

# 急冷油泵泵体的铸造工艺设计

于汇峰

(大连深蓝泵业有限公司, 辽宁大连 116031)

**摘要:** 乙烯装置急冷油泵泵体铸件材质为高强度耐高温的马氏体不锈钢CA6NM。本文采用View-Cast铸造模拟软件辅助铸造工艺设计的方法, 确定了合理的浇注及补缩系统。浇注的铸件通过均匀化退火, 有效预防了CA6NM材料在铸造及清整过程中裂纹缺陷的产生, 得到了符合质量要求的铸件, 为急冷油泵国产化提供了质量保证。

**关键词:** 急冷油泵; CA6NM; 铸造工艺; 均匀化退火

在大型乙烯装置中, 急冷油系统是装置的咽喉部位, 处于承上启下的中间位置。由于急冷油介质粘度变化大, 含有大量硬质焦粉颗粒, 导致急冷油泵的壳体会产生严重的磨损腐蚀, 严重影响泵的运转寿命。这类泵的要求已远远超过国产普通泵的技术范围, 基本由国外著名品牌泵制造公司生产, 其进口设备价格昂贵, 供货周期长, 售后服务费用高。因此, 随着炼油行业的迅猛发展以及化工行业对乙烯原料的大量需求, 急冷油泵的国产化势在必行, 攻克急冷油泵的铸造技术对我国自主建设大型乙烯装置具有重要意义。

## 1 铸件简介

### 1.1 材料的工艺性能

铸件材质为高强度耐高温的马氏体不锈钢CA6NM (ASME SA-487M)。该材质组织为低碳板条状马氏体, 其力学性能、疲劳性能、大截面均一性能和工艺性能良好<sup>[1]</sup>, 化学成分如表1所示。

### 1.2 零件的结构和铸件技术要求

零件为石油化工单级两端支撑离心泵系列, 泵体采用蜗壳式、中心支撑结构, 重约2 600 kg。零件轮廓尺寸为: 1 600 mm × 1 500 mm × 1 000 mm, 支脚厚度约150 mm, 法兰厚度约80 mm, 泵体大止口部位直径880 mm, 厚度约100 mm, 零件壁厚35 mm。铸件结构由薄壁连接厚大的法兰、支脚部位, 结构复杂, 壁厚过渡不均, 铸造难度较大, 如图1所示。

铸件不允许存在裂纹、冷隔、缩松、缩孔、夹渣等铸造缺陷, 表面必须100%无损PT检验, 法兰及支脚等关键部位满足RCC-M M3级射线检测要求, 而且目视检验需100%合格。

## 2 铸造工艺

### 2.1 生产方式及条件

采用碱性酚醛树脂砂造型生产线及碱性酚醛树脂砂手工制芯, 5 t中频感应电炉熔炼, AOD炉外精炼<sup>[2]</sup>, 浇注温度1 550 ~ 1 570 °C; 震动落砂机清砂和箱式抛丸室清理, 铸件在清理线上进行冒口切割及手工打磨清理<sup>[3]</sup>。

作者简介:

于汇峰(1986-), 男, 学士, 铸造工程师, 从事铸造技术工作。E-mail: 18641109074@163.com

中图分类号: TG242

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)

06-0644-04

收稿日期:

2018-11-07 收到初稿,

2019-01-04 收到修订稿。

表1 CA6NM(ASME SA-487M)的化学成分要求  
Table 1 chemical composition requirements of CA6NM(ASME sa-487m)

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	$w_B/\%$
≤0.06	≤1.00	≤0.04	≤0.03	≤1.00	3.5~4.5	11.5~14.0	0.4~1.0	

## 2.2 工艺方案

浇注位置设定为一端止口部位朝上、另一端止口朝下。根据泵体结构,泵体出、入口流道由砂芯组成,分为上、中、下三块主体砂芯,靠砂芯间定位结构及粘结剂组成整体砂芯。可结合铸造模拟软件进行浇注位置分析(图2),计算出无冒口状态下缩孔、缩松位置,使冒口布置更加合理。

