

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2020.02.013

# 重马力汽车水泵-节温器壳体一体铸造工艺设计\*

王秀红, 许 准<sup>1</sup>, 张 超<sup>1</sup>, 王新会<sup>2</sup>

(1. 郑州航空工业管理学院 管理工程学院, 河南 郑州 450015;

2. 河南省西峡汽车水泵股份有限公司 铸造事业部, 河南 西峡 474500)

**摘要:**针对水泵-节温器壳体一体铸造中出现的铸件砂眼、浆眼及冲刷缺陷等问题,设计了整套铸造工艺及其模具。首先利用 3D 建模技术,构建了一体铸件的进水口、出水口、节温器和涡流室结构模型,分析了影响铸造质量的关键因素,确定了初始铸件分形工艺、收缩率和加工余量,初步设计了一体化壳体浇注系统;然后采用 Magma 软件,对设计的壳体、流体模具、铸造工艺软程进行了分析验证,根据分析结果改进了浇注模具和铸造工艺规程。研究表明:改进后的铸件温度分布均匀,无过冷温度区,铸件存在冷隔气孔等缺陷风险小,充型良好,铸件收缩过程无明显孤立液相区,也无明显高温热节区。

**关键词:**水泵壳体;节温器壳体;铸造工艺;CAE 分析

中图分类号:TH122;TG146.21

文献标识码:B

文章编号:1001-4551(2020)02-0176-05

## Integrated casting process for heavy horsepower automobile pump and the thermostat shell

WANG Xiu-hong<sup>1</sup>, XU Zhun<sup>1</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>, WANG Xin-hui<sup>2</sup>

(1. College of Management Engineering, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou 450015, China;

2. Foundry Department, Henan Province Xixia Automobile Water Pump Co., Ltd., Xixia 474500, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of casting sand holes, the slurry eyes and scour defects in the integral casting of the water pump-thermostat housing, the whole set of casting processes and moulds were designed innovatively. Firstly, 3D modeling technology was used to build the structural models of water inlet, water outlet, thermostats and vortex chamber which analyzed the key factor affecting casting quality, determined the fractal process, shrinkage and machining allowance of castings, and preliminary designed an integrated shell casting systems as well. Secondly, the Magma software was used to verify the designed housing, casting moulds, and casting procedure. According to the analysis results, the pouring mould and casting process rules were improved. The results indicate that the temperature of the improved castings is uniform, which has advantages such as no subcooling temperature zone, little risk of defects of cold barrier blowhole, good filling, no isolated liquid zones in the shrinkage processes and obvious hot spot at high temperature places.

**Key words:** pump shell; thermostat shell; casting process; CAE analysis

## 0 引 言

水泵和节温器是控制重马力汽车发动机温度的关键部件<sup>[1-2]</sup>。水泵壳体是连接水泵各零部件的载体和主要过流部件,节温器壳体是固定节温器的部件。两

者通常分别采用灰铁铸造,并通过连接盖板和密封圈组合连接,密封圈易老化,容易引起密封不严,漏水漏气。水泵壳体和节温器壳体一体化铸造,能解决上述问题,但一体化铸造受力复杂,铸件砂眼、浆眼及冲刷缺陷等问题严重。如何在满足 HT200 材料固有力学

收稿日期:2019-04-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61203179);河南省科技计划项目(182102310951)

作者简介:王秀红(1974-),女,河北承德人,硕士,教授,主要从事工业技术创新方面的研究。E-mail:2248562793@qq.com

性能和金相组织的前提下,设计出合理的浇注模具和铸造工艺规程是迫切需要解决的问题。

吴杰等<sup>[3]</sup>运用 CFD 技术对汽车水泵进行了研究,但主要对象只是叶轮;夏翔等<sup>[4]</sup>研究了水泵壳体零件低压铸造问题,但针对的是铝合金壳体;赵竞翔等<sup>[5]</sup>研究了 HT200 灰铁的精密铸造,但其主要针对高速列车冷却系统油泵叶轮的铸造工艺进行了研究;胡号等<sup>[6]</sup>基于 FLOW-3D,进行了 ES6W 水泵壳体压铸工艺设计及优化;王亚松<sup>[7]</sup>等利用 Flow-3D 软件模拟了铸件的充型过程,准确显示了卷气缺陷的分布情况,对其工艺进行了改进,减少了卷气现象的产生;湛学勇等<sup>[8]</sup>对节温器水泵总成进行了研究,但未设计生产工艺。

