DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.05.007

# MAGMASOFT® 在平衡轴支架开发中的应用

李洪应[1],贾　俊[1],艾　明[2]
(1. 银峰铸造芜湖有限公司,安徽 芜湖 241009;2.芜湖久弘重工股份有限公司,安徽 芜湖 241000)

**摘　要**:基于球铁 800-5 相关材料性能数据,利用有限元软件对重卡平衡轴支架进行结构拓扑优化实现了铸件减重 20%的目标。利用 MAGMASOFT® 软件对重型卡车平衡轴支架进行前期工艺设计及数值模拟,找出了铸件存在的缺陷位置,在此基础上进行了优化和相关验证,通过 MAGMASOFT® 的 DOE 功能对材料的合金成分和冷铁尺寸进行优化,最终找出最佳成分配比及最优冷铁尺寸,实现平衡轴支架的顺利量产。

**关键词**:平衡轴支架;缩松;DOE(实验设计)

**中图分类号**:TG255　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)05-0357-04

## Application of MAGMASOFT® in Development of Balance-axle Bracket for Heavy Truck

LI Hongying[1], JIA Jun[1], AI Ming[2]
(1. INFUN Cast (Wuhu) Ltd., Wuhu 241009, China; 2. Jiu Hong Heavy Industries Co., Ltd., Wuhu 241000, China)

**Abstract**: Based on the material property of ductile iron 800-5, the topological optimization of the balance axle bracket of heavy truck is carried out with finite element software to achieve the target of 20% lightweight of castings. With MAGMASOFT® software to carry on the preliminary process design and simulation to the heavy truck bracket, has found casting defect position. Based on these simulation result, optimization process design scheme has been done Trial has been carried on and compared with simulation result With the DOE function of the MAGMASOFT® , the Chemical composition and chill dimension are optimized, and the optimal Chemical composition and the optimal chill dimension found out to realize bracket SOP smoothly.

**Key words**: balance axle bracket; shrinkage porosity; design of experiments

近年来随着节能减排要求的提高及国六排放标准的实施，市场对汽车轻量化的呼声越来越高，相关资料显示一台车辆减重 100 kg 相当于每百公里减少油耗 0.2~0.4 L;在车辆的生命周期内按总驾驶里程 25 万公里计算可以减少 1 000 L 汽油,或减少 2.3 t 的二氧化碳的排放[1];因此铸件的轻量化设计成为汽车减重的有效手段,对于重型卡车而言平衡轴支架成为该卡车的减重首选。

INFUN 公司与某重型卡车客户合作,从两方面对平衡轴支架铸件进行结构轻量化的相关研究。第一方面:材料改进,使用 INFUN 开发的高屈强比的 HITS 800-5 材料替代原先 QT600 材料。材料部分性能对比如表 1;第二方面:考虑到支架在重卡中的装配位置(见图 1),在现有工况条件下使用拓扑优化技术[2](见图 2)对铸件结构进行重新设计,实现铸件减重 20%的目标,新设计的产品如(见图 3)。

表 1 材料性能对比
Tab.1 Comparison of mechanical properties of the two cast irons

| 材料 | 密度 /(×10³ kg/m³) | 弹性模量 /GPa | 屈服强度 /MPa | 泊松比 | 铸件质量 /kg |
|---|---|---|---|---|---|
| QT600-3 | 7.2 | 165 | 360 | 0.27 | 75 |
| HITS800-5 | 7.2 | 180 | 600 | 0.28 | 58 |

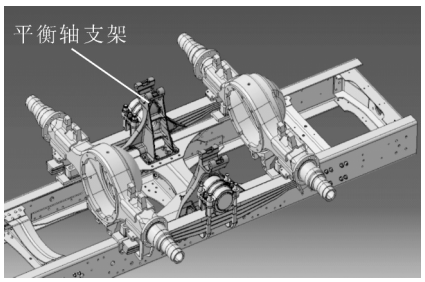



图 1 平衡轴支架在重卡底盘的布局
Fig.1 Location of the balance axle brackets in truck chassis

对改进后的产品利用 MAGMASOFT® 进行铸造工艺分析,从产品结构上考虑对铸件进行凝固模拟,产品的热节分布如(见图 4)所示。彩色显示区域为产品热节,中间黄色区域较周围红色区域凝固时间长。根据

收稿日期:2020-09-18
作者简介:李洪应(1977—),江苏泰州人,铸造工程师.主要从事铸件结构优化、铸件的工艺开发、铸造过程的模拟仿真等方面的研究工作.电话 18655380280,
Email:Li.hongying@draxton.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

