

铝合金叶轮铸造工艺研究

贾士艳¹, 王安国², 张峻槐², 宿纯文², 杨波³, 林霖⁴, 包有雨⁵, 梁全⁶

(1. 沈阳创新合金有限公司, 辽宁沈阳 110141; 2. 沈阳航空航天大学, 辽宁沈阳 110136; 3. 伟宁金属科技有限公司, 辽宁沈阳 110000; 4. 沈阳铸造研究所有限公司 高端装备轻合金铸造技术国家重点实验室, 辽宁沈阳 110022; 5. 上海格麟倍科技发展有限公司, 上海 200000; 6. 沈阳工业大学, 辽宁沈阳 110870)

摘要: 铝合金叶轮铸件生产中为避免气孔、缩松等缺陷, 常采用较长的充型及保压时间。为提高产品生产效率, 本研究以ZL101材质叶轮的铸造工艺为研究对象, 探究特定710 °C浇注, 低碳钢模具, 模具预热200 °C时, 较快充型速度的近低压铸造下, 不同压力-时间曲线下充型的可行性。使用ProCAST及Solidworks软件建模仿真, 结合缩孔、缩松分布和Niyama判据获得如下结论: 较快充型速度下, 完成近低压铸造可行; 充型时间1.5 s时, 保压压力增加有助于凝固, 但过高压力易导致顺序凝固失败, 进而使铸件中出现缺陷; 当充型时间3 s时, 保压压力对铸件凝固过程的影响不大。

关键词: 压力; ProCAST; 铝合金叶轮; 铸造工艺

叶轮作为离心泵、离心压缩机和涡轮发动机的核心部件, 其结构复杂, 在航天推进剂在轨储存、气体压缩和油气运输、液化天然气计量等方面有着重要应用, 其使用早且应用广^[1-3]。在现代制造业中, ZL101铝合金为代表的铸造Al-Si合金以其较低密度、较优异力学性能、较高质量可靠性而被广泛应用, 其中ZL101铝合金叶轮因成形难度较大被重点研究^[4-8]。当前生产实践中, 铝合金叶轮因其厚度变化较大, 锻造、挤压成形及高压铸造等工艺难以适用; 低压铸造因工艺参数可调性较好, 是获得组织更致密、性能要求更高铝合金叶轮铸件的方法; 低压铸造工艺包括升液管升液、充型、增压凝固、卸压、冷却等阶段^[9], 通过进气管对金属液坩埚增压(卸压阶段出气阀卸压), 使金属液通过升液管进入铸型, 进而在相应气压下充型凝固, 生产出铸件。

结构复杂的ZL101铝合金叶轮的低压铸造涉及流动、凝固、应变等现象及温度场、流场、应力场等变化规律, 剖析多种因素的影响对消除铸造缺陷十分关键^[10-13]。为避免产生卷气、缩松、夹杂、热裂、冷隔等影响叶轮质量的批次性缺陷, 常将升液、充型、增压凝固、卸压等各阶段设置足够长时间, 较长的时间设置不利于提高生产效率。为探讨高充型速率对提高生产效率的可行性, 仿真剖析异于常规低压铸造的近低压铸造工艺各工艺参数具有重要的参考价值^[14]。利用Solidworks软件设计铝合金叶轮近低压铸造模型, 利用ProCAST软件模拟铝合金叶轮的充型及凝固过程, 结合缩孔、缩松分布和Niyama判据, 有助于通过少试验或无试验确定特定模具、模具材料及模具预热温度, 快速充型的近低压铸造下以及特种压力-时间曲线等条件对铸件缺陷分布的影响规律。因ProCAST软件仿真精度较高, 可对预防铝合金叶轮铸造缺陷, 选择新的工艺参数, 指导工业革新提供新的思路^[15-16]。

1 叶轮铸造工艺设计

1.1 铝合金叶轮几何参数

该叶轮零件的模型如图1所示, 该铸件整体呈圆盘状, 最大直径317 mm, 高90 mm, 中间为通孔, 且内部的结构较为复杂, 壁厚最薄处约10 mm, 最厚处为

作者简介:

贾士艳(1976-), 女, 工程师, 主要研究方向为金属材料及成形。

通讯作者:

王安国, 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事金属材料设计及部件成形研究。

E-mail: 13604188303@163.com

中图分类号: TG292

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2022)

12-1585-07

收稿日期:

