

# 铝合金左悬置支臂半固态压铸技术研究

胡玲海, 修 坤, 戴俊良, 金延竹

(一汽铸造有限公司铸锻研究所, 吉林长春 130062)

**摘要:** 研究了铝合金左悬置支臂半固态压铸技术, 对铸件结构设计、半固态压铸工艺及台架试验等进行分析, 对样件产品质量进行检测。半固态压铸左悬置支臂样件通过台架试验, 与重力铸造产品相比, 减重10%以上。

**关键词:** 半固态压铸; 铝合金支臂; 铸件结构设计

国外应用半固态压铸技术生产铝合金铸件较早, 已经批量生产新能源汽车壳体类铸件, 如空调压缩机壳体、前横梁、前后插件面板、电池外壳体等。与国外相比, 国内采用半固态压铸技术生产铝合金铸件较晚, 近几年开始尝试在新能源汽车上应用。

轿车的铝合金左悬置支臂(以下简称支臂)与电机及纵梁等连接, 它除了承载一定的重量外, 还在汽车运行过程中起缓冲和减震的作用。通常情况下, 支臂铸件采用高压铸造工艺生产, 具有效率高、成本低的优势<sup>[1-6]</sup>。本项目支臂铸件结构设计时采用高压铸造工艺生产不能满足静态力学计算要求。半固态铸造铝合金铸件具有更高的力学性能<sup>[7-14]</sup>。为了满足受力工况需求, 开展了支臂半固态铸造技术研发工作。

## 1 半固态支臂铸件设计

根据边界条件及空间约束, 进行支臂铸件结构设计。通过CATIA软件建立支臂铸件结构设计模型, 运用ABQUS有限元分析软件, 进行一阶对地模态计算校核分析、极限工况米塞斯应力和最大主应力计算校核分析、以及典型工况米塞斯应力计算校核分析。经过多轮模型设计(图1a)及修改(图1b), 以及CAE计算迭代, 一阶二级三级对地模态、极限工况米塞斯应力及最大主应力、以及典型工况米塞斯应力均满足设计及CAE计算标准要求。半固态压铸铝合金支臂轻量化设计与重力铸造铝合金支臂相比, 减重10%以上。

作者简介:

胡玲海(1970-), 男, 高工, 研究方向为汽车轻量化铸造工艺研究。E-mail: hulinghai\_fc@faw.com.cn

通讯作者:

修 坤, 男, 博士。E-mail: kxiu66@163.com

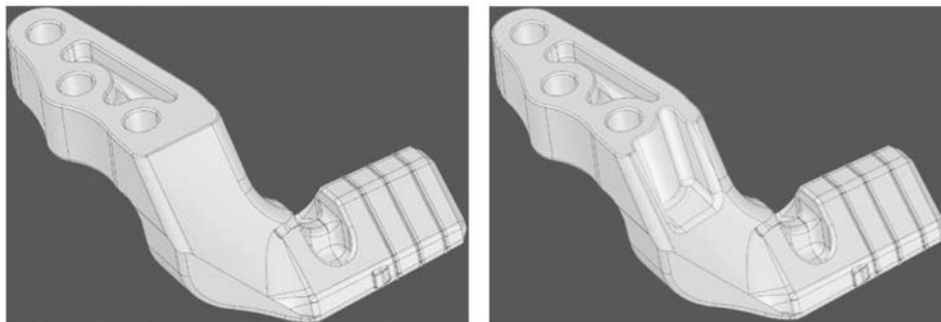
中图分类号: TG249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)02-0234-05

收稿日期:

