

## ● 工程技术研究与应用

## 铸态 QT500 - 7 的生产控制

彭显平<sup>1</sup> 王泽忠<sup>1</sup> 张光明<sup>1</sup>

(1. 四川工程职业技术学院, 四川 德阳 618000)

[摘要] 通过选择适当的化学成分, 严格执行各道工序的工艺流程, 及时解决生产中出现的问題, 生产出合格的铸态球墨铸铁。

[关键词] 高韧性; 球墨铸铁; 球化; 孕育; 化学成分

[中图分类号] TG24 [文献标识码] B [文章编号] CKN 字 07 - 005(2006)04 - 0024 - 03

## Production Control of Casting State QT500 - 7

Peng Xianping<sup>1</sup> Wang Zezhong<sup>1</sup> Zhang Guangming<sup>1</sup>

(1. Sichuan Engineering Technical College, Deyang Sichuan 618000)

**Abstract:** Qualified casting state nodular cast iron will be worked out through choosing appropriate chemical composition, executing strictly technological procedure, settling all the problems in production in time.

**Key words:** high tenacity; graphie nodular cast iron; spheroidizing; inoculation; chemical composition

铸态高强度球墨铸铁的生产可以通过合金化强化基体组织等措施而获得, 但是铸态高韧性球墨铸铁的生产, 由于废钢、生铁和合金等原材料含有许多强化基体组织的合金元素导致球墨铸铁的伸长率大大下降, 其生产难度较大。笔者曾所在的企业生产高韧性球墨铸铁已有二十多年的历史, 主要产品是离合器压盘、球磨机端盖、高压泵泵体、叶片、叶轮、钢丝绳滚筒等, 其牌号是 QT500 - 7。现将其生产高韧性球墨铸铁的情况介绍如下:

## 1. 基体及金相组织的控制

铁素体  $\geq 75\%$ , 渗碳体  $< 2.0\%$ , 磷共晶  $< 1.0\%$ , 球化级别  $\leq 2$  级, 石墨大小  $\geq 6$  级。

## 2. 化学成分的选择

2.1 碳(C): 含碳量高, 则析出的石墨数量多, 石墨球数多, 球径尺寸小, 圆整度增加, 提高铁液流动性, 减小缩孔体积, 减少缩松面积, 使铸件致密, 可以减少游离渗碳体, 硬度下降, 断后伸长率上升, 在一定范围内增加冲击韧度<sup>[1]</sup>。其含量选择在  $3.55\% \sim 3.85\%$ 。

2.2 硅(Si): 硅是强烈促进石墨化元素, 使共晶温度升高, 共晶含碳量降低。硅的来源主要是金属炉料、球化剂及孕育剂。随着 Si 量增加, 铸件的白口倾向减小, 铁素体

数量增加, 特别是以孕育方式加入时, 其增加数量特别明显, 且能细化石墨, 使其分布均匀且能提高圆整度; 硅能固溶于铁素体, 使铁素体基体强化; 加入铁液中的 Si 能使石墨晶核大量增加, 细化共晶团, 提高韧性。但硅提高韧性——脆性转变温度, 降低冲击韧性, 如果硅量过高, 室温下出现“白脆”现象, 因此硅量不能过高。故原铁液含 Si 量选择在  $1.4\% \sim 1.6\%$ , 终 Si 量保持在  $2.45\% \sim 2.85\%$  之间。

2.3 碳当量(C. E.): 接近共晶成分的 C. E. 可以提高铁液的流动性, 集中缩孔倾向大, 易于补缩且能提高石墨化程度, 增加铁素体数量。但过高会引起石墨漂浮, 因此其上限应以不出现石墨漂浮为原则, 下限以不出现自由渗碳体、保证完全球化为准。故选择在  $4.3\% \sim 4.7\%$  之间。

