

氮在灰铸铁凝固过程中的作用

沈阳工业大学

李荣德 杨景祥

The behavior of nitrogen series of complex inoculants and effect of nitrogen on eutectic and eutectoid transformation of gray cast iron have been studied. It was show that nitrogen series of complex inoculants are of good inoculant effect and can stabilize pearlite, improve strength property significantly. This stable effect is because that nitrogen makes the beginning temperature of pearlite transformation higher slightly and finish temperature lower so that it widens the transformation temperature interval. So nitrogen in gray cast iron affects not only eutectic solidification but also eutectic transformation.

一、前言

氮在铸铁中的行为,从国外研究提出的氮能促进石墨形核^[1~3]、能使珠光体稳定化^[4]和明显提高铸铁的强度^[5~6],说明氮在铸铁中有着广泛的应用前途。然而迄今为止,将氮应用于实际生产的例子都依然较少,国内虽已开始了这方面的研究,但对氮在铸铁中的作用本质还弄得不很清楚。基此我们进行了含氮孕育剂及其应用的研究,并讨论了氮在铸铁中的作用。

二、试验、结果与分析

(一)试验条件

原材料用氮化铬、氮化锰、硅钙等。

试验用原铁水化学成分(%)为C_E3.95~4.1, C₃3~3.1, Si₂2.0~2.4。采用中频炉熔炼,出铁温度1480℃,孕育温度1350℃。

采用微分热分析研究N对共晶转变的影响,以DT-30B型差热分析仪研究N对共析转变过程的影响。

(二)氮系复合孕育剂

复合孕育剂的主要组元是Cr、N、Mn、Si、Ca(其中的N以氮化铬或氮化锰合金加入),孕育时的加入量0.5%。

1. Cr-N-Si-Ca复合孕育剂

(1) N含量的影响

图1表明固定Ca含量(5.35%)调整N含

量对性能的影响。可见当N含量增加至>3%时,抗拉强度的增加更为明显,说明孕育剂中的含N量大于3%是必要的,此时,相对强度 R_R 和相对硬度 R_H 均大于1,质量指标 m 一般都在0.9~1.0之间。

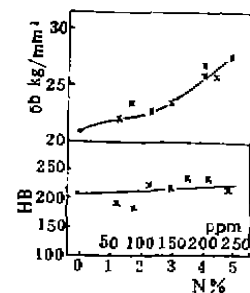


图1

图2所示为对激冷倾向的影响。当N含量<3%时减少白口较显著,增加含N量时白口倾向稍增加。

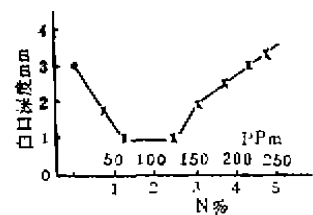


图2

表1系对断面敏感性的影响。可见随N含量增加,厚断面硬度值提高的幅度较大,

说明N在稳定厚断面的珠光体方面有着良好的作用。

表1

试样号	孕育剂成分%			阶试样断面硬度值HB				加N量 ppm
	Si	Cr	N	40mm	20mm	10mm	4mm	
IL0	—	—	—	201	206	215	242	0
IL11	14.8	50.8	4.8	221	228	238	270	240
IL2	29.1	38.1	3.6	205	207	231	235	180
IL4	43.4	25.4	2.4	202	207	214	243	120

注:孕育剂组成中的Ca为5.35%。

复合孕育剂对金相组织的影响,试验表明一般都能获得A型石墨达90%以上,且随含N量增加,石墨变细、尖端钝化、分布也更均匀,与此同时,基体组织中的珠光体量随之增加且细化,另外,共晶团也细化和数量增多。

(2)其他组元的作用

试验结果表明,孕育剂中含Ca量在7~11%时,基本上消除了D型石墨,珠光体量达95%以上,说明Ca也是其中的重要成分之一,而且Ca的这种含量范围也是合宜的。此外,为保证墨化能力,孕育剂中的含Si量也应在20%以上。

综上所述,CrNSiCa复合孕育剂的含N量3~5%、Ca7~11%、Si>20%时,加入0.5%便可使H20—40牌号提高到HT25—47。另外,试验的NMnSiCa复合孕育剂(以MnN代替CrN),所得的结果类似,只是MnN含N较低,故对性能的提高效果稍差,但却具熔点低、易吸收的特点。