## 2.3 工艺设计及铸造模拟分析

根据铸件结构和无冒口状态下的模拟分析,冒口位置主要布置在泵体止口、支脚、流道内部厚大处以及出、入口法兰部位(图3)。采用模数法进行冒口计算,选择对应的发热冒口套<sup>[4]</sup>。冒口补缩限制的位置及相交的热节处设置冷铁。钢液在型腔中的上升速度设置为 $VL=13\sim 16\text{ mm/s}$ ,计算出时间约为75 s,浇包包孔直径为40 mm,换算出直浇道的直径为80 mm;开放式内浇道设置两个,直径为80 mm。浇道开设在铸件底部止口的暗冒口处,可以使型腔内的钢液平稳上升,防止卷气、夹渣缺陷<sup>[5]</sup>。

采用view-cast软件进行数值模拟分析(图4),结

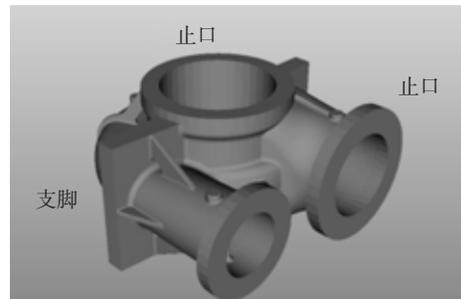


图1 3D急冷油泵泵体

Fig. 1 3D quenching oil pump body

果表明铸件组织致密,缩孔、缩松集中在冒口内部,冒口尺寸和冷铁布置合理。铸件约重2 850 kg,浇注钢液4 500 kg。

## 2.4 主要工艺参数

根据铸件的结构、材质特性、生产方式及条件等因素,参考加工余量、收缩率、保温时间等铸造参数标准,制定了急冷油泵泵体铸造工艺参数<sup>[6]</sup>,见表2。