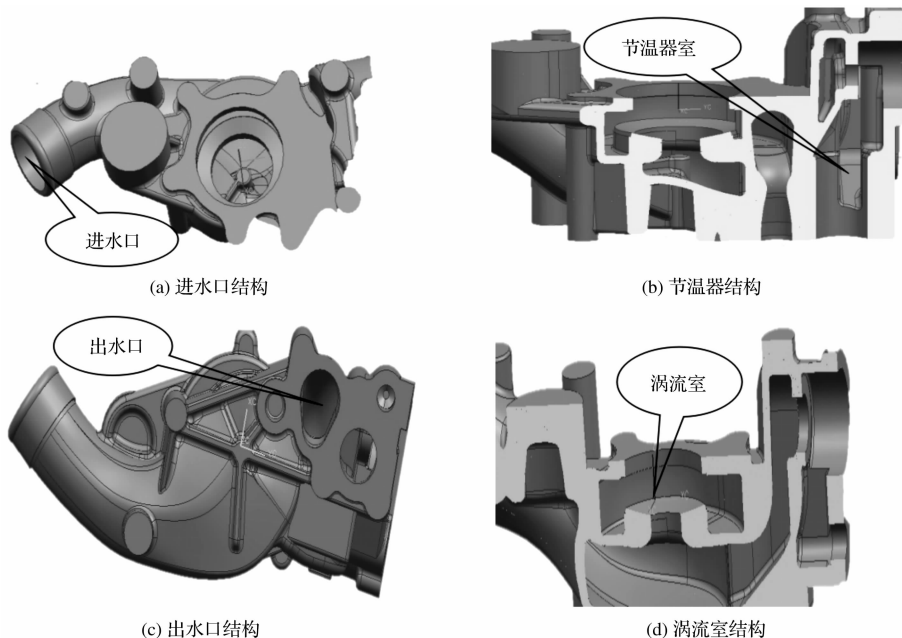


图1 铸件结构图

图1中,其结构由进水管、吸水室、涡流室、出水通道、节温器室及节温器过渡连接室等组成。根据汽车水泵工作原理及各零部件尺寸,铸件最大轮廓尺寸 $470 \times 236 \times 165$  mm,基本壁厚5 mm,未注拔模斜度 $1 \sim 3^\circ$ ,未注圆角 $R2 \sim R5$ ,铸造尺寸公差符合(GB/T6414-1999)CT9,其余非主要表面允许有直径不大于2 mm,深0.5 mm,间距不小于20 mm的气孔和砂眼,但总数不得超过5个。

## 1.2 初始铸件分型工艺选择及浇筑系统设计

根据产品结构,以铸件最大轮廓线作为主分型面位置,可使模具结构简单,外表面不用砂芯,外模可直接起型。考虑到铸件内腔4个砂芯的气体需要及时、快速排出,采用涡流室面朝上工艺。根据铸件结构和设备精度,泵体大面、切水面为2.5 mm~3.5 mm,进水管口、节温器安装孔为2 mm~3 mm,划面及螺栓面

本文将对水泵壳体和节温器壳体进行一体化设计,采用 CAE 软件对初始设计方案进行模拟分析。

## 1 压铸工艺设计

### 1.1 铸件材料及结构初始设计

本文设计一体化铸件壳体材质为灰铸铁 HT200 (GB/T9438)<sup>[9-11]</sup>。HT200 的总体性能,包括化学成分、力学性能、抗拉强度、硬度等,适合用于铸造一体化壳体。

该铸件将水泵壳体和节温器壳体集成为一体,其铸件结构如图1所示。

为1.5 mm~2.5 mm。其余加工面( $\geq 100$  mm<sup>2</sup>区域为3 mm,<100 mm<sup>2</sup>区域为2.5 mm)。

在制作模具时加上了相应的线性收缩率。灰铸铁件的铸造收缩率取0.8%~1.0%,该铸件长、宽、高之比为2.8:1.4:1。同时,进水管区域,收缩时为自由收缩,因此,在X、Y、Z方向上设置不同的收缩比:1.009 5、1.008 5、1.008。

铸件分型工艺如图2所示。



图2 铸件分型工艺

图 2 中,设计铸件浇口比为封闭型,浇注系统各截面比为  $A_{直} : A_{横} : A_{内} = 1.2 : 1.7 : 1$ 。1.2 是直浇棒的横截面积。1.7 是横浇道的横截面积,浇注过程中铁水流入横浇道时会产生阻流效果,液面在横浇道处升高,铁水中的杂质可以阻流在顶部,起到减少产品的渣孔及浆孔的作用;1 是内浇口的横截面积,根据  $A_{直} : A_{横} = 1.2 : 1.7$  进行充型后,根据充型结果调整尺寸。

