

# 出口件实心钢球的铸造工艺

王 海, 徐尔灵, 孙宝华

(广东省韶铸集团有限公司, 广东 韶关 512031)

**摘要:**实心球体热节大, 作为出口产品 UT 检验要求比较高。通过合理设计浇注系统和冒口补缩工艺, 使用内冷铁, 采用保温冒口等措施, 较好的解决了厚大铸件的补缩问题, 获得了良好效果。本文介绍工艺设计思路, 重点描述如何使冒口和冷铁的配合达到最佳, 使该产品既能通过严格的 UT 检验, 又能保持较高的工艺出品率。

**关键词:**实心钢球; 铸造工艺; 热节; 内冷铁

**中图分类号:** TG269 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8365(2007)07-0912-03

## Casting Technology of Export Solid Steel Ball

WANG Hai, XU Er-ling, SUN Bao-hua

(GuangDong Shaoguan Foundry and Forging Group Co., Ltd, Shaoguan 512031, China)

**Abstract:** The requirements for UT inspection of the solid ball is usually strict as export products due to its large hot spot, the feeding of thick casting has been improved effectively through reasonable design, use of internal chill and insulating risers. The design of the casting technology is introduced, in which the optimum match of risers and chills is described emphatically, thus the products can be approved by the strict UT inspection and obtain higher yielding rate as well.

**Key words:** Solid steel ball; Casting technology; Hot spot; Internal chill

出口铸件实心钢球, 材质为 SC450, 直径  $\phi 1\ 280\text{ mm}$ , 要求化学成分  $w$  为:  $C \leq 0.35\%$ ,  $P \leq 0.020\%$ ,  $S \leq 0.015\%$ ; 力学性能:  $\sigma_b \geq 450\text{ MPa}$ ,  $\sigma_s \geq 225\text{ MPa}$ ,  $\delta \geq 19\%$ ,  $\psi \geq 30\%$ ; 尺寸公差控制在  $\phi 1\ 280 \pm 6\text{ mm}$  之内; 重量公差控制在  $8\ 500 \sim 9\ 000\text{ kg}$  之间; 表面质量必须保持很好的圆度, 采用样板检验, 表面要求光洁; 超声波无损探伤(UT), 灵敏度  $B = 100\% + 12\text{ dB}$ ,  $1\text{ MHz}$ , 表面至  $200\text{ mm}$  内 II 级验收,  $200\text{ mm}$  以下 III 级验收。磁力探伤(MT), 外表  $100\%$  MT 检验, 不允许存在任何裂纹。

这种钢球用于冶金行业锤碎钢渣, 生产的技术难度在于: 一是如何做到既能保证产品顺利通过严格的 UT 检验, 又维持较理想的工艺出品率; 二是在使用水玻璃砂的不利条件下如何满足严格的尺寸和重量公差以及圆度的要求。

### 1 技术分析

钢球直径比较大, 直径就是最大热节圆, 如果按常规的铸造工艺来生产, 冒口将会非常大, 按照  $M_{\#} = 21.3\text{ cm}$ ,  $M_{\#} \geq 1.2 M_{\#}$ , 那么  $M_{\#} = 25.56\text{ cm}$ , 如果采用圆柱型冒口, 直径要不小于  $\phi 1\ 548\text{ mm}$ , 高也要

$1\ 548\text{ mm}$ , 冒口钢液重量达  $20\ 103\text{ kg}$ , 浇注重量达  $29\ 000\text{ kg}$ , 出品率只有  $29.7\%$ 。另外, 大冒口修整的难度大,  $\phi 1\ 548\text{ mm}$  的冒口压在钢球上, 钢球已不是球的形状了。后工序根本无法修整成整圆, 尺寸公差保证不了。这种工艺既没有效益, 也不利于精整。

为了减小冒口, 按常规工艺思路自然想到内冷铁。由于钢球热节圆很大, 冷却速度慢, 蓄热时间长, 可以利用内冷铁来降低铸件的模数, 加速铸件凝固, 减少冒口体积, 还可利用保温冒口提高冒口的补缩效果, 达到顺序凝固的目的。但内冷铁的使用对产品最终的 UT 检验是一大威胁, 冷铁量不够可能造成内部缩松, 过量、过粗或表面不干净会造成冷铁融合不良。因此, 冒口和内冷铁的精确设计成为开发该产品的关键。

### 2 工艺参数的确定

#### (1) 造型方法选择

铸件表面质量及尺寸公差要求比较高, 在普通水玻璃砂工艺条件下比较难满足。我们选择采用实样造型、中间对开的方案。针对铸件厚大、散热慢容易粘砂的特点, 选用砂粒相对较粗、品位较高的石英砂, 目数为  $20/40$ ,  $\text{SiO}_2$  含量  $\geq 99\%$ , 操作中强调保证砂型的紧实度, 并刷 2 遍醇基锆英涂料。

