

冷却工艺对大型铝合金轮毂 低压铸造缺陷的影响

何宇航¹, 卢德宏¹, 周 振¹, 李向明¹, 李贞明², 逯东辉², 刘建高²

(1. 昆明理工大学 材料与工程学院, 云南昆明 650500;

2. 云南富源今飞轮毂制造有限公司, 云南曲靖 655000)

摘要: 为探究低压铸造过程中冷却工艺对铝合金大型轮毂缺陷的影响, 使用三维软件对其进行建模, 并采用ProCAST有限元软件模拟仿真。基于自然冷却条件对充型过程、温度场、凝固场以及缺陷位置进行综合分析。根据仿真结果, 设计并添加冷却工艺。优化后的模拟分析结果表明: 合理的冷却工艺设置可以保证铸件的顺序凝固, 使缩松、缩孔等缺陷大幅减少。并通过试验验证了该冷却工艺的可行性, 模拟缺陷位置与实际吻合。

关键词: 铝合金大型轮毂; 低压铸造; 数值模拟; 冷却工艺; 缺陷预测

轮毂作为承载汽车与轮胎之间硬性转动惯量的配件, 是汽车上极为重要的安全零件, 同时对汽车操控性、平稳性、舒适性等有很大的影响^[1]。随着汽车轻量化的提出, 由于铝铸件能减少车重的30%~50%^[2]且散热性好, 力学性能良好和外观美观等优点, 其轮毂已逐步替代钢制轮毂。目前, 低压铸造是铝合金轮毂生产的主流技术, 且工艺已趋于成熟^[3]。但是, 大型轮毂(例如大巴车轮毂)尺寸较大, 相较于普通汽车轮毂具有更大的轮辐面, 在铸造过程中出现缺陷的几率更大。例如由于其轮辐面末端存在造型孔, 在充型时难以保证液面顺序充型; 因其具有较大轮辐面而难以顺序凝固等问题。

随着计算机科学的发展, 在汽车轮毂制造时可以利用CAE软件进行动态仿真模拟, 对产品的充型过程、流动过程及凝固过程等进行比较和分析, 从中找出设计不合理的地方, 并加以修正, 使得后续生产更有效性^[4-5]。这对于大型铝合金轮毂的铸造工艺优化具有尤其重要的意义。目前, 已有诸多学者对铝合金低压铸造的数值模拟进行了研究。Lin等^[6]通过ProCAST对轮毂温度场、填充速度、枝晶间距等进行综合分析并得出相关优化工艺参数, 但缺乏实验验证。Sui等^[7]对铝合金轮毂进行数值模拟, 通过分析铸件一定部位不同阶段的凝固时间确定了合理的冷却和保温工艺。Hakan等^[8]用模拟方法优化了空气冷却通道的性能参数, 从而提高铸件质量及模具寿命。Dhisale等^[9]发现模具冷却工艺的优化可以改善铝液的充型和凝固过程, 使铸件孔隙率降低。朱慧明等^[10]通过优化冷却通道、冷却介质、流量等冷却工艺参数来实现缺陷位置的转移, 从而提高特殊位置处的力学性能。Zeng等^[11]研究了冷却水与模具界面的换热系数, 从而更精准地控制冷却工艺参数, 使缺陷率降低。以上研究表明, 可对相关冷却工艺进行数值模拟分析, 并根据模拟结果来优化工艺, 以提高铸件质量, 降低生产成本。

虽然目前对铝合金低压铸造数值模拟开展了较多的研究工作, 但是在冷却工艺方面的研究较少, 尤其是针对大尺寸轮毂铸件。因此本文采用模拟结合试验的方法, 探寻冷却工艺参数对铝合金大巴车轮毂低压铸造缺陷的影响。

作者简介:

何宇航(1999-), 男, 彝族, 硕士生, 主要从事低压铸造等研究工作。E-mail: Jackson.Y.He@outlook.com

通讯作者:

卢德宏, 男, 博士, 博士生导师。电话: 13888324279, E-mail: ldhongkust@126.com

中图分类号: TG249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2023)

10-1336-09

基金项目:

2021年云南省重大科技专项(202102AB080015)。

收稿日期:

2022-12-20 收到初稿,

2023-02-20 收到修订稿。

1 铝合金轮毂的数值模拟方法

1.1 铝合金轮毂几何模型

轮毂采用24英寸铝合金大巴车轮毂，其模具主要由上模、下模及四个边模组成。图1为铝合金轮毂结构简图。根据图1，利用Solidworks软件对其进行建模。图2为铝合金轮毂模具的三维装配图。

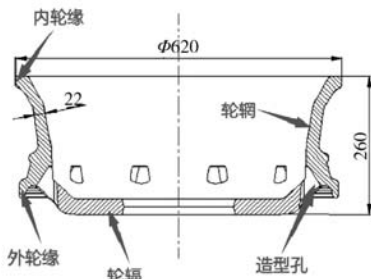


图1 轮毂结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the hub structure

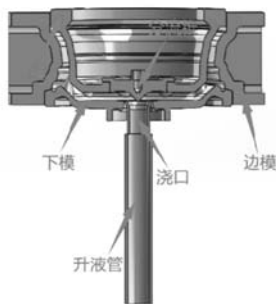


图2 轮毂模具剖面简图

Fig. 2 Profile diagram of the hub die

1.2 网格划分

将装配好的三维模具以*IGS的格式导入到ProCAST的前处理Mesh模块中，并对该模型依次进行线、面、体修复。经过装配体的调整，导入的模型基本不存在实体冲突，都可通过软件自动修复。完成修复后进行网格划分。该模型的二维面网格数量为143 006，三维体网格数量为794 264。图3、图4分别为模具和铸件的网格模型。



