

压铸机活塞铸造成型的工艺优化

刘 沙¹, 李春亮², 白旭东²

(1. 阜新市产业技术创新推广中心 阜新市产业技术研究院, 辽宁阜新 123000;

2. 阜新力达钢铁铸造有限公司, 辽宁阜新 123102)

摘要: 通过利用数值模拟软件对压铸机活塞铸件的铸造过程进行模拟, 根据模拟结果分析了活塞铸件的充型温度场和速度场、凝固过程、凝固温度场、缩孔缺陷及应变情况, 从而对其铸造工艺方案进行了优化, 并通过模拟结果对比分析得到了最佳铸造工艺参数。

关键词: 活塞; 温度场; 速度场; 缩孔

压铸机是用于压力铸造的机器, 与其配套的活塞按照规定的速度将金属液推送至压铸机的压室内, 使金属液有足够的能量流经模具内浇道和内浇口, 进而填充进模具型腔, 随后保持一定的压力传递给正在凝固的金属液, 直至形成压铸件为止^[1]。模拟仿真软件AnyCasting近些年逐渐受到铸造技术工作者的喜爱, 它为铸造生产提供了极大的帮助, 节省了生产时间和成本。

本文通过模拟仿真技术, 对活塞铸造过程中的温度场、速度场、缩孔及应力变化进行分析, 优化确定合理的铸造工艺参数, 采用优化后的工艺参数和方法进行预生产, 旨在避免铸件缩孔缺陷的产生, 提高合格率^[2]。

1 技术要求及铸造工艺

1.1 结构及技术要求

活塞铸件外径为2 860 mm, 高度为1 840 mm, 三维图见图1, 其中活塞外圆面不得有缩孔缺陷。

1.2 初始铸造工艺

球墨铸铁活塞铸件采用呋喃树脂砂造型、半封闭式浇注系统, 浇注系统各横截面面积的比例为: 直浇道: 横浇道: 内浇道=1:1.65:0.96。两包浇注, 两个 $\Phi 100$ mm直浇道, 两条130 mm \times 100 mm横浇道, 12根 $\Phi 40$ mm内浇道, 8个 $\Phi 180$ mm发热冒口, 4个底脚四周放置专用冷铁, 其余位置放置方冷铁, 其工艺三维图如图2所示。铁液浇注温度在1 320~1 340 $^{\circ}\text{C}$, 出液前静置5~8 min, 铸件毛坯重量26 000 kg, 浇注重量为31 000 kg, 浇注后10天开箱。

2 铸造过程有限元模拟

本研究利用有限差分法软件AnyCasting模拟活塞的铸造过程, 通过仿真得出铸造成形实时过程中的金属液温度场、速度场以及应力变化情况, 为实际生产提供参考。

2.1 有限元模拟参数设置

活塞铸造成形的有限元模型, 通过前处理将活塞铸件划分网格, 导入到有限差分法软件中进行仿真模拟。该活塞的材质为QT500, 材质属性为: 液相线温度1 187 $^{\circ}\text{C}$, 固相线温度1 149 $^{\circ}\text{C}$, 潜热52 cal/g, 动态粘度0.02 P (g/cm \cdot s), 凝固收缩

作者简介:

刘 沙(1986-), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为球墨铸铁、灰铸铁熔炼工艺。

E-mail: liu.sm@lk.world

中图分类号: TG244

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2021)

06-0740-06

收稿日期:

2021-04-07 收到初稿,

2021-05-06 收到修订稿。

体积变化1.1%，表面张力1 680 N/m，传热系数：冒口与发热冒口套200 W/(m²·K)，铸件与发热冒口套200 W/(m²·K)，铸件与冷铁1 500 W/m²·K，砂箱与发热冒口套200 W/(m²·K)，冷铁与砂箱1 000 W/(m²·K)。

2.2 首次有限元模拟结果

2.2.1 充型速度场模拟

图3为充型速度场的仿真结果。从图中可以看出，金属液首先充填底部，然后往上充填，底脚为最后充

填位置，经过120 s完成铸件的整体充型。通过分析云图可以得知，充型10%时，铁液底部稍有起伏，有轻微不平稳现象，速度最高为150 cm/s；充型至50%，速度有所降低，最高为128 cm/s；充型结束时，铁液速度变为平稳，最高为112 cm/s。