2022-09-09 收到初稿,

2022-11-14 收到修订稿。

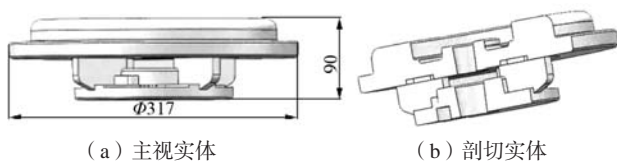


图1 零件三维模型

Fig. 1 3D model of the part

46 mm, 但薄壁处不多, 主要为厚壁, 整体上壁厚较为均匀。

1.2 浇注系统的确立

由于铸件为回转体, 采用近低压铸造工艺, 将回转体轴线置于垂直位置更有助于升液管、浇道和模具的设计, 故提出以下两种浇注方式。

方案一: 叶轮的叶片在上, 安装部分在下, 如图2a所示。方案一的优点在于浇道附近的结构比较简单, 充型平稳, 且工作面距离浇道比较远, 充型结束时不会出现工作面位置温度偏高的情况, 但是不利于排气。

方案二: 叶轮的叶片在下, 安装部分在上, 如图2b所示。方案二的优点在于, 工作面和结构较为复杂的位置在下面, 便于充型, 且有利于保证工作面的质量, 热节集中于铸件上部, 方便上部进行冒口补缩, 缺陷距工作面更远; 但是工作面距离浇道比较近, 可能出现充型不稳定, 充型结束时工作面位置温度会偏高, 导致铸件质量下降。

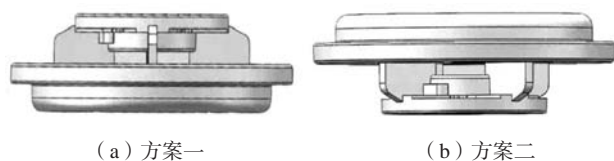


图2 零件浇注方式

Fig. 2 Pouring methods of the part

综上, 本文选择方案二进行准低压铸造工艺设计(图3), 含冒口及浇道的铸型总重13.8 kg。相比于圆形浇道, 十字形浇道充型速度更平稳, 充型更均匀,

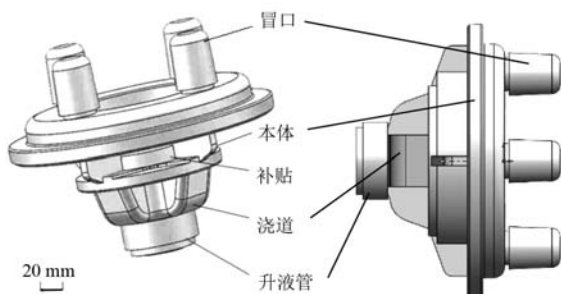


图3 叶轮准低压铸造浇注系统

Fig. 3 Gating system for quasi low pressure casting of the impeller

凝固温度场更容易实现顺序凝固, 故本文选择十字形浇道^[17]。此外, 可将内孔实心化, 便于将几何热节引导至此。

1.3 模型前处理及参数设置

为便于建模及后续仿真, 对铸件整体结构简化调整, 在叶轮零件图纸基础上, 用Solidworks软件对叶轮进行三维建模, 绘制浇冒口系统。依据热节分布和去除零件内热节的需求, 设计铸件。

1.3.1 各阶段压力和时间确定

铸造ZL101铝合金中富含Si, 具备高流动性和低收缩率、气密性较好、比重小等优点, 适宜该类部件, 模拟选用的ZL101铝合金成分如表1所示, 相关热物性参数见表2。

表1 ZL101铝合金成分

Table 1 Composition of the ZL101 aluminum alloy $w_B/\%$

Si	Mg	Fe	Al
6.5~7.5	0.25~0.45	0~0.2	余量

表2 ZL101铝合金热物理参数

Table 2 Thermophysical parameters of the ZL101 aluminum alloy

密度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	液相线 温度/ $^{\circ}\text{C}$	固相线 温度/ $^{\circ}\text{C}$	潜热/ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	热导率/ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
2 430	613	542	430.518	70

近低压铸造及低压铸造是反重力铸造工艺, 铸型充型依靠低压力作用于坩埚中金属液面, 从而使金属液通过升液管填满整个型腔。该过程所需附加气压可据式(1)计算:

$$P_i = H_i \rho g \mu \quad (1)$$

式中: H_i 为各阶段的金属液面高, m; ρ 为金属液密度, kg/m^3 ; g 为重力加速度, m/s^2 ; μ 为阻力系数, 无量纲。

加压过程可分升液、充型、凝固三个阶段, 其各阶段加压速度与压力计算如下:

