

# 用 VRH 法生产超大长度的铁路高锰钢辙叉

杨顺强, 杜文举, 刘恒亮

(中国铁建重工集团股份有限公司道岔分公司, 湖南株洲 412000)

**摘要:** 采用拼箱造型的办法, 将VRH技术用于生产超大长度的高锰钢辙叉。针对产品的尺寸及结构特点设计铸造工艺。产品检查结果表明, 造型方法满足要求, 工艺设计合理, 产品质量合格。

**关键词:** VRH法; 超大长度; 高锰钢; 辙叉

铁路高锰钢辙叉一般采用铸造方法生产。常规的高锰钢辙叉长度不超过6 m, 早期生产时一般采用普通水玻璃砂工艺, 当前铁路辙叉生产行业中普遍使用VRH工艺。VRH (vacuum replace hardening) 真空置换硬化<sup>[1]</sup>, 是将真空处理技术应用于水玻璃砂铸造工艺中, 生产时将水玻璃砂型填砂紧实后置于真空箱内部, 对其抽真空进行一定程度的脱水, 然后通入CO<sub>2</sub>使砂型硬化。该技术源于日本, 于20世纪末引入我国后不断发展完善, 在铁路辙叉生产行业应用广泛。用VRH技术生产铁路辙叉的优点是产品质量好、生产成本低、环保性好。研究采用VRH技术生产超大长度的高锰钢辙叉, 以期对超大长度高锰钢辙叉的生产提供借鉴。

## 1 超大长度高锰钢辙叉介绍

铸件为复杂壳体结构, 如图1所示, 轮廓尺寸10 500 mm × 600 mm × 190 mm, 主要壁厚25 mm, 材质ZGMn13。铸件长度接近常规铸件的2倍, 铸造生产时砂箱的总长度将达到13 m, 无法直接使用VRH真空箱造型(真空箱最大长度8 m); 铸件超规格的尺寸对造型、熔炼浇注、热处理等各工序都提出了高要求, 铸造工艺设计的复杂程度高、难度大<sup>[2]</sup>。

## 2 铸造工艺设计

### 2.1 铸造工艺方案

铸件采用水平分型, 浇注时顶面朝下, 采用平做斜浇方案, 倾斜角度5°。铸件分型简图如图2所示。

### 2.2 补缩系统设计

在铸件的两端设置集渣补缩冒口, 对局部热节部位设置发热冒口。为保证产品



图1 超大长度高锰钢辙叉结构图

Fig. 1 Structure of the super-long high manganese steel frog

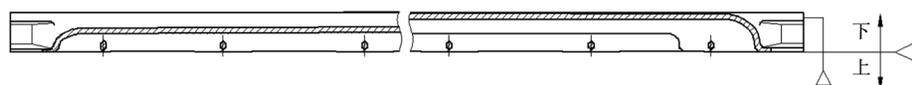


图2 分型简图

Fig. 2 Mold parting diagram

作者简介:

杨顺强(1976-), 男, 工程师, 研究方向为砂型铸造工艺。E-mail: 2402072156@qq.com

中图分类号: TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2021)

11-1335-04

收稿日期:

2021-06-02 收到初稿,

2021-07-26 收到修订稿。

顶部的致密度,在顶面全长敷设厚30 mm冷铁。对铸件两端的热节部位设置发热冒口。铸件的中段为壁厚均匀的壳体结构,在顶面敷设冷铁后可以保证组织致密,故中段不设冒口。对热节处的模数 $M_C$ 近似按圆柱体计算,然后根据冒口模数 $M_R=1.1M_C$ 求得冒口模数。全部采用标准暗顶冒口,冒口尺寸参照成都科深公司CZ及CS系列冒口数据,结合冒口安放位置的尺寸选取。

### 2.3 浇注系统设计

内浇口开设在铸件的端部。产品单重2 100 kg,浇注钢液总重2 600 kg。采用塞杆式底注浇包、开放式浇注系统,包孔、直浇道、横浇道及内浇道的截面积之比 $A_{包}:A_{直}:A_{横}:A_{内}=1.0:1.8:2.0:2.5^{[3]}$ 。钢液在型腔中的上升速度 $\geq 15 \text{ mm/s}^{[3]}$ ,故将浇注倾斜角度设定为 $5^\circ$ ,浇口端抬高。