2023-11-02 收到初稿,  
2023-11-29 收到修订稿。



(a) 设计模型

(b) 修改模型

图1 半固态支臂铸件设计模型及修改模型

Fig. 1 The model design and modification of the semi-solid support arm casting

## 2 CAE计算分析

进行多轮CAE计算迭代。计算一阶二级三级对地模态、极限工况米塞斯应力及最大主应力、以及典型工况米塞斯应力。

对地模态标准要求大于600 Hz，一阶二级三级对地模态计算结果均达到了这个要求（图2）。

极限工况米塞斯应力及最大主应力标准要求分别为低于85%材料抗拉强度及低于75%材料屈服强度，计算结果均达到了这个要求（图3a-b）。

典型工况米塞斯应力标准要求为低于75%材料屈服强度，计算结果达到了这个要求（图3c）。

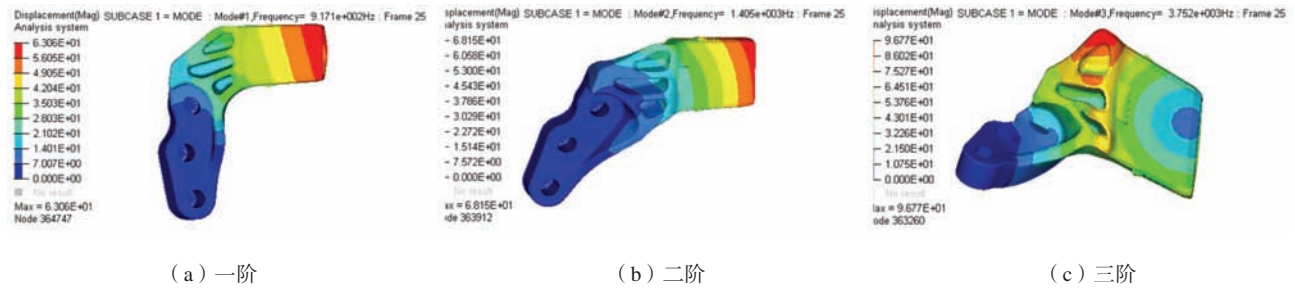


图2 半固态支臂对地模态计算

Fig. 2 Calculation of ground modalities of semi solid support arms

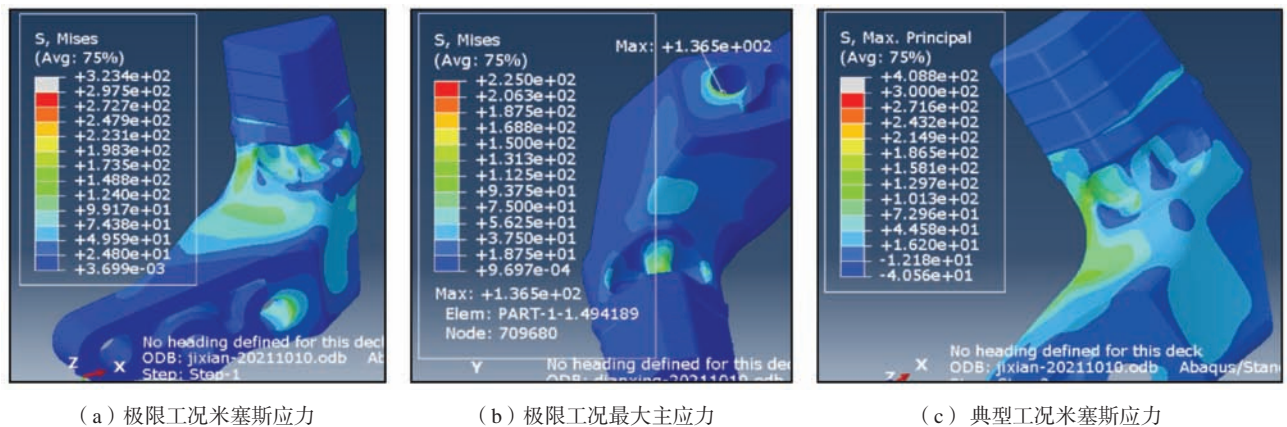


图3 半固态支臂铸件CAE计算

Fig. 3 CAE calculation of semi solid support arm castings

## 3 产品制造

### 3.1 工艺设计

铝合金支臂半固态压铸浇注系统设计、溢流及排气设计如图4所示。浇注系统设计在铸件弯形位置附近，内浇道较厚，有利于铸件充型及补缩。溢流及排气设计在距离铸件中心位置较远的两端，两端溢流排气系统连接在一起向外排出。

### 3.2 数值模拟

使用Sigmasoft Virtual Molding软件对铝合金支臂半固态压铸充型及凝固过程进行数值模拟，结果如图5、图6所示。

从图5可以看出，半固态金属充型顺畅平稳，没有飞溅。

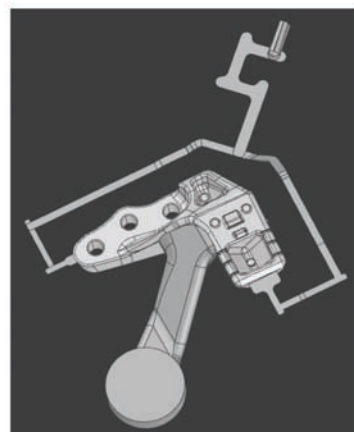
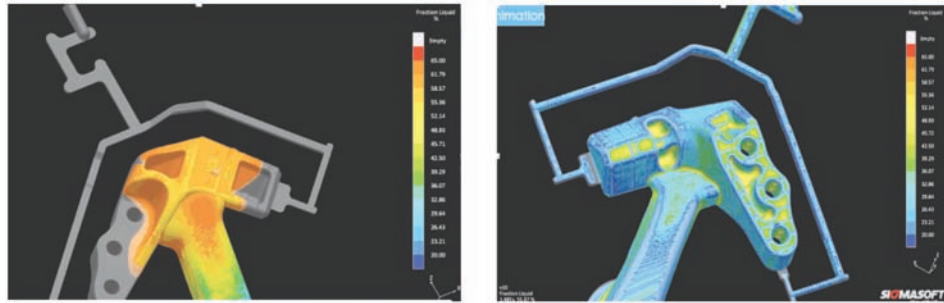