2.CrMnSiCa复合孕育剂

CrMnNSiCa复合孕育剂综合了前两种孕育剂的特点,试验结果表明可以提高强度达3kg/mm²以上。

氮系复合孕育剂经生产验证,表现了能稳定提高铸铁的强度,尤其对高C_E铸铁的孕育效果更佳。

(三)氮对灰铸铁共晶凝固过程的影响

用微分热分析法研究N对灰铸铁共晶凝固的影响,采用样杯尺寸 $\phi 30 \times 70$,铁水C_E4.05%,图3和图4分别说明N对共晶转变温度和共晶转变过冷度的影响。

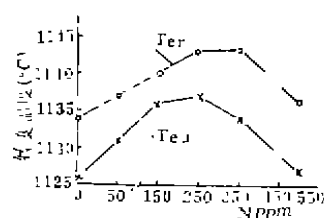


图3

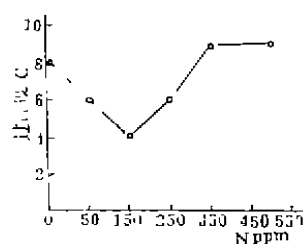


图4

图3和图4说明, 尽管N是稳定化元素, 但在铁水中的行为却是双重性的, 即当含N量较低(小于350ppm, C_E 在4.0%左右)时, 能提高共晶凝固温度, 减小过冷度, 从而减小激冷倾向, 改善组织和石墨形态, 表现出良好的孕育作用。但是当含N量超过某一定值后则表现了相反的作用结果, 恰好与图2吻合(若把图2的含N量换算成ppm的话)。

(四)氮对灰铸铁共析转变的影响

以青岛DT3QB型差热分析仪为研究手段, 不同含N量试样尺寸为 $\phi 3-5 \times 5\text{mm}$, 参比物用纯铜。进行加热时以 $30^\circ\text{C}/\text{min}$ 速率升温至 900°C , 保温10分钟后以不同冷速降温。

根据差热分析数据和不含N与含N(250ppm)时冷速对珠光体转变区间的影响, 综纳出如图5示的典型差热曲线, 也即是说, 随冷却速度的增大, 珠光体转变的起始和终了温度都降低, 而终了温度的降低尤大, 以致促使珠光体转变温度区间增大, 珠光体量增多, 组织细化。

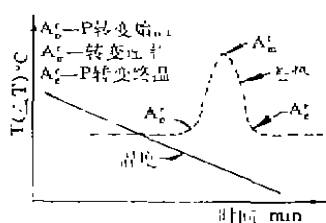


图5

不同含N量下冷速对珠光体转变温度的影响示于图6。

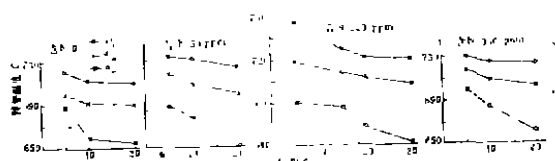


图6

N对珠光体转变的影响规律与冷速的影响

响不尽相同。一般认为N稳定珠光体是由于它降低珠光体转变点而使铁过冷度增大所致, 这只是一种推测, 并无实验证据, 其重要的原因是无法准确测定各转变点的温度。本试验采用的差热分析仪测定温度的准确度在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之内, 因此揭示了N之所以能使珠光体稳定化的重要原因在于: 当冷却速度一定时, 随N含量增加, 珠光体转变的开始温度略有升高, 转变终了温度则降低, 结果使珠光体转变区间增大(见图7), 尽管N对珠光体转变开始温度略有升高的作用与Cr元素有一定的关系。

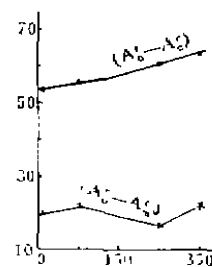


图7

三、结论

1. 氮系复合孕育剂能细化和钝化石墨, 细化与稳定珠光体, 并细化共晶团, 明显提高铸铁的抗拉强度, 尤其对高 C_E 和低 C 高 Si/C 铸铁的孕育效果更为明显。