浇注时间:

$$t=S_1^3\sqrt{\delta G_L}=48 \text{ s} \quad (1)$$

式中: $S_1$ 为浇注系数,取1.2; $\delta$ 为铸件主要壁厚,mm; $G_L$ 为型腔内钢液总重量,kg<sup>[3]</sup>。

浇注速度:

$$v_{包}=1.3 \times G_L/t=70 \text{ kg/s} \quad (2)$$

包孔截面积:

$$A_{包}=v_{包}/(0.248 \times \sqrt{H_0})=28.4 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

式中: $H_0$ 为浇包中钢液静压头高度,cm<sup>[3]</sup>,因此,包孔直径为60 mm,直浇道 $A_{直}=A_{包} \times 1.8=5 112 \text{ mm}^2$ ,横浇道 $A_{横}=A_{包} \times 2.0=5 680 \text{ mm}^2$ ,内浇道 $\Sigma A_{内}=A_{包} \times 2.5=7 100 \text{ mm}^2$ 。

### 2.4 铸造工艺图及数值模拟分析

铸造工艺图见图3。铸件材质ZGMn13(化学成分:Mn 13%;C 1.05%;Si 0.6%,质量分数),浇注温度1 450 ℃。型砂为镁橄榄石砂。对铸造工艺进行数值模拟分析,将计算域内铸件、冒口、冷铁、浇注系统、冒口套及砂型的几何实体文件导入ProCAST数值模拟软件,设置铸件及浇冒口部分网格间距为10 mm,设置铸型部分网格间距为30 mm,划分网格数量为1 001万,实施充型及凝固计算,计算结果如图4、图5所示。从图中可以看出,铸件在整个充型过程中金属液流动平稳,未发现明显紊流现象,计算充型时间为49 s,铸件各部及冒口全部充满;铸件凝固过程基本满足顺序凝固原则,凝固后在铸件内部未发现明显缩孔或缩松缺陷,说明工艺设计合理可行。

### 2.5 造型方法

为了使用VRH工艺及设备生产超大长度的辙叉,

采用拼箱造型的方法。将模型分成两段制作,如图6所示,并由此设计专用砂箱,如图7所示。砂箱由主框和辅助端头构成,两段砂型分别使用VRH设备制作,分段造型时,将砂箱主框与端头用螺栓紧固联结,造型后对两段砂型的接合面处进行修整,然后将其接合。砂型粘结剂为水玻璃,为提高型砂的退让性及溃散性,在其中加入1%的ECOLOTEC-650树脂。



图3 铸造工艺图

Fig. 3 Casting process diagram

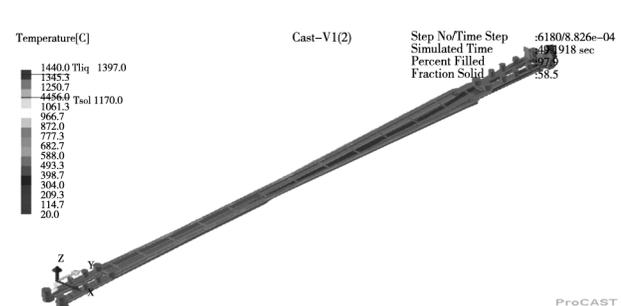


图4 铸件充型过程数值模拟结果

Fig. 4 Numerical simulation result of the mold filling process of the casting

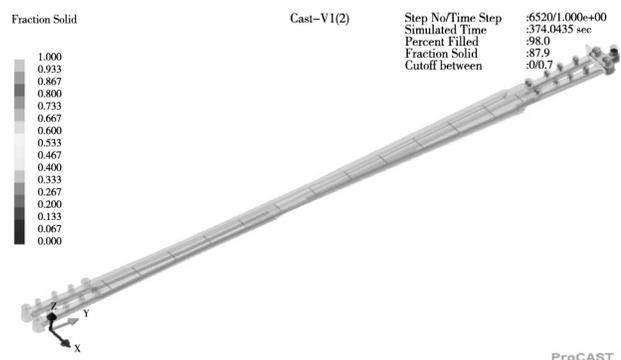


图5 铸件凝固过程数值模拟结果

Fig. 5 Numerical simulation result of the solidification process of the casting

由于砂型翻转起模及保证结合面处形位公差的需要,在砂箱辅助端头的框内设计安装砂型端部封堵机构,如图8所示,封堵机构由气缸和挡板构成,造型填砂时,气缸活塞杆推出挡板将砂箱端部封堵,起模之前将气缸活塞杆收回后再将砂型起模。