2.2.2 充型温度场模拟

图4为充型温度场的仿真结果，从图中可以看出，充型至70%时，底脚最低温度为1 318 ℃，温降为12 ℃；充型至80%时，底脚侧面最低温度为1 290 ℃，

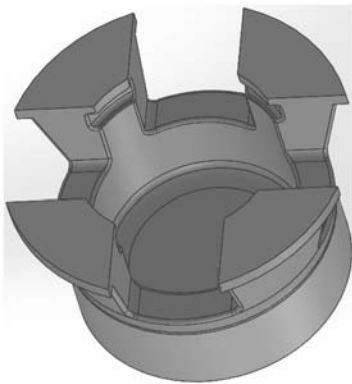


图1 活塞铸件三维图

Fig. 1 Three-dimensional diagram of piston casting

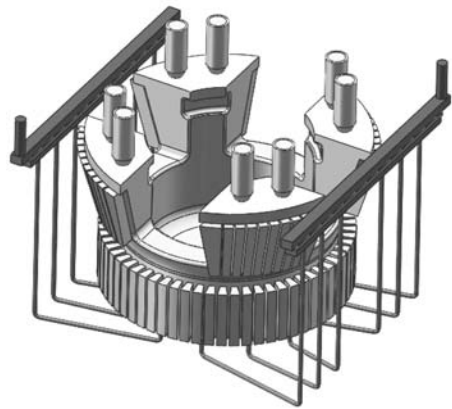


图2 铸造工艺三维图

Fig. 2 Three-dimensional drawing of casting process

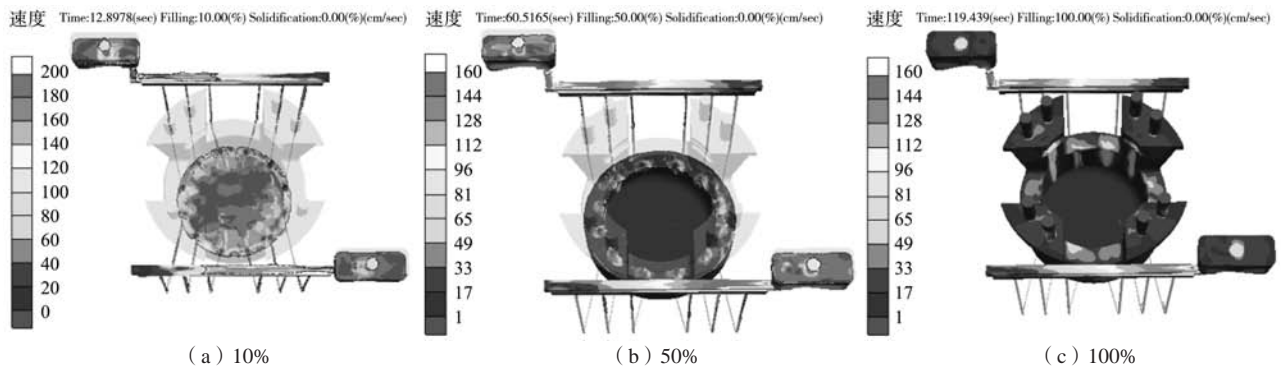


图3 充型速度场

Fig. 3 Velocity field of mold filling

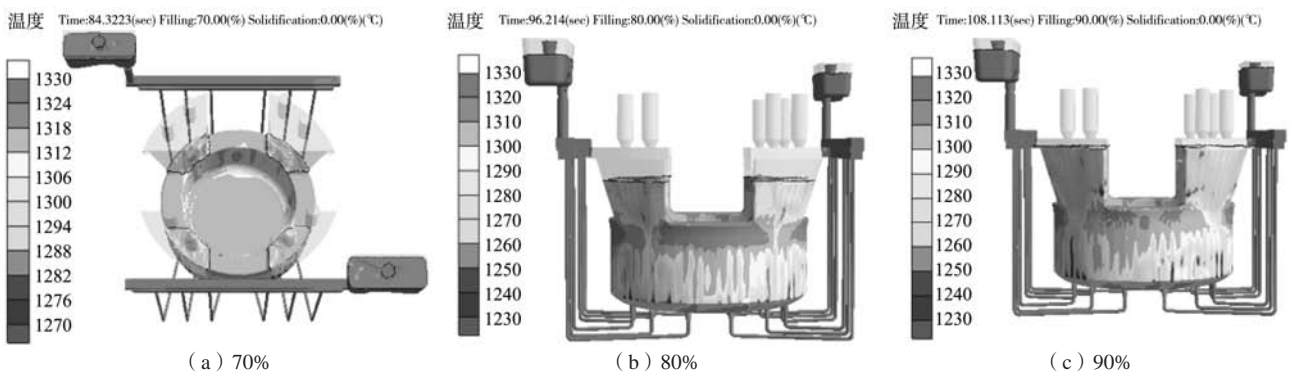


图4 充型温度场

Fig. 4 Temperature field of mold filling

温降40℃；充型90%时，底脚侧面最低温度为1 280 ℃，高于液相线温度1 187 ℃，所以充型良好。

2.2.3 凝固过程模拟