2.4 锰(Mn): 锰能阻碍共析转变的石墨化, 增加、稳定和细化珠光体, 有一部分溶入铁素体中, 提高强度并降低韧性, 但容易形成碳化物, 增加结晶过程过冷倾向, 造成晶界偏析, 此时对韧性影响更大; 若原铁液中含 S 量低, Mn 不再起到抵消 S 的有害作用之功能, 所有 Mn 几乎全部发挥合金化作用, 增加白口倾向, 故 Mn 高会降低铸态铁素体的含量, 降低韧性, 因此 Mn 的含量越低越好, 实际生产要求控制在  $0.5\% \sim 0.8\%$  之间。

2.5 磷(P): 磷是球铁中的有害元素, 极易偏析。容

[收稿时间] 2006 - 10 - 11

[作者简介] 彭显平(1963 -), 男, 四川工程职业技术学院副教授。

易在晶界上形成磷共晶组织,严重降低球铁的塑性和韧性,特别是铸态高韧性球墨铸铁,磷不仅使常温冲击韧性降低,同时使脆性转变温度急剧提高,造成低温脆性;磷的增高还会使球铁的缩孔、缩松以及开裂(冷裂)倾向增加,严重影响球铁的机械性能,必须严格控制,要求其含量 $<0.07\%$ 。

2.6 硫(S):硫含量高必然消耗较多的球化剂,易形成较多硫化物的杂质,影响球化及球化稳定;造成皮下气孔,严重影响球铁的机械性能。故要求铁液中含 S 量尽可能的低,终 S 量控制在 $0.03\%$ 以下。

2.7 残留稀土( $RE_{残}$ )和残留镁( $Mg_{残}$ ):RE 主要有脱硫、去气、净化铁液和球化等有利作用,排除干扰元素的影响,减少铸造缺陷,稳定生产; $Mg$  主要起球化作用,同时脱去原铁液中部分 S。适量的  $RE_{残}$  和  $Mg_{残}$ ,能保证石墨球化良好,提高球铁的强度和伸长率,但过高则使石墨形状恶化,球化率下降,而且偏析严重,降低塑性和韧性,会增大白口倾向影响机械加工性能,出现夹渣、缩松、皮下气孔等铸造缺陷,因此,高韧性球墨铸铁在保证球化合格的条件下尽可能降低  $RE_{残}$  和  $Mg_{残}$ ,即  $RE_{残}=0.025\% \sim 0.036\%$ ,  $Mg_{残}=0.035\% \sim 0.070\%$ ,同时应保证  $Mg_{残}/RE_{残}$  大于 1。

### 3. 球化孕育处理工艺

笔者曾所在的企业采用 3T/h 多排小风口热风酸性冲天炉,出铁温度在 $1440^{\circ}\text{C}$ 以上。采用 1 吨堤坝式浇包冲入法进行球化处理。球化剂为 GB4138-84 的 FeSiMg8RE7,孕育剂为本地某企业生产的硅钡复合孕育剂(见表 1)及 75 硅铁(牌号为 GB2272-87 的 FeSi75-C),炉前检验合格后,快速浇注,控制浇注时间在 20min 内,防止球化孕育衰退。

表 1:硅钡复合孕育剂的化学成分

牌号	主要成分(%)			
	Ba	Si	Ca	Al
Si65Ba5	4~6	60~65	1.0~2.5	0.5~1.5

具体处理工艺如下:

3.1 堤坝式浇包先出一包铁液烫包。

3.2 将铁液量的 $1.7\% \sim 2.0\%$ ,粒度 20mm 左右的球化剂放入浇包堤坝的一侧,上面均匀覆盖 $0.25\%$ 粒度 10mm 的 75 硅铁,再覆盖同牌号烘干的干净球铁铁屑(废砂也行)并适当紧实。