图3 模具及浇注系统网格模型

Fig. 3 Grid model of the mold and gating system



图4 轮毂网格模型

Fig. 4 Grid model of the hub

1.3 初始条件及边界条件设置

轮毂材料为A356铝合金，其化学成分如表1所示^[12]。合金的液相线为613 ℃，固相线为548 ℃。模具采用H13钢，升液管采用陶瓷管。故设置浇注温度为700 ℃，升液管温度为620 ℃，下模温度为450 ℃，边模温度为450 ℃，上模温度为420 ℃。

表1 A356铝合金化学成分

Table 1 Chemical composition of the A356 aluminum alloy $w_B / \%$

Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Al
6.5~7.5	0.2~0.4	≤0.2	≤0.2	≤0.1	≤0.1	≤0.2	余量

铸件与模具间的换热系数（HTC）是温度函数，如图5所示；铸件与升液管间的换热系数取值 $h=2\ 000$ ^[13]；模具间的HTC由于是同种材料所以由软件系统自定义；其中，在自然冷却时，模具与空气的HTC取 $25\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，强制冷却下，冷却风与模具间的HTC取 $600\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，冷却水与模具间的HTC $=5\ 000 \sim 6\ 000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ^[14-15]。

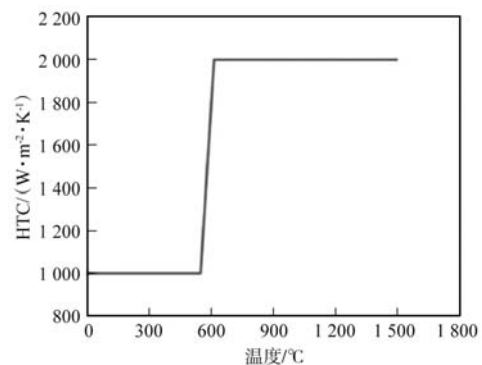


图5 铸件与模具间的HTC

Fig. 5 HTC between casting and mold

图6为压力填充曲线图。共分为升液、充型、加压、保压、卸压5个阶段^[16]。为提高效率升液阶段以 $2\ 000\text{ Pa/s}$ 的速率增加；待金属液进入模具后压力增加速率适当降低，以确保液面平稳上行；一旦模腔填满

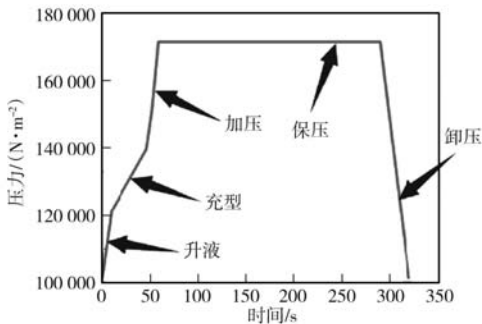
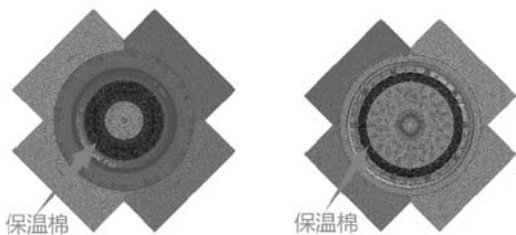


图6 压力变化曲线图
Fig. 6 Pressure change curve

后，压力迅速加载至0.17 MPa左右，使其晶粒细化；并在该压力下保压大概240 s，直至轮毂固化；最后阶段卸压。

1.4 保温及冷却工艺参数设置

为防止冷节，保证顺序凝固，在上模及下模相应位置处添加保温棉，如图7所示。其中保温棉与模具间的HTC是温度函数^[17]，如图8所示。



(a) 上模保温棉位置图 (b) 下模保温棉位置图

图7 保温棉位置图

Fig. 7 Location of the insulation cotton

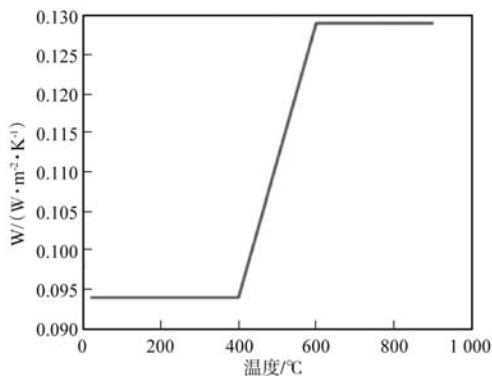
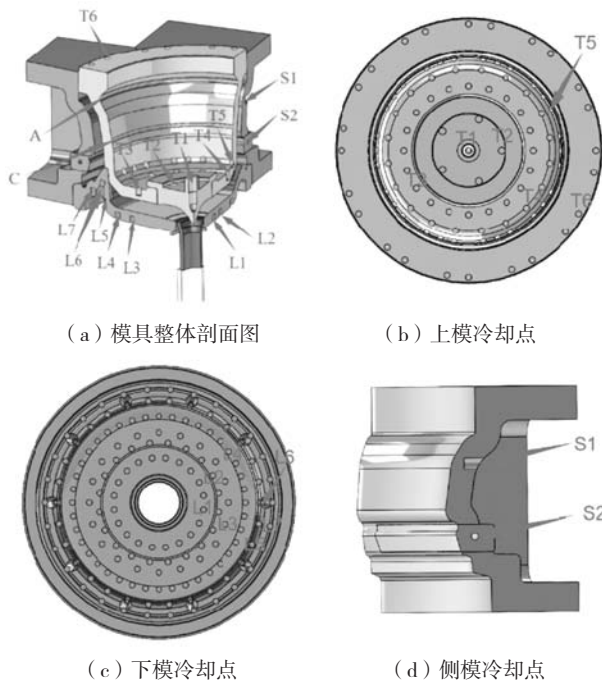