图4 半固态压铸浇注系统、溢流及排气设计

Fig. 4 The gating system, overflow and exhaust design of semi solid casting

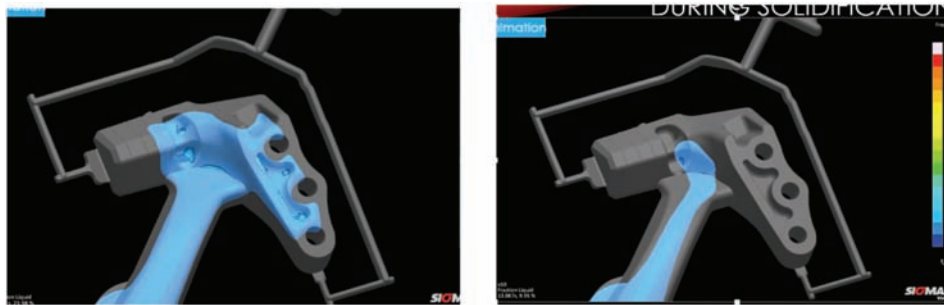


(a) 充型中期

(b) 充型末期

图5 半固态支臂充型过程数值模拟结果

Fig. 5 Numerical simulation results of mold filling process for the semi-solid support arm



(a) 凝固中期

(b) 凝固末期

图6 半固态支臂凝固过程数值模拟结果

Fig. 6 Numerical simulation results of solidification process for the semi-solid support arm

从图6可以看出，支臂能够实现顺序凝固，支臂形成缩松的可能性很小。

### 3.3 半固态压铸铝合金支臂样件

半固态压铸铝合金材料为A319铝合金，半固态支臂铸件如图7所示，外形尺寸190 mm × 150 mm × 110 mm，薄处壁厚10 mm，厚处壁厚33 mm。从图7可以看出，铸件外观质量好，没有褶皱。