图5为凝固过程的仿真结果，可见冒口先于底脚凝固，冒口补缩效果差，最后凝固位置如图5b所示，此处为孤立液相区。

2.2.4 残余熔体模数模拟

图6为铸造过程中活塞残余熔体的仿真结果。残余熔体模数是预测铸造过程中可能出现缩孔缺陷位置的重要判据，模数越大的位置残余熔体越密集，发生缩孔等缺陷的概率也越高。从图中可以看出，残余熔体模数峰值分布在铸件底部，此位置较厚。

在底脚对面位置有2%出现缩孔的概率，此位置为非加工面，不得有缩孔缺陷，因此有必要通过调节温度场来降低缩孔发生的概率。

2.2.5 应变模拟

图7为应变模拟结果。活塞在工作时底脚与地面接触，靠此位置支撑，要求变形量小，结果显示变形量最大为7.3 mm。

凝固过程及残余熔体模数的模拟结果显示，冒口没有起到补缩作用，在底脚处有缩孔倾向。因此，在底脚处加放成形冷铁，验证是否可以解决上述问题。

2.3 末次有限元模拟结果

2.3.1 铸造工艺优化

图8为改进后的铸造工艺图，浇注系统各横截面积比为：直浇道：横浇道：内浇道=1：1.65：0.96，两包浇注，两个Φ100 mm直浇道，两条130 mm×100 mm横浇道，12根Φ40 mm内浇道，8个Φ180 mm发热冒口，在底脚侧面放置成形冷铁。浇注温度1 320~1 340 ℃，静置时间5~8 min，10天后开箱。