图8 保温棉与模具间的HTC

Fig. 8 HTC between insulation cotton and mold

模具冷却点如图9所示。在下模设置7组冷却点，其中L6采用水冷式，其余采用风冷式；上模设置6组冷却点，T1位置为水冷，其余采用风冷。在上模轮辋部位添加两组循环风管（A环、C



(a) 模具整体剖面图 (b) 上模冷却点
(c) 下模冷却点 (d) 侧模冷却点

图9 模具冷却通道位置图

Fig. 9 Locations of the mold cooling channel

环)；在侧模靠上部位设置1组冷却点，在靠下部位加工冷镶嵌块以加入循环水道。表2为各冷却点打开、关闭时间及HTC取值。

表2 冷却点打开关闭时间及换热系数取值
Table 2 Cooling point opening and closing time and heat transfer coefficient values

位置	冷却方式	打开时间/s	关闭时间/s	HTC/(W·m ² ·K ⁻¹)
L1	风冷	170	290	600
L2	风冷	160	290	600
L3	风冷	155	290	600
L4	风冷	140	260	600
L5	风冷	105	220	1 500
L6	水冷	105	220	5 000
L7	风冷	100	200	1 500
T1	水冷	280	320	6 000
T2	风冷	240	320	600
T3 (关)	风冷	180	320	600
T4	风冷	125	160	600
T5	风冷	120	160	600
T6	风冷	40	240	600
A环	风冷	50	120	600
C环	风冷	80	160	600
S1	风冷	55	160	600
S2	水冷	80	160	5 000

1.5 试验方法

模拟采用自然冷却的工艺对铝合金大巴车轮毂进行模拟。通过对模拟仿真结果分析，确定缺陷产生的位置及原因并制定优化方案。

采用强制冷却结合保温处理的工艺对铝合金大巴车轮毂模拟。对比自然冷却条件下的模拟确定该工艺的可行性。

根据优化工艺对铝合金大巴车轮毂试制。为确保模拟准确性，采用热电偶及红外测温与模拟温度对比，使用X射线对轮毂探伤分析。针对缺陷位置进行金相组织观察。

2 模拟仿真结果分析

在ProCAST后处理viewer模块中，通过仿真云图直观地看到整个铸件的充型凝固过程。其中还包括温度场、凝固场、缺陷等的模拟。

2.1 自然冷却模拟仿真结果分析

2.1.1 充型过程模拟分析

充型过程如图10所示。从图10a可看出，铝液从升液管流入浇道并到达轮芯部位需要9.052 s，在这一过程中由于压力设置得当，升液时液面较为平稳，流速比较均匀，没有出现剧烈往上喷涌或压力不足、金属液流不上去的情况，有利于保证轮毂质量。图10b可知，铝液在12.750 s时到达轮辋与轮辐交界处。从流动情况来看，金属液在流经孔的时候，受阻向两侧分流，而在孔与孔之间的金属液则在第一时间到达轮缘壁，紧接着这部分液体会向两侧扩散，受阻分流的金属液接着向轮缘壁流动时就会与先前到达轮缘壁的金属液发生对流，可能导致夹渣等缺陷。从图10c看出，铝液在13.150 s时，填充完整整个轮辋与轮辐交界部位。铝液较为平稳地上行，随着金属液缓慢上升，气体和夹渣等

