

# 铸态 QT700—2 球墨铸铁的生产性工艺试验

张树山 (珠海市斗门区成人中专学校)

**摘要** 本文探索 QT700—2 球墨铸铁的生产工艺及技术,在强化孕育处理、细化石墨球、减少渗碳体、击碎分散磷共晶的前提下,试验锰+铜、锰+铜+铬、锰+铜+钼、锰+铜+铈合金化对基体的强化作用,最终选择“锰+铜+铈”的合金化方法,稳定地达到了 QT700—2 牌号的要求。

**关键词** 铸态 孕育处理 球墨铸铁 球化处理 合金化

## Productional Technological Tests of As-cast QT700—2 Ductile Iron

Zhang Shushan (Zhuhai Shi Doumen Technical School)

铸态高性能球铁,对于降低能耗,缩短生产周期、减轻劳动强度、保护环境、提高生产效率等,具有重要意义。探索各种合金化条件下获得珠光体型 QT700—2 球铁的可行性,以便更经济地生产这类铸态球铁。

### 1 试验方法

#### 1.1 技术指导思想

在目前的条件下,获得铸态珠光体基体球铁的方法不外乎两类:其一是控制打箱时间,以达到利用铸件余热正火的目的;其二是合金化,即加入促使珠光体形成的元素,如 Mn、Cu、Mo、Sb、Ni、Cr 等元素,通过控制加入量的办法,来达到生产珠光体球铁的目的。对于合金化的方法,其技术指导思想有这样几点:1) 必须有较好的孕育处理效果,避免基体中渗碳体的含量大于 3%;2) 通过各种低合金化的办法,强化基体并控制基体中珠光体的含量,从而在力学性能上达到高强度的目的;3) 在生产稳定的情况下,利用最经济的合金化办法。

#### 1.2 化学成份的选定

分七个基本元素及合金化元素两方面考虑:

七个基本元素为:碳:3.6—3.8%;终硅:2.0—2.3%;锰:0.4—0.6%;磷:0.06%;终硫:0.03%;残镁:0.04—0.06%;残稀土:0.02—0.04%

合金化元素的考虑是这样,由于前期提高锰含量的试验结果表明,锰有正偏析于共晶团边界的特点,延伸率只有 1.0—1.8%,故本次试验考虑的锰+铜,锰+铜+铬,锰+铜+钼,锰+铜+铈四种合金化工艺中,固定锰含量为 0.4—0.6%。为了减少复杂性,参照有关资料,将后三种合金化工艺中,Cu 的含量固定在 0.4—0.5%之间,取 Cr、Mo、Sb 三元素含量的变化来做试验。

#### 1.3 熔炼及处理

采用徐钢 Q12 生铁、A3 或 A5# 废钢,在 5t/h 酸性冲天炉条件下熔化,出铁温度 1460—1500℃。

炉后配方为:生铁 60%、回炉铁 30%、废钢 10%。球化剂的成份:Mg7—9%、Re3—5%、粒度 5—15mm,加入量 1.3—1.5%,采用堤坝式冲入法处理。

为了强化孕育效果,采用二次孕育:首先,铁水包内采用含钡 4—6%孕育剂,加入量为 0.3%,粒度为 3—10mm;二次随流孕育采用 75%Si—Fe 孕育剂,加入量为 0.1%,粒度小于 1.5mm。

#### 1.4 试样毛坯的制备

GB 拉伸试棒取自 Y 型单铸试块、金相试样取自铸件附铸试块;单铸试块和附铸试块为湿型砂手工造型,未经任何热处理,直接加工成标准试样,测定机械性能和检验金相组织。

### 2 试验结果及分析

1) Mn—Cu 合金化对铸态球铁组织和性能的影响

铜能溶解于铁水中,是一个促进珠光体形成的元素,但 Mn—Cu 合金化在自然冷却到室温条件下,不能达到 QT700—2 牌号要求。

2) Mn—Cu—Cr 合金化对铸态球铁组织和性能影响

当采用 Mn—Cu—Cr 合金化时,锰的加入量定为 0.5%,铜的加入量定为 0.4%左右,改变 Cr 含量时,对球铁组织和性能的影响如表 1 所示。

从表 1 可以看出:

(1) Mn—Cu—Cr 合金化,在自然冷却条件下,当 Cr 含量达到 0.2%,珠光体含量即可急剧上升到 90%,即达到 QT700—2 牌号。

表1 Mn-Cu-Cr合金化对组织和性能的影响

合金型号	Cr 含量/%	金相组织			力学性能	
		球化等级	珠光体/%	渗碳体/%	抗拉强度/MPa	伸长率/%
CuCr0.1	0.12	1-2	60	<2	615	8
CuCr0.15	0.157	1-2	65	<2	625	7.6
CuCr0.2	0.21	1-2	90	<2	720	2.4
CuCr0.25	0.26	1-2	95	3-4	730	1.8
CuCr0.3	0.31	1-2	95	4-5	725	1.8
CuCr0.35	0.37	1-2	95	4-6	730	1.4

注:表中每一组都为包铁水中9根度样的平均值。

孕育处理方式如前所述。

(2) 当Cr达到0.25%时,出现超量的渗碳体,且机械性能变化不大,而延伸率却急剧下降。

(3) 因此,Mn-Cu-Cr合金化可达到QT700-2牌号要求,但成份范围较窄。

3) Mn-Cu-Mo合金化对铸态球铁组织和性能的影响

当采用Mn-Cu-Mo合金化时,锰、铜的加入量仍分别定为0.5%和0.4%,改变Mo的含量,对球铁组织和性能的影响如表2所示。

表2 Mn-Cu-Mo合金化对组织和性能的影响

合金型号	Mo 含量/%	金相组织			力学性能	
		球化等级	珠光体/%	渗碳体/%	抗拉强度/MPa	伸长率/%
CuMo0.1	0.11	1-2	40	<2	560	10
CuMo0.15	0.14	1-2	50	<2	570	8
CuMo0.20	0.22	1-2	65	<2	710	6
CuMo0.25	0.252	1-2	70	<2	740	5.8
CuMo0.30	0.32	1-2	75	<2	760	5.6
CuMo0.35	0.36	1-2	75	<2	760	5.8

从表2可以持出:

(1) Mn-Cu-Mo合金化时,在自然冷却条件下,当Mo含量大于等于0.2%时,可达到QT700-2牌号;

(2) 在较低的珠光体含量的情况下,如在试验条件下珠光体含量为65%时,可达到QT700-2牌号要求;

(3) 当Mo含量0.3%与0.35%相比珠光体含量变化不大,机械性能也无甚差别。

4) Mn-Cu-Sb合金化对铸态球铁组织和性能的影响

当采用Mn-Cu-Sb合金化时,锰、铜的加入量还是分别定为0.5%和0.4%,Sb含量变化对球铁组织和性能的影响如表3所示。

表3 Mn-Cu-Sb合金化对组织和性能的影响

合金型号	金相组织			力学性能	
	球化等级	珠光体/%	渗碳体/%	抗拉强度/MPa	伸长率/%
CuSb1.0	1-2	70	<2	670	6
CuSb1.2	1-2	80	<2	715	4
CuSb1.4	1-2	80	<2	721	3.6
CuSb1.6	1-2	90	<2	724	3.2
CuSb1.8	1-2	95	<2	780	1.8
CuSb2.0	1-2	95	<2	760	1.4

铈对促进球铁基体组织珠光体的作用显著,铈的资源又很丰富,因此产生成本相对钼来讲要低得多,而且铈的加入量少,可以在稀土镁中随球化处理时带入铁水,本次试验是铈含量在球化剂中的比例。

从表4可以看出:

(1) 加铈合金化,铈的含量范围很敏感,且铈对珠光体的促进作用非常强烈。

(2) 稀土镁中铈含量达1.2%时,即能达到QT700-2牌号要求。

(下转第36页)

水冷炉喉钢砖的外观质量要求。

### 2.3 防渗硫涂料的应用

据文献报导,作呋喃树脂固化剂的有机磺酸,在浇注过程中受热分解而产生  $\text{SO}_2$  气体向钢液中扩散,导致铸钢件表层的含硫量明显增加,特别是这些硫化物呈片状分布于晶界上,降低铸钢件的力学性能,还经常在铸钢件的热节处出现龟状热裂等铸造缺陷。

