

接触网零部件定位支座本体低压铸造工艺设计

周本建

(中铁建电气化局集团轨道交通器材有限公司)

摘 要 利用 MagMa 软件对 L 型定位支座本体铸件低压铸造工艺进行模拟分析,预测铸件内部极易出现的缺陷位置和大小。模拟结果表明,铸件在整个充型过程中,铝液流动平稳,未出现卷气、浇不足等现象。通过剖切中间面,未见缩松、缩孔等铸造缺陷,浇注系统设计合理。通过小批量生产验证,铸件外观满足要求,合格率达 98% 以上。

关键词 低压铸造;铝合金定位支座本体;数值模拟

中图分类号 TG249.2;TP311;TG146.21

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.10.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design of Low Pressure Casting Process for Catenary Parts Positioning Support Body

Zhou Benjian

(Group Rail Transit Equipment Co., Ltd., China Railway Construction and Electrification Bureau)

Abstract: The MagMa software was used to simulate and analyze the low pressure casting process of the L-shaped positioning support body, and to predict the location and size of the defects easy to appear in the castings. The simulation results show that during the whole filling process of the castings, the molten aluminum flows smoothly, and there exists absence of entrapped-gas or cold shut. Through cutting the middle surface, absence of casting defects such as porosity and shrinkage could be observed, showing reasonable pouring system design. Through small batch production verification, the appearance of the product meets the requirements of the drawing, and the product qualification rate is more than 98%.

Key Words: Low Pressure Casting, Aluminum Alloy Positioning Support Body, Numerical Simulation

高速铁路具有运载能力大、运行速度快、运输效率高特点,随着高铁技术的不断进步,也对接触网零部件的性能提出了更高的要求。定位支座本体是定位装置中最重要的零部件之一,其性能的优劣,直接影响到定位器与受电弓匹配的合理性。定位支座本体结构复杂,壁厚不均,使用金属型重力铸造,极易产生卷气、缩松、缩孔和裂纹等铸造缺陷,铸件合格率低。利用数值模拟软件对低压铸造凝固过程中的充型流场和温度场进行分析,减少或防止卷气、缩松、缩孔和裂纹等铸造缺陷的产生^[1~8],验证低压铸造工艺及模具结构设计的合

理性,提高铸件的品质和成品率。

1 定位支座材料与结构分析

定位支座为 L 型,轮廓尺寸为 210 mm×90 mm×100 mm,铸件壁厚差大,最薄处为 8 mm,最厚处为 30 mm,实体模型见图 1。选用高强度、耐腐蚀性良好的 AlSi7Mg0.6 铝合金,其化学成分见表 1,该铸件按铁路标准 TB/T 2074 规定为二类铸件,X 射线探伤等级为 A 级,铸件不允许有裂纹、冷隔、穿透性和对应性缺陷。

收稿日期:2021-03-14;修改稿收到日期:2021-05-23

作者简介:周本建,男,1971 年出生,高级工程师,江苏常州(213179),E-mail:xunby2010@163.com

引用格式:周本建. 接触网零部件定位支座本体低压铸造工艺设计[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(10):1 330-1 302.

ZHOU B J. Design of low pressure casting process for catenary parts positioning support body[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(10):1 330-1 302.

[8] 陈超,陈芙蓉,解瑞军,等.高能喷丸处理对 7A52 铝合金表面微观组织结构及性能的影响[J].材料导报,2017, 31(14): 96-99.

[9] 王帅. 喷丸残余应力和表面粗糙度对疲劳寿命的综合影响研究[D].济南:山东大学,2018.

[10] 姜峰,索忠源,关鲜洪,等.热处理对混合稀土变质 A356 合金组织及力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2020, 40(12): 1 414-1 417.

[11] 付浩,吴红燕,曹炳鑫,等.超声处理对 Mg-9Al-3Si 合金组织及力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2021, 41(1): 73-77.

[12] 胡磊. 铝合金喷丸工艺预测函数的构建及应用[D].长沙:中南林业科技大学,2019.

[13] 陈家伟. 铝合金喷丸工艺参数-表面特征值函数的构建[D].长沙:中南林业科技大学,2020.