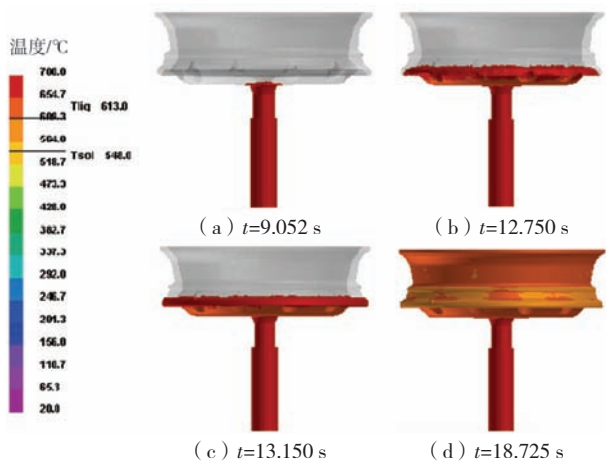


图10 自然冷却下的充型过程

Fig. 10 Filling process under natural cooling

被最大化的排出，可有效避免夹渣和夹气等缺陷问题^[18]。从图10d看出，在18.725 s时，铝液完全充满型腔。

总的来说，由于轮毂构形简单且对称，在低压反重力的作用下，金属液面没有出现剧烈震荡的情况，充型比较平稳，不容易出现夹渣、卷气等缺陷。

2.1.2 温度场模拟分析

图11是不同固相体积分数的温度场。从图11a中可以看出，轮辋区域温度高于液相线613 °C，以液态形式存在，轮辋区域温度处于液相线与固相线间，该部位呈液固共存形式。当固相分数到61.7%时，轮辋上边缘温度在470~520 °C，低于固相线温度548 °C，基本完成凝固。轮辋上半部分和轮辋下边缘温度处于固相线温度附近，轮辋下半部分、轮辐以及轮芯处温度都位于液固相线之间，它们均以液固共存状态存在。从图11c中看出，当固相分数达到82%时，大部分区域温度都达到固相线温度附近，轮辋上半部分温度已经低于固相线温度。但在轮辐大平面末端及拐角处温度依旧处于液固相线之间，且高于内侧安装盘温度。根据温度梯度法，在该位置区域处温度较两侧高，金属液来不及补缩，从而在该区域会出现比较明显的缩松、缩孔。在固相分数达到87.2%时，除升液管外所有区域温度都在固相线温度以下，铸件呈固态。

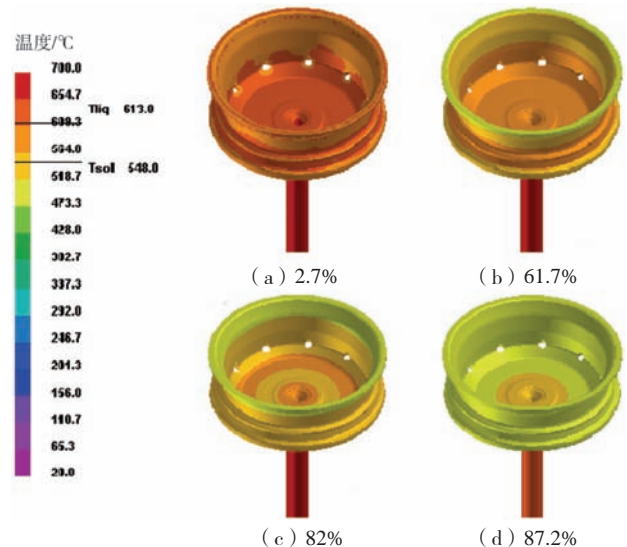


图11 自然冷却下不同固相分数的温度场

Fig. 11 Temperature fields of different solid fractions under natural cooling

根据温度场模拟可知，在冷却过程中，轮辐大平面末端处于远离中心浇口的位置，而靠近浇口平面的温度反而下降的更快，致使冷却时在轮辐大平面末端处得不到及时的补缩，出现孤立液相，因此在该位置

产生缩松、缩孔的概率较高。

2.1.3 凝固场模拟分析

ProCAST后处理中的Fraction solid模块是以一种更为直观的方式来预测铸件内的缩松缩孔^[19]。从图12a中可以看出轮辋外缘部位最先凝固，其固相体积分数高达80%以上。在孔周围的固相体积分数明显高于孔与孔之间的橙色部位，该区域虽然没有出现完全液相孤立的情况，但也会引起补缩通道变窄，金属液补缩不及时等问题，影响后续的凝固过程。同时可以观察到轮辋下半部分出现热节，该区域也将会是缺陷产生的部位。从图12b和c中可以很明显的看出，在孔与孔之间以及整个轮辋与轮辐交界处，出现液相孤立的情况，该区域将会出现缩松、缩孔缺陷。图12d表明整个铸件除升液管外已完全凝固。

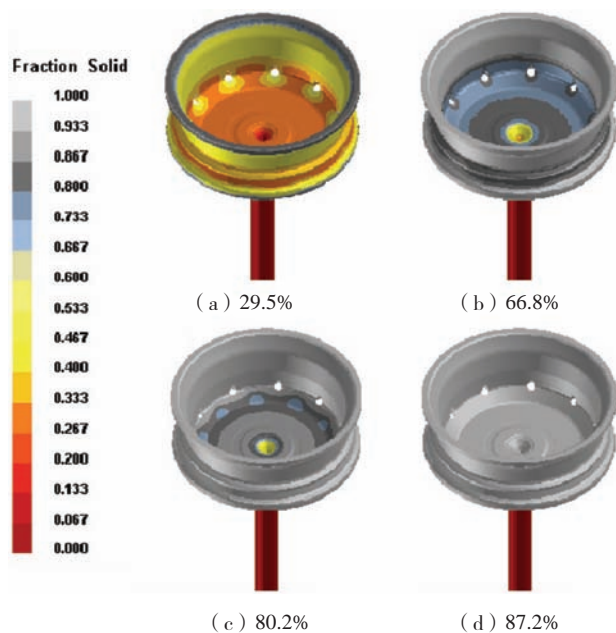


图12 自然冷却下不同固相分数的凝固场

Fig. 12 Solidification fields with different solid fractions under natural cooling

