

严格控制钢水质量， 保证铸钢件产品合格率

东富义

(广东省韶铸集团有限公司, 广东 512031)

摘要:钢水质量是铸钢件产品合格率的重要影响因素之一。只有严格遵守冶炼操作工艺规程, 严把进料关, 才能稳定铸钢件质量。

关键词:铸钢件; 钢水

中图分类号: TF345.5 **文献标识码:** B

Rigorously Controlling the Molten Steel Quality to Guarantee the Product Qualification Ratio of steel Castings

Dong FuYi

Abstract: The molten steel quality is one of the influential factors for the product qualification ratio of steel castings. Only to rigorously observe the technological regulations of smelting operations, and strictly make checks at materials, the molten steel quality just can be stabilized.

Key words: steel casting; molten steel

电弧炉炼钢时, 钢水质量对铸钢件的影响因素主要有: 脱氧程度, 非金属夹杂物, 气体含量, 残余量(硫、磷、铝、铜、砷), 浇注温度。了解这些因素如何影响铸钢件质量及制定相应的预防措施是必要的。

1 影响因素

(1) 脱氧程度

钢水中的氧以 $[\text{FeO}]$ 形式存在, 脱氧不良对铸钢件有以下影响:

1) 与钢水中 C 反应生成 CO, 造成铸件产生气孔。

2) FeO 的熔点比钢低, 在晶界上析出大量 FeO , 降低钢的强度和塑性, 易使铸件产生冷裂或热裂。脱氧程度的好坏主要是由残铝量来决定。

(2) 气体含量

钢水中的气体主要是氢、氮。钢液中含有大量的氢时, 铸件凝固过程中发生以下变化:

1) 氢原子变成氢分子, 成为气泡;

2) 与析出的 FeO 反应, 生成水蒸汽。

以上两种气孔通常称为针孔。铸钢件气体含量一般为 $[\text{C}_{\text{H}, \text{o}}] = (2 \sim 3) \times 10^{-6}$ ^[1]。

(3) 非金属夹杂物

非金属夹杂物在高温下, 或溶解于钢液中, 或单独存在于钢液中。随着温度的下降, 原来溶解于钢液中的夹杂物, 以独立相分离出来, 在结晶过程中聚集于晶界上, 或铸件的热节处以及铸件圆角位等最后凝固的地方, 形成裂纹的最初源头, 从而形成了裂纹的潜在隐患。金相组织夹杂物在二级以下。

(4) CaC_2 微粒

还原期一般关闭炉门进行脱硫, 出钢前十分钟需要打开炉门转化成白渣。但这种转化往往不完全, 仍有部分 CaC_2 弥散在钢液中, 在钢水凝固过程中 CaC_2 微粒逐渐向厚实部分偏聚, 造成最后凝固的部分产生渣气孔或者碳偏析。

(5) 残余元素(硫、磷、铝、铜、砷)

1) 硫在钢水中是以硫化铁形态存在, 硫化铁的熔点(1 200 °C)比钢低, 冷却后被排挤到晶间, 降低钢的强度和塑性, 易使铸件产生冷裂或热裂。钢水含硫量应小于 0.03%, 同时 P 小于 0.04% (P 过高增加钢的冷脆性, 铸件容易冷裂)。

2) 钢水中残铝量过高, 会形成较多的氮化铝夹杂沿晶界析出, 导致“岩石状”脆性断口, 增加铸钢件的热裂倾向^[2], 使铸钢件容易产生裂纹; 钢水中残铝量过低, $[\text{FeO}]$ 含量增加, 铸钢件容易产生粘砂和气孔, 残铝量最佳范围为 0.035% ~ 0.055%。

收稿日期: 2006-10-31

作者简介: 东富义(1966-), 男, 工程师, 主要从事铸造设计及质量工作。

3) 碳素钢钢水含铜量大于 0.3% 时, 容易自由析出, 引起钢的热脆, 导致铸钢件的温裂倾向增加。

4) 钢水含磷量大于 0.05% 时, 氧化期低温脱 P 有可能无法进行, 甚至整炉钢水报废。同时温裂倾向加大。

(6) 浇注温度

1) 在金属的热作用下砂粒间的孔隙因发生烧结或熔化而增大。当浇注温度较高时, 型砂易被烧结或熔化, 砂粒间孔隙增大使金属液渗入的深度变大, 易产生粘砂。

2) 由于浇注温度高, 对型砂的烘烤加剧, 使砂型表面受金属液的辐射而膨胀, 砂粒受挤压从砂型表面脱落。

3) 浇注温度高, 收缩量变大, 冒口补缩的钢水相应增加, 如不加大冒口铸件就容易出现缩孔。凝固时间延长, 厚壁铸件容易出现轴线缩松。

4) 浇注温度高, 当钢水浇入铸型后, 随着温度的降低, 钢水中含 [FeO] 量降低, 析出 FeO 增多, FeO 与 C 反应生成 CO 量增加, 更易形成皮下气孔。