(编辑:栗万仲)

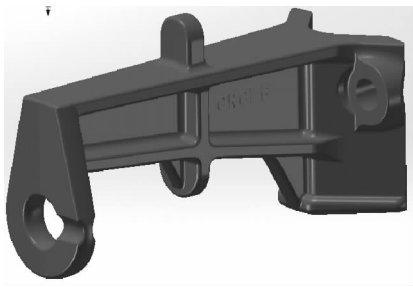


图1 铸件三维模型

Fig.1 Three dimension model of supporter body

表 1 AlSi7Mg0.6 合金的化学成分

Tab.1 Chemical composition of AlSi7Mg0.6 alloy %

ω_B								
Mn	Cu	Zn	Fe	Si	Mg	Sr	Ti	Al
≤ 0.1	≤ 0.03	≤ 0.07	≤ 0.15	6.5~7.5	0.55~0.65	0.008~0.015	0.12~0.20	余量

2 铸造工艺设计及数值模拟

2.1 浇注系统设计

低压铸造浇注系统对铸件能起补缩作用,在工艺设计中,将内浇道假想成冒口,利用冒口补缩原理来确定内浇道断面尺寸。

$$M_R = f \cdot M_C \tag{1}$$

式中, M_R 为冒口模数, mm^2 ; M_C 为被补缩部分铸件模数, mm^2 ; f 为扩大系数,选择 1.2。通过测量得到单个铸件需补缩的模数约为 200 mm^2 ,计算得到单个铸件内浇道横断面积约为 240 mm^2 。图 2 为浇注系统三维图,整个浇注系统的内浇道横截面面积为 $1\,920 \text{ mm}^2$ 。

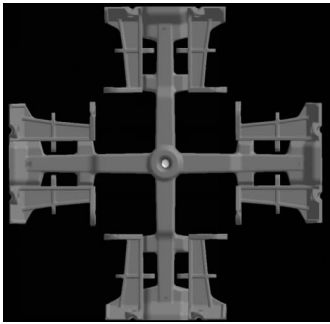


图 2 浇注系统三维图

Fig.2 Three dimension diagram of gating system

采用开放式浇注系统,以保证铝合金液充型平稳且不被氧化。根据经验数据可知,浇注系统中升液管($\sum S_{升}$)、横浇道($\sum S_{横}$)、内浇道($\sum S_{内}$)的总截面积 = $(2.0 \sim 2.3) : (1.5 \sim 1.7) : 1.0$ 。通过模拟计算和实际经验总结可知,该浇注系统采用 $\sum S_{升} : \sum S_{横} : \sum S_{内} = 2.3 : 1.7 : 1.0$,则可计算出升液管截面积约为 $4\,416 \text{ mm}^2$,横浇道截面积为 $3\,264 \text{ mm}^2$,考虑到设备等实际生产情况,升液管直径设为 75 mm 。此外,该零件为壁

厚部分较多的铸件,采用多个内浇道,同时增大内浇道的尺寸,增加铝液补缩能力。

2.2 数值模拟与工艺参数设计

铸造充型过程模拟采用 MagMa 软件,用 UG 软件将三维实体模型转化为 STL 格式,将该铸件和浇注系统划分网格。根据实际生产条件可知,铝液浇注温度设为 $710 \text{ }^\circ\text{C}$,铸型预热温度设为 $350 \text{ }^\circ\text{C}$ 。由于上模、下模和侧模都属于金属-金属界面,他们之间的传热系数取 $5\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,模具、空气界面传热系数取为 $10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

该铸件设计为 1 模 8 件,为保证铝液能够完全充满型腔,根据铸件结构和浇注系统等因素,铝液充型压力 $P_{充}$ 计算如下:

$$P_{充} = H\rho\mu \tag{2}$$

式中, H 为保温炉中液面到铸型型腔最高处的高度,取 79 cm ; μ 为阻力系数,取 1.5; ρ 为铝液密度,取 $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$,最后计算得出 $P_{充} = 0.32 \text{ MPa}$ 。

