

# 消除 WE43A 镁合金流线型偏析的工艺方法

张笙辉, 冀 辉, 张耀峰

(康硕(山西)智能制造有限公司, 山西高平 046700)

**摘要:** WE43A镁合金机匣类铸件的结构特点是整体壁厚薄, 壁厚差大, 另外因WE43A镁合金中含Zr元素, 在铸造成形过程中易出现偏析缺陷, 而流线型偏析是镁合金偏析中比较典型的偏析种类。解决流线型偏析的方法与冷隔类似, 分别对调整产品浇注温度、铸型表面增设网格、调整浇注系统3种方案进行了生产验证, 最终消除该缺陷, 产品合格率由38.9%提升至81.2%。

**关键词:** WE43A镁合金; 流线型偏析; 工艺调整; 成品率

WE43A镁合金是目前发展较为成功的商用高强耐热铸造镁合金之一<sup>[1-2]</sup>, 该合金具有显著的时效硬化效果, 室温、高温拉伸性能和抗蠕变性能都非常优越, 而且具有优良的抗腐蚀性能以及抗磁性, 良好的消震性和切削加工性能, 同时, 能够在250℃下长期服役。因此, 在航空航天、3C、汽车等对轻量化要求较高的领域得到广泛应用<sup>[3-4]</sup>。但由于WE43A镁合金的铸造性能较差, 在实际生产中极易产生偏析和裂纹等缺陷<sup>[5]</sup>, 而流线型偏析是镁合金偏析中比较典型的偏析种类, 该缺陷极大地影响产品合格率<sup>[6]</sup>, 成本居高不下。为减少或消除这些缺陷, 提供行之有效的工艺措施十分必要。

本文以某壳体类铸件为研究对象, 在生产过程中发现存在流线型偏析后, 通过调整浇注温度、铸型表面划网格、调整浇注系统等方式, 最终确定了避免流线型偏析的最优途径。

## 1 铸件结构及要求

如图1所示, 该铸件为壳体类铸件, 其材质WE43A的成分为Mg-4Y-3.3RE(Nd, Gd)-0.5Zr, 尺寸约450 mm × 380 mm × 320 mm, 整体壁厚6 mm, 最厚处28 mm, 质量约7.6 kg, 要求产品不存在任何偏析缺陷。

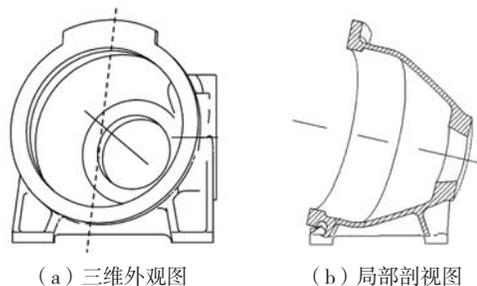


图1 铸件图片

Fig. 1 Schematic diagram of the casting

## 2 原工艺方案及铸件存在的缺陷

### 2.1 原工艺方案

使用R18125型差压铸造机, 采用树脂砂型差压铸造, 浇注系统采用底注+阶梯开放式内浇口, 如图2所示。合金熔炼和浇注过程, 全程采用SF<sub>6</sub>+氩气进行保护, 浇注温度(730 ± 5)℃, 同步建压600 kPa, 充型速度40 mm/s, 结晶增压压力10 kPa, 结晶增压速度2 kPa/s。针对WE43A合金结晶温度区间大、易产生疏松缺陷的特点, 采用分散内浇口, 可有效避免局部过热并提供有效的补缩, 防止铸件产生疏松等缺陷。而差压铸造优点在于: 在获得内部组织致密产品的同时, 在充型过程中充型平

作者简介:

张笙辉(1986-), 男, 助理工程师, 主要从事铝、镁合金铸造工作。电话: 15140721901, E-mail: 285329470@qq.com

中图分类号: TG146.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2023)09-1192-04

收稿日期:

2022-08-16 收到初稿,  
2023-04-20 收到修订稿。

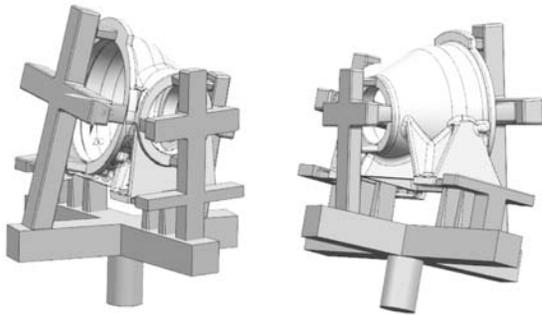


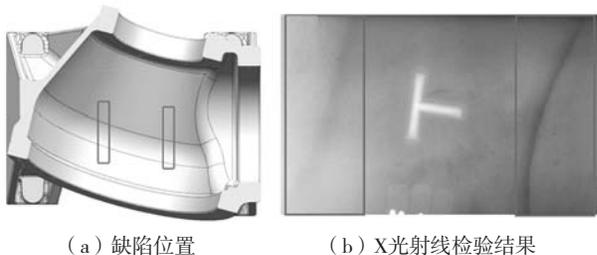
图2 原工艺方案简图

Fig. 2 Schematic diagram of original process plan

稳, 氧化夹杂缺陷少。

## 2.2 铸件存在缺陷及分析

采用原工艺方案进行小批量试制, 经过X光射线检验后发现, 产品底部整体壁厚6 mm弧面处, 存在流线型偏析, 且偏析缺陷明显, 长度较长, 如图3所示, 流线型偏析使得该产品合格率只有38.9%。