5) 浇注温度高, 铸件凹角位散热能力变差, 凝固时间加长, 当此位置凝固时得不到外界的金属液的补充, 便形成凹角缩孔, 收缩受阻时形成热裂, 同时凹角位过热也易产生粘砂现象。

2 预防措施

(1) 原材料

1) 生铁的加入量小于 15%, 避免钢水中铜、磷含量超标。钢屑加入量小于 15%, 防止钢水氢、氮含量增加。严格控制含 Cu、Cr、Ni 炉料的加入量。

2) 炉料不允许有水分、油脂。预先加热炉料如将料斗放到装有炉渣的渣斗上以及用煤气加热炉料, 这样既可去除水分又可加热炉料缩短了钢水的熔化期。

3) 炭粉、硅粉、萤石、合金、铝饼、矿石要在合金炉中烘烤。特别是铬铁由于呈蜂窝状, 需要较长的烘烤时间, 才能将内部的水分去除掉; 另外铝饼的烘烤温度不易过高以防被氧化, 温度小于 300℃。

4) 不允许用粉状石灰(粉状石灰含有大量的水分)造渣。有时外购的石灰硫含量严重超标, 是因为石灰厂为了降低成本, 烧石灰时用硫含量很高的劣质煤, 造成石灰硫超标, 还原期钢水含硫量

不降反升。石灰中含硫要小于 0.15%。同时炭粉硫含量要求小于 0.1%。

5) 氧气最好经过干燥后才使用, 避免吹氧把水分带入钢水中。

(2) 冶炼、浇注工艺

氧化期吹氧脱碳时, 氧管插入熔池深度一般在渣面以下 100 mm, 通过提高渣的温度来提高钢水温度, 减少深吹氧, 避免钢水过渡氧化和出现大沸腾现象。同时要保证足够的脱碳量, 只有这样钢水才会生成大量的 CO 气泡, 钢水中氢原子、氮原子遇到 CO 气泡会进入 CO 气泡内而随 CO 气泡一起上浮排出, 从而达到了去除气体夹杂的目的。同时 CO 气泡上浮时, 搅动钢液, 增加钢液中非金属夹杂物互相碰撞和融合的机会, 变成大颗粒夹杂物, 上浮到钢液面, 被炉渣吸收。另外, CO 气泡上浮时, 在其表面也粘附一些非金属夹杂物, 这部分夹杂物也随之上浮。再者, 钢液沸腾扩大了钢-渣接触面积, 有利于夹杂物的排除, 脱碳量一般大于 0.40%。脱碳速度不要太快, 脱碳量保持每分钟 0.01%~0.02%。有的工厂为了降低电耗, 就加大了吹氧量, 从而缩短氧化期的冶炼时间, 脱碳速度达到每分钟 0.04%, 造成脱碳量足够但钢水中仍含有较多的气体和夹杂物。氧化末期, 要保证 5 min 以上的静沸腾, 以降低钢水中的 [FeO] 含量和夹杂物。还原期要关闭炉门, 充分保持炉内的还原气氛, 钢水还原时间要大于 20 min, 禁止在还原期吹氧升温。为避免出现渣气孔, 出钢前最好扒掉部分白渣, 另造中性渣以去除钢水中的 CaC₂ 微粒。严格控制出钢温度, 避免由于浇注温度高造成的一系列铸造缺陷, 出钢温度控制在 1580~1610℃。

用来盛钢水的钢包要烘至发红才能使用, 包内不能有氧化渣存在。出钢摇炉操作要平稳, 出钢口要畅通, 不允许钢水飞溅, 做到大口出钢, 钢、渣同出。避免先出渣、后出钢的现象; 严禁黑渣出钢、包中增碳。用铝饼脱氧时, 加入铝饼的方式对钢水的脱氧效果有一定的影响。因为铝饼在脱氧过程中容易上浮, 一部分与空气接触燃烧, 另一部分被钢渣包住, 使真正用于脱氧的铝仅占加入量的 25% 左右。所以用铝饼脱氧时, 1/3 的铝饼放到包底, 剩下 2/3 用插铝的方式进行脱氧提高了铝饼的吸收率。

