

稀土类孕育剂在 薄壁复杂铸铁件上的应用研究

Application Research of Rare Earth Inoculator on
Complicated Cast Iron with Thin Wall

程俊伟¹ 蔡安克¹ 钮本庆¹ 李锋军² 杨永录²

(1.中国一拖集团有限公司工艺材料研究所, 洛阳市 471004;

2.中国一拖(洛阳)铸锻有限公司, 洛阳市 471004)

摘要: 以 1# 稀土硅铁为主熔制的稀土类孕育剂抗衰退性能强, 具有促进石墨化和激冷倾向双重作用; 在相同试验条件下, 稀土复合孕育剂的效果优于单一孕育剂, 不仅提高铸件的强度, 而且改善铸件的组织。该类孕育剂在薄壁复杂铸铁件批量生产中, 可用来代替部分合金, 降低生产成本。

关键词: 稀土, 孕育剂, 薄壁铸铁件

中图分类号: TG250. 2; **文献标识码:** A; **文章编号:** 1006-9658(2008)05-3

1 概述

孕育处理是薄壁铸铁件生产中不可缺少的工艺方法, 它不仅提高铸件的力学性能, 改善铸件的组织与断面均匀性, 而且提高铸件机械加工性能和综合使用性能。目前国内孕育剂的种类很多, 效果差异较

大, 稀土类孕育剂近几年在薄壁复杂高强度铸铁上的应用愈来愈广。稀土对铸铁孕育作用的机制在于稀土元素有强烈的脱硫、脱氧能力, 微量稀土合金能在铁液中形成稀土硫化物、氧化物、氮化物, 这些化合物一部分作为渣被排除, 使铁液净化; 另一部分以非金属夹杂物悬浮于铁液中, 为石墨提供了大量外来核心, 为改善铸铁的组织 and 性能创造了条件。

稀土类孕育剂中的稀土元素都具有激冷倾向, 有增大共晶过冷度形成白口的趋势, 所以稀土作为

收稿日期: 2008-06-23

文章编号: 2008-084

作者简介: 程俊伟(1965-), 男, 高级工程师, 主要从事铸铁熔炼工艺及材料的研究

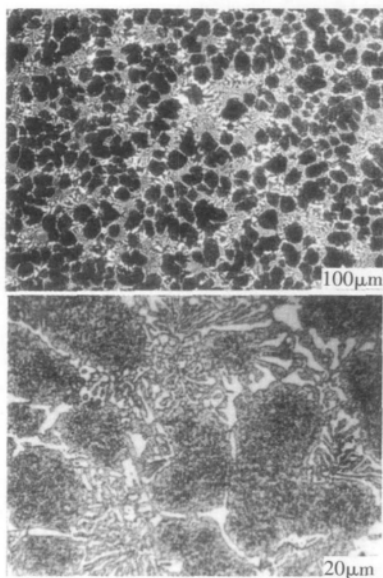


图3 高铬铸铁基体组织

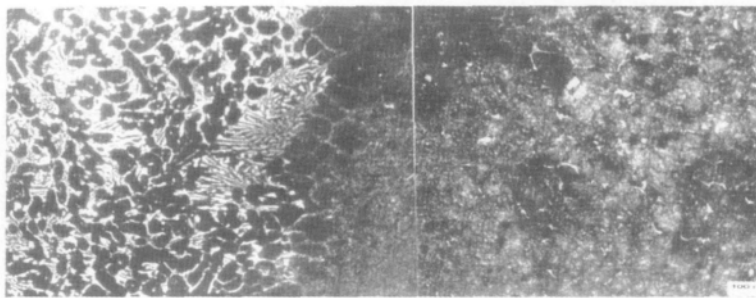


图4 高铬铸铁结合层金相

辊环均优于高碳半钢辊环, 单次轧制量是高碳半钢辊环的 1.5 倍。因此, 万能型钢轧机高铬铁水平辊环的研制已取得初步成功。

参 考 文 献

- 1 第七届全国冶金轧钢学术交流年会论文集. 型钢万能轧机特点及其轧辊选用, 2004.