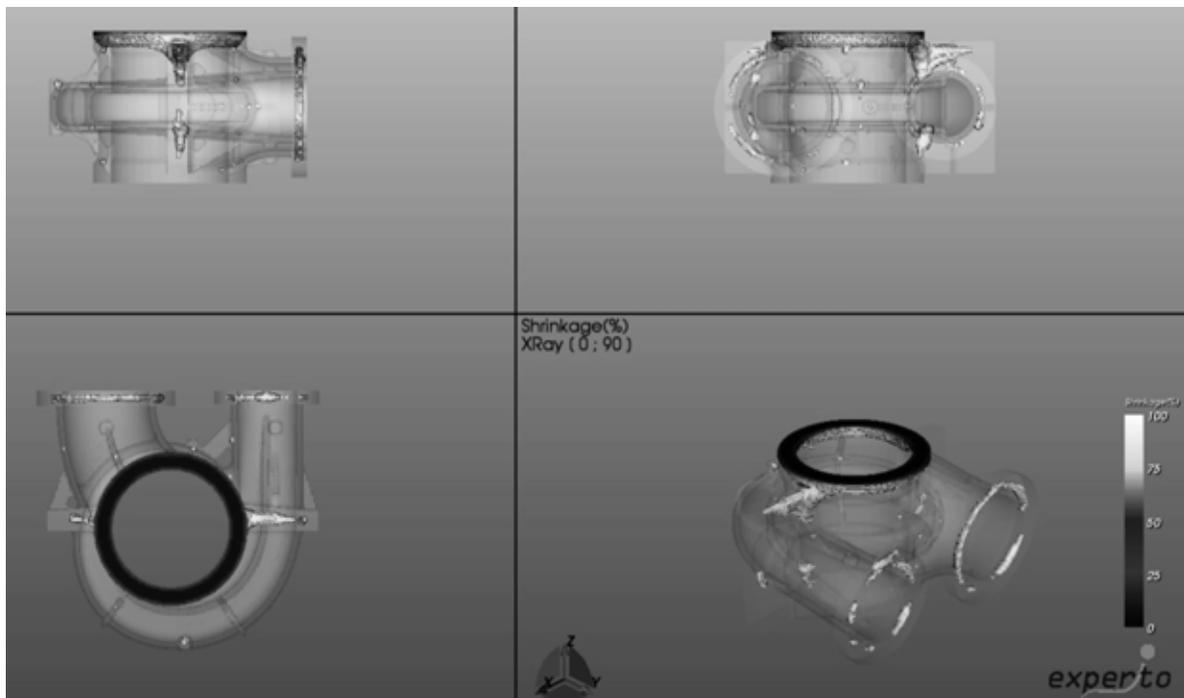


图2 铸件浇注位置及模拟分析

Fig. 2 Casting pouring location and simulation analysis

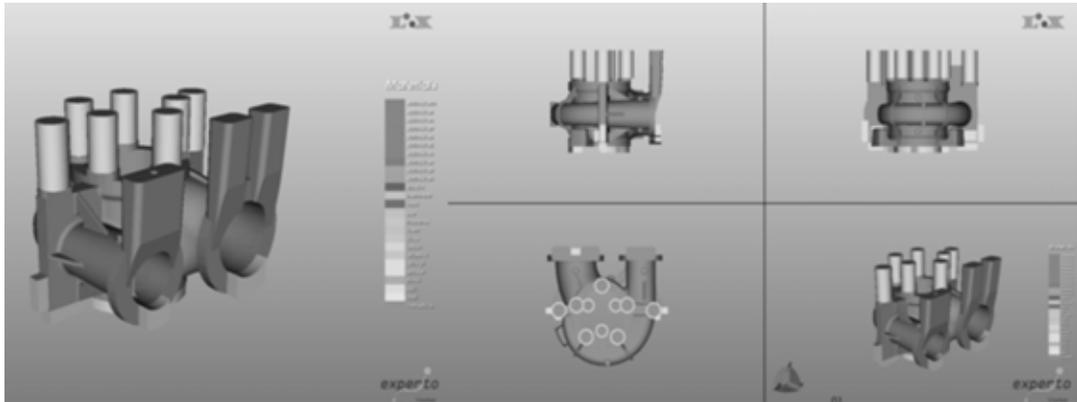


图3 铸造工艺设计三维图形

Fig. 3 3D oil pump body with gating and risering system

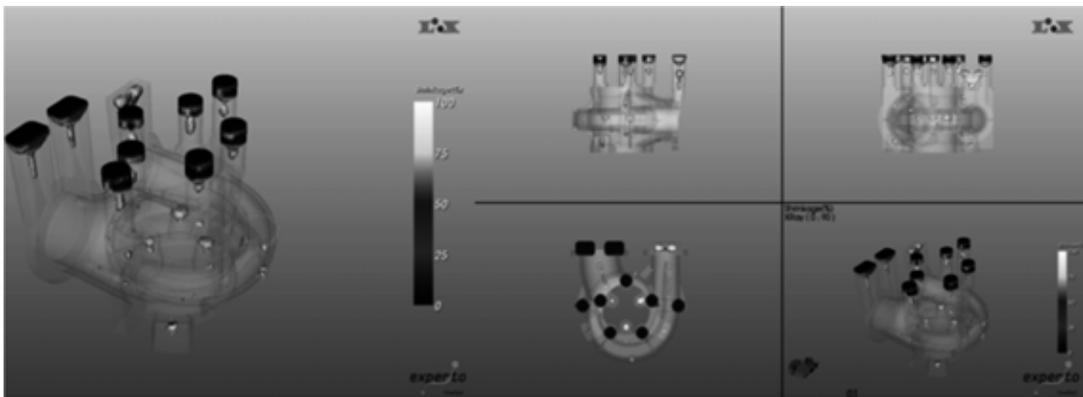


图4 View-Cast铸造模拟软件分析

Fig. 4 Results of casting process simulation by view-cast software

表2 主要工艺参数

Table 2 Main casting process parameters

加工余量/mm	铸件收缩率/%	铸造圆角/mm	浇注温度/℃	浇注时间/s	保温时间/h	铸件重量/kg	浇注重量/kg
10	2.0	R6~10	1 560 ± 10	45~60	≥24	2 850	4 600

## 2.5 裂纹缺陷预防

在CA6NM材质铸造过程中，很容易产生裂纹缺陷，其原因是在制造大型铸件时偏析严重，镍的偏析可达平均成分的1%，而且不同截面在冷却过程中产生温差应力，铸造条件下引起残余应力，冷却过程形成相变应力等。因此，CA6NM材质在铸造过程有较强的裂纹倾向性，需在铸造及热处理过程中采取正确的工艺措施，预防裂纹产生<sup>[1]</sup>。

铸造过程增加型、芯退让性。在造型、制芯过程中，在保证强度的前提下，增加泡沫、焦炭以提高退让性的材料。浇注铸件后由于碱性酚醛树脂砂具有保温效果好的特点，因此在切割铸件浇、冒口前，需进行一次均匀化退火热处理，热处理工艺详见图5。热处理保温时间依据铸件的热处理有效厚度制定，热处