(1) 升液阶段: 该阶段指金属液从坩埚升到浇口处为止。随升液过程压力递增, 金属液在升液管中逐渐升高。含浇冒口的铸件高276 mm, 浇口到铸型70 mm, 铝液密度 2.4×10^3 (kg/m^3), μ 取值为1.0~1.5, 根据式(1)算得升液附加压力:

$$P'_1 = 0.07 \times 2.4 \times 10^3 \times 9.8 \times 1.2 = 1\,975.68 \text{ Pa}$$

参照文献[18], 升液阶段加压速度 $v_1 = 0.001\,3 \sim 0.001\,8 \text{ MPa}/\text{s}$, 则升液阶段, 浇口到铸型段的附加加压

时间 t'_1 为: $t'_1 = \frac{P'_1}{v_1} \approx 1.1 \sim 1.5 \text{ s}$ 。

假定金属液面至铸型底部约530 mm, 则升液阶段加压为 $P'_1 = 0.60 \times 2.4 \times 10^3 \times 9.8 \times 1.2 = 19\ 934.4$ Pa, 加压时间 $t'_1 = \frac{P'_1}{v_1} \approx 11$ s。模拟时为了简化, 可只计浇口到铸型段 t'_1 。

(2) 充型阶段: 指金属液从浇口开始进入至充满型腔的阶段(坩埚中金属液到型腔顶端高度), 在充型过程中随着压力增加, 金属液逐渐充满型腔。该阶段增压速度可看作金属液充型速度, 该速度决定金属液在型腔中流动状态、温度分布、型腔中气体排除及最终铸件质量。计算充型附加压力:

$$P'_2 = H_2 \rho g u = 0.346 \times 2.4 \times 10^3 \times 9.8 \times 1.2 = 9\ 765.50$$
 Pa

由文献知, 充型阶段加压速度 $v_2 = 0.002 \sim 0.005$ MPa/s,

则充型阶段极速加压时间 t_2 为: $t_2 \approx \frac{P'_2}{v_2} \approx 1.5 \sim 5$ s。通常低压铸造的该段时间常选择加倍, 用以保障液流平稳; 本文以研究高效充型为目标, 仍选择1.5~5 s的极速加压时间。

(3) 凝固阶段: 指自金属液充满铸型到凝固结束为止。凝固压力大则金属液充型效果好, 利于获得致密铸件, 常高于充型压力, 但凝固压力也不宜过大, 由文献[17]可知, 增压压力一般为0.05~0.1 MPa, 此次铸造工艺研究的铸件结构适中, 增压压力取 $P'_3 > 15$ kPa, 增压阶段增压速度 $v_3 = 0.005 \sim 0.010$ MPa/s, 极速增压加压时间 $t_3 > 3$ s, 取 $t_3 = \frac{P'_3}{v_3} = 5 \sim 10$ s。

(4) 保压阶段: 保压阶段是指金属液在凝固过程中处于一个恒定压力作用直至凝固的阶段。通常保压阶段的压力值 P' 可参照 $P' = P'_1 + P'_2 + P'_3$, 模拟时保压阶段的压力值可简化为 $P' = P'_1 + P'_2 + P'_3 > 26.7$ kPa。保压时间是获得优质铸件的一个重要条件, 影响保压时间的因素有很多, 一般依据“铸件重量——参考曲线”来选取参考值, 通常选择几分钟; 本次铸造模拟中, 考虑到提高充型速度的需求, 并考虑到保压结束时浇口上部的温度不应显著高于560 °C而导致出现缩松, 依照参考文献[17]和实际工业生产中浇注系统凝固时间等, 以研究高效充型为目标, 选取保压时间 ≥ 8 s。

1.3.2 浇注温度、模具温度等模拟参数确定

浇注温度是影响铸件整体质量的重要因素, 浇注温度过高, 需更长时间冷却至室温, 致使冷却时间延长, 导致组织粗大, 进而引起铸件力学性能下降。当浇注温度过低, 可能产生浇不足、冷隔等缺陷。近低压铸造过程相对封闭, 保温效果好, 且金属液充填过程得到改善, 砂型铸造时, 浇注温度相对于重力铸造低10~20 °C, 采用金属型模具时, 由于金属导热性良好, 可比砂型铸造高20~30 °C。此次低压铸造ZL101铝