3.3 出铁 $2/3$ ,铁液满过球化剂 300mm 时开始球化反应,反应平稳后扒渣,出剩余 $1/3$ 铁液,同时在出铁槽中冲入 $1.2\%$ 粒度 20mm 硅钡复合孕育剂,充分搅拌,加入 1kg 除渣脱硫剂——食盐,搅拌后扒净渣,在铁液表面覆盖 $0.3\%$ 、粒度为 20~30mm 的硅钡复合孕育剂(或稻草灰)。

铸态球铁的生产关键在于强化孕育,在实际生产中,我们采用了方便经济的三次孕育方法:球化剂表面的初次孕育,球化平稳,扒渣后从出铁槽中冲入的硅钡复合孕育和在铁液表面采取浮硅孕育。

生产实践表明,采用复合孕育和浮硅孕育,效果很好,铁液浇注到 25 分钟后球化孕育衰退仍不明显。

### 4. 铸件生产过程的控制

根据笔者曾所在的企业在高韧性球墨铸铁生产控制中体会到:要使  $\sigma_b$ 、 $\delta$  达到要求,在保证球化良好的情况下,基体组织中珠光体的含量是十分重要的。笔者认为以下几点对稳定生产 QT500-7 球墨铸铁最为关键:

4.1 铁液温度:铁液温度过高会使铁液翻腾过于剧烈, $Mg$  吸收率下降,且孕育效果衰退快,造成球化不良或衰退;铁液温度过低又会导致铁液起爆迟缓甚至不反应。因此,铁液温度应控制在 $1430^{\circ}\text{C} \sim 1450^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 控制原铁液中碳、硅含量,严格按照“高碳低硅”的原则执行。

4.3 应严格控制  $RE_{残}$ 、 $Mg_{残}$  的含量,应保证  $Mg_{残}/RE_{残}$  大于 1。

4.4 采用优质原材料,并稳定材料来源,严格控制硫的含量。为此,必须加强炉料管理:炉料要分类堆放,标记明确,加料时,称量要准确。

(1)生铁:最好选择含硅 $<2\%$ ,磷 $<0.1\%$ ,硫 $<0.05\%$ 的。其吨位不小于 50 吨,以便保持球铁质量有一个相对稳定期。

(2)球铁废品及浇冒口:另行堆放并标明化学成份。

(3)废钢:锈蚀严重和厚度 $<2\text{mm}$ 者,不用作球铁炉料,以便减少氧化铁,有利于去硫。

上述炉料块度均应小于 $1/3$ 炉堂内径,以免棚料和降低平均熔化位置的高度,影响铁液温度。

(4)对于不合格的自配球化剂,或合格但粒度小于 5mm 的合金,应该另外放置,采用 $1.8\% \sim 2\%$ 的加入量去处理球铁液,只浇注砂箱和受力不复杂的球墨铸铁件。

(5)覆盖用的球墨铸铁铁屑中如有巴氏合金,也会引起球化不良,故铁屑应要求纯净、无锈蚀。

(6)焦炭是炉料在熔化和过热时增硫的唯一来源。据资料介绍<sup>[2]</sup>,焦炭中的硫有三种形式存在:有机物(主要是 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CS}_2$ ),约占 $70\%$ ;硫化物( $\text{CaS}$ 、 $\text{FeS}$ 等),占 $25\% \sim 30\%$ ;少量的硫酸盐( $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{FeSO}_4$ 等)。

焦炭中的这些硫分,一部分燃烧和分解成 $\text{SO}_2$ 进入炉气;其它部分( $\text{CaS}$ 、 $\text{FeS}$ )进入炉渣或铁液。

焦炭的含硫量愈高、用量(层焦用量和底焦用量)愈多、块度愈小、气孔率愈大则增硫愈多。降低铁液硫量的一个有效方法是使用低硫焦炭(最好使用含硫量在 $1.0\%$ 以下的焦炭)。使用高硫焦炭时,应配合采用低硫生铁,才可降低铁液硫量。对焦炭的使用原则是:熔化球铁料时,底焦和层焦块度控制大些( $100 \sim 200\text{mm}$ ),这样既能减少增硫,又能保持熔化区域的高度,以便稳定铁液的温度。