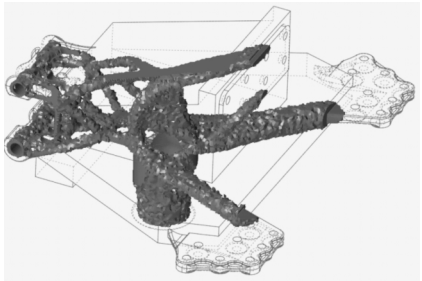


**图 2** Topology **结构图**
Fig.2 Topology of the balance axle bracket

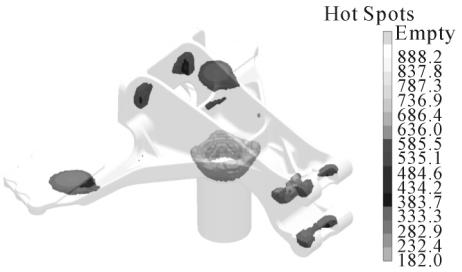



**图 4 铸件热节分布**
Fig.4 Hot spot distribution in the bracket casting

**图 3 重构的平衡轴支架结构图**
Fig.3 Re-structured bracket

**凝固模拟结果制定了初步工艺方案，采用上下分型，浇注系统布局如（图 5）绿色区域所示[3]。对初步工艺方案进行模拟分析，发现存在以下潜在风险（图 6）。**

**（1）局部位置流速较高，超过设计准则。**

**（2）一些区域有紊流产生。**

**（3）凝固过程过程中出现孤立液相区。**

**（4）冷铁位置存在缩松问题（蓝色区域）。**

**为了解决加工位置缩松问题[4]，设计了几个方案并逐一进行了模拟和验证：**

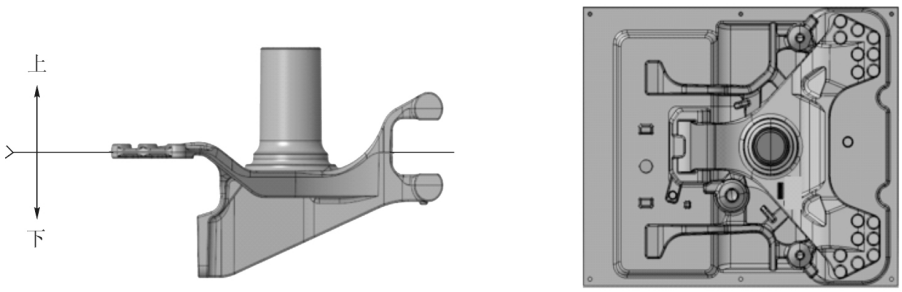
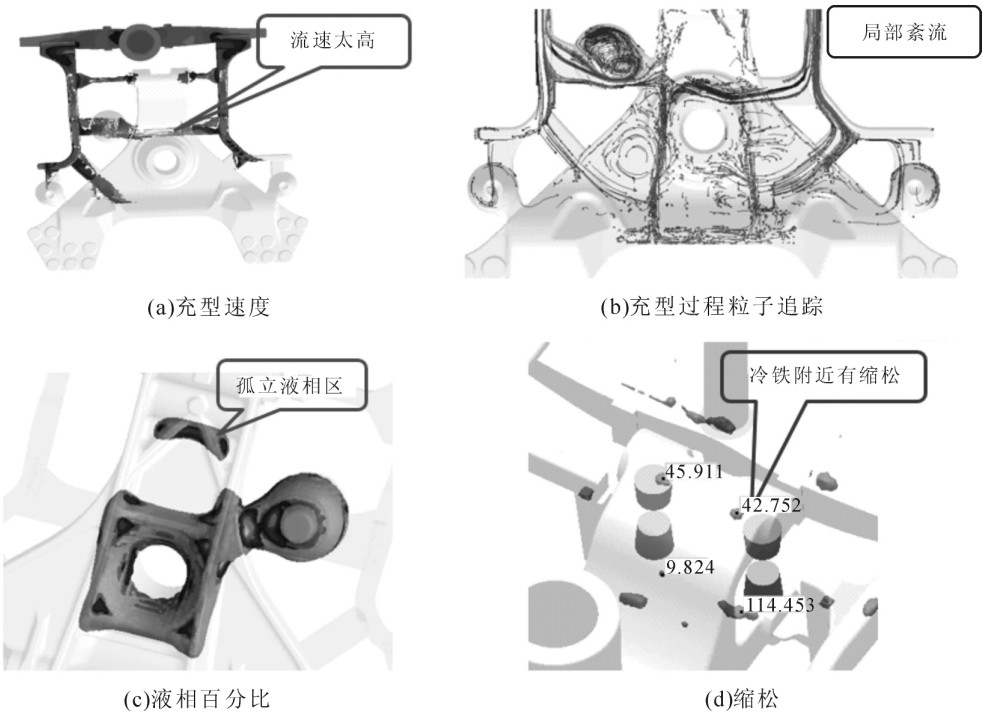