合金叶轮铸件的整体结构较复杂, 模具选择金属型模具, 可初定浇注温度680~730 °C。

模具温度一般由合金种类、铸件本身结构特点决定。对非金属模具而言, 其温度一般为室温; 当选择金属模具时, 通常需对模具预热, 以便达到更好充型及冷却效果, 对铸造铝合金, 模具温度一般200~250 °C^[19]。

铸造过程涉及材料热物性参数和边界条件变化较多, 特别是界面换热系数无法很直观得到, 所以铸造或凝固过程中的实际高温数值来反算界面换热系数, 作为提升铸造过程数值模拟精度的常用方式^[19-21]。将建立好的低温叶轮三维模型导入ProCAST中进行网格划分、设置模拟参数等处理。根据文献, 设定金属液与铸型之间的传热系数为2 000 W/(m²·K), 铸型与大气的传热系数为20 W/(m²·K), 模具冷却方式初始设置为室温20 °C自然冷却^[19]。

2 模拟方案设计

压力对铸件凝固组织形成产生重要影响。在压力影响下, 溶质扩散系数减小, 熔体结晶速率提高, 使稀溶物无法进行弥散, 因而产生了过饱和固溶物。压力差还会把尚未凝结的金属熔体推入枝晶间隙, 从而改善了合金的组织形态。结晶压力差对铝合金二次枝晶间距作用最显著, 壁厚一定时, 铝合金的二次枝晶间距由于结晶压力提高而减小。通常, 铝合金的二次枝晶臂间距愈小, 力学性能就越高^[22-24]。

不同工艺参数对叶轮低压铸造工艺的影响较大, 分析极为复杂, 现仅讨论低碳钢模具, 200 °C模具预热, 710 °C浇注时, 较高压力、较短时间的近低压铸造工艺对缺陷分布的影响。本文模拟的浇口到铸型段的升液时间取整为1 s, 通过研究极速充型时间及附加保压压力, 设计三大组压力-时间曲线进行模拟试验, 具体试验方案如表3所示。

表3 模拟试验的压力时间曲线
Table 3 Pressure-time curves of the simulation test schemes

方案编号	充型时间/s	附加保压压力/kPa
1	1-1	1.5
	1-2	1.5
	1-3	1.5
2	2-1	2
	2-2	2
	2-3	2
3	3-1	3
	3-2	3
	3-3	3

3 ProCAST模拟结果及分析

从图4方案1-1、1-2、1-3中的三组模拟结果可以看出,方案1-1生产的铸件中缩孔、缩松的分布更接近铸件表面,且倾向十分明显,冒口处的Niyama判据较低的位置更接近于铸件;方案1-3生产出的铸件中,薄壁处铸件表面附近不存在明显的缩孔、缩松分布,厚

壁处的Niyama判据较低的位置都分布于冒口和中央冒口处,冒口有一定补缩效果;方案1-2生产出的铸件中,薄壁处铸件表面附近不存在明显的缩孔、缩松,厚壁处的Niyama判据较低的位置都分布于冒口和中央冒口处,且相较于方案1-3数值更大,冒口的补缩效果提升,且在热节处Niyama判据明显更大,利于质量提升。

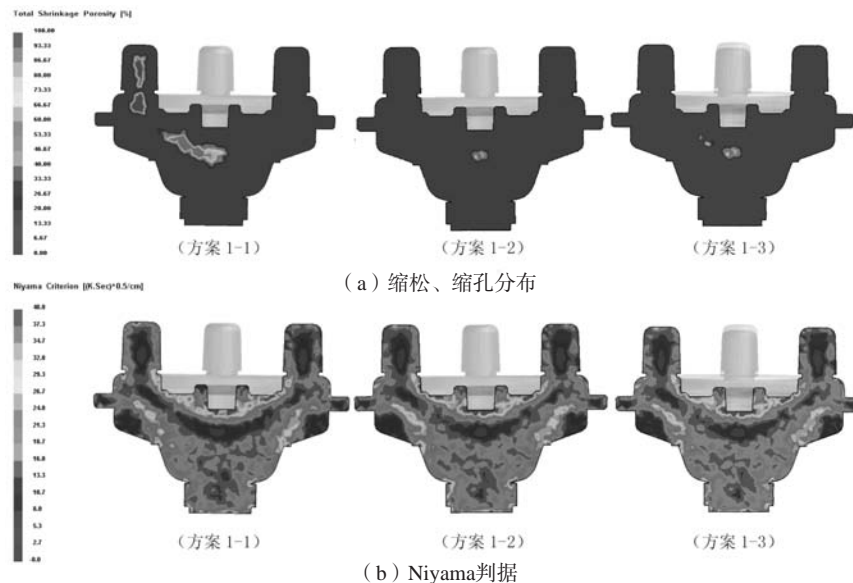


图4 方案一铸件中的缺陷分布

Fig. 4 Distributions of defects of the castings in scheme 1

通过图5a对比方案1-2与方案1-3的温度场与图5b流场模拟结果可以看出,金属液充满铸型时,薄壁处已经迅速冷却下来,在接下来冷却过程中,铸件本体凝固时温度梯度较大,使得Niyama判据更大,降低了缩松产生倾向,同时二者充型流场在金属液进入冒口的狭窄处时均未出现明显紊流,铸件结构较为复杂,方