论是辊环表面的磨损还是轧材表面质量, 高铬铸铁

孕育剂具有双重作用：当稀土加入量低于某一数值时，其促进石墨化的作用是主要的，因而促使共晶团细化，石墨呈细片状均匀分布，基体组织为珠光体加少量铁素体；当稀土加入量高于某一数值时，反而促进铁液的激冷倾向，试样白口宽度增加，并出现 D、E 型石墨。这个临界值如以残余稀土量衡量，在 0.025%~0.045% 范围。因此对于薄壁复杂高强度铸铁件，1# 稀土硅铁作为孕育剂，由于其稀土含量较高，几乎很难单独使用，必须与其它类型的孕育剂复合处理，才能保证铸铁组织和性能的稳定^[1]。

稀土类孕育剂抗衰老性能强，其中少量稀土元素可以消除铅和钛对灰口铸铁片状石墨形态的有害影响，减少由铬等元素引起的过冷，强化基体，提高薄壁铸件缸体、缸盖的强度和耐磨性^[2]。

2 试验孕育剂种类与成分

试验孕育剂种类与成分见表 1。

表 1 孕育剂种类与成分

孕育剂种类	化学成分含量 %						
	Si	Al	Ca	RE	Mn	Sr	Fe
镨硅铁	40~60	0.5	0.014	-	0.5	0.8~1.5	余量
稀土硅铁	40~45	-	0.6~1.2	28~32	0.5	-	余量
75 硅铁	70~75	1.5	1.2	-	0.5	-	余量

3 试验方案与条件

为了更好地指导生产实践，对缸体、缸盖等高强度铸铁生产中经常使用的孕育剂先期进行了交叉试验，在相同条件下，对稀土硅铁、75 硅铁、镨硅铁孕育剂进行了分析比较，同时按一定比例进行了 3 种孕育剂的复合交叉试验，分别检测力学性能与组织。

试验采用 500kg 电炉熔炼，出炉铁液温度 1480~1510，孕育剂炉前包内加入，浇注 10mm 厚试验试样和 $\phi 30$ mm 试棒，浇注温度 1380~1410。试验铁液主要成分：3.2%~3.4%C，1.85%~2.2%Si，0.1%~0.3%Cr，0.2%~0.5%Cu。

4 试验结果及分析

(1) 稀土硅铁 FeSiRE30 与 75 硅铁、镨硅铁 Sr-FeSi 的对比试验

试验时孕育剂加入量全部为铁液重量的 0.25%。试验检测的力学性能如表 2，试样的石墨组织如图 1、图 2、图 3。

表 2 试验检测的力学性能

样号	抗拉强度/MPa	平均硬度 HB	珠光体量 %
100%75FeSi	265.263	205	95
100%FeSiRE30	316.322	215	98
100%Sr-FeSi	268.268	208	95

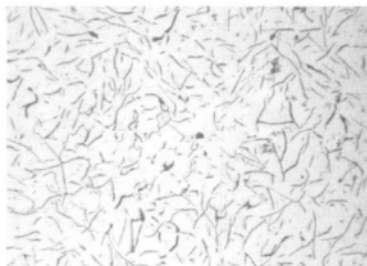


图 1 75 硅铁孕育组织 100x



图 2 稀土硅铁孕育组织 100x



图 3 镨硅铁孕育组织 100x

试验结果表明：铁液在同样试验条件下，0.25% 加入量的 1# 稀土硅铁明显增加了铸件的抗拉强度，但是铸件组织中出现了少量 B 型石墨，如图 2 所示。

(2) 稀土硅铁与 75 硅铁复合孕育处理试验

试验时孕育剂加入量为 0.25%，计入比例如下列四种方案，试验检测的力学性能如表 3，试样的石墨组织如图 4、图 5、图 6、图 7 所示。

表 3 试验检测的力学性能

样号	抗拉强度 /MPa	平均硬度 HB	珠光体量 (%)	激冷试样白口 宽度/mm
A	268.271	209	95	9
B	273.278	206	95	11
C	299.290	211	98	14
D	294.297	215	98	17



图 4 A 方案 100x



图 5 B 方案 100x



图 6 C 方案 100x



图 7 D 方案 100x

表 3 中: A. 20%FeSiRE30+80%75FeSi; B. 40%FeSiRE30+60%75FeSi; C. 60%FeSiRE30+40%75FeSi; D. 80%FeSiRE30+20%75FeSi。

试验结果表明: 稀土硅铁与 75 硅铁复合孕育处理中, 方案 A、B 的试样组织较好, 随着稀土含量的增加, 试样的白口倾向增加, 易出现 B、D 型石墨, 试样组织中珠光体量增加, 其强度、硬度也不断增加。

5 稀土铬锰硅铁孕育剂的应用

由于稀土类孕育剂具有双重作用, 因此, 在使用时, 只有掌握适宜的加入量, 才能得到预期的结果。大部分稀土类孕育剂都是以稀土硅铁合金作为基础, 硅含量一般为 10%~50%, 稀土含量为 5%~30%, 并复合以 Al、Ca、Ba、Mn、Cr 等元素, 获得合金化作用, 以提高力学性能。由于稀土类孕育剂的熔点较高, 溶解和扩散较慢, 常以复合熔制 Mn 元素来降低熔点。复合孕育剂多以熔制方法进行配制, 也有部分合金采用机械混合的方法配制。原铁液中铬量超过 0.35% 时, 不仅增加铸件的收缩倾向, 薄壁也易产生渗碳体。而冲入法加入熔制的稀土铬锰硅铁, 即使铬量提高了, 铁液的白口倾向和收缩并不会显著增加。