**图 5 分型方式及浇注系统布局**
Fig.5 Parting line and layout of gating system




(a)充型速度　(b)充型过程粒子追踪

(c)液相百分比　(d)缩松

**图 6** Magma **模拟结果**
Fig.6 Magma simulation result

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方案 1：在缩松位置增加内冷铁，目的是加快热节位置冷却，达到消除缩松的目的，试验结果表明在远离冷铁一侧位置仍然存在缩松，如（见图 7）。

方案 2：为了消除内浇道对侧位置缩松，在对侧位置再增加一个内冷铁。试验结果表明在内浇口一侧依然存在缩松，如（见图 8）。

方案 3：把内浇道位置的冷铁直径由 15 mm 改为 8 mm，模拟结果显示缩松体积有所减小，但依然存在缩松，如（见图 9）。

通过以上 3 个方案的模拟验证，认识到冷铁过大会在凝固过程中关闭补缩通道，冷铁过小在凝固过程中不能起到减小热节达到顺序凝固的作用，对于冷铁设置不能实现顺序凝固的铸件有必要增加冒口来实现顺序凝固[5]。为了能够稳定地生产出合格的铸件，同时也为了按时提交样件，考虑在入水侧增加小冒口（图 10），同时保留 4 个冷铁的方案，并对方案 4 进行了模拟验证，在模拟过程中冒口颈附近并未显示缩松风险，但是在实际生产验证过程中，此位置有缩松（见图 11），这导致我们非常困惑，为了能够找出问题的根本原因，同时解决缩松问题，到现场做了相关调查，结果发现实验方案与模拟方案存一定的差别，冒口的实际形状与模拟三维不一致，按照实际冒口尺寸再次模拟，果然在冒口颈附近有缩松（见图 12 ）。

在方案 4 的基础上，进一步对冒口以及冒口颈尺寸进行优化，直至模拟出的方案缩松结果符合要求（见图 13），并在现场生产验证了优化方案，X 光检测以及加工结果与模拟一致，加工位置没有缩松（见图14）。

为了实现全局最优，减少生产过程波动对产品质量的影响，同时保证铸件的稳定性，采用 MAGMASOFT® DOE[2]工具对相关参数进行了自主优化模拟；将生产中可能的变量进行排列组合生成多个不同的方案，根据实际情况考虑生产过程中存在的变量有碳含量，铜含量，冷铁的长、宽、高，优化的

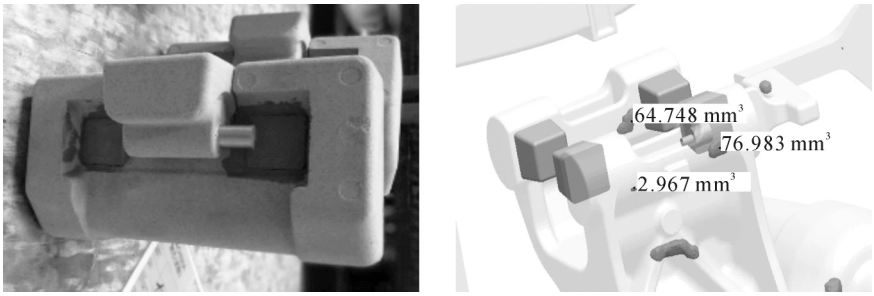



图 7　方案 1 缩松模拟结果
Fig.7　The result of shrinkage porosity base on scheme simulation 1

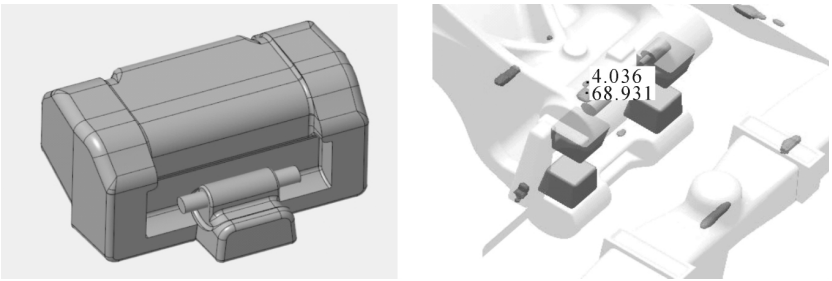



图 8　方案 2 缩松模拟结果
Fig.8　The result of shrinkage porosity base on scheme simulation 2

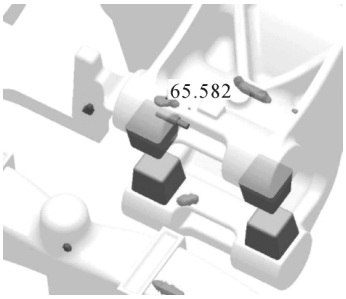



图 9　方案 3 缩松模拟结果
Fig.9　The result of shrinkage porosity base on scheme simulation 3

