould structure was designed. The gating system was adopted as “Y” filling way with overlap-joint ingate. According to function requirement to design part of cavity as overlap-joint construction, it was easy to manufacturing and repair. The guide system was set symmetrically as angular guide pillar and sleeve at 4-angles of mould in order to ensure guide accuracy under thermal expansion. Aiming at the end of filling system and part of over-thick area, local pressurized structure was designed to reduce shrinkage porosity defect.

Key Words: Gear-housing, Simulation Analysis, Parting Surface, Gating System, Local Pressurization

随着压铸技术的不断发展,压铸件已广泛应用于汽车、电子、仪器仪表、航天航空等行业。目前汽车发动机缸体、罩盖、油底壳、变速器壳体及电动车上电池壳、电控、电装的壳体箱体,大部分采用铝合金压铸。

以 MQ200 手动变速器壳体为例,对其压铸工艺进行设计并借助 AnyCasting 软件进行 CAE 模拟分析。基于工艺设计和模拟分析结果,对其进行压铸模设计,为类似压铸件的生产提供参考。

收稿日期:2022-03-24;修改稿收到日期:2022-04-25

第一作者简介:侯丽彬,女,1968 年出生,高级工程师,辽宁大连(116036),E-mail:houlubin_dalian@163.com

引用格式:侯丽彬,王琳琳,间德海. MQ200 变速器壳体压铸工艺及模具设计[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(1):115-118.

HOU L B, WANG L L, JIAN D H. Die casting MQ200 gear-housing and its mould design[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(1):115-118.

[11] 莫畏,张翥,王群骄,等. 钛的金属学和热处理[M]. 北京:冶金工业出版社,2009.

[12] 吴崇周. 固溶时效热处理对 TC16 钛合金组织和性能的影响[J]. 金属学报,2002,38(S): 97-100.

[13] 鲁媛媛,马保飞,刘源仁. 固溶处理温度对 TC4 钛合金组织和性能的影响[J]. 金属热处理,2019,44(6): 153-158.

[14] LI C L, MI X J, YE W J, et al. A study on the microstructures and tensile properties of new beta high strength titanium alloy[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2013, 550: 23-30.

[15] YANG X W, DONG X R, LI W Y, et al. Effect of solution and aging treatments on corrosion performance of laser solid formed Ti-6Al-4V alloy in a 3.5% NaCl solution[J]. Journal of Materials Research and Technology, 2020, 9(2): 1 559-1 568.

[16] 罗文忠,孙峰,赵小花,等. 固溶处理对 Ti60 合金组织及拉伸性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程,2017,46(12): 3 967-3 971.

[17] 王妍. 高强耐蚀 Ti-Al-Zr-Sn-Mo-Nb 合金的成分优化及组织性能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.

[18] 丁平,肖寒,陈磊,等. 退火时间对 Ti-6.0Al-3.0Zr-0.5Sn-1.0Mo-1.5Nb-1.0V 钛合金组织及力学性能的影响[J]. 工程科学学报,2022,44(1): 50-58.

[19] 张志强,董利民,杨洋,等. 淬火温度对 TC16 钛合金显微组织及变形行为的影响[J]. 金属学报,2011,47(10): 1 257-1 262.

[20] 权思佳,宋克兴,张斌斌,等. 热处理工艺对 Ti80 合金显微组织的影响[J]. 材料热处理学报,2018,39(5): 44-48.

[21] 黎俊初,王晗,张国光,等. 固溶时效对热等静压制得的 TC4 合金组织与性能的影响[J]. 金属热处理,2007,36(10): 65-67.

(编辑:刘晨辉)

1 铸件结构及工艺分析

图 1 是 MQ200 手动变速器壳体 3D 图,材质为欧标 EN1706- AlSi9Cu3(Fe) ,抗拉强度 $\geq 240\text{ MPa}$,屈服强度 $\geq 140\text{ MPa}$ 。铸件轮廓尺寸为 $418\text{ mm}\times 252\text{ mm}\times 203\text{ mm}$,质量为 5.36 kg ,壁厚为 3 mm 左右。要求内部孔隙率小于 5% ,密封测试在 0.1 MPa 压力下 15 s 不泄漏。铸件结构复杂,一部分是薄壁深腔,一部分为扇形浅腔。铸件侧面有多处不规则安装凸台,造成铸件局部壁厚过厚;同时铸件外表面有大量的加强筋,一方面来补偿强度,一方面部分加强筋起到散热的作用,而多处局部壁厚过大和大量的加强筋,给压铸工艺和模具设计带来了挑战。