另外冶炼低碳钢时, 可将 Si-Ca 或者稀土冲入钢包中, 以及降低出钢温度, 都可减少钢水的含氧量。

(下转第 25 页)

分别取横向和纵向冲击试样。表 4 和表 5 是冲击试验结果。从表 4 和表 5 的结果看,12Cr1MoVG 室温冲击韧性好,远远高于 GB 5310 标准规定的要求,并且在钢管的两端和钢管横截面上的不同

位置,冲击韧性没有明显差别,显示出良好的均匀性。

图 4 是钢管纵向脆性转变温度 $FATT_{50}$ 试验结果, $FATT_{50} = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 4 12Cr1MoVG 钢管室温 V 型缺口横向试样冲击试验结果
Table 4 The impact tested result of V-shaped notch horizontal sample for 12Cr1MoVG pipe at the interior temperature

试样编号	5-1	5-4	5-2	5-5	5-3	5-6	6-1	6-4	6-2	6-5	6-3	6-6	GB 5310 标准
取样位置	铤尾近外壁		铤尾 1/2 壁厚		铤尾近内壁		冒口近外壁		冒口 1/2 壁厚		冒口近内壁		
冲击功 A_{KV}/J	240	240	248	270	278	268	254	300	290	220	296	230	

表 5 12Cr1MoVG 钢管室温 V 型缺口纵向试样冲击试验结果
Table 5 The impact tested result of V-shaped notch vertical sample for 12Cr1MoVG pipe at the interior temperature

试样编号	7-1	7-6	7-2	7-5	7-3	7-4	8-1	8-6	8-2	8-5	8-3	8-4	GB 5310 标准
取样位置	铤尾近外壁		铤尾 1/2 壁厚		铤尾近内壁		冒口近外壁		冒口 1/2 壁厚		冒口近内壁		
冲击功 A_{KV}/J	250	294	250	282	298	298	296	300	300	298	284	294	

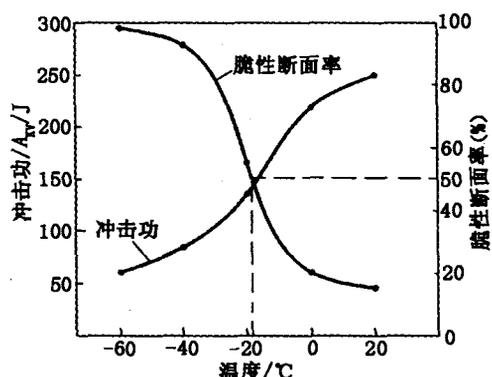


图 3 钢管试样在不同温度下的 A_{KV} 和脆性断面率
Figure 3 The A_{KV} and the brittleness section ratio of pipe sample at different temperatures

3.6 其它试验和检验项目

其它试验和检验项目包括高温持久试验、水压试验、超声波检验、冷弯试验、低倍检验等,除高温持久试验仍在进行中,其余试验结果均符合有

关标准的要求。

4 结论

北方重工集团采用锻造镗孔工艺生产高压锅炉用厚壁无缝钢管的技术成熟,无缝钢管的产品质量稳定可靠,各项性能指标达到或超过相关标准的要求,部分指标超过国内外同类产品。

参考文献

- [1] 徐英男. 我国发电设备用钢管现状与发展. 2004 年中国国际钢管研讨会论文集, 2004(9): 312-320.
- [2] ASME SA-369/SA-369M Specification for carbon and ferritic alloy steel forged and bored pipe for high-temperature service[S]. 2004 ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section II, Part A, Ferrous Material.
- [3] Q/PD 653B-2005 高压锅炉用厚壁无缝钢管[S]. 内蒙古北方重工业集团企业标准, 2005.

责任编辑 龙礼建

(上接第 18 页)

钢水出完后要镇静至少 5 min 左右才能浇注,以便钢水中气体、夹杂物能够继续上浮排出。浇注时,浇包尽量靠近浇口杯,以免太高造成钢水发散,形成二次氧化。

3 结语

钢水的质量是铸钢件产生铸造缺陷的重要原

因之一,只有严格遵守冶炼工艺操作规程,同时加强原材料的进货检验,才能稳定铸钢件质量。

参考文献

- [1] 陈国桢,肖柯则,姜不居. 铸件缺陷与对策手册[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
- [2] 美 s. L 凯斯,等. 钢铁中的铝[M]. 北京:中国工业出版社,1982.

责任编辑 邓 玉