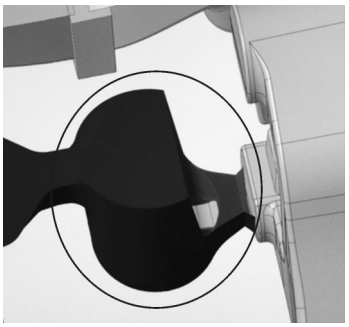


图 10　方案 4 在入水侧增加冒口
Fig.10　Add a feeder in the ingate area

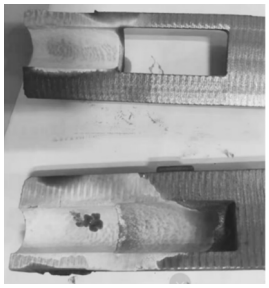


图 11　实验显示缩松位置
Fig.11　Location of Porosity shrinkage on trial

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

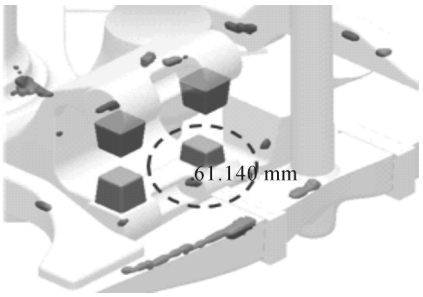



图 12 按照现场工艺方案模拟结果图
Fig.12 Simulation result according to on-site process design

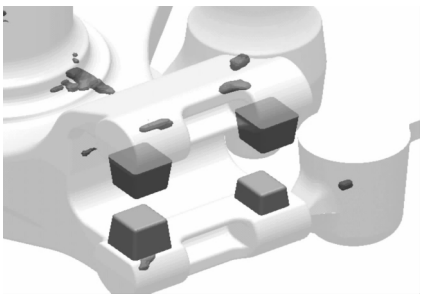


图 13 最终方案缩松模拟结果
Fig.13 Final result from simulation

目的是减少关键区域缩松。DOE 模拟结果显示，排名第一，缩松最小的是方案 10，具体的变量如图中红框显示。采用此方案经过 6 个月的批量生产，质量稳定。

通过使用 MAGMA 对此平衡轴支架的优化，认为 MAGMA 模拟软件在产品开发过程中能够起到节约成本缩短开发周期的作用，实现从传统的试错方式到虚拟铸造的科学方法论的提升，是理论和实践的桥梁，在开发过程中能很好起到的指导实践的作用，同时也是实现由概念设计到实物的纽带。

图 14 最终方案加工结果
Fig.14 Finial solution without porosity shrinkage after machining

## 参考文献：

[1] 王东川. 轻量化新材料在汽车上的应用[J]. 机械工人（热加工）: 2004(12)：16-18.
[2] 徐义武. 实验设计在铸造工艺设计中的应用[J]. 现代铸铁，2011(1)：25-29 .
[3] 李弘英，赵成志. 铸造工艺设计 [M]. 北京：机械工业出版社，2005.
[4] 陈伟. 控制压力冒口补缩失效的原因分析及对策 [J]. 现代铸铁 2016(3):62-65.
[5] 金永锡. 再论汽车汽车球墨铸铁件的补缩工艺设计 [J]. 现代铸铁，2013(2)：53-62.

均衡凝固技术资料邮购

国家科技成果重点推广计划项目 编号：I-1-5-3
西安理工大学均衡凝固技术科研成果汇编

铸件充填与补缩工艺定量设计理论与实例

《铸件充填与补缩工艺定量设计理论与实例》是西安理工大学均衡凝固技术科研成果的汇编，被列为国家科技成果重点推广计划项目，编号 I-1-5-3。汇编共分 6 章：第一章 铸铁件均衡凝固与有限补缩。第二章 铸铁件冒口补缩设计。第三章 浇注系统当冒口补缩设计方法。第四章 浇注系统大孔出流理论与设计。第五章 铸钢 白口铸铁 铝钢合金铸件的均衡凝固工艺。第六章 铸件充填与补缩工艺定量设计实例。可用于铸件浇注系统，冒口补缩系统的定量设计，包括浇口、冒口的位置、大小、个数，冷铁的放置。也可用于对已有铸件浇口、冒口设计的定量评估，及对已产生的铸造缺陷的分析与防治。浇口、冒口的开设要防止几何热节、接触热节、流动热节的重合；在冒口颈处放冷铁消除冒口根缩孔、缩松缺陷；控制浇口截面比实现垂直分型等压等流量设计等技术，通过生产实例给予展现，可供生产应用参考。汇编邮购价 160 元。

联系地址：710048 西安市金花南路 5 号 西安理工大学 608 信箱
联 系 人：李巧凤 13991824906 QQ：53985132 E-mail:53985132@qq.com
李亚敏：15829361158 QQ：412008096 E-mail:412008096@qq.com
技术咨询：魏 兵 13609155628

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net