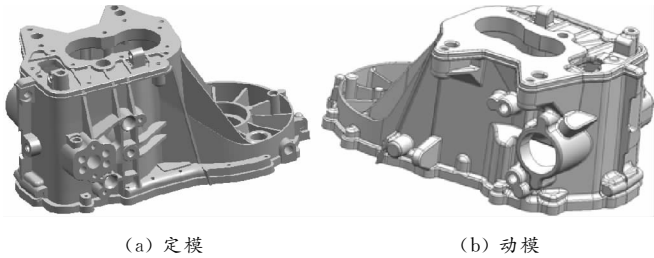


图 1 变速器壳体 3D 图
Fig.1 3D diagram of gear-housing

2 压铸工艺设计及数值模拟

2.1 分型面确定

分型面选在铸件外形轮廓尺寸最大的断面处,同时要保证压铸件在开模后留在动模一侧^[1],见图 2,变速器壳体的主分型面选择在大平面,并且选择抱紧力大的一侧做为动模。由于壳体凸台无法脱模,因此在两侧设置滑块,改变局部脱模方向。

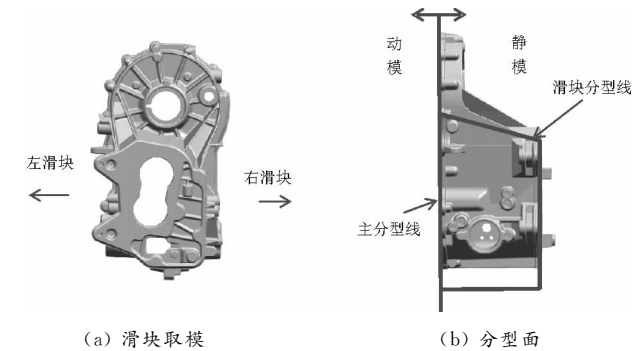


图 2 铸件分型
Fig.2 Casting parting surface

2.2 浇注系统设计

2.2.1 浇注系统结构设计

图 3 为浇注系统及排溢系统。铝液由大平面(底部)进行充填,见图 3a,既可以保证有足够的内浇口截

面积,又能够保证整个零件实现顺序充填。但由于铸件高度较高,两侧又有滑块成型,因此压射冲头设置在滑块上方位置,既可以缩短料饼与铸件在主分型面上的距离、缩小模具尺寸,更重要的是能够缩短压射熔杯长度,提高压室充满度。最终浇注系统设计成直浇道(料饼)在滑块分型面上方,横浇道通过滑块流向主分型面成“Y”型结构。合模时,由两侧滑块、动模镶块和熔杯组成完整的浇道,开模时,两侧滑块抽出后,实现脱模。

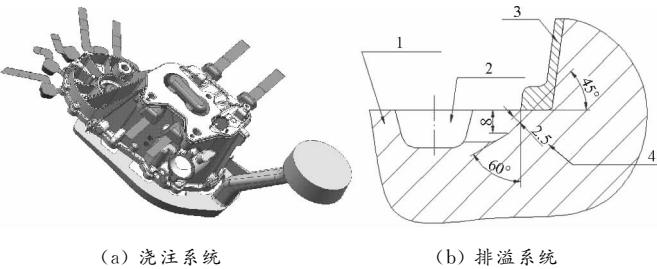


图 3 浇注系统及排溢系统
Fig.3 Gating system and overflow system
1.动模镶块 2.横浇道 3.铸件 4.内浇口(2.5 mm 处)

2.2.2 内浇口设计

内浇口截面积(A_g)计算如下:

$$A_g = m / (\rho v t) \tag{1}$$

式中, m 为通过内浇口的金属液质量, g ; ρ 为液态铝合金密度, g/cm^3 ; v 为内浇口处金属液的流速, m/s ; t 为填充时间, s 。

此变速器壳体 $m=6.138\text{ kg}$, $\rho=2.4\text{ g/cm}^3$,依据类似壳体类经验, v 取 50 m/s ,依据表 1, t 取 0.08 s ,代入式(1)得 $A_g=639.4\text{ mm}^2$ 。