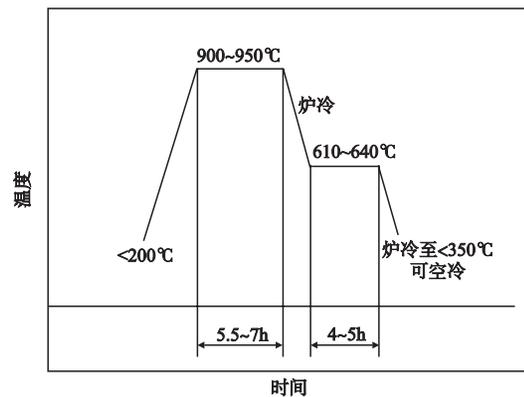


图5 均匀化退火热处理工艺

Fig. 5 Homogenization annealing heat treatment process

理过程中,铸件在900~950℃温度区间产生相变达到细化晶粒的目的,实现铸件组织的均匀化,消除凝固过程产生的元素偏析。610~640℃的保温可去除热处理过程产生的相变应力、温度场变化产生的应力等。均匀化退火处理后,在室温下可得到稳定的低碳板条状马氏体金相组织<sup>[3]</sup>。切割冒口时,须将铸件预热到150~200℃,以免铸造应力和火焰加热不均匀造成切割过程产生裂纹缺陷。

### 3 铸造工艺实施结果

造型、制芯采用宝珠砂作为面砂,交角部位放置铬铁矿砂<sup>[7]</sup>。砂芯中放置适当的排气绳、泡沫等,以提高砂芯的排气性和退让性;采用5 t中频感应电炉熔炼、AOD炉外精炼方式,对钢液有效地除渣、除气;浇包采用5 t漏包,保证底部优质钢液优先进入型腔,浇注温度1 560℃,浇注时间78 s。铸件浇注后在型腔内保温30 h。落砂后进行一次均匀化退火热处理,消

除铸件组织偏析及应力。切割冒口前,将铸件进行预热。

经检验,铸件整体质量较好,未发现裂纹、缩孔缩松等铸造缺陷,外表及流道内部光洁。外壁局部位置存在少量的渣眼缺陷,打磨可清除。支脚底部由于放置冷铁,存在轻微的冷隔缺陷,可打磨清除。表面质量按MSS-SP-55外观法目视检验,表面无粘砂。内部质量根据相关检测规程对铸件所有关键部位进行射线检验,结果满足要求。

### 4 结束语

采用View-Cast铸造模拟软件辅助铸造工艺设计,确定了合理的浇注及补缩系统。采用均匀化退火热处理工艺并在150~200℃切割浇冒口,有效预防了CA6NM泵体铸件在铸造和清整过程中裂纹缺陷的产生,得到了符合质量要求的铸件,攻克了急冷油泵的铸造难题,为急冷油泵国产化提供了质量保证。

#### 参考文献:

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册: 铸钢 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 孙大涌. 先进铸造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [3] 铸造设备选用手册编委会. 铸造设备选用手册 [J]. 第二版. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [4] 子澍, 马黛妮. 基于数学解析法确定冒口尺寸的主要方法述评 [J]. 铸造, 1996 (12): 45-47.
- [5] 唐玉林. 圣泉铸工手册 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1999.
- [6] 全国铸造标准化委员会. 最新铸造标准手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.
- [7] 李弘英. 铸钢件的间接外冷铁 [J]. 铸造, 1991 (12): 12-15.

---

## Casting Process Design of Quenching Oil Pump Body

YU Hui-feng

(Dalian Deepblue Pump Co., Ltd., Dalian 116031, Liaoning, China)

#### Abstract:

Quenching oil pump for ethylene plant was made from high temperature resistant martensitic stainless steel CA6NM. This paper introduces the casting process, crack defect prevention and production process of the quenching oil pump. The method of casting process design assisted by View-Cast casting simulation software ensures the determination of reasonable gating and risering system. Homogeneous annealing treatment of castings effectively prevents the crack defects during casting and cleaning. The castings produced meet the technical requirements of oil pump, which provides the quality assurance for the localization process of the quenching oil pump for ethylene plant.

#### Key words:

quenching oil pump; CA6NM; casting process; homogeneous annealing