• 生产技术 Production Technology •

DOI：10.16410/j.issn1000-8365.2019.04.016

ProCAST 模拟仿真技术在平衡肘支架铸造缺陷预测方面的应用

樊 超，张挨元，杜志强，刘跃辉，张晓敏
（内蒙古第一机械集团公司 第一分公司，内蒙古 包头 014032）

摘 要：针对履带车体整体机械加工时，组焊件平衡肘支架在固定位置螺纹孔内出现铸造缺陷的问题，采用 ProCAST 模拟仿真技术对铸造工艺进行了模拟与优化，预测了该产品铸造缺陷的分布，降低了铸件的不良品率，提高了经济效益。

关键词：平衡肘支架；铸造缺陷；ProCAST 技术；缺陷分布；不良品率

中图分类号：TG245 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-8365(2019)04-0394-03

Application of ProCAST Simulation Technology in Casting Defect Prediction for Balance Shaft Bracket

FAN Chao, ZHANG Aiyuan, DU Zhiqiang, LIU Yuehui, ZHANG Xiaomin
(Inner Mongolia First Machinery Group Co., Ltd., First Branch, Baotou 014032, China)

Abstract: In view of the casting defects of the balanced elbow bracket in the fixed thread hole during the whole mechanical processing of crawler vehicle body, ProCAST simulation technology was used to simulate and optimize the casting process. The distribution of casting defects is predicted, the rate of defective casting is reduced and the economic benefit is improved.

Key words: balance shaft bracket; casting defect; ProCAST technology; defect distribution; fraction defective

平衡肘支架是某型履带车体组成的关键部件之一，在车体上起连接负重轮与平衡肘的作用。在履带车体行走过程中，负重轮受到动载荷，将交变应力传递到平衡肘支架上，平衡肘支架承受着较大冲击力。平衡肘支架对某型履带整车的安全性和可靠性有一定影响，所以该零件精加工后要求不允许出现任何铸造缺陷。

现平衡肘支架在粗加工后，装焊到车体上进行 4×M30 螺纹孔钻孔、攻丝时，有时在固定的两处螺纹孔内发现有缩孔缺陷(见图 1)，该问题在组焊的车体上排除难度大，返修费用高，给公司造成很大的质量损失。针对该情况采用 ProCAST 铸造模拟软件对工艺方案进行模拟优化，降低平衡肘支架的铸造缺陷，并预测铸件铸造缺陷的分布。

1 原铸造工艺方案与模拟

1.1 技术要求

平衡肘支架的钢种材料为 ZG32MnMo，铸件轮廓尺寸为 353 mm×345 mm×275 mm，主要壁厚 22 mm，最大壁厚 35 mm，铸件重 70 kg，外形复杂，内部质量要求高，精加工后不允许发生任何铸造缺陷，并且在组焊成履带车体后，需进行气密性检查。

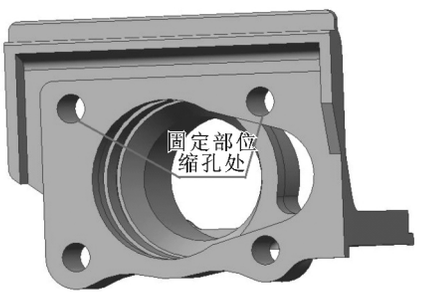


图 1 零件固定部位铸造缺陷三维图
Fig.1 3D drawing of casting defects in fixed parts

铸件钢种材料为 ZG32MnMo，具体化学成分见表 1。

1.2 铸造工艺简述

平衡肘支架原铸造工艺在 1 800 mm×900 mm 的模型型板上设计布置为一箱两件，每件由 3 个砂芯组成。该产品型砂采用酯硬化水玻璃砂造型，芯砂采用普通水玻璃砂手工打制，为防止铸件关键部位出现缩孔、缩松、气孔、裂纹、粘砂等铸造缺陷，在关

