

铝硅镁合金 W 型定位支座金属型铸造工艺改进

雷仕强, 高飞, 郝锐, 史海波

(保德利电气设备有限责任公司, 陕西宝鸡 721000)

摘要: 针对铝硅镁合金金属型铸件W型定位支座铸件存在的缺陷, 从外在因素、内在因素进行了分析, 明确造成铸件缺陷的环节。再结合零件结构特点和技术要求, 根据多年铸造生产工艺经验, 借助铸造模拟仿真分析支持, 对工艺结构进行合理布局, 将原来的底注式浇注工艺进行改进, 采用斜浇道顶注, 搭接式避渣系统, 在顶部相应位置布置补缩冒口, 内部质量显著提高, 有效解决了产品在表面存在的气孔、夹杂等铸造缺陷。产品的成品率从50%提高至90%以上, 生产效率显著提高, 解决了W型定位支座铸造生产难题, 实现了产品的批量化生产。

关键词: 金属型铸造; 补缩系统; 模拟仿真; 工艺改进

在高速铁路快速发展的今天, 由于金属型铸造具有生产效率高、工序简单、产品力学性能高的特点, 并且开发模具成本较低, 模具使用寿命长的优势, 易实现机械化及自动化的布局生产, 被广泛应用于高铁接触网零配件的制造中。

W型定位支座(图1)适用于 $\Phi 42\text{ mm} \sim \Phi 55\text{ mm}$ 水平定位管上连接矩形定位器和接触抬升限位, 是高铁接触网定位系统的重要组成部分。其最大水平工作荷重为3 kN, 与定位管之间的滑动荷重应不小于4.5 kN, 水平破坏荷重应不小于9 kN, 要求具有较高的安全系数。

W型定位支座本体材质牌号为ENAC- AlSi7Mg0.6 , 产品重量为1.45 kg, 其外形轮廓尺寸为301 mm \times 225 mm \times 110 mm(图2), 铸件壁厚为10~12 mm, 较为均匀, 但在铸件的一端存在热节, 对此在铸造工艺设计中需要采取适宜的措施。在高铁接触网铸铝件中, 对于金属型铸造工艺来说属于较大件产品, 结构相对复杂, 在铸造工艺设计上有一定的难度。

1 原有W型定位支座存在的问题

原设计的W型定位支座采用金属型铸造。在实际生产中, 其产品局部表面存在皮下气孔和渣孔铸造缺陷, 经过抛丸工序后都暴露了出来, 导致铸件成品率较低, 只有50%左右, 不能满足产品大批量生产需求。产品表面出现缺陷位置如图3所示。

2 影响因素

铸造过程包括熔炼、精炼、浇注、凝固等环节, 每一个环节都对最终铸件缺陷造成影响, 但这些环节的影响因素可大体归为外在因素和内在因素两大类。

2.1 外在因素

在W型定位支座的浇注过程中, 先将金属型铸机倾斜一定角度, 初始角度为 30° , 模具的预热温度为 $300 \sim 350\text{ }^\circ\text{C}$, 铝液的浇注温度为 $730 \sim 740\text{ }^\circ\text{C}$, 然后由人工将铝液注入模具中, 同时金属型铸机缓慢回位到水平, 倾转速度为 0.2 m/s , 浇注时间为15 s, 等待铝液凝固后铸件成形。在此过程中, 设备状态、人工浇注手法、气温都

作者简介:

雷仕强(1977-), 男, 工学学士, 主要从事接触网零部件设计制造工作。
E-mail: 13992725476@163.com

中图分类号: TG292

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)

04-0400-05

收稿日期:

