

含钡孕育剂及其在灰铸铁中的应用

东北工学院

任存治 张成祥 李春材 金美惠

钡在铸铁中获得工业应用是始自 60 年代初, 1962 年美国 kessler 取得了一项含 Ba (2%) 孕育剂专利; B. Lux 等人首先研究了纯钡对 Fe-C 和 Fe-C-Si 等纯合金的孕育作用。之后, 随着孕育铸铁和球铁的发展, 对钡在铸铁中应用的研究更加深入, 含 Ba 孕育剂在国外许多国家得到长足的发展, 品种急剧增加, 并已初步形成标准化、系列化和商品化产品^[1~4], 应用范围也在不断扩大。我国对含 Ba 孕育剂的冶炼和应用研究也取得了可喜的成果。经研究认为, 由于 Ba 对 O、S、P 及 N 有很大的亲和力, 并具有高的沸点和在铁合金中有大的表面活性, 因而在铸铁中具有精炼作用和孕育作用。

为进一步促进含 Ba 孕育剂在我国推广应用并发挥其积极作用, 本文综述了国内外含 Ba 孕育剂及其在灰铸铁中应用研究的成就, 归纳了含 Ba 孕育剂对灰铸铁作用特点, 介绍了稀土钡复合孕育剂的应用新成果。

一、钡孕育剂对片墨铸铁组织的影响

最初的含 Ba 孕育剂之一是美国钒公司生产并获得专利, 其成分范围列于表 1^[5], 表中序号 3 是表 1

成分%	Si	Mn	Ca	Ba	Al
序号					
1	58~68	9~12	1.5~4	2.5	0.8~1.8
2	58~68	9~12	1.5~4	2.5~2.6	0.8~1.8
3	60~65	9~12	15~20	4~6	

注: 余为 Fe

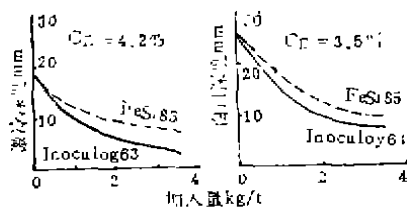


图1

后来发展的专利孕育剂 Inoculoy 63 的典型成分。这种孕育剂的熔化温度 1100~1200℃, 具有石墨化强、减小白口深度、改善铸件表面质量、加入量少等优点, 只要加入 0.1~0.2% 就比含 Zr (5.96%) 高效孕育剂有更强的减白口能力, 而且碳当量越低时的效果越显著, 这从图 1^[6] 所示的 Inoculoy 63 与 85FeSi 在各种碳当量铸件中的孕育效果对比得到说明。

罗马尼亚对含 Ba 孕育剂的研究和应用已有相当的成效, 表 2^[7] 所列是其用于灰铸铁的多元含 Ba 孕育剂。在共晶度 Sc 为 0.73 的灰铸铁原铁水条件下, 孕育剂加入量 0.2%, 浇注 $\phi 30$ 试棒, 以 75FeSi 孕育时的石墨形态为 E 型, 且有一定数量的游离渗碳体; Si-Ca 孕育时为大量 A 型石墨, MB2 (或 3) 等孕育时主要为 A 型石墨, 它们的基体组织都是珠光体。图 2 和图 3 则分别是前述三种孕育剂对共晶团数、白口深度影响的比较^[8], 可见 MB2 和 MB3 (尤其是 MB2) 有更强的细化共晶团的能力, 同时两者几乎相同地使铸铁的白口深度最小。总之, 可以认为 Ba 是强石墨化元素, 提高孕育剂中 Ba 的含量, 三角试样的白口深度便越小 (图 1^[7])。