从凝固场分析可知，整个铸件凝固过程并未遵循顺序凝固的原则，其中在轮辋厚大部位及轮辋与轮辐交界处孔与孔之间的部位，将会出现大量的缩松、缩孔等缺陷。

2.1.4 缺陷分布分析

利用ProCAST后处理中的Shrink porosity功能来宏观预测缺陷出现的部位，如图13所示。

从图13可直观看出，缺陷的分布位置与温度场、凝固场所分析缺陷产生位置基本一致，即缺陷主要集中在轮辐大平面末端拐角处及孔与孔之间，在轮辐面

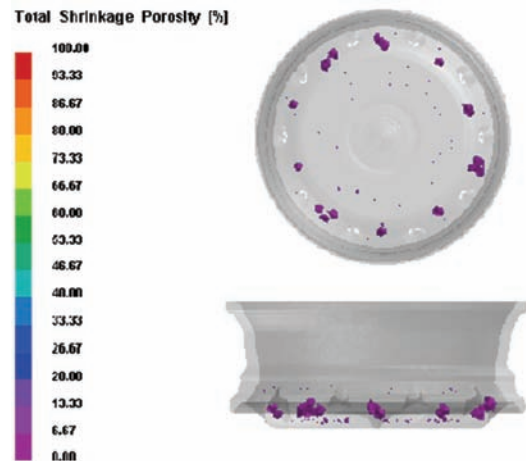


图13 自然冷却下的铸件缺陷分布图

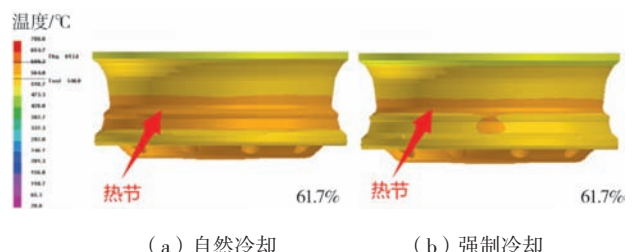
Fig. 13 Distributions of the casting defects under natural cooling

和轮辋厚大部位上也有少量分布。

2.2 强制冷却下模拟仿真结果分析

2.2.1 温度场分析

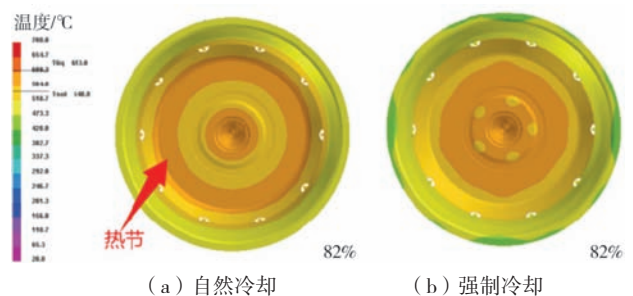
在自然冷却的温度场中，当固相分数达61.7%时，可以观察到轮辋与轮辐交界的厚大部位出现热节，如图14a所示。从图14b看出，在侧模添加冷镶块件后热节体积减少；自然冷却下固相分数达82%时，在轮辐大平面末端及拐角处存在明显热节，如图15a所示。从图15b看出，当添加强制冷却后，该位置处热节消失，



(a) 自然冷却 (b) 强制冷却

图14 不同冷却方式下固相分数为61.7%的温度场

Fig. 14 Temperature fields with solid fraction of 61.7% under different cooling modes



(a) 自然冷却 (b) 强制冷却

图15 不同冷却方式下固相分数为82%的温度场

Fig. 15 Temperature fields with solid fraction of 82% under different cooling modes

整体温度依据浇口位置由远及近顺序升高。说明强制冷却系统的加入以及合理的冷却工艺参数可以改善热节，减少缩松、缩孔的产生。

2.2.2 凝固场分析

图16、图17分别表示不同冷却方式下的固相分数为66.8%、80.3%的凝固场。可以看出，加入强冷和保温棉后轮辐大平面未先于拐角处凝固，整个轮毂基本符合顺序凝固的原则。

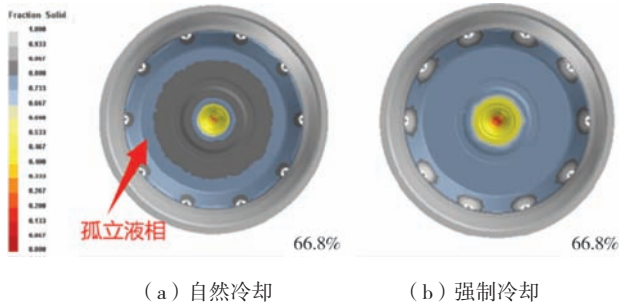


图16 不同冷却方式下固相分数为66.8%的凝固场

Fig. 16 Solidification fields with 66.8% solid fraction under different cooling modes

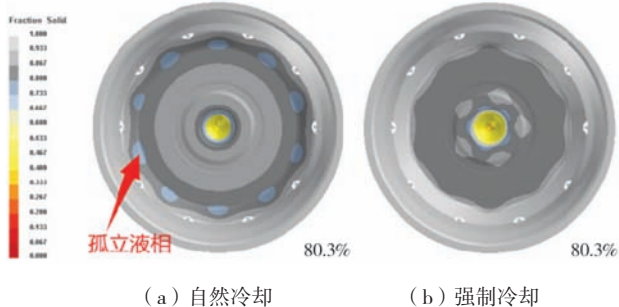


图17 不同冷却方式下固相分数为80.3%的凝固场

Fig. 17 Solidification fields with 80.3% solid fraction under different cooling modes