分段制作的砂型使用螺栓联结成整体,为保证接合后砂型的形位精度,设计制作专用平台,砂型接合操作在专用平台上完成,如图9所示。分段砂型的相对



图6 分成两段制作的高锰钢辙叉铸造模型

Fig. 6 Casting patterns of the high manganese steel frog made by two sections

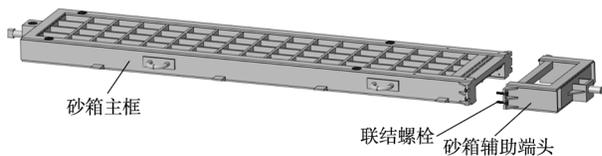


图7 超大长度辙叉铸造专用砂箱

Fig. 7 Special sand box for the super-long frog casting

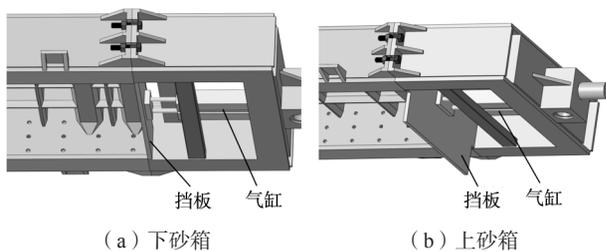


图8 砂型端部封堵机构

Fig. 8 Plugging mechanism at the end of sand mold

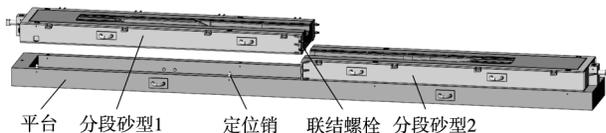


图9 砂型接合示意图

Fig. 9 Diagrammatic drawing of the sand mold joint

位置使用平台上的定位销确定,接合操作时将砂箱的定位孔与定位销配合。

## 2.6 钢液冶炼和浇注

钢液使用5吨电弧炉氧化法冶炼,出钢后在钢包内吹氩喂丝精炼,吹氩时间5 min,包内喂入稀土包芯线,喂线量6米/吨钢。

铸件倾斜浇注,将浇口端抬高使砂型整体倾斜5°,浇注中及时引火排气,浇注后补浇4次。

## 3 铸件生产及检查

按照产品生产方案及生产工艺设计制作工艺装备,然后试制了2个产品样件。2个样件均为完好铸件,如图10所示。产品外观检查:对铸件各部位进行检查,未发现表面缺陷,在浇注远端未出现冷隔缺陷,砂型接合处外观良好无缺陷。产品全长射线探伤:各部位未发现明显缺陷,各热节部位内部致密无缺陷,产品质量符合相关标准。产品矫正后进行尺寸检测,各部分尺寸均符合图纸要求。

## 4 结束语

实践证明,采用拼箱造型方法,可以用VRH技术生产超大长度的高锰钢辙叉。砂型分成2段制作后再拼接成整体。专用砂箱由主框和辅助端头构成,拼接操作在平台上完成。投产前对铸造工艺进行数值模拟确认了工艺合理性,投产后对试制产品进行射线探伤及尺寸检查,结果符合图纸及标准要求。

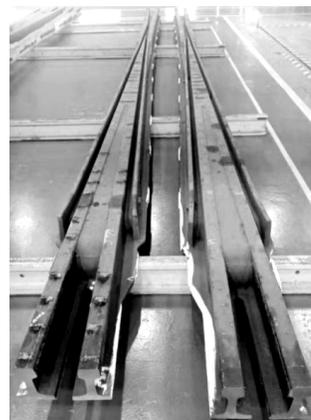


图10 试制样件

Fig. 10 Trial-produced products

**参考文献:**

- [1] 程骥, 周萍, 王桂芹, 等. 水玻璃砂VRH—CO<sub>2</sub>法的研究 [J]. 铸造, 1993 (10): 10-15.
- [2] 马艳玲. 超长高锰钢辙叉设计及制造工艺研究 [D]. 大连交通大学, 2016.
- [3] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册: 第五卷 铸造工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

---

## Super-Long Railway High Manganese Steel Frog Produced By VRH Process

YANG Shun-qiang, DU Wen-ju, LIU Heng-liang

(Turnout Branch of China Railway Construction Heavy Industry Corporation, Zhuzhou 412000, Hunan, China)

**Abstract:**

By mold splicing method, VRH technology was used to produce high manganese steel super-long frog. The casting process was designed according to the size and structure characteristics of the product. The inspection results show that the molding method meets the requirements, the process design is reasonable, and the product quality is qualified.

**Key words:**

VRH process; super-long; high manganese steel; frog

---