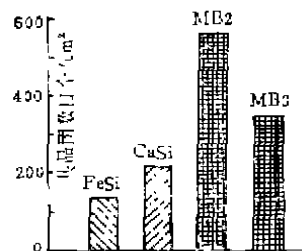


图2

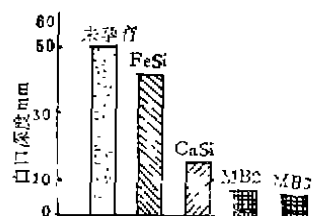


图3

表2

名 称	化 学 成 分 %						
	Si	Ca	Ba	Al	Mg	C	Fe
MB2	62~66	10~14	1~3	7~12	1~2		余
MB3	60~65	18~25	3~7	0~1.5			余
MBC21	48~52	6~9	2~5	3~6.5	0.7~1.5	24~26	余
MBC31	45~49	14~19	2~5	0~1		24~26	余
MBC32	30~39	9~15	1.5~4	0~1		40~50	余

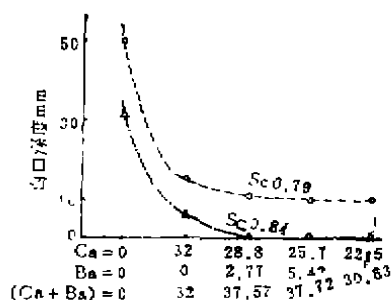


图4

苏联Б.И.Жуков等人研究了含Ba10~20%的复合孕育剂的物理化学性能及其最佳消耗量时的孕育作用时间如表3^[9],可见优于75FeSi,尤其是有Al或Ca加入于孕育剂时的效果更好。乌拉尔机器厂使用Si-Ba(含Ba10、Si58%)孕育剂,粒度1~10mm,加入量0.6~1.2%,铸铁件可获 σ_b 235~280兆帕,HB210~228。乌拉尔压缩机厂使用含Ba15~20%的Si-Ba孕育剂处理多种薄壁铸件均无白口现象^[9]。

表3

孕 育 剂	化 学 成 分 (%)						T _熔 (℃)	最佳 用量 (%)	有效期 (分)	相 对 效 率 有效期/最佳用量
	Ba	Si	Ca	Mg	Al	Fe				
SiBa2	14.52	62.21	0.28	0.33	1.36	16.64	1255	0.7	8	11.5
SiBaAl	10.73	53.47	0.95	0.54	11.16	13.54	1125	0.5	11	23
SiBaCa	11.90	54.51	5.37	0.41	1.96	15.23	1170	0.4	10	25
SiBaCaAl	11.56	54.69	5.27	0.36	10.12	14.10	1140	0.3	11	37
75FeSi		76.30	0.70		1.20	21.5	1300	0.7	4	5.5

注:有效期指加入孕育剂开始到三角试样断口不出现白口的时间。

二、钡孕育剂对铸铁机械性能的影响

图5表明Inoculoy63与85FeSi对铸铁的挠度、抗拉强度影响的比较^[10],可见前者明显地提高了铸铁的机械强度,但加入不宜过量,以0.2~0.4%为宜,视铸件截面尺寸而定。在这种加入量范围内, Si加入量最多为0.24%,与加入1% 75FeSi时相比,其Si量降低0.5%,这种较低的Si通常是