2.2.3 缺陷分布分析

从图18可以看出，在强制冷却下轮毂整体缺陷显著减少，轮辐大平面的缺陷完全消除，孔与孔之间的缺陷也基本消除，所剩缺陷体积都较小。

3 试验验证结果

3.1 温度场验证结果

利用热电偶对模具测温，与模拟温度比对，以验证模拟边界条件的精度。热电偶分别放置在侧模和下模，如图19所示。并利用红外测温枪在开模时对上模、下模及边模分别测温。

通过热电偶获取温度的变化曲线，同时从模拟中也可以得到对应位置的温度变化曲线，将二者进行对

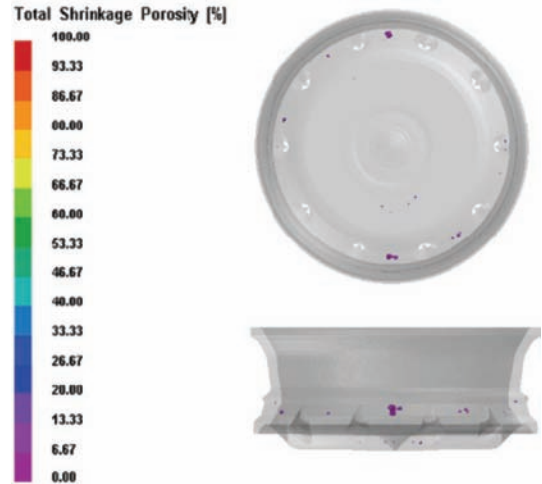


图18 强制冷却下的铸件缺陷分布图

Fig. 18 Distribution of the casting defects under forced cooling

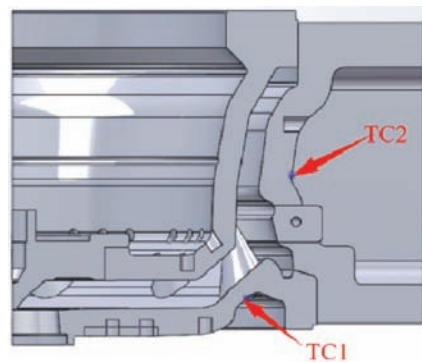


图19 温度验证热电偶位置

Fig. 19 Thermocouple location for the temperature verification

比，如图20所示。下模热电偶（TC1）位置处涉及水冷，由于管道密封问题，会有水雾喷在热电偶上，导致其在开启冷却水后的测温不准，因此去掉开启冷却后的数据，即105 s后。模拟曲线基本反应了实际温度的变化趋势，其中，TC1的测量与模拟之间的最大绝对误差54.8℃，相对误差9.96%；TC2的最大绝对误差45.2℃，相对误差9.39%。实际测量与模拟间的误差可能受诸多因素影响，但仍在可接受范围内，仿真精度依然可以得到保证。图21为开模时红外测温与模拟温度场对比。从图中看出，模拟温度与实测温度基本一致，进一步验证了模拟精度。

3.2 X射线探伤分析

采用优化工艺对轮毂进行试制，并利用X射线照相来验证模拟缺陷位置的准确性。图22a为轮辋与轮辐交界部位，从图中可以看出，在轮辐大平面部位没有出现缩松、缩孔等缺陷，在轮辋厚大部位，即轮辐与轮辋形成拐角的位置处出现了少量缺陷。该缺陷位

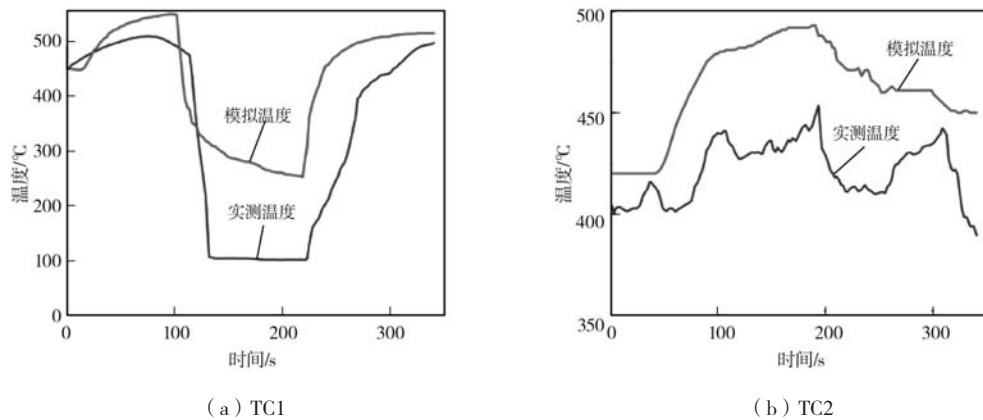


图20 模拟与热电偶温度曲线
Fig. 20 Temperature curves of the simulation and thermocouple

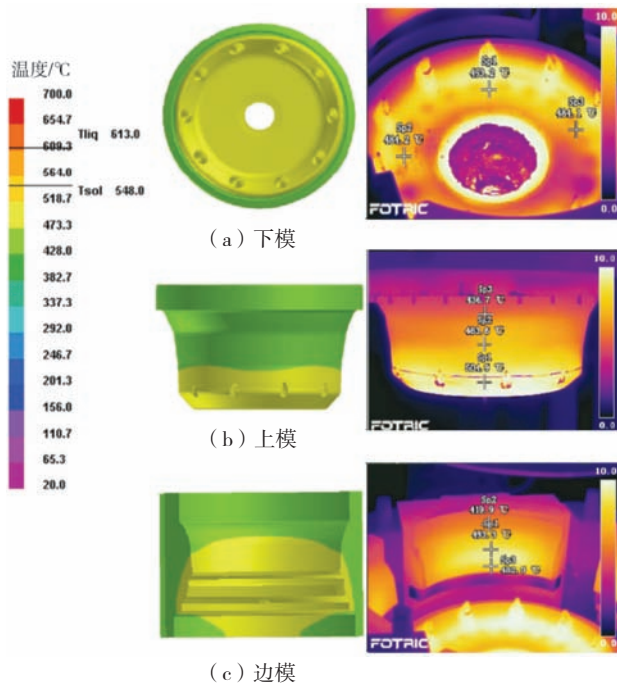
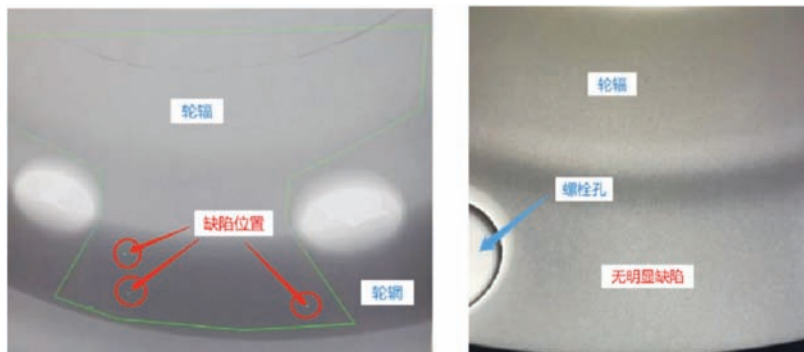


