

合金!

O 和 N 对铸铁中石墨组织及性能的影响

金仲信

(江苏华威世纪电子集团有限公司,江苏 常州 213144)

摘要:介绍了 $w(\text{C})$ 3.3%, $w(\text{Si})$ 1.8% 的铁液中 O_2 的溶解量,以及 O 在铁液中的存在状态,并介绍了临界温度对铁液中溶解 O 量的影响和 O 对石墨形核及组织的影响,进而指出 O 对铸铁性能的影响,同时指出了铁液中影响 $w(\text{N})$ 的因素,以及 $w(\text{N})$ 对球铁和灰铸铁性能的影响;认为定期对铸件进行含气量分析是十分必要的。

关键词: O; N; 石墨组织; 铸铁性能

中图分类号: TG250 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-8345(2008)03-0036-03

Influence of Oxygen and Nitrogen on Graphite Structure and Properties of Cast Iron

JIN Zhong-xin

(Huawei Century Electron Group Co. Ltd., Changzhou 213144, China)

Abstract: The content of oxygen dissolved in the iron melt containing 3.3% $w(\text{C})$ and 1.8% $w(\text{Si})$ and the existing state of oxygen in iron melt, as well as the influence of critical temperature on the content of the oxygen dissolved in the iron melt were introduced. The influence of oxygen on the graphite nucleation and graphite structure was described, and the influence of oxygen on properties of cast iron was also briefly described. In addition, the factors influencing nitrogen content in iron melt and the influence of nitrogen content on properties of nodular iron and gray iron were summarized. It was pointed out that scheduled gas content analysis of castings is very necessary.

Key words: oxygen; nitrogen; graphite structure; properties of cast iron

生产实践证实,炉料和熔炼等条件的不同,

铁液中 O_2 、 N_2 、 H_2 等气体的含量和存在状态是不同的,由此会影响铁液中石墨的析出及其凝固状态。特别是当铁液凝固时气体因溶解度急剧减少而被释放,以致铸件产生缩孔和针孔等缺陷。

铁液中含气量因熔炼炉的种类、操作条件的好坏,炉衬材料的干燥程度有着明显的变化。通过铁液中气体的分析,能够判断操作条件的好坏、熔炼材料的优劣,从而找出铸件缺陷产生的原因。因此,铸件中含气量的定期分析是十分必要的。

为了确保检测精度,所采取的试样必须白口化,特别是 O 分析试样一定要完全白口化。

下面简单论述 O、N 对铸铁中石墨组织及性能等的影响。

收稿日期:2007-07-19 修定日期:2008-01-30

作者简介:金仲信(1948.8-),男,江苏常州人,毕业于南京机器制造学校铸造专业,高工,现在华威反光材料有限公司从事企业管理工作。

1 $w(\text{O})$ 的影响

1.1 O 在铁液中的存在状态

在 $w(\text{C})$ 3.3%、 $w(\text{Si})$ 1.8% 的铁液中, O_2 的溶解范围如图 1 中网格线以上的两条曲线(两类独立反应的平衡曲线)所示^[1]。若铁液中 O_2 在这两条曲线以上时, O_2 与 Si 在约 1 400 ℃ 以下时生成 SiO_2 , 而在这以上的温度时 O_2 则与 C 生成 CO 。所以,当铁液中含有数个 ppm 以上的 O_2 量时, O_2 与 Si 发生反应,生成 SiO_2 并悬浮在铁液中。同时,比 Si 更为容易氧化,并可看作是不纯物的 Al 和 Ti 的氧化物也同样悬浮在铁液中。此外,从图 1 还可以看出,无论高 $w(\text{Si})$ 或低 $w(\text{Si})$ 的铁液,随铁液温度下降,溶解 O_2 量也随着下降。

图 1 中,不管氧化反应是生成 SiO_2 , 还是形成 CO 气体,两条平衡曲线交叉点的温度都可以看作临界温度,并由 C 和 Si 的质量分数来支配。这种支配关系如图 2^[2] 所示的那样,越是高 $w(\text{Si})$ 、低 $w(\text{C})$, 临界温度就越高。生产试验中用

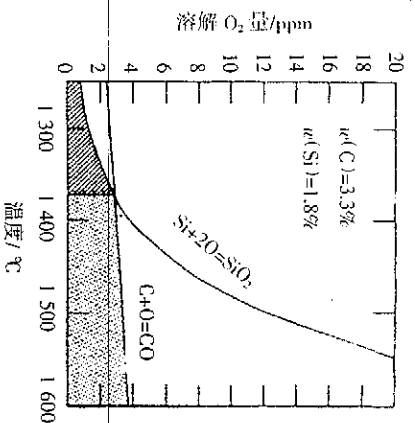


图 1 铁液中的溶解 O_2 量^[1]