的。如果所需的终Si量超过推荐的数量,则应以75FeSi来调整。

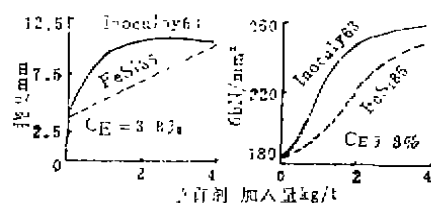


图5

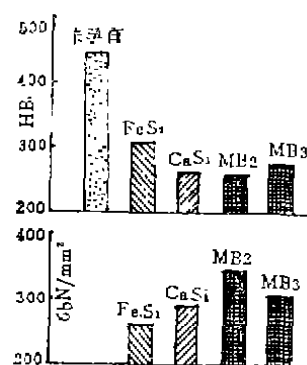


图6

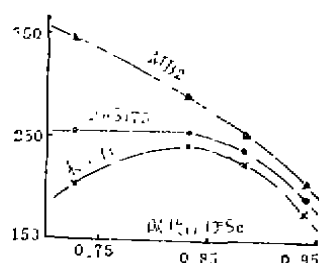


图7

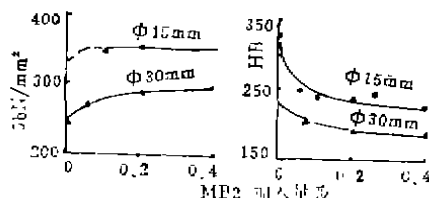


图8

图6 示明在共晶度 S_e 为0.73条件下各种孕育剂(加入量均为0.2%)对铸铁机械性能的影响^[8],可见含Ba孕育剂MB2有最好的结果,图7^[8]则进一步表明,共晶度越低,MB2的良好影响越显著,另外当以0.2%的剂量加入时,就能获得最高的 σ_b 和最低的硬度值(见图8^[8])。

含有Ba和Zr的多元孕育剂(成分为Si62.5、Ca2.1、Ba2.5、Al1.5、Mn6、Zr6%、余为Fe)也是令人感兴趣的,但加入也不能过量,当在1480℃以上温度时,Ba的孕育效果胜过Ca,而温度在1370~1425℃之间时,Ca孕育效果比Ba好。不过,这种孕育剂适合于宽广的温度范围内进行孕育处理^[7]。

M.B. Волошенко等人研究的含Ba孕育剂,成分(%)为10.34Ba、2.08Ca、1.16Al、14.0Fe、余为Si,在不同的共晶度下作了与75FeSi的孕育效果比较(见图9^[10]),可见所得结果与前述情况相同,即比75FeSi的孕育效果更好,只是当加入量

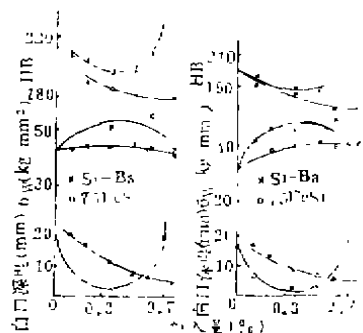


图9

超过一定值后,减白口能力和机械性能均有所降低。

三、钡孕育剂的抗孕育衰退能力

钡孕育剂对铸铁的另一大优点是提高了抗孕育衰退能力,如图10^[10]所示,以20%Ba-Si+80%FeSi组成的孕育剂处理保持15分钟后,白口深度便已是定值,而以FeSi单独处理,在同样的时间内白口深度却成倍增加。

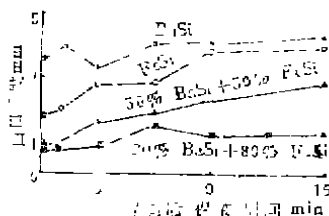


图10

日本堀田一二三等人研究了FeSiBa(含Ba 8.18%)对灰铸铁的孕育效果及抗衰退能力,并与CaSi及FeSi作了对比,结果如图11^[11]所示。可见,白口深度随孕育剂加入量的增加而减少,其中以FeSiBa的效果最好,在将孕育后的铁水保持时间延长时,白口深度随之逐渐增加中,也是FeSiBa的增加得最少。另外,共晶团数也是随孕育剂加入量的增加而增多,并随铁水停留时间的延长而减少,尽管前者以CaSi的作用最著,然后者却以FeSiBa的为最小。因而认为FeSiBa孕育,随着白口减少的同时,孕育衰退也减少。