一拖公司独立研制的稀土铬锰硅铁孕育剂, 以稀土硅铁为主熔制部分锰铁、铬铁合金, 其中 1%~10%RE、2%~10%Mn、10%~40%Si、10%~40%Cr。这种孕育剂在薄壁高强度复杂铸铁上大批量使用, 代替部分铬铁、铜的加入, 明显降低了成本, 年节约数百万元, 经济效益显著。表 4 为试验铸件的主要成分和性能。图 8 为铸件石墨组织, 图 9 为铸件基体组织。

表 4 稀土铬锰硅铁孕育剂试验铸件性能及成分 (%)

编号	化学成分 (%)					试棒强度	试棒硬度	铸件硬度
	CE	C	Si	Cr	Cu	σ_b /MPa	HB	HB
1	3.91	3.29	1.83	0.295	0.095	265	196	187~206
2	3.86	3.26	1.86	0.325	0.115	273	195	191~200
3	3.30	3.30	1.87	0.303	0.17	328	215	186~206
4	4.03	3.29	2.16	0.31	0.16	292	223	187~211

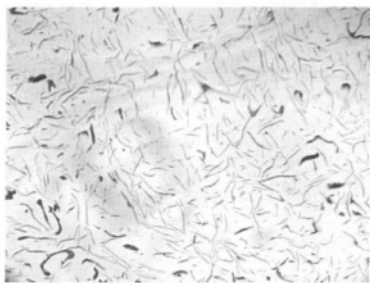


图 8 铸件石墨组织 100x

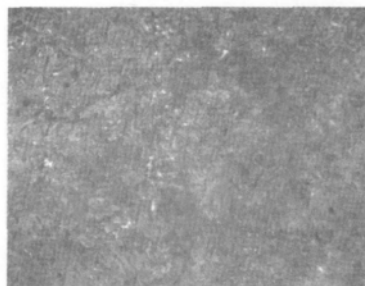


图 9 铸件基体组织 100x

6 稀土铬锰钙钡孕育剂的应用

稀土铬锰钙钡孕育剂也是以稀土硅铁为主熔制部分铬铁、锰铁、75 硅铁、钙钡合金, 其中 1%~10%RE、2%~15%Mn、30%~60%Si, 铬、钙、钡、铝适量。这种孕育剂不仅保证了铸件力学性能, 明显减少了铸件的白口倾向, 而且减少了合金的加入量, 降低了生产成本, 在生产部分薄壁高强度复杂铸铁件上已经大批量使用。钙、钡都是易氧化的元素, 能够有效降低铁液中的含氧量, 其形成的氧化物, 增加晶核数量, 消除无芯感应电炉在熔炼、进铁、加热、成分调整和保温等过程中造成的晶核数量减少、白口倾向增加等不良影响, 因此该孕育剂很适宜在冲天炉与无芯感应电炉双联熔炼中使用。表 5 为一拖 (洛阳) 铸锻有限公司使用稀土钙钡孕育剂后检测的铸件力学性能及主要化学成分。

表 5 稀土铬锰钙钡孕育剂试验铸件性能及成分 (%)

编号	C	Si	Cr	Cu	铸件硬度 HB	抗拉强度/MPa
1	3.26	1.83	0.168	0.072	201, 210	285
2	3.25	1.85	0.167	0.071	193, 204	278
3	3.27	1.89	0.145	0.068	197, 186	258
4	3.25	1.86	0.146	0.067	184, 196	270

7 结论

在同等孕育条件下, 稀土硅铁明显提高了铸铁的强度, 随着稀土硅铁加入量增大, 铁液白口倾向增大, B 型、D 型石墨出现的倾向增加。以 1# 稀土硅铁为主熔制的稀土铬锰硅铁和稀土铬锰钙钡孕育剂, 都能代替部分合金, 提高铸件强度, 其效益十分明显, 前者与 75 硅铁复合孕育处理效果更佳, 后者更适宜在白口倾向较大的感应电炉熔炼中使用。

参考文献

- 王春祺. 铸铁孕育理论与实践. 天津: 天津大学出版社, 1991: 190-191.
- 曾大本, 唐靖林. 灰铸铁研究与生产的新技术与展望. 铸造世界报, 2005(5).