(a) 铸件底端面

(b) 铸件顶部

图7 半固态支臂样件

Fig. 7 Semi solid support arm sample pieces

### 3.4 支臂样件检测

支臂样件X射线探伤结果如图8所示，从图中可以看出，铸件内部没有缺陷。

力学性能：半固态压铸A319铝合金材料（本体取样）抗拉强度370 MPa、屈服强度323 MPa、伸长率4.6%，硬度HB128。

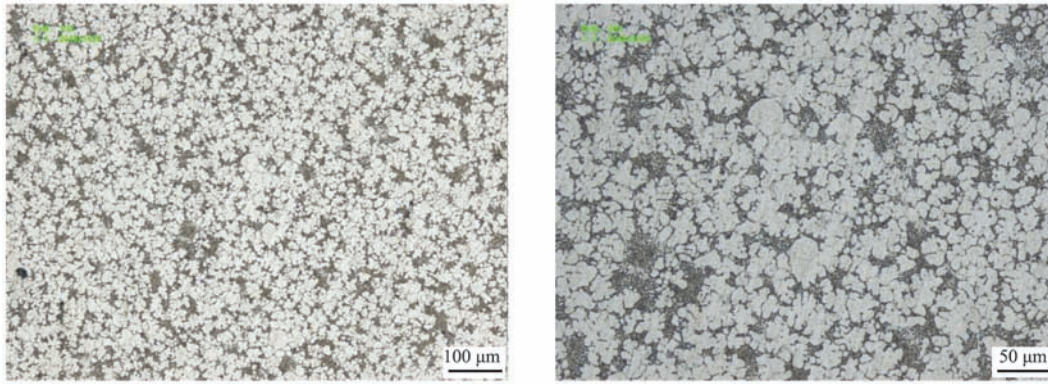


图8 X射线探伤结果

Fig. 8 X-ray inspection result

微观组织：从图9中可以看出半固态压铸支臂（本体取样）微观组织中 $\alpha$ -Al初晶组织不是常见的树枝晶而是退化枝晶，似一朵朵花瓣状（图9）。





(a) 低倍组织

(b) 高倍组织

图9 铸件微观组织

Fig. 9 Microstructure of the casting

## 4 产品台架验证

半固态压铸支臂样品台架试验包括：台架拔脱力

试验、台架疲劳试验及台架破坏试验。样品通过了以上台架试验，结果如图10所示。



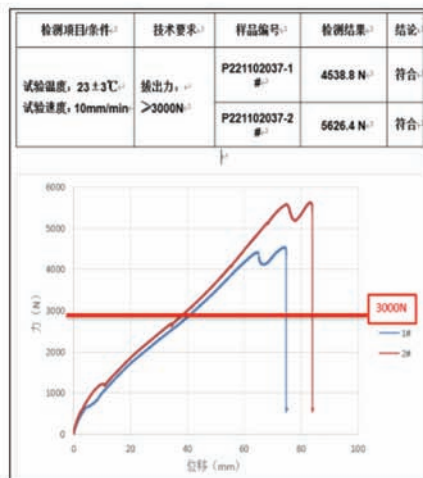
(a) 拔脱力试验过程



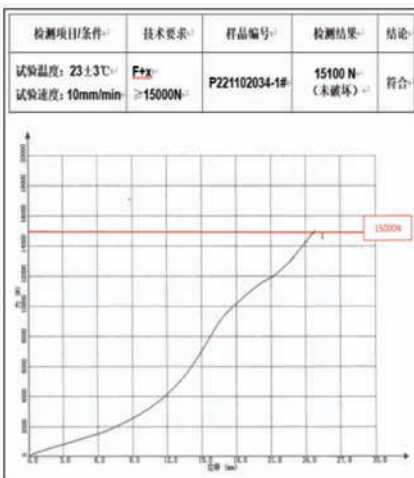
(b) 破坏试验过程



(c) 疲劳试验过程



(d) 拔脱力试验结果



(e) 破坏试验结果



(f) 疲劳试验结果

图10 台架试验

Fig. 10 Bench test

## 5 结论

(1) 开发了A319铝合金支臂半固态压铸工艺, 研制样件通过台架拔脱力试验、台架疲劳试验及台架破坏试验。

(2) 与重力铸造产品相比, 采用半固态压铸工艺

成形的铝合金支臂铸件减重10%以上。

(3) 从半固态压铸支臂样件本体取样测试, 抗拉强度370 MPa、屈服强度323 MPa、伸长率4.6%, 硬度大于HB128。

### 参考文献:

- [1] 余忠土, 张恒华, 邵光杰, 等. 铝合金半固态成形工艺及力学性能的研究现状 [J]. 金属成形工艺, 2003 (4): 58-61.
- [2] 毛卫民, 赵爱民, 钟雪友. 半固态金属成形应用的新进展与前景展望 [J]. 特种铸造及有色合金, 1998 (6): 33-36.
- [3] 田战峰, 杨必成, 谢丽君, 等. 金属半固态触变压铸工艺的探讨 [J]. 铸造技术, 2005 (1): 28-30.
- [4] 罗守靖, 田文彤, 谢水生, 等. 半固态加工技术及应用 [J]. 中国有色金属学报, 2000 (6): 765-772.
- [5] 张奎, 刘国均, 张景新, 等. 铝合金半固态加工技术应用 [J]. 中国有色金属学报, 2000 (6): 135-140.
- [6] 徐骏, 田战峰, 曾怡丹, 等. 铝合金半固态加工技术的应用研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2007, 27 (8): 603-607.
- [7] 郭洪民, 杨湘杰. 流变压铸YL112铝合金的微观组织特征 [J]. 中国有色金属学报2008, 18 (3): 400-408.
- [8] 刘艳华. A380铝合金半固态流变压铸工艺研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [9] 徐骏, 张志峰. 半固态加工技术的最新进展 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2013, 18 (2): 1-6.
- [10] 康永林, 毛为民, 胡状麒. 金属材料半固态加工理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 毛卫民. 半固态金属成形技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [12] 张志峰, 徐骏. 轻合金及其复合材料半固态成型技术研究与应用 [J]. 新技术新工艺, 2009 (2): 19-22.
- [13] 陈隆波, 王月雷, 孔藤桥, 等. 浇注温度对机械用半固态压铸AlSi9Cu 合金组织和力学性能的影响 [J]. 铸造, 2023 (1): 49-52.
- [14] 颜丙栋, 毛卫民, 闫鹏宇. T6处理对半固态压铸Al-27Si合金组织与性能的影响 [J]. 特种铸造及有色合金, 2022 (3): 346-349.

---

## Research on Semi Solid Die Casting Technology of Aluminum Alloy Left Suspension Support Arm

HU Ling-hai, XIU Kun, DAI Jun-liang, JIN Yan-zhu  
(Foundry and Forging Research Institute of FAW Foundry Co., Ltd., Changchun 130062, Jilin, China)

### Abstract:

The semi solid die-casting technology of aluminum alloy left suspension support arm was studied. The structural design, the semi solid die casting process, and the bench test of the castings were analyzed, and the casting product quality was inspected. The semi solid die-casting suspension arm sample piece had been past the bench test, and the weight of the casting was reduced over 10% compared to the gravity casting product.

### Key words:

semi solid die-casting; aluminum alloy support arm; structural design of castings

---