表 1 型腔充填时间及内浇口厚度推荐值

Tab.1 Cavity filling time and the recommended thickness value of ingate			
铸件平均壁厚/mm	型腔充填时间/s	内浇口厚度/mm	
		简单件	复杂件
2.5	0.04~0.09	1.0~1.8	0.8~1.5
3.0	0.05~0.10	1.5~3.0	1.5~2.5
4.0	0.05~0.12	2.0~3.2	2.0~3.0

内浇口与横浇道和型腔的连接方式见图 3b,采用搭接式,进料口厚度为 2.5 mm , 45° 方向,尽量减少对型腔的冲刷。内浇口与横浇道之间采用 60° 方向过渡,同时保证直浇道、横浇道到内浇口按填充顺序截面尺寸递减,避免压射过程中出现紊流、卷气,以利于填充和压力传导。

排溢系统作用是排出金属液前端的气体、冷料、夹杂物及金属汇流处的液体,以消除压铸件的缺陷^[2,3]。全部溢流槽的溢流口截面积应为内浇口截面积的 $60\%\sim 75\%$ 。考虑此铸件的结构,填充末端型腔局部壁厚为 22 mm ,应设计大体积的集渣包用于容纳冷污金属液,

所以取值 75%。排气道采用折线形,厚度方向递减,与溢流槽连接处深度为 0.2 mm,折线后深度为 0.1 mm。

使用 AnyCasting 软件进行 CAE 流场模拟数值分析,在分析前,需对压铸工艺参数进行界定。影响铸件品质的参数主要有压射速度、浇注温度和模具温度等^[4]。主要工艺参数见表 2。

表 2 压铸工艺参数
Tab.2 Die-casting process parameter

型腔材料	浇注温度/℃	模具预热/℃	压室直径/mm	慢压射速度/(m·s ⁻¹)	快压射速度/(m·s ⁻¹)
W350	640	150	105	0.15	3.8

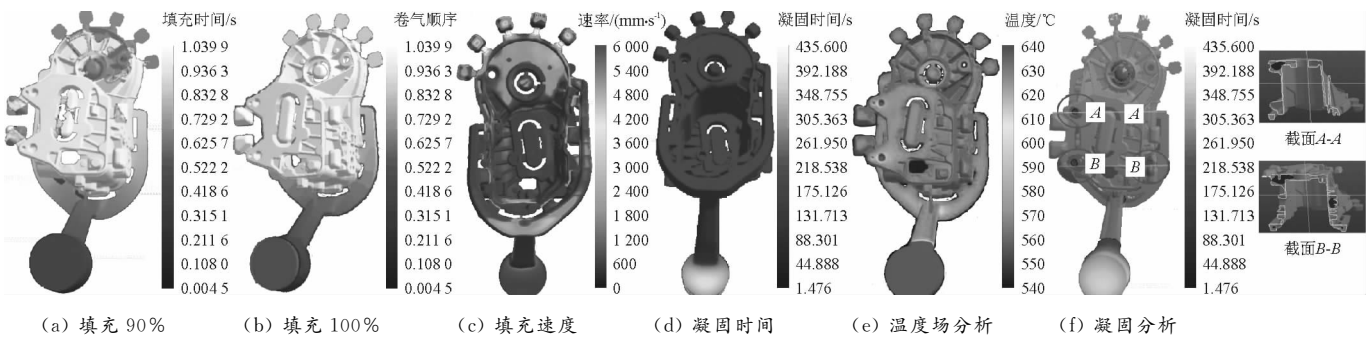


图 4 模拟分析结果

Fig.4 Simulation analysis result

压装置,以减少缩孔缺陷。

3 压铸模具结构设计

3.1 型腔部分

动模型腔部分由动模镶块、浇道镶块、左滑块、右滑块组成,定模型腔部分由定模镶块、浇道镶块组成,见图 5,动定模部分根据功能需求设计成拼接结构,便于制造、维修,还可以合理使用模具钢,降低模具成本。分型面上有效配合面(封铝面)为 100~135 mm,滑块与型腔的配合面为三面直面,一侧斜面。