图21 模拟与红外测温温度对比图
Fig. 21 Comparison between analog and infrared temperature measurement

置与模拟缺陷位置吻合。图22b表示性能要求较高的大巴轮轮辐部位的X射线照片，整个轮辐面没有发现明显缺陷，也与之前的模拟结果一致，进一步验证了模拟的准确性以及工艺的合理性。

3.3 金相组织分析

图23为模拟出现缺陷的位置，对该区域进行了金相试验分析（图24）。可以明显看出，金相组织为典型铸态组织，其中白色为 α -Al基体，灰色颗粒为Si。组织上分布少量的缩孔，与模拟结果一致，如图24a所示。继续对组织进行放大观察，从图24b中可看到， α -Al晶界的共晶硅大多呈圆棒状或球状均匀弥散分布，这有利于铸件强韧性的提高。利用Nano measure测量胞状晶和二次枝晶间距的尺寸^[20]，胞状晶的平均尺寸为40.31 μm ，二次枝晶间距的平均尺寸为34.32 μm ，其尺寸低于常规铸铝，表明在冷却作用下，晶粒细化加强，提高了铸件力学性能，进一步说明了该冷却工艺的可行性。



(a) 轮辋与轮辐交界处X射线探伤图 (b) 轮辐部位X射线探伤图

图22 X射线图
Fig. 22 X-ray diagrams

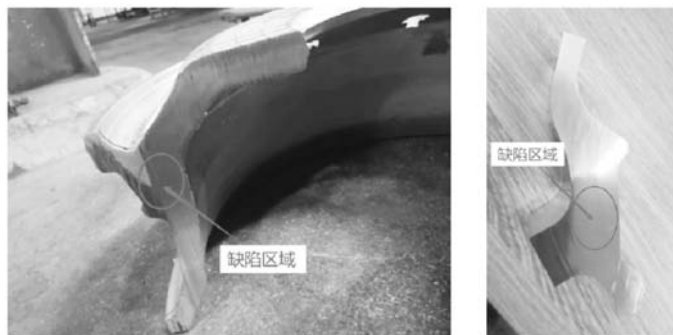


图23 轮辋与轮辐交界的厚大部位
Fig. 23 Thick parts at the boundary of the rim and spoke

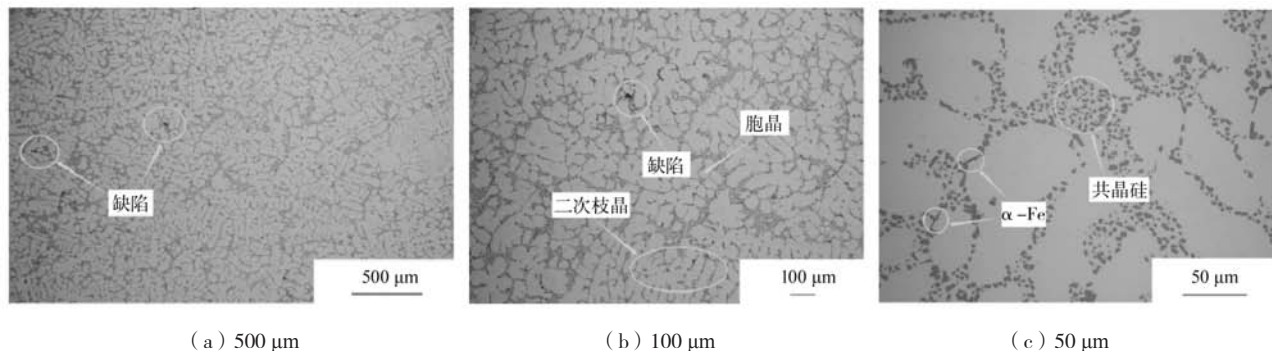


图24 缺陷位置处的金相组织
Fig. 24 Metallographic microstructures at the defect locations

4 结论

(1) 建立了大巴车轮低压铸造仿真模型，通过在自然冷却条件下的模拟分析可知其不符合顺序凝固的原则，缺陷大多集中在轮辐与轮辋交界处以及轮辋厚大部位处。

(2) 通过强制冷却工艺结合绝热处理，铸件凝固基本实现顺序凝固，且缺陷大幅减少，轮辐面缺陷消

除。

(3) 模拟温度与实际测量温度误差在可接受范围内，表明初始及边界条件的设置合理，模拟精度得到保证。通过对优化工艺后的铸件进行X射线探伤，发现缺陷位置与模拟吻合；并对模拟缺陷位置处进行显微组织分析，发现存在少量缩松、缩孔，进一步验证模拟的准确性。