为了防止铸钢件表层增硫,我厂采用了烧结——反应型复合锆英粉防渗硫涂料。由于这种涂料在钢水浇注后的烧结层中孔洞、裂纹非常少,十分致密,并在涂料中矿化剂和吸硫剂的共同作用下,取得了较好的防渗硫效果。表2列出涂料烧结层和铸钢件表层的含硫量。从表可知,锆英粉涂料本身具有一定的防渗硫作用,但是还满足不了铸钢件的质量要求,而采用防渗硫锆英粉涂料可使铸钢件表层的含硫量减少到0.08%以下,因此,采用防渗硫锆英粉涂料,是减少呋喃树脂砂铸钢件表层渗硫的有效途径之一。

表2 涂料烧结层和铸钢件表层的含硫量/%

涂料类型	烧结层	铸件表层
普通锆英粉涂料	0.31	0.14
防渗硫锆英粉涂料	0.14	0.078

## 3 铸造工艺的改进

### 3.1 分型面的选择

根据铸件结构特点,我们采用了三箱造型,进、出水管在做木模时将其位置留出,下盖上两半圆活块,造型时先将焊好的水管放入的办法,以保证其两水管之间的相对位置的尺寸精确度,铸件主要部位全部放在中箱。楔型砖利用其自然斜度起模,而方型砖是两侧用活块起模,不加拔模斜度,以保证其尺寸精度。

### 3.2 浇冒口系统的设计

根据我厂生产经验,采用一个  $\phi 70$  直浇道,分两侧4道  $\phi 45$  内浇口的阶梯式浇注系统形式,保证钢水入型平稳,减小其对水管及芯管的冲刷。下部放5块外冷铁  $100 \times 100 \times 40\text{mm}$ ,可不考虑补缩,冒口模数是铸件模数的2.5倍,上部两侧放两只外保温冒口  $\phi 350$ ,高450,浇注时间30s,浇注完后10s点浇冒口。

(上接第40页)

(3) 当稀土镁中铈含量1.6%以上,虽然抗拉强度有所提高,但延伸率下降显著。

## 4 结论

1) Mn—Cu 合金化不能达到铸态 QT700—2 牌号要求;

2) Cu—Cr 合金化虽然可以达到 QT700—2 牌号要求,但 Cr 的控制范围很窄,在现有生产条件下,

### 3.3 冷铁的设置

位于铸件底部芯管凸台的热节处须放内冷铁,保证没有缩松,又不会使芯管被熔穿。根据熔焊内冷铁的理论进行计算,设浇注温度  $1540^\circ\text{C}$ ,运用公式  $d = 0.1 tuMr^{1.8} \text{mm}$  诺谟图,求得板类内冷铁最小尺寸20mm,但考虑到芯管的铸造情况,取系数0.7,管壁的厚度必须大于15mm才会不被熔穿。可是管壁只能取8mm厚,所以必须放内冷铁吸收热量,才能达到热平衡。

据计算,此处冷铁重量应为15kg,而芯管重仅约2kg,故还需外加13kg内冷铁。用20mm厚的钢板切割成圆环焊在芯管周围。

### 3.4 浇注温度的确定

浇注温度是确保冷却水管不被熔穿的关键,也是获得表面质量高的铸件的重要因素之一,所以我们将浇注温度降为  $1540^\circ\text{C}$ ,浇注时间30s。芯管内芯砂春实,从而消除了铸钢件表面粘砂及缩松,提高了它的内部质量。

## 4 效果

采用上述改进的造型、制芯材料和铸造工艺,共生产了18件套产品,虽然其铸件的废品率达到10%,偏高一些,充分说明了改进后铸造工艺的合理性和可行性,为我厂生产出各项技术指标符合设计要求的水冷炉喉钢砖铸钢件,全面完成生产任务,以及为我厂今后承担要求质量高、技术难度大的各种复杂商品铸钢件打下了扎实的基础,也使我厂铸钢件的生产技术水平跃上了新的台阶。

## 参考文献

- 孟艳敏等,酯硬化改性水玻璃砂在铸钢件上的应用,造型材料,2003(1)
- 韩文静等,水玻璃砂残留强度的形成及改善途径,铸造,2001(12)
- 李世平等,防渗硫在呋喃树脂自硬砂铸钢件上的试验研究,铸造,2002(7)

难以稳定生产;

3) Cu—Mo 合金化,在 Mo 含量大于 0.2% 的情况下,可以达到 QT700—2 牌号要求,但由于钼为稀有金属,成本较高,经核算差不多与燃油正火费用相抵;

4) Cu—Sb 合金化,处理方式简单,性能较为稳定,并且除需加铜外,不增加其他成本。