案1-2充型相较于1-3充型能力更好。

从图6方案二的三组模拟结果可以看出,方案2-1的工艺中,铸件表面附近薄壁处不存在明显的缩孔、缩松分布,厚壁处的Niyama判据较低的位置都分布于冒口和中央冒口处,与方案1-3差别不大,但热节处Niyama判据明显较小,铸件品质不如方案1-3;方案2-2铸件的缩孔、缩松分布变广,但依旧集中在厚壁处,而Niyama判据较低的位置仍分布在中央补贴和冒口处,且热节处Niyama判据比方案1-3更高,薄壁处的Niyama判据值更高;方案2-3中的缩孔、缩松分布明显比方案1-3和方案2-1要更广,距离表面很近且不处于中央补贴处的部分缩孔、缩松分布密集;厚壁处Niyama判据较低的位置主要集中于冒口和中央补贴处,但是冒口处Niyama判据较低位置分布较低,距离铸件本体很近,冒口补缩效果不佳。

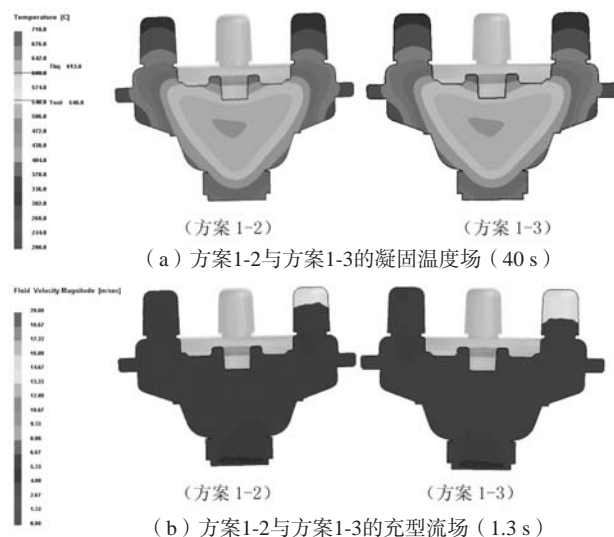


图5 方案一铸件中的温度场与流场

Fig. 5 Temperature and flow fields of the castings in scheme 1

而通过图7方案2-2的温度场与流场模拟结果可以看出,因充型较快,前期铸件中基本上保持了顺序凝固,而45 s时,高温金属液偏向左侧,明显看出,铸件顺序凝固并不顺利,升液管和浇道凝固较晚,都使得缺陷分布更广且位置更低,使得缺陷进入铸件本体,并且在充型即将完成时,薄壁处出现了紊流,可见,由于充型过快,金属液直接冲入了冒口,而薄壁处充