2018-10-29 收到初稿,

2019-01-27 收到修订稿。

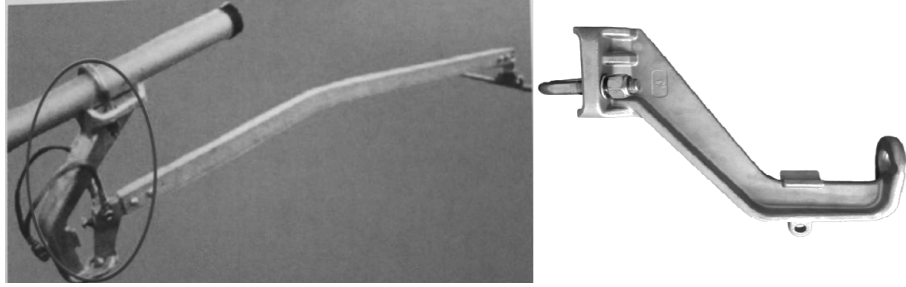


图1 高铁接触网定位系统图及W型定位支座

Fig. 1 Positioning system of high-speed rail catenary and W type drop bracket

会对铸件质量造成影响，这些都是铸件产品产生工艺缺陷的外在因素^[1]。

针对这些可能对产品质量有影响的外在因素进行了试模验证。首先检查铸机设备，开合模以及倾斜复位是否正常，确定模具安装完好到位；其次，测量的当日现场温度为25℃，此温度适宜铸铝件凝固成形；最后，在模具加热完成后，由经验丰富的技师来进行试模浇注。然后观察浇注出的产品表面，发现局部出现缩松、气孔的铸造缺陷较多。

通过统计观察后发现，正常情况下设备、不同天气原因对铸件成品率影响不大。虽然手工浇注对铸件表面质量有影响，但此次试生产中几位工人师傅具有多年浇注经验，手法娴熟。排除外在因素对铸件表面质量的干扰。

2.2 内在因素

铝液质量、模具铸造工艺设计对产品质量也会产生直接影响。首先分析铝液质量：W型定位支座铝液为ALSi7MG0.6，而铝液在精炼完成后都会采取专业的设备进行严格的质量鉴定，如密度当量、变质效果等，检测值都能达到标准要求，因此排除铝液质量的影响。

原设计的W型定位支座本体的金属型铸造模具按工艺结构设计，考虑到产品内部的顺序凝固，达到理想的补缩效果，保证产品内部质量，将产品底座部分放置在上，耳部结构部分放置在下，再综合产品本身结构特性，对产品采取横放方式布局，结合倾斜浇道及集气、集渣包等进行了模具工艺设计。原浇注工艺见图4。

通过缺陷铸件和模具对比，分析铸造工艺缺陷^[2]后发现，原工艺采用底注式，工艺布局存在缺陷因素，一是将W型定位支座产品的体积占用比较大的部分放在了上端，不利于充型，很容易造成浇不足缺陷；二是将容易聚集裹气裹渣的结构部分朝上放置，容易造成皮下渣孔、气孔等缺陷，通过表面抛丸后就很容易暴露出来。

3 铸造工艺改进

因为W型定位支座产品结构相对较复杂，通过对

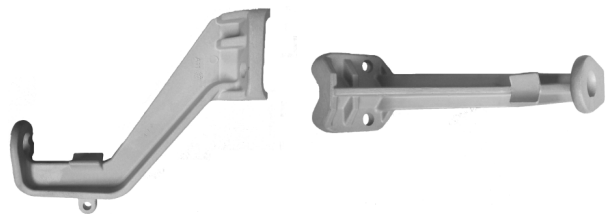


图2 W型定位支座结构图

Fig. 2 W type drop bracket

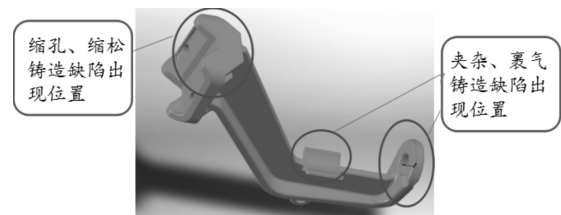


图3 铸造缺陷位置

Fig. 3 Casting defect location description

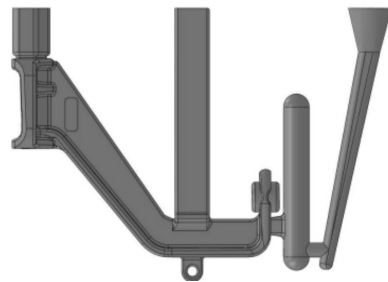


图4 原浇注工艺

Fig. 4 Original gating system layout

原工艺的验证及分析，需要通过改变工艺设计来改善及解决铸件中存在的铸造缺陷，提高产品质量。

改进后工艺设计把产品按水平方向旋转180°放置，并采用倾斜式顶注，通过倾斜浇道和设备的倾斜结合，使铝液平缓地流入集渣包中。再设计搭接式避渣系统，其主要作用为有效地阻挡铝液中的杂质，并使其流入集渣包中，减缓铝液的流动速度，让铝液在金属型作用下平稳的流入型腔，减少铝液在型腔内冲击所形成的气泡。其中，倾斜浇道的截面直径为