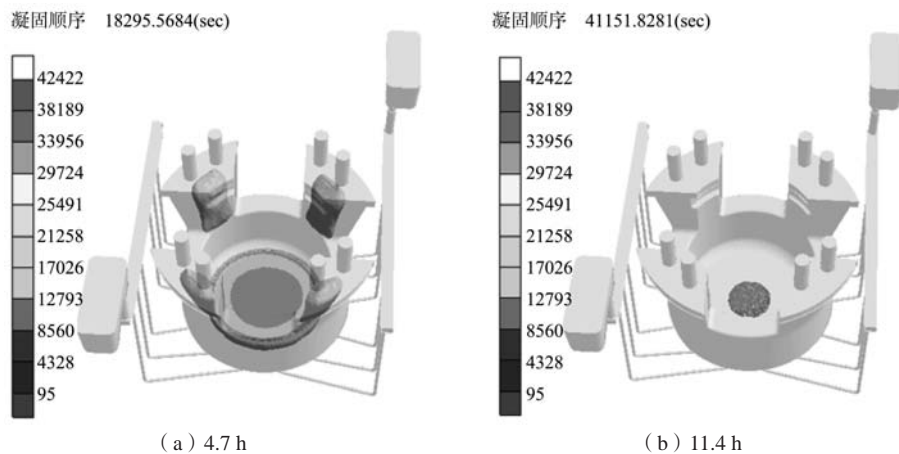


图5 凝固过程

Fig. 5 Solidification process

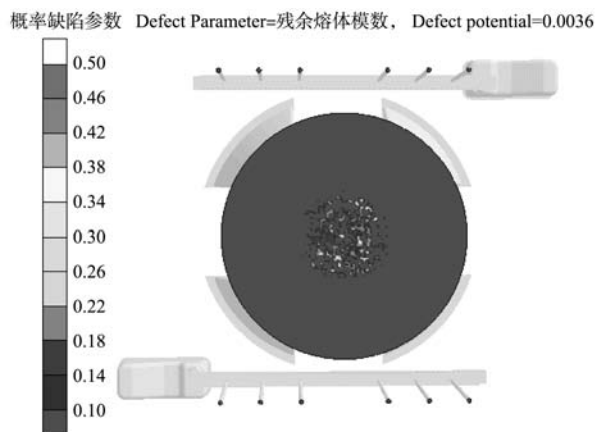


图6 残余熔体模数

Fig. 6 Modulus of residual melt

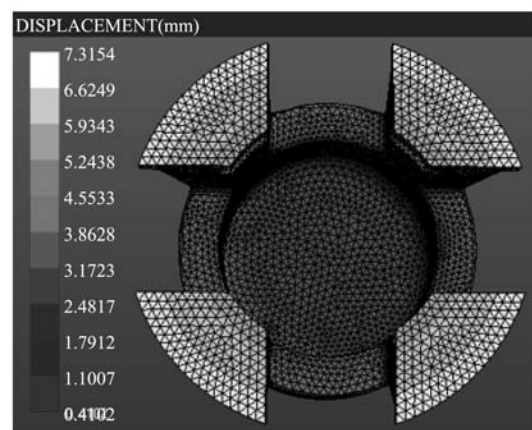


图7 应变模拟结果

Fig. 7 Strain simulation result

2.3.2 充型速度场模拟

图9为充型速度场的仿真结果。从图中可以看出，金属液首先充填底部，然后往上充填，底脚为最后充填位置，经过120 s完成铸件的整体充型。通过分析云图可以得知，充型10%时，铁液底部稍有起伏，有轻微不平稳现象，速度最高为135 cm/s；充型至50%，速度有所降低，最高为120 cm/s；充型结束时，铁液速度变为平稳，最高为100 cm/s。相比于首次，速度降低。

2.3.3 充型温度场模拟

图10为充型温度场的仿真结果。从图中可以看出，充型至70%时，底脚最低温度为1 318 ℃，温降为12 ℃；充型至80%时，底脚侧面最低温度为1 290 ℃，温降为40 ℃；充型90%时，底脚侧面最低温度为1 270 ℃，高于液相线温度1 187 ℃，充型良好。相比于首次，底脚位置加放冷铁后温降增加。