收稿日期：2018-12-17

作者简介：樊 超(1984-)，内蒙古包头人，工程师. 主要从事铸造成形工艺. 电话：15904728886，
E-mail：fc15904728886@163.com

表1 铸件的化学成分 w(%)
Tab.1 Chemical composition of castings

C	Si	Mn	Mo	S	P
0.29~0.36	0.20~0.50	0.80~1.20	≤0.30	≤0.040	≤0.040

键部位采用了锆砂作为面砂。平衡肘支架原铸造工艺采用水平中注式浇注方式，共有 2 条内浇道，在螺纹孔一侧放置了一个较大的型砂普通侧暗冒口，铸件筒身小平台厚大处上方放置了一个型砂普通冒口，冒口上方设置 ϕ10 mm 排气孔(见图 2)。

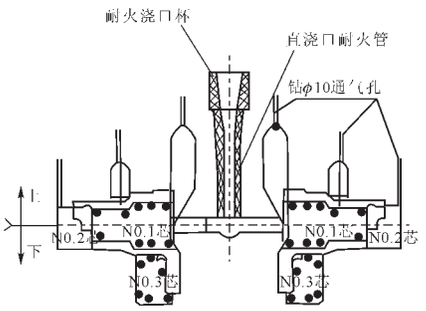


图 2 原铸造工艺简图
Fig.2 Schematic drawing of original casting process

砂型通过造型生产线运行节拍，在 100~50 ℃的表干炉中烘干水分。该产品浇注温度为 1 560~1 575 ℃，环境温度为 25 ℃，每箱钢液总重为 225 kg。铸件加工余量取 8~12 mm，浇注完毕 8 h 后打箱，打箱后继续进行铸件后处理。根据以上原工艺方案，对铸造工艺进行 ProCAST 铸造模拟分析，在模拟仿真后处理结果中，与铸件铸造缺陷实际位置进行比较，验证 ProCAST 铸造模拟软件的科学性与准确性。

1.3 方案模拟

在 ProCAST 铸造模拟的网格划分中，为了保证模拟结果的准确性，我们对平衡肘支架原铸造工艺三维模型的表面三角形网格单元边长设置为 6 mm，计算出表面网格数量和四面体网格数量，网格总数量为 934 124，见图 3。

在前处理模块中输入上述数值进行数据运算后，后处理模块中对平衡肘支架原铸造工艺模拟结果进行分析，经比对模拟铸件缩孔缺陷位置与铸件实际缩孔缺陷发生位置后，情况基本相同，具体模拟视图见图 4。