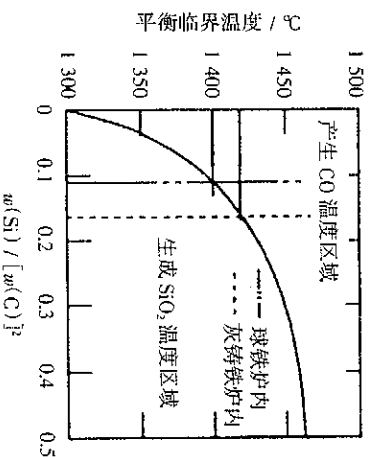


图 2 $w(C)$ 、 $w(Si)$ 与临界温度的关系^[2]
Fig.2 Relationship between C content, Si content and critical temperature^[2]

大量低 $w(Si)$ 高纯生铁熔炼球墨铸铁铁液时,超过 1 530 °C 总是会产生大量的火花,这种现象可以认为是由于临界温度低而放出较多的 CO 气体所致。

虽然,定量分清铸铁中的 O_2 和氧化物是非常困难的,但 O 分析可以通过改变抽出 O_2 时的温度来达到定量分析。即 SiO_2 及其它铸铁中大部分的氧化物在 1 350 °C 以下是不能被 C 还原的,但在此温度,短时间内抽出的 O_2 可作为溶解 O ; 另外在 1 800 °C 以上,所有的氧化物还原分解,而抽出 O_2 作为全 O 量加以判别。因此,采用这样的方法,石野等人对冲天炉与工频电炉熔炼铁液的 O 量进行了比较,结果冲天炉熔炼铁液的全 O 量较多^[3]。

1.2 O 对石墨形核、组织的影响

化铁炉中 O 的运动有前述的临界温度的说

法;但在这以下的低温区域,生成的 SiO_2 和 MnO 则一起浮上形成熔渣。此时的 SiO_2 是微细的固体,它的一部分在铁液中悬浮并留在铁液中,与相类似的氧化物如 Al_2O_3 等悬浮物一起,能起到作为生成石墨不均质核心的作用,因而能够防止过冷和白口化。

举例来说,在电炉熔炼时,若长时间地保持高温及伴随 CO 气体的产生,容易产生过冷,同时减少核生成物质的存在。另外,高温铁液与已氧化的筑炉材料所发生的接触反应 ($SiO_2 + 2C = Si + 2CO$) 也有助于 CO 气体的产生,因而减少了核生成物质。因此比起中频电炉,搅拌激烈的工频电炉熔化的铁液有抑制石墨核心生成倾向的作用。

O 与石墨化程度的关系: 根据条件不同,铁液中的溶解 O 既可促进石墨化,亦可阻碍石墨化。当铁液中的溶解 O 化合成氧化物,而氧化物又可作为石墨结晶的非均质形核的晶核时,溶解 O 就起了促进石墨化作用。铁液中的溶解 O, 如未化合,会阻碍石墨化,使铸铁的白口倾向增大。经用 Mg 球化处理后的铸铁的溶解 O 量为 5~10 ppm, 这说明球化元素有强烈的脱 O 效果, 随 $w(Mg_{球})$ 的增加, 可使石墨形态由片状变为蠕虫状或球状石墨^[4]。

日本的本间·福冈等人系统地研究了 O 和 S 对铸铁各种性质的影响,孕育前后的过冷、石墨化倾向和石墨形状的关系如图 3^[5]所示。即以片状石墨作为中心,随着 $w(O)$ 、 $w(S)$ 的变化,先后出现玫瑰状、共晶状、白口化等状态。从图 3 中也可以得出,灰铸铁在 $w(O)$ 20~30 ppm、 $w(S)$ 150~300 ppm 的范围呈现最佳的性能。但是,由于 $w(O)$ 由溶解 O_2 和氧化物中 O 两部分,对铁液的影响难以分清是哪一种形态的 O 所起的作用的。

1.3 O 对铸铁性能的影响

当铁液中溶解 O 量相同时,低 $w(Si)$ 铁液的试样白口深度大。随铁液温度下降,高 $w(Si)$ 铁液的白口深度降低;而低 $w(Si)$ 铁液仍保持较高的白口深度^[6]。