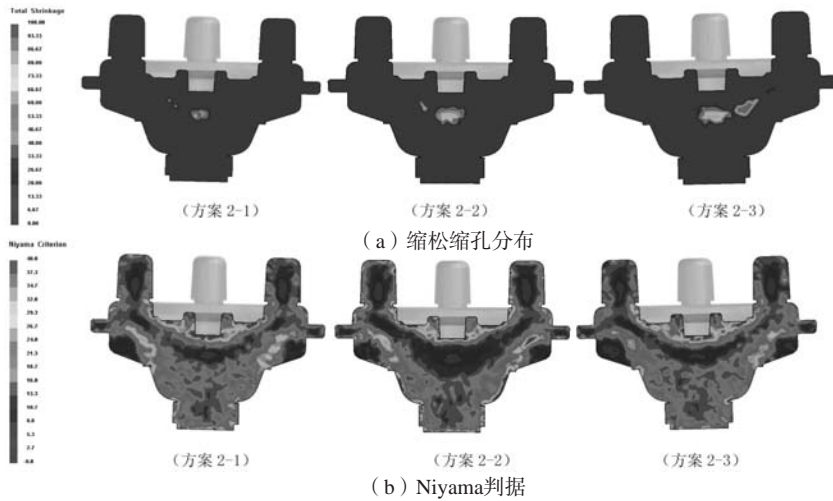


图6 方案二铸件中的缺陷分布

Fig. 6 Distributions of defects of the castings in scheme 2

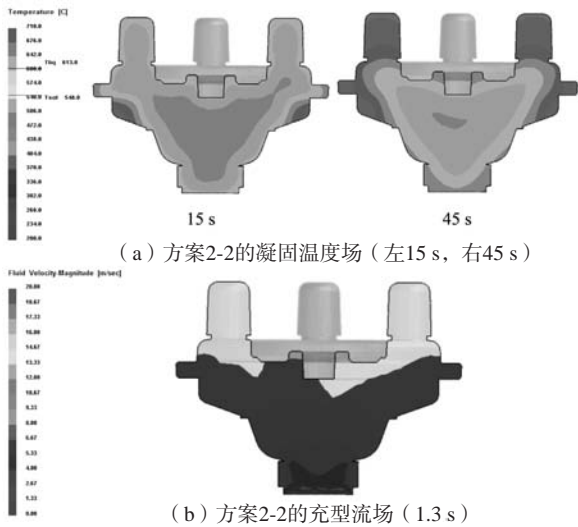


图7 方案二铸件中的温度场与流场

Fig. 7 Temperature and flow fields of the castings in scheme 2

型不顺利，且金属液顶端在充型完成前就接触了铸型，会导致金属液提前冷却，进而阻碍了顺序凝固，因此方案2-2不适于本工艺。

从图8方案三的三组模拟结果可以看出，方案3-1的铸件中，铸件表面及薄壁附近处不存在明显的缩孔、缩松，厚壁处的Niyama判据较低的位置都分布于冒口和中央冒口处，但是右侧冒口处Niyama判据较低的位置分布偏低，可能会使铸件中出现缺陷，铸件质量不如方案3-3；方案3-2获得的铸件与方案3-1中模拟结果相差结果不大，厚壁处的Niyama判据较低的位置都分布于冒口和中央冒口处，但相较于方案1-2和方案1-3冒口处Niyama判据较高，冒口的补缩效果稍明显，且在热节处、薄壁和表面处Niyama判据明显更大，质量有所改善；方案3-3即便1 s之后的压力有所变化，但是整体的充型过程、温度分布和缺陷分布与方案3-2差

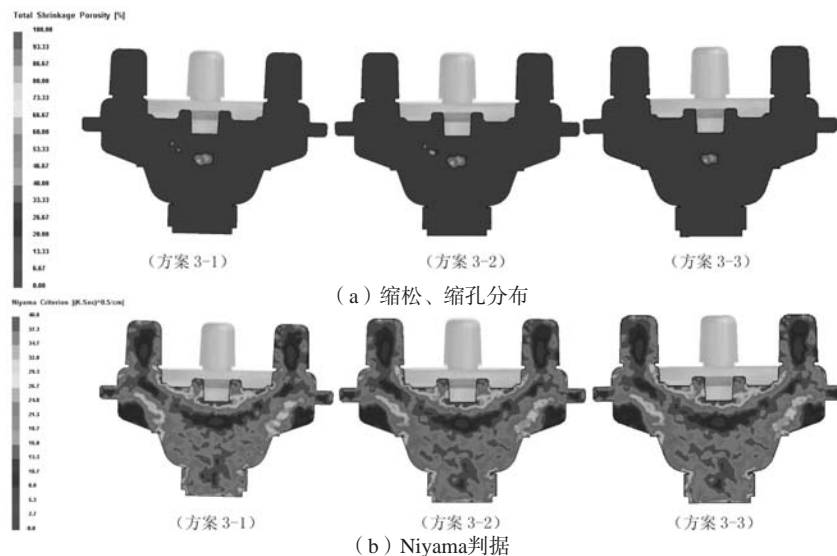


图8 方案三铸件中的缺陷分布

Fig. 8 Distributions of defects of the castings in scheme 3

别不大,可见在升液时间和充型时间足够长时,压力对铸件质量的影响有限。

图9方案3-2与3-3的温度场与流场可以看出,方案3-2在金属液接近充满铸型时,薄壁处已经冷却下来,在接下来冷却过程中铸件本体凝固时温度梯度较大,上层金属液的温度下降较慢,热节处的温度梯度更加明显,使得Niyama判据显著提高,降低了缩松产生的倾向,虽然液面上升不太稳定,但是金属液在进入冒口时并没有发生明显的紊流,方案3-2在2.0 s时在薄壁处出现了紊流,此时的铸件中央补贴处已经充满;充型压力低的方案3-3的充型过程比方案3-2更平稳,2.0~2.3 s没有出现明显紊流,因此方案3-3较适用于本工艺。