12 mm, 集渣包直径为30 mm、高为100 mm。因为如5图所示的产品的左端的型腔居于模具的下端, 因此设置了两个暗冒口并开通气道, 尺寸分别为75 mm×50 mm×120 mm、40 mm厚的组合形状暗冒口, 在满足工艺设计需求的同时可节约一定的材料; 在右端设置了一个明冒口, 尺寸为50 mm×40 mm×80 mm, 起到补缩、集渣、集气的作用, 确保产品的内在质量。

4 模拟仿真验证

由于改进工艺摒弃了底注式设计型式, 反向放置零件进行浇注, 为了确保此工艺的有效性, 避免重复开发模具产生的浪费, 将改进的工艺采用ProCAST模拟软件进行模拟实验^[3-4]。

从浇注时的温度场变化和凝固顺序变化可看出(图6), 铸件温度相对均匀稳定, 且凝固时铸件筋部优先凝固, 原有缺陷处随冒口缓慢凝固, 充分发挥了冒口的补缩作用, 符合顺序凝固原则, 对原铸造缺陷处进行有效补缩, 防止气孔、渣孔缺陷产生。

随后对铸件缩松缩孔分布位置进行模拟仿真, 如图7所示, 冒口充分发挥其补缩作用, 将铸件缺陷有效消除。

5 工艺生产验证

通过模拟仿真后, 发现改进后的工艺能有效解决W型定位支座表面气孔、渣孔等缺陷^[5], 随后对改进后的最终方案进行了开模加工, 其生产样件消除了原始浇注工艺生产出的铸件存在的皮下气孔、渣孔等铸造缺陷。通过X射线无损探伤(图8)和力学性能试验验证, 能够完全满足TJ/GD012—2009 300~350 km/h电气化铁路接触网装备暂行技术条件(OCS3)^[6]的标准需求。

从X射线探伤图片可以看出, 铸件内部结构紧密, 无气泡等缺陷产生。经过试制生产, 铸件成形完好(图9), 产品脱模及顶料顺畅, 生产效率高, 产品成品率在90%以上, 实现了对W型定位支座本体的批量铸造生产。