参考文献:

- [1] 何芳, 庄林忠, 何国元, 等. 汽车轮毂用A356铝合金合金化的研究进展 [J]. 铸造, 2021, 70 (4): 431-437.
- [2] 罗爱华, K. SACHDEV A, R. POWELL B. 汽车轻量化先进铸造技术 [J]. 铸造, 2011, 60 (2): 113-119.
- [3] OU J, WEI C, COCKCROFT S, et al. Advanced process simulation of low pressure die cast A356 aluminum automotive wheels—part II modeling methodology and validation [J]. Metals, 2020, 10 (11): 1418.
- [4] FAN P, COCKCROFT S L, MAIJER D M, et al. Porosity prediction in A356 wheel casting [J]. Metallurgical and Materials Transactions B, 2019, 50 (5): 2421-2435.
- [5] DUAN J, REILLY C, MAIJER D M, et al. Development of an optimization methodology for the aluminum alloy wheel casting process [J]. Metallurgical and Materials Transactions B, 2015, 46 (4): 1586-1595.
- [6] PANZHONG L, NING L. Low pressure casting technology and forming process analysis of metal mold based on ProCAST FEA procedure [J]. Mechanics of Advanced Materials and Structures, 2020, 29 (9): 1308-1315.
- [7] SUI D, CUI Z, WANG R, et al. Effect of cooling process on porosity in the aluminum alloy automotive wheel during low-pressure die casting [J]. International Journal of Metalcasting, 2015, 10 (1): 32-42.

- [8] YAVUZ H, ERTUGRUL O. Numerical analysis of the cooling system performance and effectiveness in aluminum low-pressure die casting [J]. *International Journal of Metalcasting*, 2020, 15 (1) : 216-28.
- [9] DHISALE M, VASAVADA J, TEWARI A. An approach to optimize cooling channel parameters of low pressure die casting process for reducing shrinkage porosity in aluminium alloy wheels [J]. *Materials Today: Proceedings*, 2022.
- [10] 朱慧明, 苏小平. 工艺参数对低压铸造铝合金轮毂缩孔形成的影响 [J]. *热加工工艺*, 2022, 51 (15) : 62-65.
- [11] ZENG Y D, YAO Q H, HE L T, et al. Impact of the pressure between the casting and water-cooled mode on the interfacial heat transfer coefficient under LPDC [J]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 544 (1) : 012045.
- [12] 王志坚, 赵岩, 宋鸿武, 等. 大型铝合金轮毂低压铸造过程数值模拟及工艺优化 [J]. *特种铸造及有色合金*, 2014, 34 (3) : 256-9.
- [13] 王伟, 崔晓明, 石博, 等. 铝合金轮毂连接盘挤压铸造数值模拟 [J]. *铸造*, 2021, 70 (3) : 306-316.
- [14] SAADAH A U, REILLY C, MAIJER D M, et al. Characterization of heat transfer and its effect on solidification in water cooled LPDC of wheels [J]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 529 (1) .
- [15] TIAN Y, YANG D, JIANG M, et al. Accurate simulation of complex temperature field in counter-pressure casting process using A356 aluminum alloy [J]. *International Journal of Metalcasting*, 2020, 15 (1) : 259-70.
- [16] OU J, WEI C, COCKCROFT S, et al. Advanced process simulation of low pressure die cast A356 aluminum automotive wheels—part I, process characterization [J]. *Metals*, 2020, 10 (5) : 563.
- [17] 李云帅, 朱小倩, 林文华, 等. 基于ProCAST的汽车轮毂铸造模拟 [J]. *铸造*, 2020, 69 (5) : 547-551.
- [18] 莫文锋. 基于ProCAST汽车铝合金轮毂铸造数值模拟及其优化 [J]. *河南科技*, 2022, 41 (4) : 29-35.
- [19] 钟强强, 王晶. ProCAST在汽车轮毂制造中的应用 [J]. *有色金属材料与工程*, 2018, 39 (6) : 16-22.
- [20] 张东生, 李世德, 徐佐, 等. A356铝合金轮毂低压铸造数值模拟与组织性能 [J]. *中国有色金属学报*, 2023, 33 (6) : 1720-1731.

Effect of Cooling Process on Defects in Low Pressure Casting of Large Aluminum Alloy Wheel Hub

HE Yu-hang¹, LU De-hong¹, ZHOU Zhen¹, LI Xiang-ming¹, LI Zhen-ming², LU Dong-hui², LIU Jian-gao²

(1. School of Materials and Science Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, Yunnan, China; 2. Yunnan Fuyuan Jinfei Wheel Manufacturing Co., Ltd., Qujing 655000, Yunnan, China)

Abstract:

In order to explore the influence of cooling process on the defects of large aluminum alloy wheel hub in the process of low pressure casting, three-dimensional software was used to model it, and ProCAST finite element software was used to simulate it. The filling process, temperature field, solidification field and defect location were comprehensively analyzed based on natural cooling conditions. According to the simulation results, the cooling process was designed and added. The results of the simulation analysis after optimization showed that reasonable cooling process settings can ensure the sequential solidification of the castings, and greatly reduce shrinkage porosity and other defects. The feasibility of the cooling process was verified by experiments, and the simulated defect location was consistent with the actual one.

Key words:

large aluminum alloy wheel hub; low pressure casting; numerical simulation; cooling process; defect prediction