## 2 初始方案模拟

本文采用 CAE 软件<sup>[12-13]</sup>对初始设计方案进行模拟分析,模拟前对壳体壁厚进行补贴,即对原始 3D 内腔补贴 0.3 mm 壁厚。

模拟结果如图 3 所示。

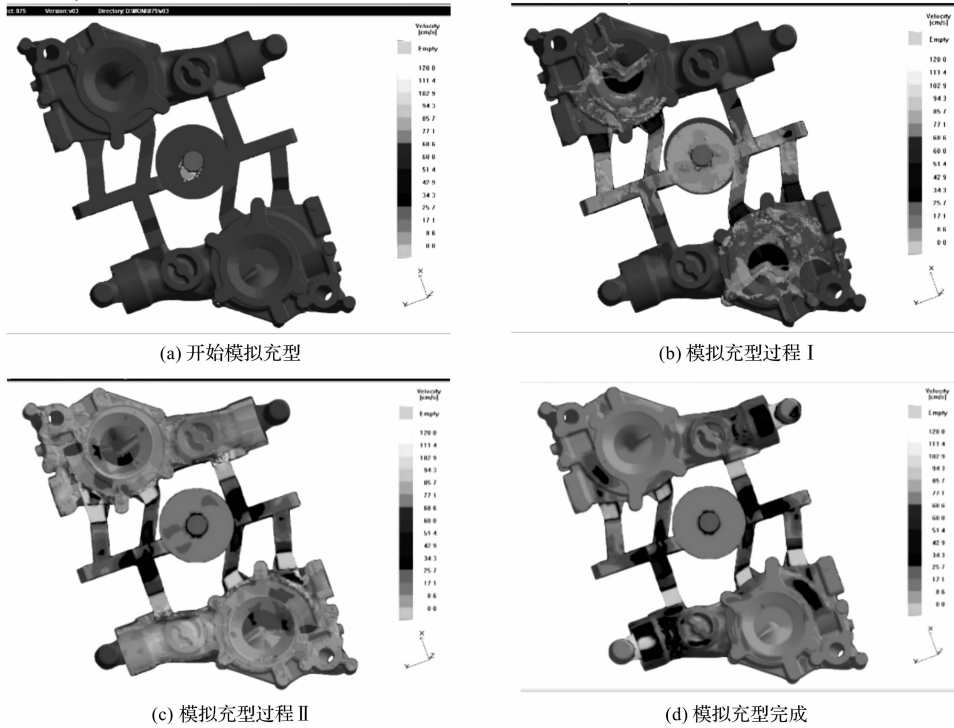


图 3 初始方案 CAE 分析

图 3 中,中间过程有 50 ~ 100 个图,因此本研究只选取代表性的 2 个图。由图 3 可以看出,初始工艺卷气风险比较大,卷气风险大的部位气流紊乱,易造成铁水在腔体内局部紊流,进而使对应部位的砂型松动,轻微地造成砂眼、气孔;严重的憋气会造成冷隔或者铁水杂质聚集成浆眼。因产品存在起皮、气孔问题,需要优化工艺,调整进火量及增加排气。

有利于横浇道平稳流动,挡渣效果好。即:  $A_{直} : A_{横} : A_{内} = 1.2 : (1.5 \sim 1.8) : 1$

本文改进了设计浇注系统,内浇道放置在分型面处,采用 4 个进火口分散进火。浇注系统各截面比为:  $A_{直} : A_{横} : A_{内} = 1.2 : 1.7 : 1$ 。为降低铸件砂眼、浆眼及冲刷缺陷的产生,本研究在直浇道窝放置陶瓷过滤器。