铝液在充型过程中须保证充型平稳,避免因速度过快,发生铝液翻腾和冲击等,导致铸件出现气孔与氧化夹渣等缺陷;如果充型速度过慢,型腔上表面在长时间的热辐射下,致使涂料脱落,造成铸件结疤或夹砂,同时,铸件也会出现浇不足和冷隔等情况。因此,加压速度 v_p 计算如下:

$$v_p = p_{充}/t \tag{3}$$

式中, t 为达到充型压力值所需要的时间。通过实际生产经验可知,达到充型压力所需时间为 20 s 左右,则加压速度为 $0.016 \text{ MPa}/\text{s}$ 。

3 数值模拟结果与分析

图 3 为定位支座本体铸件的充型过程。可以看出,当 $t = 3.149 \text{ s}$ 时,铝液开始进入铸件型腔,进行充填,见图 3a; $t = 6.153 \text{ s}$ 时,铝液充满下型腔,且铝液平稳地顺序充型,见图 3b;在 $t = 9.157 \text{ s}$ 时,近乎 $2/3$ 的铸型已被充满,无明显的飞溅和紊流,见图 3c;在 $t = 12.160 \text{ s}$ 时,铝液即将充满整个型腔,见图 3d; $t = 15.000 \text{ s}$ 时,型腔被铝液全部充满,充型过程结束,见图 3e。可以看出,铸件充型过程中铝液自下而上的充填,且逐层填充,符合顺序凝固,铝液充型平稳,未出现裹气和浇不足现象。8 个铸件充型流态和充型时间有较好的一致性,表明浇注系统设计合理。此外,在充型过程中没有发现薄壁处温度显著下降,表明充型压差选择较合理,能有效地实现薄壁处充型,从而避免浇不足或冷隔缺陷。从模拟结果看,整个充型过程,所花费的时间为 15 s ,则根据式(3)计算得出 $v_p = 0.021 \text{ MPa}/\text{s}$ 。

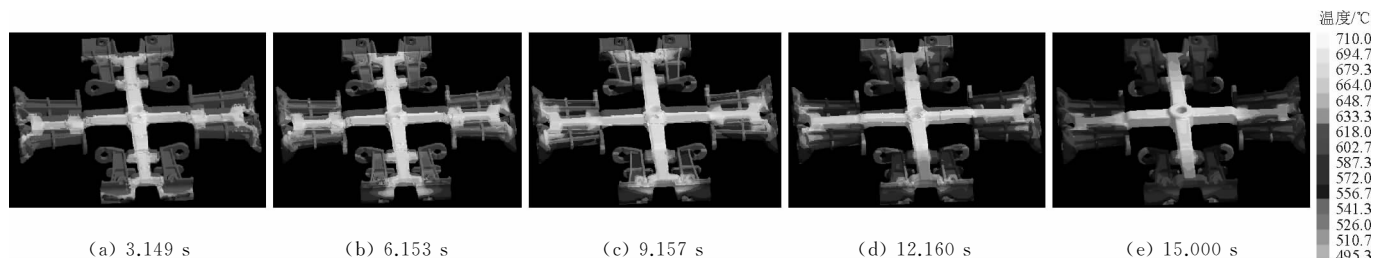


图 3 不同时刻的充型过程

Fig.3 Filling process simulation at differnt time

图 4 为整个模拟过程结束后,铸件和浇注系统温度场情况显示,整个铸件在冷却凝固过程中未出现缩松、缩孔等铸造缺陷。

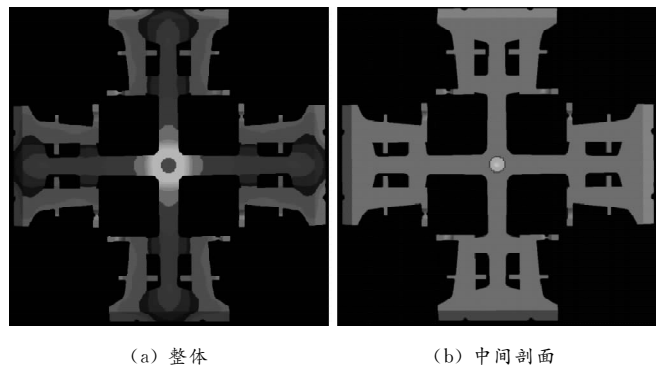


图 4 铸件凝固结束缺陷预测

Fig.4 Defects prediction in the solidified castings

4 生产验证

实际生产中,浇注温度为 710~720 ℃,模具温度为 300~350 ℃,充型压力为 0.32 MPa,凝固保压时间为 100 s。小批量生产出的定位支座铸件见图 5,可以看出,铸件表面无缺陷,经 X 探伤满足技术要求且合格率达到 98% 以上。将铸件经过 T6 热处理后,经测试,零件抗拉强度为 325 MPa,伸长率为 3.9%,布氏硬度(HB)为 113.6,满足接触网零部件使用要求。