2 $w(N)$ 的影响

2.1 铁液中影响 $w(N)$ 的因素

O 和 S 能明显地减慢 N 在铁液中的溶解速

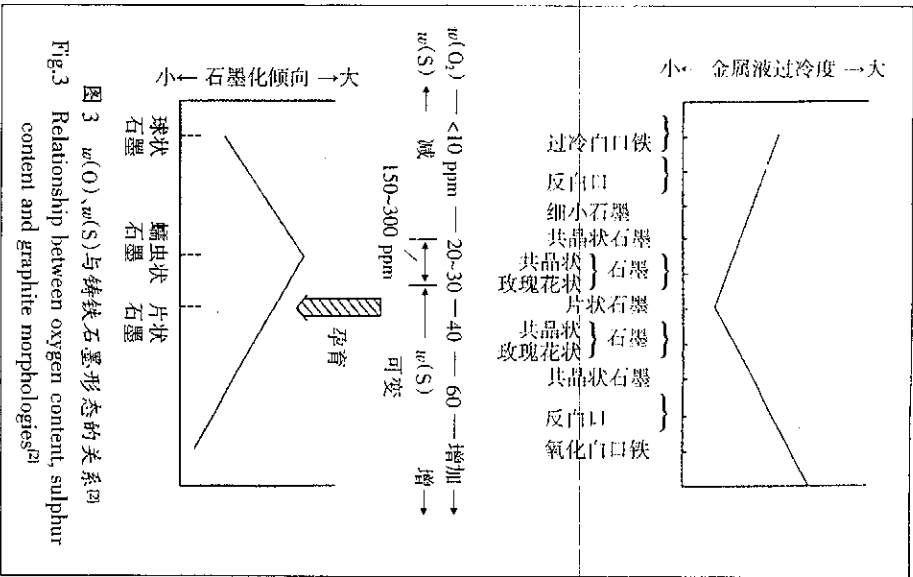


图3 $w(\text{O})$ 、 $w(\text{S})$ 与铸铁石墨形态的关系^[2]
Fig.3 Relationship between oxygen content, sulphur content and graphite morphologies^[2]

度。另外,铁液中其它起到脱O还原作用的元素均能明显影响N在铁液中的溶解速度;而没有脱O还原作用的元素对N在铁液中的溶解速度仅有极小的影响。

用感应电炉或用冲天炉熔化的炉料中,当废钢比例大时,由于废钢中 $w(\text{S})$ 低,且钢中奥氏体相可溶解不少 N_2 ,因而在熔化炉料过程中,铁液中总的 $w(\text{N})$ 将增加。

一般铸铁的典型 $w(\text{N})$ 如表1^[2]所示。

表1 各种铸铁的 $w(\text{N})$ ^[2]

Tab.1 Nitrogen content of various cast irons^[2]

铸铁种类	$w(\text{N})$ / ppm
灰铸铁	40~70
可锻铸铁	50~140
球墨铸铁	30~80
球墨铸铁原铁液	40~120

2.2 $w(\text{N})$ 对铸铁性能的影响

球墨铸铁由于球化处理减少了 $w(\text{N})$,因此N的影响减小。森田·井ノ山的试验报告指出^[2],溶解N增加,易生成游离 Fe_3C ,所以即使球墨铸

铁也不能忽视N的影响。而且, $w(\text{N})$ 过高还会造成气孔和针孔缺陷。

灰铸铁中适量的N可以改善石墨的形态,促进基体的珠光体化,因而能提高抗拉强度。所以,灰铸铁薄壁件的 $w(\text{N})$ 应控制在130 ppm以下,而厚壁件则不超过80 ppm。若 $w(\text{N})$ 过高,有必要添加与氮化合力强的 $\text{Ti}^{[2]}$ 。

另外应当指出的是,应用感应电炉及使用 $w(\text{N})$ 低的原材料,灰铸铁有 $w(\text{N})$ 较低的倾向,并且随铸件壁厚的增加,强度明显降低、淬透性不好。防止措施之一就是提倡使用 $w(\text{N})$ 高的增C剂,但此时必须定期分析 $w(\text{N})$ 。

2.3 案例分析

常州某铸造厂压缩机铸件中机座、机架、缸体及曲轴曾发生高达30%~50%的裂隙状气孔。请来专家,判断为“MnS皮下气孔”,采取气动脱S也无济于事。笔者却认为是 $w(\text{N})$ 过高而产生的N气孔。这是因为,该厂在较长时间连续出现铸件废品率过高,因而炉料配比中回炉铁用量大,废钢锈蚀严重、薄壁料多;冲天炉—工频电炉双联熔炼过程中,用于孕育之外的 SiFe 、 MnFe 全部从工频电炉内加入,冲天炉铁液经常出现氧化,而致使熔炼铸铁白口倾向大。在笔者的建议下,对存在气孔的铸件的含气量进行了检测,其结果为: $w(\text{N})$ 高达160 ppm。经过多加新生铁,用于孕育之外的 SiFe 、 MnFe 在冲天炉内加入;尽量不用锈蚀严重、轻薄的废钢。通过以上措施,裂隙状的N气孔得到根除,生产线恢复正常。

3 结束语

由于铁液中的O、N等对石墨形核及组织性能有一定的影响,定期对铸件含气量进行分析是十分必要的。即使自己工厂没有气体分析仪器,也应委托测试单位对 $w(\text{O})$ 和 $w(\text{N})$ 作定期测定。

参 考 文 献

[1]哈尔滨工业大学铸造教研室,译,铸造工学[M]北京:机械工业出版社,1983.
[2]全国钢铁铸造工业联合会,社团法人日本铸物工业会现场に役立つ铸鉄の溶解とニエツル[M]东京都:2000.
[3]中国机械工程学会铸造分会铸造手册·第一卷铸铁(2版)[M],北京:机械工业出版社,2002:53. **收稿**
(编辑:王 峰, E-mail: xdzl_wf@fawtc.com)