## 3 工艺改进及模具设计

### 3.1 工艺改进及模拟结果分析

针对上述问题,本文改进铸件浇口比为半封闭型,

工艺设计完成后,本研究用 Magma 软件进行 CAE 分析验证,对热节点部位放置冷却片,对憋气部位设置了排气针。

仿真结果如图 4 所示。

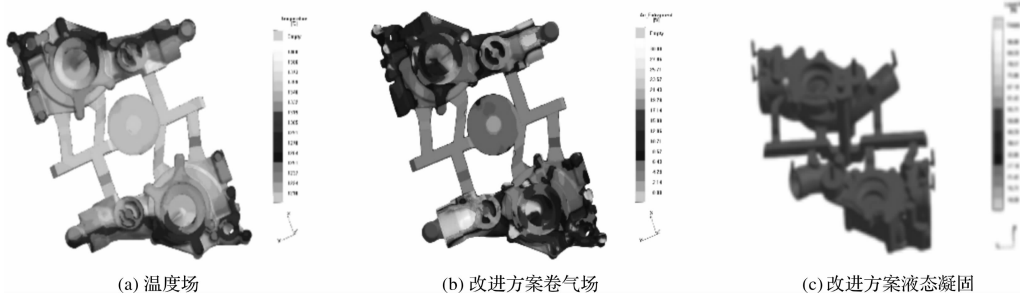


图 4 改进方案 CAE 分析

从图4可以看出:模拟浇铸温度1 420 ℃,铸件的冲型过程中没有出现温度在液相线(1 180 ℃)以下朧区域,表示改进后铸件温度分布均匀,无过冷温度区,铸件存在冷隔气孔等缺陷风险小,充型良好;卷气场显示冲型过程中,气体在产品型腔形成气流流动,最终紊流气流都通过排气针全部排出,卷气场良好;当温度从1 420 ℃降低到0 ℃,铸件收缩过程无明显孤立液相区,也无明显高温热节区,铸件内部质量较好。

### 3.2 模具设计

根据铸造工艺设计及CAE分析结果,确定模具工艺方案如下:

(1)外模。采用HWS静压线潮模砂造型(砂箱尺寸1 000×800×350/350 mm),每模2型,工艺出品率75%;

(2)内腔需4个泥芯成型,其组合结构如图5所示。

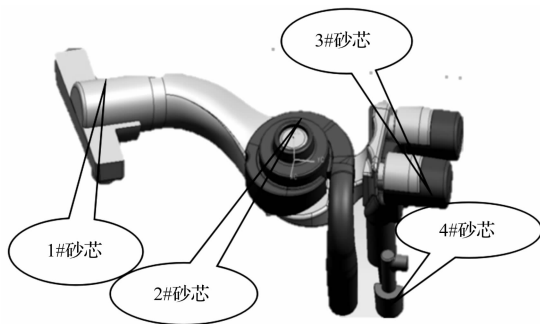


图5 模具设计图

由于铸件内腔尺寸精度及表面质量要求较高,本文确定砂芯全部用覆膜砂热芯盒制芯工艺。其中,1#砂芯采用壳芯工艺,既可减轻砂芯重量,又可减少砂芯发气。3#、4#砂芯放置在1付芯盒内,共需3付芯盒。

## 4 铸造工艺规程设计

铸造WP12水泵壳体主要工序有制芯、修芯、型砂混制、造型、熔炼、炉前处理、浇注等,其工艺过程如图6所示。

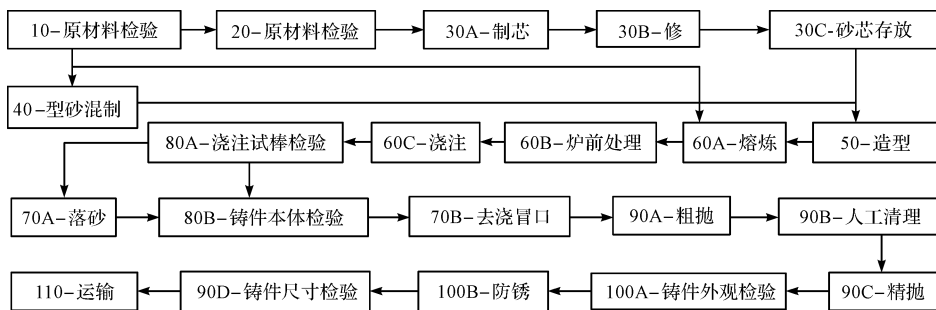


图6 工艺流程图

图6中,对工艺20、30A/30B、80A、90B分别制定相应的《原材料技术条件》、《制芯作业指导书》、《铸件最终检验指导书》和《铸件清理指导书》,100A和100B的工艺控制也参照《铸件最终检验指导书》。工艺30C关键产品特征为砂芯表面质量,工艺40砂型混制后要注意存放时间不宜过长。工艺50造型前应进行型砂水分检查,砂型质量控制。工艺60A制作过程中要严格监测原铁水化学成分及光谱记录,工艺60C的浇注温度、浇注时间、浇注温度为关键质量点。80A的末箱试棒金相组织,石墨,单铸试棒延伸率严格参照《铸件最终检验指导书》。

## 5 结束语

本研究设计的WP12水泵壳体,将水泵壳体和节温器壳体作为一个零件铸造,利用3D建模和Magma软件进行CAE分析验证,最终结果显示,铸件内外表面无有疏松、气孔、裂纹等缺陷,过渡表面光洁,无粘