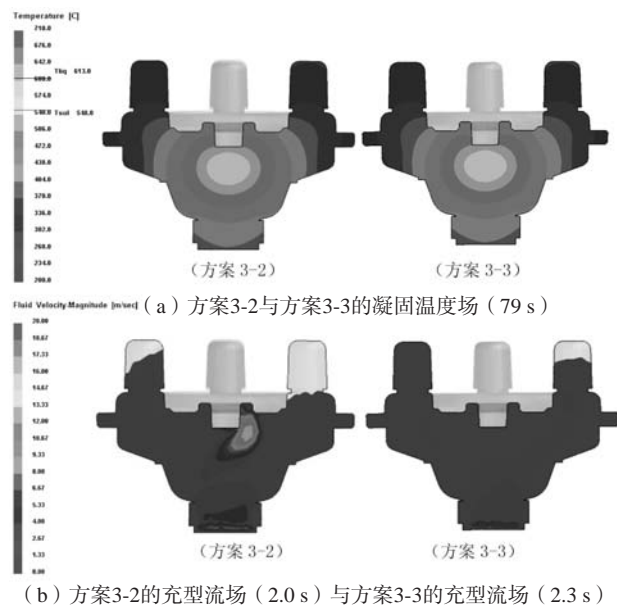


图9 方案三铸件中的温度场与流场

Fig. 9 Temperature and flow fields of the castings in scheme 3

4 生产验证

选用模拟分析效果较好的方案1-2和方案3-3进行

生产验证。依方案1-2及方案3-3的工艺,获得的部件毛坯如图10所示,经后续检验,产品无超标的缩松、缩孔类缺陷,符合产品使用要求。参比常规低压铸造工艺,升液至保压阶段的效率提高了50%以上。



(方案 1-2) (方案 3-3)

图10 方案1-2及3-3工艺得到的部件毛坯

Fig. 10 The roughcasts obtained by the scheme 1-2 and 3-3 processes

综上,忽略排气等因素,各段速度不慢于理论极速加压、增压及保压的前提下,提高低压铸造的速度可行。

5 结论

(1) 一定条件下,可提高低压铸造的速度;当充型时间较短时,附加保压压力的增加会有利于充型和提升铸件质量,但压力过大时,会导致顺序凝固失败,进而使铸件中出现缺陷;当充型时间较长时,保压压力对铸件质量的影响不大。

(2) 浇注温度710 ℃,模具预热温度200 ℃,采用碳钢模具,浇口到铸型段升液时间1 s,充型时间1.5 s,附加保压压力63 kPa的条件下,充型迅速,是可能接受的压力-时间曲线。

(3) 浇注温度710 ℃时,模具预热温度200 ℃时,采用碳钢模具,浇口到铸型段升液时间1 s,充型时间3 s,附加保压压力30 kPa的条件下,充型相对平稳,是可能接受的压力-时间曲线。

参考文献:

- [1] 王乐勤,朱祖超.低比转速低温高速离心泵复合叶轮的设计与工业应用[J].低温工程,1998(3):32-37.
- [2] 陈皓晖,刘华明,孙春华.国内外叶轮数控加工发展现状[J].航天制造技术,2002(2):45-48.
- [3] WANG Huina, DUAN Xiaoxia, FENG Xin, et al. Effect of impeller type and scale-up on spatial distribution of shear rate in a stirred tank [J]. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2022, 2022 (42): 351-363.
- [4] 熊艳才,刘伯操.铸造铝合金现状及未来发展[C]//中国机械工程学会铸造技术交流会.中国机械工程学会,1998.
- [5] 张承学,魏兵,惠战荣,等.某耐腐蚀铝合金应用试验研究[J].实验室研究与探索,2007(11):264-266.
- [6] 林顺岩,林林,温庆红,等.先进民用铝合金材料加工技术的研究与发展[J].铝加工,2020(6):4-7.
- [7] 郭君.铸造铝合金热处理工艺发展趋势[J].科技创业家,2013(17):77.
- [8] 罗启全.铝合金熔炼与铸造[M].广东:广东科技出版社,2002.
- [9] JIANG Wenming, FAN Zitian. Gating system optimization of low pressure casting A356 aluminum alloy intake manifold based on numerical simulation [J]. China Foundry, 2014, 11 (2): 119-124.