2. 氮对灰铸铁的凝固过程起着重要的作用, 既影响共晶结晶, 又对共析转变贡献。适量的N所形成的夹杂物不仅促进石墨形核, 而且可以游离态富集于石墨或共晶团边界而限制石墨的生长, 使石墨细化和钝化, 同时也细化共晶团, 减小了过冷倾向。另外, 随N含量增加, 珠光体转变的开始与终了温度均下降, 促使转变区间增大, 从而稳定和细化了珠光体。N的这种作用与冷速作用不同, 主要是由于它促进珠光体转变开始温度略有升高、终了温度降低而使转变区间增大的结果, 但与带入的Cr有一定的关系。

(下转第39页)

同心度。此外,在集渣带上设置四个卡脖、根部为腰园形的明冒口,便于排气和补浇。采用这种工艺的成品率100%,铁水利用率87%以上。

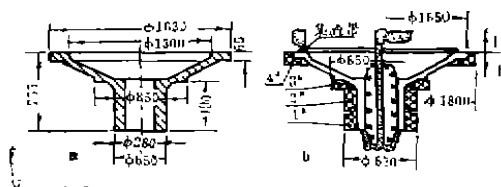


图1

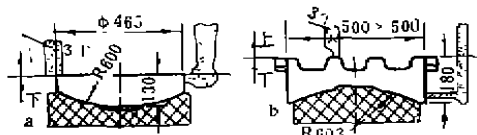


图2

图2为300吨摩擦压力机园盘耙片成型胎模及其下部放置的成型冷铁。采用侧浇及上部安放几个压边冒口,铁水利用率85%以上。这种胎模表面耐用性很好,热成型13万吨后,再行加工仍可使用。

二、内冷铁

一般认为球铁的熔点比铸钢低,表面张力大又易氧化,不易与内冷铁(尤其钢制内冷铁)熔合,所以应用的极为少见。但是生产实践证明,在某些厚大断面的球铁铸件中,放置钢制较大型内冷铁是完全可行的。

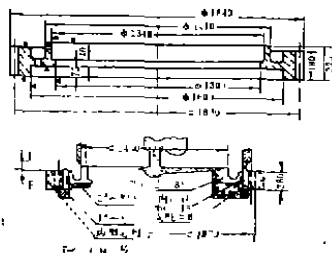


图3

图3a是 $\phi 1300 \times 4500$ 型球磨机大齿圈, $m=20$ 、 $Z \approx 90$,重约1.5吨,材质QT45-5。整个轮缘部份厚大,浇注位置高度较高,若只靠下部和侧面安设外冷铁,激冷效果不可

能延伸到上部。因此轮缘内也安放如图3b的一圈钢制内冷铁。这种内冷铁用 60×15 扁钢或是 $\phi 30 \sim 35$ 的A₃元钢,焊成闭合的园环,并用 $\phi 6$ 钢棍焊几个支撑柱,保证定位。内冷铁圈的中心应略高于热节园中心线的高度,并通过实验来确定与外冷铁所应保持的距离。轮缘下部及与辐板的交角处,均放置外冷铁,每层八块均布,间距 $100 \sim 120$ mm。此外,大齿圈的集渣带上安放四个 $\phi 120 \times 250$ 的卡脖冒口。这样,铁水利用率达90%以上,并明显提高铸件的机械性能,同时由于采用中央辐射状浇口,大流快浇,所以齿圈尺寸精确,铸齿表面清晰,无任何缺陷。

图4是100吨油压机砧座(砂型),为少用冒口,在下部设一外冷铁,四个立柱孔芯及斜工作孔芯中间的厚大型腔内下了内冷铁骨架,其材质为A₃,用 $\phi 80$ 圆钢焊成,无法焊合的圆钢头,应事先车成半球状,防止应力集中。砂型上部只放两个 $\phi 150 \times 250$ 卡脖冒口,铁水利用达92%以上。这种砧座钢制汽车半轴端部法兰盘八万多件仍可继续使用。

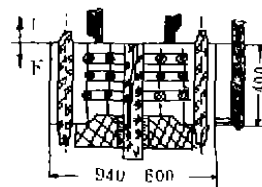


图4

(下接第21页)

参考文献

- [1] L. Ball《AFS Trans》1976
- [2] 西迁泰生、津田昌利《铸物》1982 June
- [3] 同[2] 1982 Aug
- [4] J. F. Wallace《AFS Trans》1975
- [5] G. F. Ruff, J. F. Wallace《AFS Trans》1976
- [6] 同[5] 1977