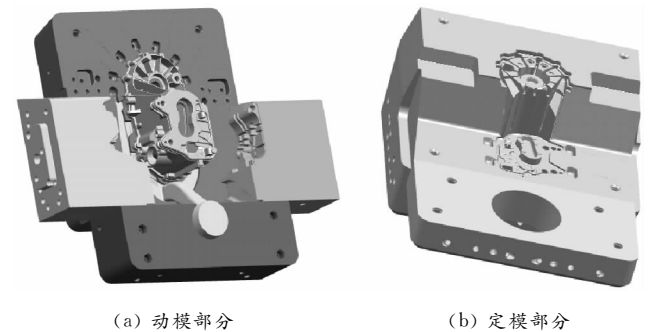


图 5 模具部分结构

Fig.5 The partial construction of mould

3.2 模架设计

模架主要包括动定模模板、支座板、导柱导套等^[5]。动定模模板采用一体式结构,因铸件结构导致在压铸过

图 4 为流场模拟数值分析的结果。可以看出,金属液先以慢压射速度对浇道进行填充,金属液到达内浇口时压射冲头切换成快压射速度填充,整体填充时间为 1.03 s。整个填充过程铸件实现顺序填充;填充末端溢流槽布置合理,能辅助末端气体的排出。通过温度场分析,铸件温度场均衡,这样能大大降低铸件温度降低过程中产生缩孔和变形的风险。通过凝固过程分析,铸件凝固时间为 1.47 s,在图 4f 的 A、B 剖切位置存在孤立的液相区域,这些区域壁厚较厚,有产生缩孔的风险。模具设计时可考虑在这些部位增加冷却和增加局部加

程中有侧向力分解,因此在动模的上侧设计成与轴向成 6°的斜面;在轴向方向,模板分型面低于型腔分型面 2 mm,以保证热状态下分型面的配合精度。导向机构采用方导柱导套布置在模具的四角成对称分布,以保证模具在热膨胀下的导向精度,见图 6。

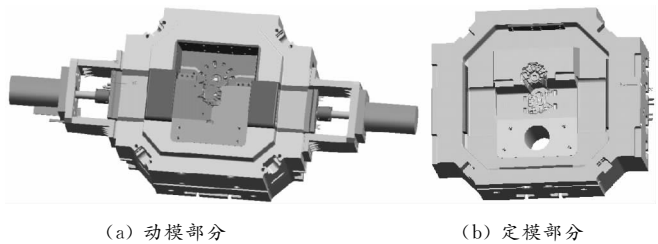


图 6 模具总体结构

Fig.6 The whole construction of the die casting die

3.3 侧抽芯机构设计

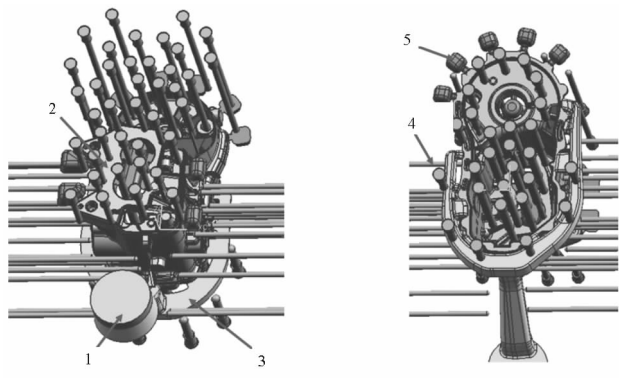
由于铸件两侧面有凸凹面,因此模具在左右两侧设置滑块进行侧抽。滑块四周两直角平面与动模镶块配合,上平面和侧向斜面与定模镶块配合。滑块的导向采用封闭式导向套结构,运动稳定可靠而且配合精度高,不掺铝和杂质。

左右两侧滑块采用液压抽芯,结构简单,运行可靠,可以单独使用,随时开动。根据抽芯力和抽芯行程的计算,液压缸选择直径为 $\phi 200$ mm,行程为 180 mm。