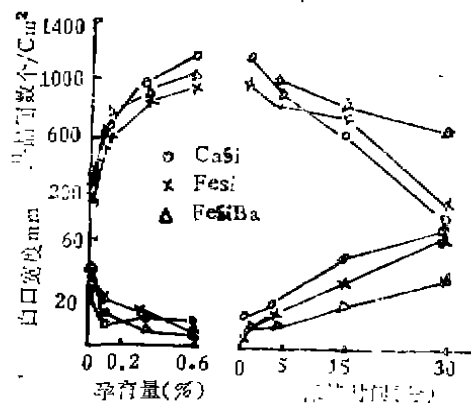
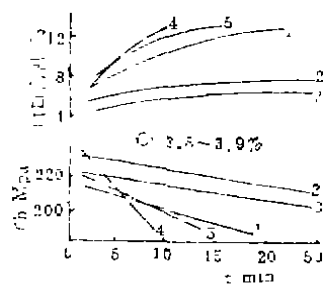


图11

苏联曾对各种孕育剂的孕育效果进行了研究,由图12^[12]示明各种孕育剂孕育后的白口和 σ_b 变化(即是孕育效果的“有效时间”),可见KM和BaKcnp的孕育效果(“有效时间”)优于其他孕育剂,这也从对流动性、体积收缩的相对减少量及硬度沿阶梯各截面分布情况的检测结果得到同样的说明。



1. $\Phi C75(75FeSi)$ 2. $KM(20\sim30Re, 35\sim40Si, 15Cu)$
 3. $\Delta Kcnp(20Re, 35Si, 18Ba, 10Ca)$
 4. $\Delta Kcnp-3(21.8Re, 18Mg, 52.6Si)$
 5. $\Delta Kcnp-2(10.3Re, 48.2Si, 7.2Mn, 14.2Zr)$

图12

四、含Ba孕育剂种类

根据英国《Abstracts of Foundry Literature》

表4

成分%	Ba	Si	Ca	Re	Al	Mn	Mg	Cu	C	Fe
序号										
1	0~12		1~10	0~4	1~2		5.5~7.0			
2	0.5~10	40~60	5~10		2.5~8.0			10~25	0.5~6.0	
3	0.5~1.5	45~80	0.5~1.5	0.5~1.5			0.5~2.5			
4	5~10	30~35		2.5	20~30					SL 6~10
5	3~15	余	3~5	3~15					0.5~20	Sn 0.5~6
6	1~6	33~65		5~18		7~11			Zr12 ~25	Sr 0.2~5
7	0.01~6.0	25~42				0.01~5.0			0.2~22.2	Cr 30~35
8	30~45	余	0.5~10		0.3~4		0.1~2.0	0.01~0.5		
9	1~5	20~25	7~10	6~9				16~24	8~12	Sn 0.5~5
10	2.0~2.27				12.5~15.9					Bi1.0 ~1.36
11	0.1~3.0	45~55	0.4~7.0	0.5~6.0	0.1~5.0				Zr1.0 ~5.0	Sr1.0 ~3.0
12	25.0~35.0	45.5~50	5.0~6.0		1.5~2.0	5.0~8.0				
13	2~3	60~65	1~2		5~8					
14	3~15	余	3~15			5~15			0.5~20	Sn 0.5~6

注：1为球化剂和孕育剂、2用于球铁孕育

ature》1973~1985摘录世界各国使用的含Ba孕育剂，归纳起来有近廿种之多，表4^[13]列出其主要的化学成分。可以看出，这些含Ba孕育剂并非单纯的Si-Ba合金，比较多的还复合了Re、Ca、Al等元素，Ba的含量以小于10%的居多。其共同的特点是减少碳化物生成、提高和改善机械性能、改善石墨形态和断面均匀性以及防止孕育衰退。

五、我国含Ba孕育剂的生产和应用

我国有关含Ba孕育剂的研究、生产和在灰铸铁中的应用虽起步较晚，但也有相当成效。目前，Si-Ba孕育剂已有专门生产，只是应用尚不广泛。重庆柴油机厂生产CS-1100型柴油机机体时，采用Si60Ba5以0.4%的剂量作随流孕育，取得了明显的效果，较之于75FeSi孕育，基体组织细化、珠光体数量增多，机械性能显著提高（见表5^[14]），可使铁水提高一个牌号。