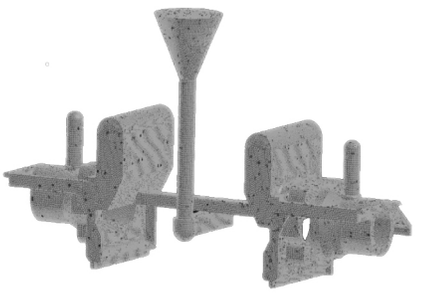


图 3 原工艺三维模型网格化
Fig.3 The original 3d model meshed

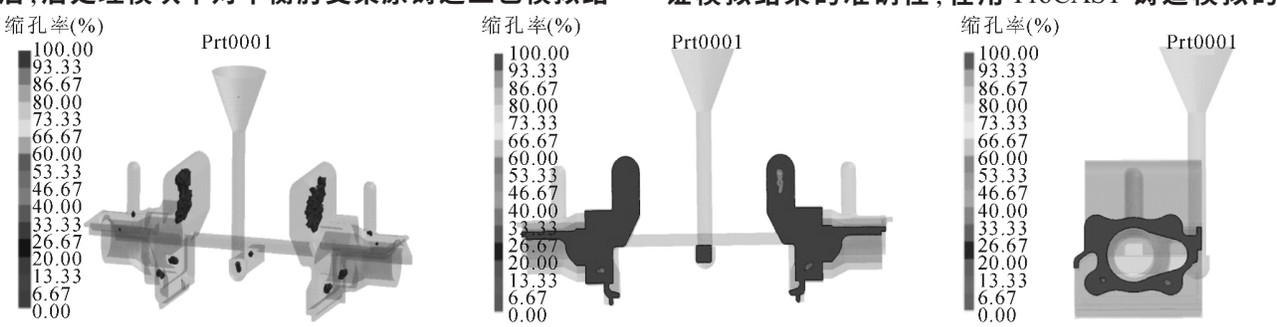
2 方案优化与模拟

2.1 方案优化

为完全解决平衡肘支架 4×M30 螺纹孔内的缩孔缩松铸造缺陷，提高铸件质量，通过多次模拟验证与工艺探讨交流，决定采用改变铸件位置的方法进行工艺设计改进。优化后的方案将平衡肘支架铸造工艺设计为立浇工艺，由 5 个砂芯组成，在 4×M30 螺纹孔位置上方，各放置了一个规格型号为 8/11K 的 Foseco 公司生产的发热保温冒口，共 4 个，并在铸件中间部位小平台厚大处周围放置 25 mm 厚的面砂锆砂。该工艺方案设置了 3 条内浇道(上方 2 条，下方 1 条)，钢液从平衡肘支架底部筋板处进入铸型，可保证充型平稳，补缩通道畅通，便于铸件实现顺序凝固，同时也利于渣、气上浮到发热保温冒口内。在铸件凝固过程中，法兰盘上 4×M30 螺纹孔部位的热节随着铸件顺序凝固向发热保温冒口上移，最终使凝固后期形成的缩孔缩松缺陷被集中到发热保温冒口中，保证了铸件 4×M30 螺纹孔内部的致密性，从而消除该部位的缩孔缺陷(见图 5)。

2.2 方案模拟

优化后的铸造工艺方案三维模型中，为了保证模拟结果的准确性，在用 ProCAST 铸造模拟的



(a)缩孔缩松分布概况图　(b)YZ方向M30孔剖面缩孔分布图　(c)XZ方向M30孔剖面缩孔分布图

图 4 原工艺铸件缩孔缩松分布模拟结果
Fig.4 Simulation results of shrinkage cavity and porosity distribution of original process castings

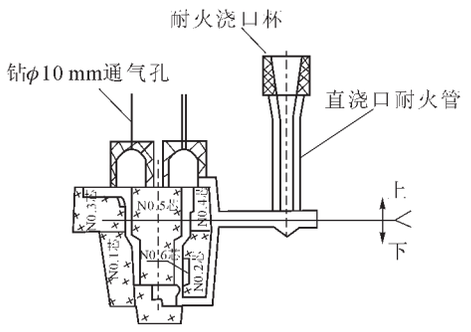


图 5 优化后铸造工艺简图
Fig.5 Schematic drawing of improved casting process

网格划分中，对平衡肘支架三维模型的表面网格三角形单元边长设置为 6 mm，计算出表面网格数量和四面体网格数量的网格总数量为 802 449，见图 6。

在 ProCAST 铸造模拟软件前处理模块中输入改进后的上述数值进行数据运算后，后处理模块中对平衡肘支架优化后的铸造工艺模拟结果进行分析，与原始方案相比，铸件的法兰连接面 4×M30 螺纹孔部位的缩孔彻底消失，缩孔缺陷完全上移到了