3.4 冷却方案设计

由于铸件内部形状复杂,有深腔和深筋,还有局部

厚大处,因此模具冷却采用单点独立的喷管结构,可以实现单点调控^[6,7]。连续生产过程中,用红外摄像机监控模具各区域不同位置的温度变化,根据温度值调整对应位置点的冷却水流量,以达到精准调控。图 7 为含铸件浇注系统的模具冷却布置图。合理的设置冷却水并实施精准调控,不仅可以减少铸件的缩孔,提高产品品质,还可以降低生产节拍,提高生产效率。



(a) 定模方向 (b) 动模方向

图 7 含浇注系统的模具冷却布置图

Fig.7 The mould cooling layout with gating system

1.直浇道 2.铸件 3.横浇道 4.冷却水道 5.溢流槽

3.5 局部增压机构的设计

通过 AnyCasting 软件进行凝固分析可知,在 A、B 剖切位置存在孤立的液相区域,由于此孤立液相区体积较大,且接近填充末端,依靠工艺参数的调整不能解决缩孔缺陷,因此对 A、B 两处实施局部增压。根据孤立液相区的体积,计算出局部增压需补缩的体积,依据需补缩的体积设计挤压杆直径和挤压行程。本模具在 A、B 两处实施单点挤压,挤压杆直径为 $\phi 14$ mm,行程为 10 mm,选用 $\phi 140$ mm 的挤压缸。挤压套固定在动模镶块上,挤压缸固定在定模套板上。局部增压机构示意图见图 8。

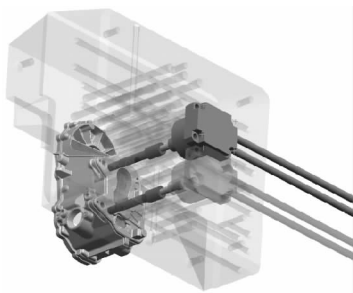


图 8 局部增压机构示意图

Fig.8 Diagram of partial pressurization mechanism

4 生产验证

MQ200 变速器壳体在 20 000 kN 压铸机上进行批量生产,实际生产的压铸工艺:模具温度为 (180 ± 50)

$^{\circ}\text{C}$,铝液浇注温度为 (665 ± 15) $^{\circ}\text{C}$,铸造压力为 90 MPa,慢压射速度为 0.15 m/s,快压射速度为 4.0 m/s,压射时间为 8 s,冷却时间为 18 s。产品压铸毛坯经加工、密封测试后,一次合格率达到 99% 以上。此模具结构经大批量生产验证,压铸件稳定,模具运行可靠。

5 结 语

依据铸件结构特点设计的“Y”型浇注系统,有利于铸件填充成形。型腔成形部分采用相拼结构,便于制造、维修,降低模具成本。大型壳体类模具导向机构采用方导柱导套,能够保证模具在热膨胀下的导向精度。针对填充末端且局部壁厚厚大处设计局部增压机构,可以减少铸件缩孔产生。

参 考 文 献

- [1] 江昌勇.压铸成型工艺与模具设计[M].北京:北京大学出版社,2019
- [2] ZYSKA A,KONOPKA Z,GIEWKA M,et al. Porosity of castings produced by the vacuum assisted pressure die casting method[J]. Archives of Foundry Engineering, 2015, 15(1): 125-130.
- [3] 李建宇,管胜敏,吴树森,等.大型复杂离合器壳体高致密化压铸[J].铸造,2020,69(11): 1 198-1 202.
- [4] 杨炫,吴怀超.重力液力自动变速器印刷电路板压铸工艺及模具设计[J].铸造,2020,69(6): 582-587
- [5] 潘宪曾.压铸模设计手册[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [6] 周承广,勾长海.自动变速箱壳体压铸模设计[J].铸造设备与工艺,2017(5): 27-33.
- [7] 周倩,任浩.铝合金变速箱外壳压铸模设计及工艺分析[J].铸造,2021,70(3): 301-305.

(编辑:张正贺)

欢迎关注
“特种铸造”
微信公众号



- | | | |
|--------|---------|--------|
| ● 微官网 | ● 行业动态 | ● 联系我们 |
| ● 微商城 | ● 铸造前沿 | ● 免费推广 |
| ● 本刊会议 | ● 经典案例 | ● 铸造职场 |
| ● 收录动态 | ● 铸造学堂 | ● 产品库 |
| ● 稿件系统 | ● 专利与发明 | ● 企业库 |