- [10] 南江鹏. 水轮机叶片的水玻璃砂型铸造过程数值模拟研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [11] 王元庆, 刘静, 陈强, 等. ProCAST软件在大型复杂铝合金铸件上的应用 [J]. 特种铸造及有色合金, 2011, 31 (11): 1024-1027.
- [12] 闻绍玲, 赵忠兴, 刘兵. 铝液充型过程水模拟技术的研究 [C]//中国有色金属加工工业协会. 中国有色金属加工工业协会, 2005: 4.
- [13] 赵志维, 高永, 张虎. 低压铸造中充型过程的水模拟研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2007, 27 (5): 351-353.
- [14] 王莹莹. 铝合金叶轮低压铸造模具设计及数值模拟 [D]. 济南: 山东大学, 2012.
- [15] 游寿松, 张吉祥, 张科峰, 等. 铸造CAE模拟分析低压铸造泵轮缩松缺陷 [J]. 铸造, 2020, 69 (2): 183-186.
- [16] 叶荣茂, 蒋烈光. 低压铸造技术的现状和发展 [J]. 热加工工艺, 1985 (1): 7-12.
- [17] 姜不居. 铸造手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [18] 杨瑶. 某型号铝合金轮毂低压铸造成型工艺研究 [D]. 太原: 中北大学, 2020.
- [19] 郭志鹏, 熊守美, 曹尚铤, 等. 铝合金压铸过程铸件/铸型界面换热行为的研究 I. 实验研究和界面换热系数求解 [J]. 金属学报, 2007 (11): 31-36.
- [20] 邵珩, 李岩, 南海, 等. 熔模铸造条件下Ti6Al4V合金铸件与陶瓷型壳间界面换热系数研究 [J]. 金属学报, 2015 (8): 976-984.
- [21] 殷亚军, 涂志新, 田桥, 等. 基于反热传导法的消失模铸件/铸型界面传热系数研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38 (4): 391-394.
- [22] 梁国宪, 王尔德, 何绍元, 等. 铝合金压力凝固组织特征 [J]. 兵器材料科学与工程, 1992, 15 (1): 1-5.
- [23] 严青松, 余欢, 芦刚, 等. 结晶压力对真空差压铸造铝合金二次枝晶间距的影响 [J]. 中国有色金属学报, 2014 (5): 1194-1199.
- [24] TURHAL M Ş, SAVAŞKAN T. Relationships between secondary dendrite arm spacing and mechanical properties of Zn-40Al-Cu alloys [J]. Journal of Materials Science, 2003, 38 (12): 2639-2646.

Research on Casting Process of Aluminum Alloy Impeller

JIA Shi-yan¹, WANG An-guo², ZHANG Jun-huai², SU Chun-wen², YANG Bo³, LIN Lin⁴, BAO You-yu⁵, LIANG Quan⁶

(1. Shenyang Chuangxin Alloy Co., Ltd., Shenyang 110141, Liaoning, China; 2. Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, Liaoning, China; 3. Liaoning Winning Metallic Material Co., Ltd., Shenyang 110000, Liaoning, China; 4. State Key Laboratory of Light Alloy Casting Technology for High-End Equipment, Shenyang Research Institute of Foundry Co., Ltd., Shenyang 110022, Liaoning, China; 5. Shanghai GLB Technology Development Co., Ltd., Shanghai 200000, China; 6. Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, Liaoning, China)

Abstract:

To avoid the defects such as blowholes and dispersed shrinkage in aluminum alloy impeller castings, long filling and pressure holding times are often used. To improve product production efficiency, this study aims to study the casting process of the ZL101 aluminum alloy impeller, and the feasibility of the filling is investigated under the following conditions: when the pouring temperature is 710 °C, the low carbon steel is used as the mold material and the mold preheating temperature is 200 °C, the near low pressure casting with faster filling speed and different pressure-time curves. Solidworks software and ProCAST software combined with total shrinkage porosity and Niyama criterion are used to analyze the castings process with different pressure-time curve schemes. The results show: It is feasible to complete near low pressure casting under fast filling speed. When the filling time is 1.5s, the increase of the holding pressure will help the solidification, but too high pressure will lead to the failure of sequential solidification and the generation of the defects; when the filling time is 3 s, the holding pressure has little effect on the solidification of the casting.

Key words: pressure; ProCAST; aluminum alloy impeller; casting process