表5

孕育剂	组 织				性 能	
	石墨 (%)	珠光体 数量 (%)	晶粒大小 (等级)	σ_s (Mpa)	$\sigma_{0.2}$ (Mpa)	HB
75FeSi	B型 3级	90	3级	210	450	197
Si60Ba5	A型 1级	93	<1级	260	500	229

根据我国资源, 利用包头高炉稀土渣和重晶

表6

牌 号	化 学 成 分 %						
	Re	Ba	Ca	Si	Mn	Ti	Fe
					不 大 于		
FeSiBa ₂ Re ₃	2.0~4.0	2.0~6.0	3.0~7.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₇ Re ₃	2.0~4.0	6.0~8.0	6.0~10.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₄ Re ₅	4.0~6.0	3.0~6.0	3.0~7.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₇ Re ₅	4.0~6.0	6.0~8.0	6.0~10.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₄ Re ₇	6.0~8.0	3.0~6.0	3.0~7.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₇ Re ₇	6.0~8.0	6.0~8.0	6.0~10.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₄ Re ₉	8.0~10.0	3.0~6.0	3.0~7.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₇ Re ₉	8.0~10.0	6.0~8.0	6.0~10.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量
FeSiBa ₄ Re ₁₁	10.0~12.0	3.0~6.0	3.0~7.0	45.0~50.0	4.0	3.0	余量

综前所述, 表明含Ba孕育剂对铸铁有强烈的孕育作用, 因而能显著减小白口深度, 提高抗拉强度, 同时也有较强的抗孕育衰退能力。当Ba与Re等

石, 采用特殊的冶金方法, 可以制取稀土钡硅铁孕育剂, 其孕育能力更优越于稀土钙和75 FeSi^[10]。内蒙赤峰铸造厂使用稀土钡硅铁合金处理过共晶铁水, 浇注Dg300和Dg600铸铁管, 晶粒明显细化, 石墨形态也有所改善, σ_s 平均提高64N/mm², $\sigma_{0.2}$ 平均提高117N/mm², 耐水压性和气密性大幅度提高。但其加入量宜在0.15~0.4%范围, 过量会降低铁水的流动性。冶金部已把赤峰铸机厂作生产稀土钡硅铁合金的定点厂, 并制定了地方生产标准, 产品规格及其化学成分如表6^[10]。

复合时, 孕育效果则更加显著。从此说明此类孕育剂在灰铸铁中的应用, 是有其广阔的前景。

(续第55页)

改善耐磨铸铁韧性的铸造工艺进步

中船总十二研究所 王克远

在电力、机械、建材、采矿等工业和船舶工程中所使用的许多机械零件需要具有耐磨性能, 因而探讨其磨损机理、开发耐磨材料、研究制作耐磨件的新型铸造工艺是近几十年来铸造行业的一项重要课题。

在耐磨铸铁中, 铬系白口铸铁应用最广, 发展最快, 从30年代欧洲出现镍硬白口铸铁后到50年代, 高铬白口铸铁已风行国外, 我国从70年代也开始了高铬铸铁的研究, 目前, 新一代的高铬白口铸铁已能取代高锰钢而在世界上获得广泛应用。

高铬白口铸铁的特点是硬而脆, 脆性这一

致命弱点使该铸铁无法适用于有冲击力的工况条件, 从而影响了应用范围的扩大, 所以, 提高其抗断裂韧性是目前国内外研究的一个重点。几十年来, 为了提高高铬铸铁的韧性, 国内外铸造工作者在铸造工艺方面作了大量工作, 如变质处理、多元合金化等, 特别是近几年来出现的复合铸造工艺和纤维强化铸造工艺使提高高铬铸铁的韧性获得了突破性的进展。

一、改善耐磨白口铁韧性的工艺方法

几十年来, 人们为提高白口铁韧性采取了如下