砂、结疤、气孔、砂眼等缺陷,铸件在 $\geq 0.3$  MPa压力下,历时3 min,未有渗漏现象,满足水泵壳体质量要求。

### 参考文献(References):

- [1] 孙博,袁森,袁东洲.优化汽车冷却水泵壳体铸造工艺[J].现代零部件,2018(12):74-75.
- [2] 熊博文,万红.铝合金节温器壳体压铸工艺数值模拟与优化[J].特种铸造及有色合金,2017,37(8):869-872.
- [3] 吴杰,唐倩,张元勋,等.基于CFD的汽车冷却系统水泵叶轮设计与实验[J].机械研究与应用,2013,26(2):89-91.
- [4] 夏翔,郑小秋,周燕辉,等.水泵壳体零件的低压铸造[J].铸造,2015,64(7):689-692.
- [5] 赵竞翔,李桐,王拓,等.HT200灰铁叶轮的精密铸造[J].特种铸造及有色合金,2015,35(2):174-175.
- [6] 胡号,许磊,王凯,等.基于FLOW-3D的ES6W水泵壳体压铸工艺设计及优化[J].特种铸造及有色合金,2018,38(6):619-622.

- [7] 王亚松,许磊,康人木,等.某汽车水泵壳体压铸工艺设计及优化[J].热加工工艺,2019,48(3):130-133.
- [8] 湛学勇,王琪,刘慧,等.一种集成节温器的水泵总成[P].中国:CN206988164U,2018-02-09.
- [9] 石广丰,邢云飞,沉栋平.某型汽车水泵流体动力学仿真与试验[J].流体机械,2017,45(3):11-14,20.
- [10] 张启华,杨欣叶,徐媛晖,等.不同叶轮形式对汽车冷却水泵性能的影响[J].流体机械,2018,46(7):27-31.
- [11] 陈灵,梁思祖.水泵壳压铸模开裂原因分析[J].金属热处理,2006,31(11):99-101.
- [12] 朱云,王建民.基于数值模拟技术的球铁壳体消失模铸造工艺优化[J].铸造,2013,62(8):748-751.
- [13] 张杰,赵波,李金国.基于CFD的汽车水泵数值模拟与试验验证[J].流体机械,2016,44(11):6-10.

[编辑:程浩]

## 本文引用格式:

王秀红,许准,张超,等.重马力汽车水泵-节温器壳体一体铸造工艺设计[J].机电工程,2020,37(2):176-180.

WANG Xiu-hong, XU Zhun, ZHANG Chao, et al. Integrated casting process for heavy horsepower automobile pump and the thermostat shell[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2020,37(2):176-180.  
《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 158 页)

本文首先采用有限元数值分析法,建立了多楔皮带轮旋压工艺的几何模型和材料刚塑性本构模型,对提出的皮带轮成型工艺方案进行了数值模拟,通过分析各道旋压工序的实时动态应力应变状态及成型缺陷,对多楔皮带轮的成型质量进行了判断。

通过模具试制和实际加工结果表明,本文所提出的多楔皮带轮成型工艺方案是可行的,该结果为该方案进一步优化工艺参数奠定了基础。

## 参考文献(References):

- [1] 陈芳雷,张治民,腾焕波.旋压技术在皮带轮中的应用[J].工艺与检测,2007(8):94-96.
- [2] WONG C C, DEAN T A, LIN J. A review of spinning, shear forming and flow forming processes[J]. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 2003, 43(14): 1419-1435.
- [3] WONG C C, DEAN T A, LIN J. Incremental forming of solid cylindrical components using flow forming principles[J]. **Journal of Materials Processing Technology**, 2004 (153):60-66.
- [4] MUSIC O, ALLWOOD J M, KAWAI K. A review of the mechanics of metal spinning[J]. **Journal of Materials Processing Technology**, 2010, 210(1):3-23.
- [5] 候磊.带轮旋压成形新工艺的有限元模拟研究[D].合肥:合肥工业大学材料学院,2010.
- [6] 夏冲冲.多楔带轮旋压成形工艺及缺陷分析研究[D].合肥:合肥工业大学材料学院,2017.
- [7] 谢水生,王祖唐.金属塑性成型工步的有限元数值模拟[M].1版.北京:冶金工业出版社,1997.
- [8] 刘静.S30403+Q34SR轧制复气钢板旋压成形工艺性能试验研究[J].压力容器,2017,34(5):1-8.
- [9] 于翔.AZ61B镁合金热加工成型的数值模拟及组织预报[D].重庆:重庆大学材料学院,2004.
- [10] 杨羽.筒形件强力旋压动力学仿真研究[D].长春:长春理工大学机械工程学院,2013.
- [11] 郑帮智.发动机多楔带轮旋压成型仿真的研究[D].成都:西南交通大学车辆工程,2016.

[编辑:周昱晨]