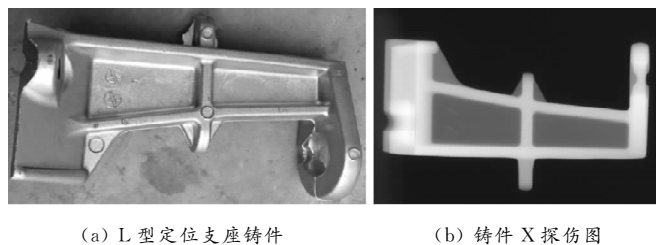


图 5 L 型定位支座本体铸件实体与 X 探伤图

Fig.5 L-shaped posintioned supporter body and X-ray detection

5 结 语

对 L 型定位支座铸件进行了分析,并进行了模拟预测。铸件在整个充型过程中,铝液流动平稳,未出现卷气、浇不足等现象。通过剖切中间面,未见疏松、缩孔

等铸造缺陷,浇注系统设计合理。通过小批量生产验证,产品外观满足要求,合格率达 98% 以上。

参 考 文 献

- [1] 魏娟娟,米国发,周志杰,等.铝合金蜗壳低压铸造工艺设计及数值模拟[J].特种铸造及有色合金,2018, 38(2):172-175.
- [2] 常红梅.汽车发动机铝合金缸体低压铸造工艺设计[J].铸造技术, 2015,36(5):1 300-1 301.
- [3] 刘玲玲,任爱梅,樊艳会,等.铝合金箱体接头低压铸造模具设计及工艺[J].特种铸造及有色合金,2016, 36(4):379-381.
- [4] 熊华平,熊博文,蔡长春,等.薄壁铝合金壳体低压铸造工艺设计及模拟优化[J].特种铸造及有色合金,2014,34(8):831-834.
- [5] 杜旭初,洪润洲,熊艳才,等.高铁用大型复杂铝合金枕梁铸件低压铸造工艺研究[J].铸造,2014, 63(8):769-774.
- [6] 王文清,李魁盛.铸造工艺学[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [7] 刘继广,张雅咪,方晓刚,等.多功能显控台低压铸造工艺设计及优化[J].铸造,2020, 69(12):1 325-1 320.
- [8] 韩伟,段海峰,童洲,等.电动客车水冷机壳低压铸造工艺设计与优化[J].特种铸造及有色合金,2020, 40(8):857-860.

(编辑:张正贺)

高频稀土永磁电机用高性能低涡流 烧结钕铁硼磁钢制造技术获突破

近日,由包头金山磁材有限公司研发的高频稀土永磁电机用高性能低涡流烧结钕铁硼磁钢制造技术获得突破。

项目采用多合金技术,不同合金根据特性分别进行成分、氧含量及组织结构控制,使磁体保持低的电导率,同时有较好的富钕相分布及优良的显微组织结构;磁体后加工采用特定单元划分与组合,局部采用高温固化绝缘胶粘接处理,使磁体高频工况时发热降低。在成形工艺上,采用异形产品一次成形工艺,减少投料比,减少后加工程序及人员投入,降低生产制造成本。项目的实施,既改善了高频应用领域磁体涡流发热高的问题,同时磁体综合磁性能大于 74,也是高磁能积、高矫顽力双高磁体在性能方面的一次突破。

目前,该项目已成功产业化,所制造生产的高剩磁、高矫顽力双高钕铁硼产品,主要应用于新能源汽车电机、伺服电机、曳引电机及风力发电领域,在满足高频工作前提下兼具高使用温度、耐腐蚀、低失重等优异特性。

(摘自中国有色网)