#### (2) 浇注温度的设定

浇注温度主要是考虑钢液与内冷铁的熔合, 常用

收稿日期: 2007-04-17; 修订日期: 2007-05-14

作者简介: 王海(1968-), 广东南雄人, 工程师。主要从事铸造工艺设计及技术管理工作。

钢的固相线温度约为 1 450 ℃,只有当内冷铁的温度上升至 1 485 ℃以上才能与铸件发生熔合<sup>[1]</sup>。钢液冷却和凝固时释放的可用于使内冷铁与铸件熔合的最大热量为钢液过热量(钢液由浇注温度降至液相线温度 1 500 ℃所释放的热量,加上由液相线温度 1 500 ℃降至固相线温度 1 450 ℃)。因此钢液温度不应低于 1 450 ℃,如果钢液温度低于这一温度,则内冷铁与铸件就不可能熔合好。但浇注温度过高( $\geq 1\ 700\ ^\circ\text{C}$ )时,钢液凝固时间过长,收缩量增大,产生缩孔、缩松及组织粗大的机会增加。综合各方面的因素,浇注温度控制在 1 575~1 580 ℃为宜。

### (3) 内冷铁设计

#### ①内冷铁重量

根据铸造工艺设计手册,浇注钢液温度和  $M_0/M_r$  比值确定被冷铁激冷部位单位体积铸件所要的内冷铁重量,乘以铸件被激冷体积  $V$ 。即可计算出内冷铁重量  $G_{ch}$ 。浇注温度为 1 580 ℃,  $M_0/M_r$  为 1.4 时,可查得<sup>[1]</sup>:

$$G_{ch} = 0.3\text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3} \times V_0 \approx 330\text{ kg}.$$

$M_0$  为铸件原始模数;  $M_r$  为铸件加入内冷铁后的模数。

#### ②内冷铁截面尺寸

内冷铁的设计不仅要考虑熔合的重量,还要考虑熔合内冷铁的最大直径;如果选择的内冷铁直径过大,会造成内冷铁熔合不良,超声波探伤无法通过,降低了产品的设计强度,可能造成钢球使用过程中出现开裂。由于熔合内冷铁要求冷铁表面的熔融时间与被冷铁激冷部位铸件的凝固体积等,根据该原理并结合实验数据,可得出熔合内冷铁截面最大值为:

$$d_{\max} = 0.1 t_a M_r^{1.8} = 0.1 \times 130 \times 1.8 = 23.4(\text{mm})$$

式中  $t_a$ ——钢液过热度,℃。

#### ③内冷铁的结构

内冷铁结构设计不仅遵循顺序凝固及铸件中心部位散热慢的原则,还要考虑铸件质量要求,表层与内部允许的缺陷大小不同,因此我们设计内冷铁必须充分考虑这些因素,为了能使内冷铁与铸件充分熔合,选用直径  $\phi 20\text{ mm}$  和  $\phi 12\text{ mm}$  两种直径的近似材质的圆钢进行组合,结构设计成球形网格状,从上到下由稀至密,并且摆放时要求内冷铁与型壁间保持合适的间距。

### 3 冒口设计

#### (1) 钢球加入内冷铁后的模数 $M_r$ 的计算

加入内冷铁后铸件模数降低了,从前面的公式  $M_0/M_r = 1.4$  可得到:

$$M_r = M_0 / 1.4$$

钢球的原始模数  $M_0 = D/6 = 128/6 = 21.3(\text{cm})$

则:  $M_r = M_0 / 1.4 = 21.3 / 1.4 = 15.2(\text{cm})$ 。

即钢球加入内冷铁后模数由 21.3 cm 降至 15.2 cm。

#### (2) 冒口的计算

普通冒口的保温效果差,根据  $M_{\text{冒}} = 1.2 M_r = 18.24\text{ cm}$ ,散热不能起到很好的补缩效果。我们选用某一厂家生产的保温片,这种保温片的效果很好,可很大程度的减小冒口模数,根据经验公式

$$M_{\text{冒}}/M_{\text{保}} = 1.3$$

则:  $M_{\text{保}} = M_{\text{冒}} / 1.3 = 14.03\text{ cm}$

通过计算选用  $\phi 800\text{ mm} \times 800\text{ mm}$ 、 $M_{\text{保}} = 14.1\text{ cm}$  的保温片冒口。

冒口的体积  $V_{\text{冒}} = 402\text{ dm}^3$ ,冒口重量  $G_{\text{冒}} = V_{\text{冒}} \cdot \rho = 2\ 775\text{ kg}$ 。

#### (3) 补缩量的校核

铸件在凝固收缩过程中要得到冒口的补缩,只有当冒口有效补缩体积  $V_{\text{补}}$  大于铸件凝固收缩产生的缩孔体积  $V_{\text{缩孔}}$  时,冒口的设计才是安全的,

$$V_{\text{缩孔}} = V_{\text{补}} \times \epsilon = 262.1 \times 4.5\% = 11.8(\text{dm}^3)$$

(SC450 材质的  $\epsilon$  为 4.5%)

铸件的体积周界商  $Q_r$ :

$$Q_r = V_{\text{件}} / M_r^3 = 312.6$$

查表<sup>[2]</sup>可得保温冒口补缩效率  $\eta$  为 33%,

$$V_{\text{补}} = V_{\text{冒}} \times \eta = 402 \times 0.33 = 132.7\text{ dm}^3$$