2.3.4 凝固过程模拟

图11为凝固过程的仿真结果。可见冒口先于底脚凝固，冒口补缩效果良好，最后凝固位置如图11b所示，此处为孤立液相区。

2.3.5 残余熔体模数模拟

图12为铸造过程中活塞残余熔体的仿真结果。从图中可以看出，残余熔体模数面积相比于首次，明显降低，由于此位置较厚，缩孔无法完全消除，但有缩减趋势。

图13为铸件毛坯照片，非加工面无缩孔缺陷，工艺合适。

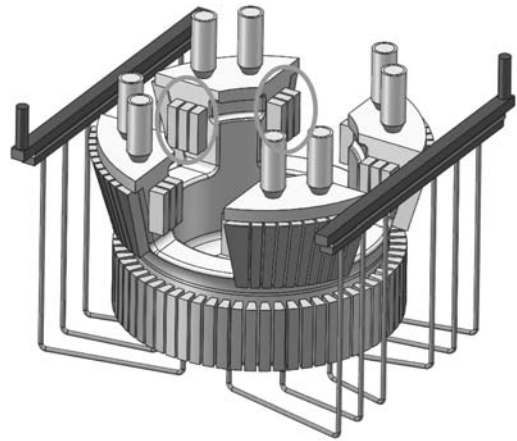


图8 铸造工艺优化
Fig. 8 Optimized casting process

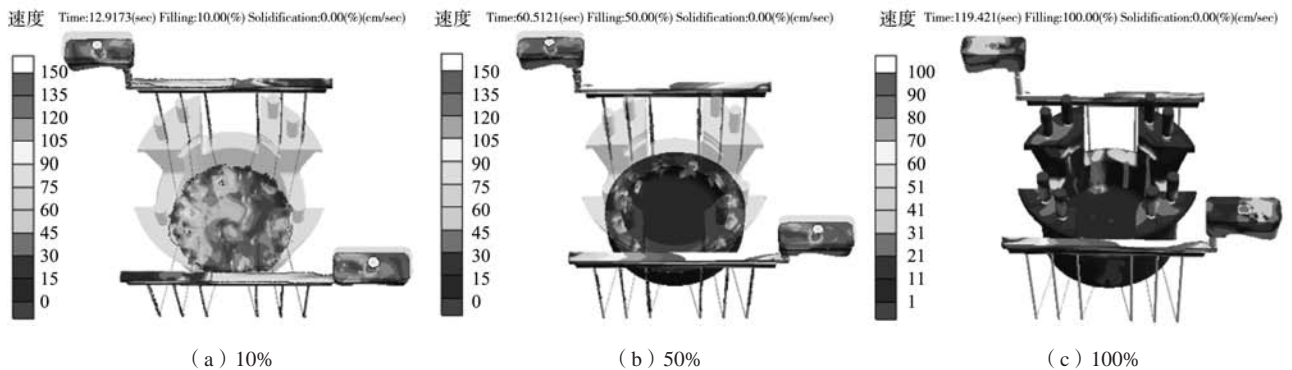


图9 充型速度场
Fig. 9 Velocity field of mold filling

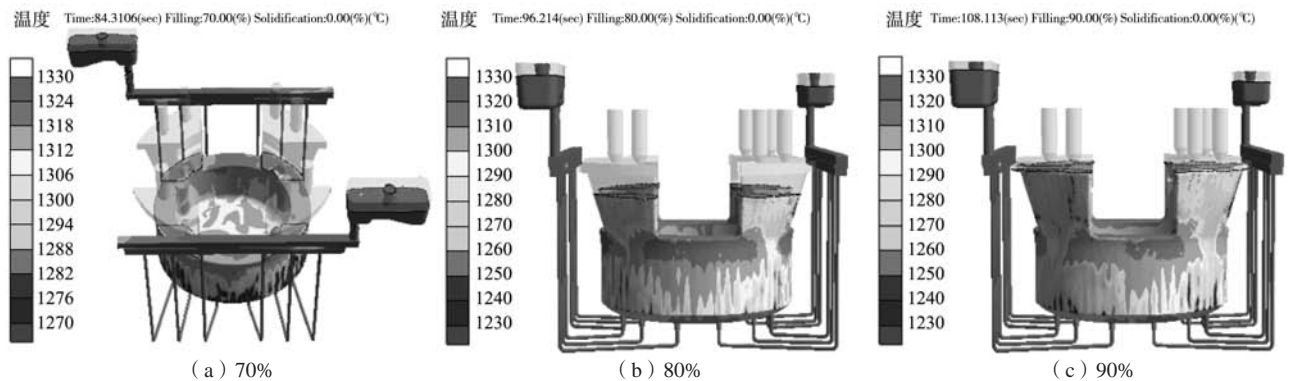


图10 充型温度场
Fig. 10 Temperature field of mold filling

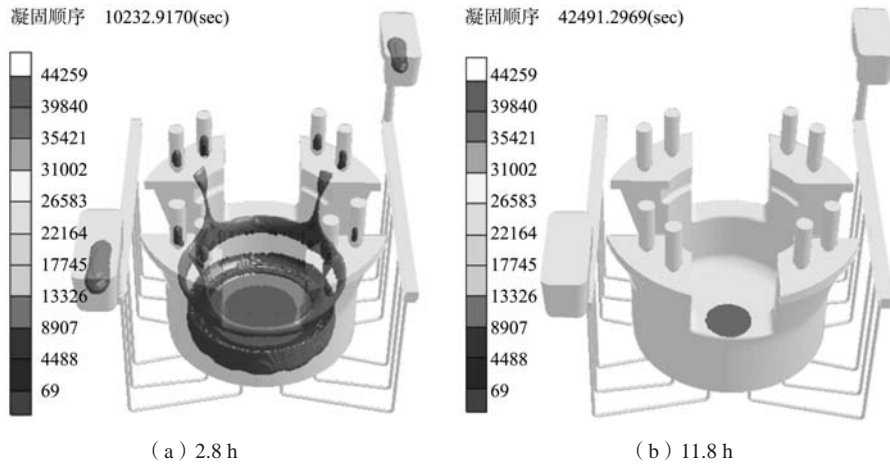


图11 凝固过程
Fig. 11 Solidification process

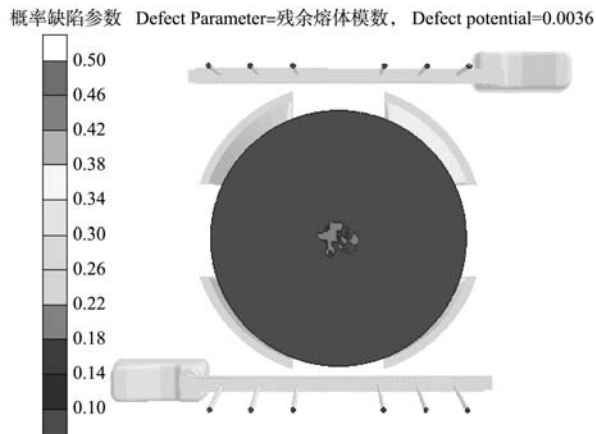


图12 残余熔体模数
Fig. 12 Modulus of residual melt

2.3.6 应变模拟

图14为应变模拟结果。应变量最大为5.0 mm，相比于首次，变形量降低。

3 结束语

利用有限差分法软件模拟活塞的铸造工艺过程，对活塞的充型过程、凝固过程、缩孔及应变情况进行分析，确定了最优工艺条件：浇注系统比例为：直浇道：横浇道：内浇道=1：1.65：0.96，直浇道为 $2-\Phi 100$ mm，横浇道为 $2-130$ mm \times 100mm，内浇道为 $12-\Phi 40$ mm，底脚三个侧面放置成形冷铁，外圆面放置冷铁，为实际生产提供参考。

通过调整冷却条件，确保了冒口进行有效补缩，降低了铸件非加工面发生缩孔的概率。经生产验证，压铸件产品合格，与模拟结果相符。

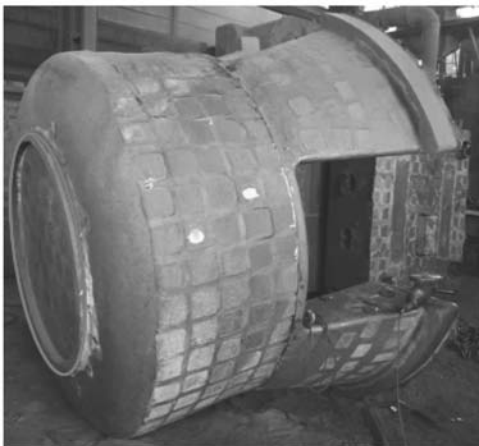


图13 铸件照片
Fig. 13 Physical photo of finished piston casting produced using optimized casting process

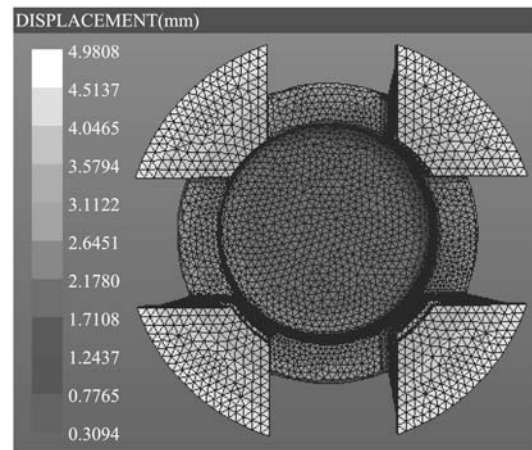