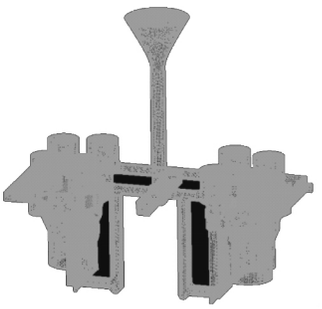
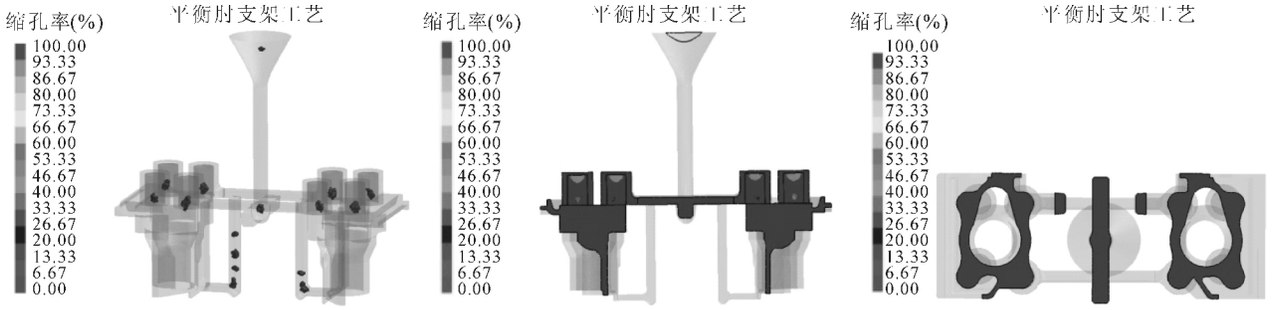


图 6 优化工艺后三维模型网格化
Fig.6 3D model of the process meshed after optimization

发热冒口内，具体模拟视图见图 7。

3 生产验证

在 ProCAST 铸造模拟的基础上，对优化后的方案进行了生产验证，粗加工后的铸件组焊到车体上进行钻孔后，在存在缩孔缩松缺陷问题的固定部位未发现任何铸造缺陷，并且车体上对该产品进行试压后，完全没有渗漏(见图 8)。所以，经验证该优化后的铸造工艺是科学的、可靠的、有效的。



(a)缩孔缩松分布概况图　(b)ZY方向M30孔剖面缩孔分布图　(c)ZX方向M30孔剖面缩孔分布图

图 7 优化工艺后铸件缩孔缩松分布模拟结果
Fig.7 Simulation results of shrinkage cavity and porosity distribution of process castings after optimization

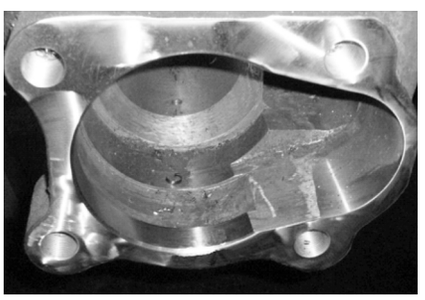


图 8 优化工艺后组焊到车体上的铸件
Fig.8 After optimizing the process, the castings are welded to the crawler body

4 结语

(1)通过使用 ProCAST 铸造模拟仿真技术，能够较准确的预测平衡肘支架铸件缺陷产生部位，模拟分析结果与实际铸造结果基本相吻合，验证了优化后工艺的可靠性，可为工艺改进提供依据。

(2)ProCAST 铸造模拟仿真技术可以对铸造工艺进行验证，有效预测铸造缩孔、缩松的分布，提高工艺出品率，辅助铸造工艺的设计与优化。

(3)通过改变平衡肘支架浇注位置进行工艺设计，结合 ProCAST 软件模拟分析，显著降低了铸件 4×M30 螺纹孔内发生缩孔缩松缺陷的不良品率，由改进前的 35%降低到 3%，提高了该产品的经济效益。

参考文献：

[1] 李晨希. 铸造工艺设计计及铸件缺陷控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

[2] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册(5)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.

[3] 赵富，赵银虎，刘斌. Procast 仿真技术在铸钢件缺陷预测上的探讨与应用[J]. 新技术新工艺，2010(11): 102-105.

[4] 马敏团，陈鹏波，黄引平. Procast 在铸造工艺优化中的应用[J]. 热加工工艺，2006，35(1): 52-57.