(a) 缺陷位置

(b) X光射线检验结果

图3 原方案制造铸件的缺陷位置及X光射线检验结果 (b)

Fig. 3 Defect location (a) and X-ray inspection results (b) of castings manufactured in the original plan

造成流线型偏析的原因是: 含铝镁合金充型过程中, 型腔一部分被金属所填充并在与另一股金属流相遇之前凝固, 已凝固的前沿部分熔化后再开始凝固, 这样在贴近凝固前沿的合金成分贫乏高射线密度的合金元素而造成流线型偏析, 其排除方法与冷隔相同<sup>[5]</sup>。

## 3 工艺方案研究及验证

流线型偏析的成因和解决方法与冷隔类似, 解决该缺陷一般采用以下几种方法: ①提高浇注温度、充型速度及模具温度; ②增加铸型的排气能力; ③型面增设网格提高合金流动性; ④合理选择浇注系统位置和数量。

上述方法中, 为保证充型平稳, 不采用提高充型速度的方法, 而提高浇注温度要优于提高模具温度的效果, 另外根据缺陷位置判断, 该缺陷明显不是由排气不畅造成的。因此, 我们分别选择提高浇注温度、型面增设网格、调整浇注位置3种方案进行验证, 验证

方案顺序以对模具调整最小的提高浇注温度开始进行验证。

### 3.1 提高浇注温度

根据方案研究制定方案2, 即将浇注温度由原来的 $(730 \pm 5)^\circ\text{C}$ 提高到 $(750 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 以防止在充型过程中, 合金前端液流在两股液流汇聚前凝固, 其余工艺方案不变, 并浇注两件产品, 经X光射线检验后发现, 该缺陷并未排除, 如图4所示。

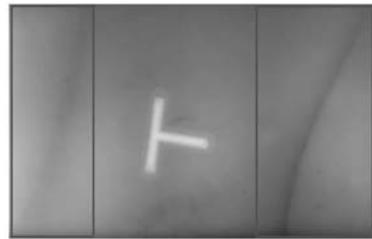


图4 采用方案2制造铸件的X光射线检验结果

Fig. 4 X-ray inspection result of castings manufactured by scheme 2

### 3.2 型面增设网格

通过生产验证, 发现提高浇注温度并不能有效去除流线型偏析, 随即进行方案3的验证, 在原工艺方案的基础上, 在流线型偏析的对应砂型型面位置增设V字形网格, 网格深度2 mm、宽度2 mm、间距10 mm, 如图5所示, 以增加合金流动性, 加强液流的融合能力, 其余方案不变, 并进行试制。经X光射线检验后发现, 该缺陷由双侧缺陷变为单侧缺陷, 即较轻的流线型偏析已去除, 但较严重的流线型偏析仍存在, 如图6所示。

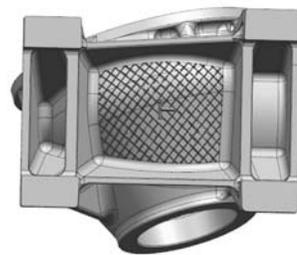


图5 网格示意图

Fig. 5 Schematic diagram of grid

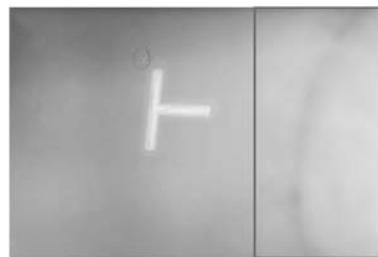


图6 采用方案3制造铸件的X光射线检验结果

Fig. 6 X-ray inspection result of castings manufactured by scheme 3

### 3.3 调整浇注系统

通过生产验证,发现型面增设网格的工艺方法,可去除较轻的流线型偏析,但较重的流线型偏析并不能有效去除。验证方案4前,使用ProCAST对原方案的充型过程进行模拟,发现缺陷位置处的确存在明显的对流现象,如图7所示,该处对流现象的产生,主要是内浇口布置位置造成的,原方案内浇口位置如图8所示。将底部筋板上内浇口全部去除,将四角侧面扁内浇口调整为底部圆形浇口,如图9所示,以改变合金充型过程的流态,其余工艺方案不变,方案调整后,使用ProCAST进行模拟,对应缺陷位置未发现明显对流现象,如图10。