$V_{\text{补}} > V_{\text{缩孔}}$ ,因此冒口能满足铸件补缩量要求。

#### (4) 工艺出品率

$G_{\text{件}} = 8\ 600\text{ kg}$ ,  $G_{\text{冒}} = 2\ 775\text{ kg}$ ,  $G_{\text{浇}} = 100\text{ kg}$ ;

工艺出品率 =  $G_{\text{件}} / (G_{\text{件}} + G_{\text{冒}} + G_{\text{浇}}) = 75\%$ 。

### 4 浇注系统设计

钢液总量超过 10 t,为保证钢液的上升速度,快速充型,根据厚大件钢液上升速度应大于 10 mm/s 的原则,我们利用了 15 t 双孔液包浇注,选用  $\phi 70\text{ mm}$  的液孔,直浇道 2 只  $\phi 100\text{ mm}$ ,4 道底返内浇道  $\phi 80\text{ mm}$ ,开放式浇注系统,如图 1 所示。

钢液上升平均速度计算:

$$\begin{aligned} V_L &= H_c \cdot N_n \cdot V_{\text{包}} / G_{\text{件}} \\ &= 1\ 280 \times 2 \times 120 / 8\ 600 \\ &= 35.7(\text{mm/s}) > 10\text{ mm/s} \end{aligned}$$

钢液上升速度能满足要求。

式中:  $H_c$ ——铸件浇注高度;

$N_n$ ——同时浇注的包孔数;

$V_{\text{包}}$ ——钢液的浇注速度,kg/s;

$G_{\text{件}}$ ——型腔钢液的总重量,kg。

为提高冒口的温度,保证冒口的补缩效果,钢液至冒口 300 mm 后改由副浇道浇注,钢液从冒口侧面引入,钢液至冒口 1/2 高度时,向冒口投放 MF 型保温发

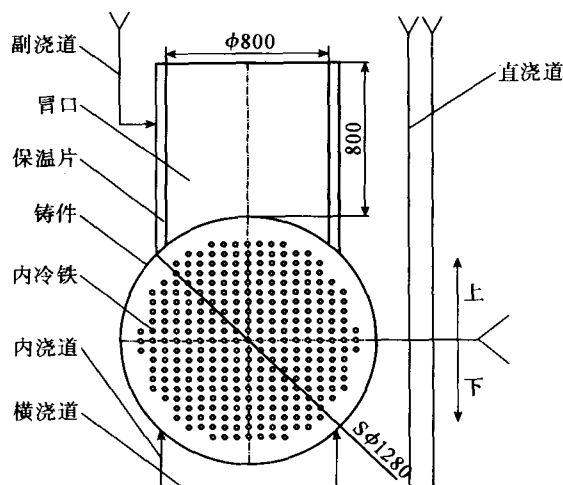


图1 工艺简图

Fig. 1 Sketch of casting technology

热覆盖剂,提高冒口温度,延长冒口金属液的凝固时间,有利于冒口的补缩。

## 5 结果验证

首件产品生产出来,表面光洁,没有凹凸不平、冷隔现象,钢球的圆度很好。尺寸控制在  $\phi 1280\text{ mm}$ ~

1285 mm之间。铸件 MT 探伤,表面未发现裂纹,表层及中心部位超声波探伤都未发现超标缺陷,达到了预期的效果。之后投产多件,铸件的质量状况非常稳定。

## 6 结束语

(1) 合理设计网格内冷铁,这不仅将冒口尺寸大大减少,还使钢球内部组织更细更致密,完全可以通过一般要求的 UT 检验,而且有效的预防了裂纹、表面粘砂等缺陷的产生。

(2) 使用优质的保温冒口,不但可以降低冒口规格,而且延长了冒口的凝固时间,有利于冒口的补缩,达到顺序凝固的效果。

(3) 综合利用内冷铁和优质保温冒口,铸件工艺出品率由 29.7% 提高到 75%,获得良好的经济效益。

## 参考文献

- [1] 李隆盛主编. 铸造合金及熔炼[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [2] 王君卿主编. 铸造手册第5卷铸造工艺[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

# $\alpha$ —阿尔法

## 铸造专用淀粉

### 理化指标

项 目	单 位	指 标
糊化性能		能在冷水中溶胀成半透明糊状物
水分	%	$\leq 8.0$
细度(90目筛通过率)	%	$\geq 90$
粘度(5%溶液 25℃)	MPa·s	$> 500$
pH 值(1%溶液)		5.5~8.0
灰分	%	$\leq 2$
蛋白质含量	%	$\leq 0.4$
白度	%	$\geq 80$
包装		25 kg 双层防水塑编袋

- ◆ 日本技术,可替代进口产品
- ◆ 防止铸造夹砂、结疤、冲砂的优质材料
- ◆ 国内 10 多家企业正在使用本产品
- ◆ 免费提供试验小样

联系人:王 力 13789522520

销售公司电话:022-25211060

传真:022-25211006

【详细资料样品备索】