图14 应变模拟结果
Fig. 14 Strain simulation result

参考文献:

- [1] 重庆铸王科技有限公司, 压铸机活塞头: 中国, CN 110756764 A [P], 2020-02-07.
- [2] 黄智, 马明. ZL 101A铝合金外壳压铸模拟与制备工艺优化 [J]. 铸造, 2020 (6): 606-611.
- [3] 张殿杰, 刘建芳, 王星, 等. 轻量化枝杈轮辐铝合金轮毂低压铸造成形有限元模拟及试验分析 [J]. 铸造, 2020 (10): 1098-1103.

Optimization of Casting Process for Piston of Die Casting Machine

LIU Sha¹, LI Chun-liang², BAI Xu-dong²

(1. Fuxin Industrial Technology Innovation Promotion Center Fuxin Industrial Technology Research Institute, Fuxin 123000, Liaoning, China; 2. Fuxin Lida Steel Casting Co., Ltd., Fuxin 123102, Liaoning, China)

Abstract:

The casting process of piston castings for die-casting machine was simulated by using numerical simulation software. According to the simulation results, the temperature field and speed field of the mold filling, solidification process, solidification temperature field, shrinkage defects and strain situation of piston castings were analyzed, so that the casting process scheme was optimized, and the best casting process parameters were obtained by comparing the simulation results.

Key words:

piston; temperature field; velocity field; shrinkage