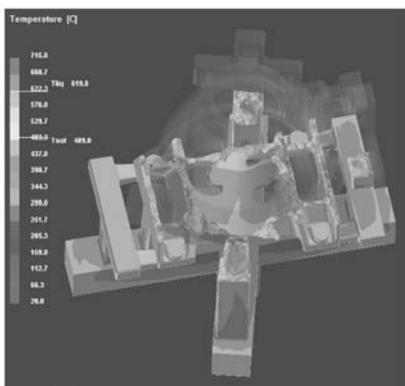


图7 原方案充型模拟结果

Fig. 7 Filling simulation results of the original scheme

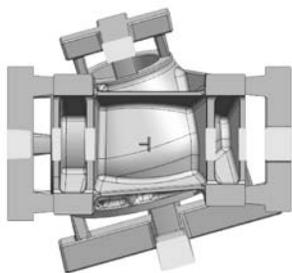


图8 原方案的内浇道位置

Fig. 8 Location of ingate in the original scheme

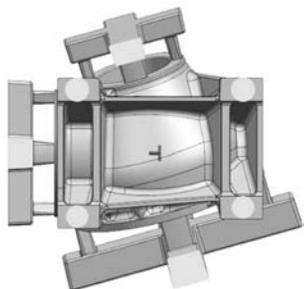


图9 方案4内浇道位置

Fig. 9 Location of ingate in scheme 4

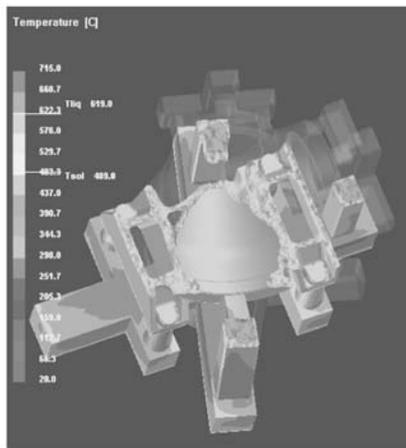


图10 方案4充型模拟结果

Fig. 10 Filling simulation result of scheme 4

使用方案4进行小批量试制,经X光射线检验,该位置流线型偏析均消除,如图11。

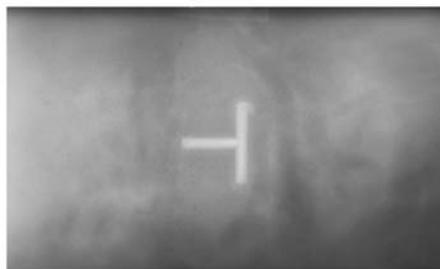


图11 采用方案4制造铸件的X光射线检验结果

Fig. 11 X-ray inspection result of castings manufactured by scheme 4

综上,分别通过提高浇注温度、砂型表面增设V字形网格及调整内浇道位置三种方式去除流线型偏析缺陷,经生产验证,通过调整内浇道位置,可以有效去除流线型偏析缺陷,产品合格率达到81.2%。

## 4 结论

(1) 针对WE43A合金铸件流线型偏析,单纯通过提高浇注温度,不能有效去除;

(2) 通过型面增设网格的工艺方法,可去除较轻的流线型偏析缺陷,但较严重的仍不能有效去除;

(3) 调整缺陷位置附近的内浇道位置,减少合金对流现象,可有效避免流线型偏析缺陷,产品合格率由38.9%提升至81.2%。

**参考文献:**

- [1] 冯志军, 占亮, 李宇飞. WE43镁合金铸件低压-熔模铸造 [J]. 特种铸造及有色合金, 2012, 32: 259-261.
- [2] ADAMIEC J. Repairing the WE43 magnesium cast alloys [J]. Solid State Phenomena, 2011, 176: 99-106.
- [3] 冯喜瑞. 低压铸造在大型薄壁航空铝合金铸件上的应用研究 [D]. 江西: 南昌大学, 2007.
- [4] 潘复生, 韩厚恩. 高性能变形镁合金及加工技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 陈振华. 耐热镁合金 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [6] 孙庆亚. WE43A镁合金凝固过程偏析及热裂研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2019.

---

## Process Method for Eliminating Streamline Segregation of WE43A Magnesium Alloy

ZHANG Sheng-hui, JI Hui, ZHANG Yao-feng  
(KANGSHUO (Shanxi) Intelligent Manufacturing Co., Ltd., Gaoping 046700, Shanxi, China)

**Abstract:**

The structural characteristics of WE43A magnesium alloy casing castings are that the overall wall thickness is thin and the wall thickness difference is large. In addition, because WE43A magnesium alloy contains Zr element, segregation defects are prone to occur in the casting process. Streamlined segregation is a typical type of segregation in magnesium alloy segregation. The method to solve streamline segregation is similar to that of cold shut. In this paper, three schemes of adjusting the pouring temperature of products, adding grids on the surface of the mold, and adjusting the gating system were respectively verified in production. Finally, the defect was eliminated, and the product qualification rate was increased from 38.9% to 81.2%.

**Key words:**

WE43A magnesium alloy; streamline segregation; process adjustment; product rate

---