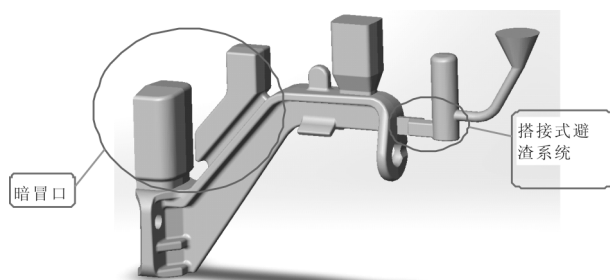


图5 改进后的浇注工艺

Fig. 5 Improved new gating system

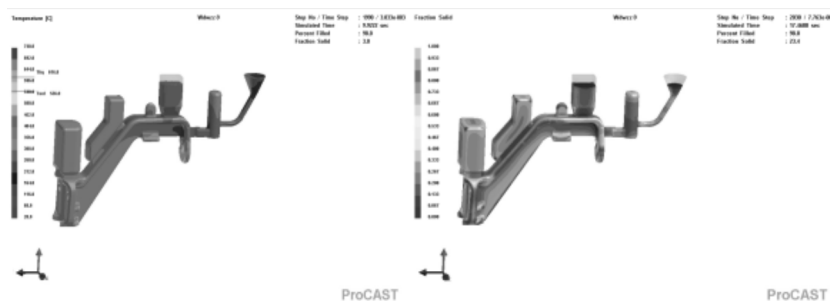


图6 温度场变化与凝固变化

Fig. 6 Changes of temperature field and solidification

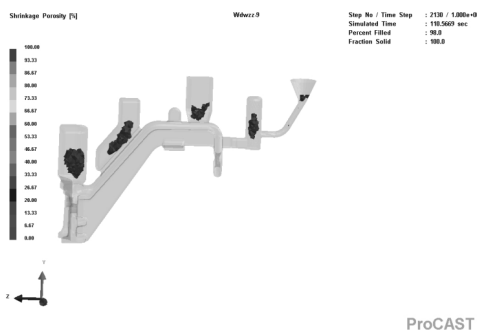


图7 缩松、缩孔模拟结果

Fig. 7 Simulation results of shrinkage and porosity

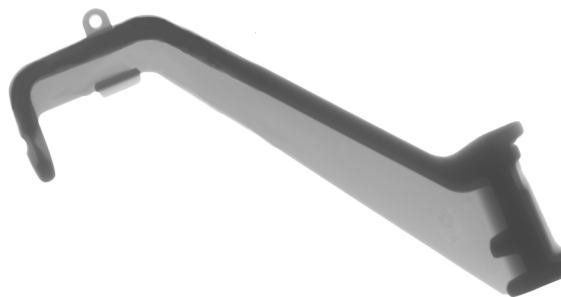


图8 X射线探伤图片

Fig. 8 X-ray inspection pictures

6 结语

对于铝硅镁材质的金属型铸件, 在提高其表面质量、减少铸造缺陷时, 可从对其有影响的外在因素及内在因素进行分析, 从而确定造成铸造缺陷的主要原因。

在对金属型铸造工艺改进时, 可突破传统的设计思路, 不局限于底注式的设计方案, 如采用顶注式, 并添加搭接式避渣系统, 合理设置补缩冒口, 使其铸造缺陷有效的减少, 从而使产品质量得到显著提升。同时, 辅以模拟仿真软件进行分析并优化设计, 解决铝硅镁材质产品在金属型铸造中可能产生的缩松、夹杂、气孔等铸造缺陷, 提高产品成品率, 保证其大批量连续生产。



图9 W型定位支座
Fig. 9 W type drop brackets

参考文献:

- [1] 陈国桢, 肖柯则, 姜不居. 铸件缺陷和对策手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 牟清源. 镁铝合金件铸造工艺优化及缺陷分析 [J]. 铸造技术, 2014 (6): 1346-1348.
- [3] 李昭, 张立强. 基于数值仿真的铝合金大型薄壁件的浇注系统设计 [J]. 特种铸造及有色合金, 2010 (2): 120-123.
- [4] 罗道宝. 基于Procast的汽车框形铸件的挤压铸造工艺参数优化 [J]. 铸造技术, 2016 (1): 170-172.
- [5] 张建峰. 汽车车壳铝合金弧形件预制坯成型模拟研究 [J]. 铸造技术, 2016 (7): 1456-1458.
- [6] 铁道部科学技术司. TJ/GD012-2009 300 ~ 350 km/h电气化铁路接触网装备暂行技术条件 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

Improvement of Metal Mold Casting Process for Al-Mg-Si W-Type Positioning Drop Bracket

LEI Shi-qiang, GAO Fei, HAO Rui, SHI Hai-bo
(Bao De Li Electrification Equipment Co., Ltd., Baoji 721000, Shaanxi, China)

Abstract:

According to the structural characteristics of W type positioning drop bracket made from Al-Mg-Si alloy and the location of casting defects occurring, internal and external influence factors causing the casting defects were analyzed, and then the casting process was improved based on many years of production experience and with the aid of casting simulation software. Instead of conventional bottom gating system, the inclined sprue top gating system and overlapping slag avoidance system were used, and feeding riser was arranged at the corresponding position of the top. With the optimized casting process, the casting defects such as gas porosity and inclusions were eliminated the quality of the product was improved remarkably. The yield of castings was increased from 50% to over 90%. The batch production of W-type drop bracket castings was realized.

Key words:

metal mold casting; feeding system; simulation; process improvement