对含硫量偏高的土焦或生铁,必须采取炉内脱硫的方法:要适当增加石灰石和萤石用量,前者增加渣中 CaO 含量,提高炉渣的碱度,后者稀释渣的粘度,促使铁液中的硫向渣中扩散转移。脱硫过程是:铁液下落时与具有一定碱度的炉渣相遇,穿过炉渣进入炉缸,在界面上与炉渣接触,这时,铁液中的硫向炉渣扩散至平衡。通过改变炉渣的碱度,促进渣相的离子反应,提高硫在渣中的含量,达到排渣

的目的<sup>[2]</sup>。

4.5 加强工艺纪律的监督管理和执行。严格控制原材料,注意球化、孕育处理工艺,严格按照工艺规程操作,作好现场记录及现场监督管理工作。

## 5. 结论

根据笔者曾所在的企业生产质量情况可知:加强炉料

管理、严格按照上述化学成分的控制、采用复合孕育和浮硅孕育工艺能够稳定地生产出前述的基体及金相组织的控制要求,从而能生产出符合 GB/T1348—1988 中 QT500—7 的球墨铸铁,见表 2。

表 2 部分 Y 型单铸试块的检测结果

编 号	化学成分(%)								机械性能			金相组织		
	原铁液			试块					$\sigma_b$ (MPa)	$\delta$ (%)	硬度 (HBS)	球化 级别	石墨 大小	铁素体 (%)
	C	Si	S	Si	Mn	P	S	C. E.						
1	3.76	1.42	0.064	2.75	0.51	0.051	0.011	4.59	530	15	198	2	6	85
2	3.78	1.48	0.063	2.72	0.48	0.069	0.025	4.61	508	15	190	2	6	85
3	3.64	1.57	0.052	2.56	0.72	0.048	0.019	4.41	568	12	218	2	6	80
4	3.84	1.50	0.053	2.48	0.59	0.043	0.021	4.59	551	15	211	2	6	80
5	3.69	1.44	0.057	2.81	0.58	0.068	0.027	4.55	556	15	205	2	6	85
6	3.73	1.49	0.066	2.83	0.62	0.065	0.016	4.59	545	13	206	2	6	75
7	3.79	1.45	0.069	2.72	0.73	0.052	0.022	4.61	518	15	195	2	6	85
8	3.79	1.57	0.054	2.61	0.74	0.046	0.027	4.58	560	15	210	2	6	80
9	3.76	1.48	0.069	2.79	0.60	0.041	0.024	4.60	525	15	190	2	6	80
10	3.78	1.46	0.071	2.73	0.79	0.054	0.019	4.60	528	16	194	2	6	85
11	3.69	1.43	0.058	2.55	0.65	0.061	0.016	4.46	571	12	225	2	6	75
12	3.76	1.54	0.061	2.62	0.73	0.055	0.019	4.55	564	12	223	2	6	75
13	3.80	1.55	0.051	2.58	0.55	0.056	0.021	4.58	557	15	208	2	6	80
14	3.75	1.47	0.055	2.46	0.76	0.067	0.022	4.49	566	12	209	2	6	85
15	3.71	1.41	0.051	2.58	0.51	0.062	0.016	4.49	560	13	213	2	6	80

注:1.表中 Y 形单铸试块是按照 GB/T1348—1988 试块类型为 II 的尺寸制造。

2.表中碳当量的计算公式根据<sup>[3]</sup>: $C. E. = [C + 0.3(Si + P) + 0.4S - 0.03Mn] \%$

### [参考文献]

[1] 工程手册编委会. 机械工程手册[S]. 第七卷. 北京: 机械工程

出版社, 1982.

[2] 周继扬. 冲天炉问答[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.

[3] 陆文华. 铸铁及其熔炼[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.