



铸铁孕育剂的基本知识

上海浦东马铁厂 (201209) 金仲信

在实际生产中, 铸铁孕育剂虽然已经得到广泛应用, 但许多铸造工作者对如何正确选择和使用孕育剂仍感到有些困惑。为此, 作者特收集和编写了有关铸铁孕育剂的基本知识, 以便同行参考并指导生产。

1. 各种元素的孕育作用

各种元素的孕育作用如表 1 所示。

表 1 各种元素的孕育作用

元素	孕育作用
Si	促进石墨化, 与 Ca 同时使用时效果倍增
Ca	与 Si 同时使用时效果倍增, 特别是在 1370 ~ 1430℃ 时效果明显; 但 Ca 加入量多时易产生渣眼缺陷
Ba	能抑制孕育衰退, 即使是 1480℃ 的高温孕育, 也有效果
Al	促进石墨化, 但易诱发皮下气孔
RE	在铁液含硫量低时, 可提高抗拉强度, 抑制白口化, 但在含硫量高时, 效果小
Sr	抑制白口化, 石墨化能力大, 但同时有 Ca、Ce 元素时孕育效果小
Zr	能助长石墨核的生存, 促进石墨化, 但在与 Mn 同时使用时溶解性多少有些问题
Mn	有稳定珠光体的作用, 与氮一起使用时效果大, 可使 (Zr 系) 孕育剂的熔点下降

2. 根据孕育目的而分类的有效元素

实际上孕育剂是根据孕育的目的而选择的。生产中可根据表 2 按目的选择有效元素的孕育剂。

表 2 根据孕育目的选择有效元素的孕育剂

孕育目的	有效元素
防止白口	Sr、RE、Ba
延迟孕育衰退	RE、Ba、Ca
促使孕育剂容易熔入铁液	Mg、Mn
促进石墨化	Ba、Ca

3. 根据熔炼铁液的特性而选择孕育剂

可根据化铁炉及铁液的不同和孕育目的选择孕育剂 (见表 3)。

表 3 根据熔炼铁液的特性 (含硫量) 及孕育目的而选择孕育剂

目的 铁液种类	提高抗拉强度、 降低白口倾向	降低白口倾向	提高抗拉强度
高 S 系 (冲天炉铁液)	没有特别有效的, Ca、Ba 系略好些 例如: Ca-Si-Ba、 Fe-Si-Ca	石墨系良好 例如: 电极屑	N 系良好 例如: Fe-Mn-N、 Fe-Cr-N
低 S 系 (工频电炉铁液)	Ce、Ca、Ba 系良好 例如: RE-Si、 Ca-Si-Ba Fe-Si-Ca	Ce、Sr、Ca 系良好 例如: RE-Si、 Ca-Si-Sr、Fe-Si	N、Ce 系良好 例如: Fe-Mn-N Fe-Cr-N、 RE-Si

4. 铸造工艺条件与孕育剂加入量

孕育剂加入量见表 4, 与铸造工艺条件密切相关。

表 4 铸造工艺条件对孕育剂加入量的影响

	铸造工艺条件	孕育剂加入量
1	材质	球墨铸铁比灰铸铁孕育剂加入量多
2	熔炼方法	电炉熔炼比冲天炉熔炼孕育剂加入量多
3	炉料	炉料中废钢加入量大时孕育剂加入量多
4	化学成分	低碳低硅的铁液孕育剂加入量多, 特别是灰铸铁含硫量低时孕育剂的加入量增加
5	浇注时间	经过孕育的铁液如浇注的时间长, 孕育剂加入量增多。这是由于浇注时间长, 而导致孕育衰退
6	铸型	铸型紧实度高而相对加快铸件的冷却, 孕育剂有加入量增加的倾向
7	铸件壁厚	薄壁件易产生白口, 因而孕育剂加入量增多
8	铁液温度	由于熔炼温度、保温温度、浇注温度的不同, 孕育剂的添加量、孕育剂的成分和孕育剂的块度也有所不同
9	铁液清洁度	铁液中含渣量多, 孕育剂量有增多的倾向

5. 铸铁孕育剂的块度及加入量

孕育剂块度及加入量取决于孕育方法 (见表 5)。孕育剂加入量过少, 会导致加工性恶化、力学性能降低和基体组织不均一。但孕育剂量过多, 不



仅不经济，还会产生熔渣过多、铁液温度降低及由于共晶团数的增加而产生的缩孔。孕育剂块度过小，容易发生孕育衰退，易产生由于氧化而引起的熔渣。孕育剂块度过大，不能对铁液均匀孕育，还会使未溶解的孕育剂浇入铸型。

特别应当指出的是在电炉炉内、出铁槽冲入和转包孕育时，如果与熔渣粘着，既消耗了孕育剂，也影响了孕育效果。

表 5 铸铁孕育剂的块度及加入量

孕育方法	孕育剂块度/mm	加入量 (质量分数,%)
电炉炉内（出铁前）	3~10	0.3~0.6
出铁槽冲入法	1~10	0.1~0.5
转（倒）包孕育法	1~10	0.1~0.5
随流孕育法	0.2~0.8	0.05~0.2
孕育丝孕育法	0.1~1（直径）	0.1
型内孕育法	≤0.25	≤0.1

6. 使用各种孕育剂的特点及注意事项

一般情况下，孕育剂以 Fe-Si 为主流，但实际上，纯净的 Fe-Si 是没有多大的孕育效果的，为此通常含有 Al、Ca。从这方面来看，实用的孕育剂是复合化的合金。在此，谈谈各种孕育剂特点或使用的注意事项（见表 6）。

表 6 铸铁孕育剂的特点或使用上的注意点

	孕育剂	特点及使用上的注意点
1	Fe-Si	最常用的孕育剂，应注意 Al、Ca 的含量
2	Fe-Si-Ba	抗衰退性良好
3	Fe-Si-Zr	难溶解（添加 Mn 容易溶解），对防止氮气孔有效果
4	Fe-Si-Sr	在灰铸铁低硫（ $w_s \leq 0.06\%$ ）时，孕育效果好
5	Fe-Si-Ti	对防止氮气孔有效果，可影响石墨形状，对回炉铁要严格管理
6	Fe-Si-RE	在低硫（ $w_s \leq 0.03\%$ ）时，孕育效果好
7	Fe-Si-Sn Fe-Si-Sb	有稳定珠光体的作用
8	Ca-Si	主要用于灰铸铁，溶解较困难，要注意渣孔缺陷
9	石墨 + (Fe-Si)	主要用于灰铸铁，在含硫量高时（质量分数 0.06%~0.12%）孕育效果好

7. 在炉前采用热分析法时如何使孕育剂加入量最优化

在采用热分析法分析成分和进行炉前控制时，可根据石墨共晶温度来判断和优化孕育剂的加入量。

理论上石墨共晶温度为 $1153^\circ\text{C} + 6.7 \times \text{Si}\%$ 。可用测出的未经孕育及孕育后的最低共晶温度，用式（1）和（2）来判断是否采取孕育及孕育效果的优劣。

$$(T-ID) - (T-NIN) \geq 20 \sim 35^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$(T-ID) - (T-NIN) / \{(T-ID) - (T-IN)\} = A \quad (2)$$

式中 $T-ID$ ——理论石墨共晶温度

$T-NIN$ ——未孕育的最低共晶温度

$T-IN$ ——孕育后的最低共晶温度

判断式：

当（1）式成立时，表示要孕育，

（2）式中 $A \leq 1$ 时：表示孕育不足或孕育剂不适合； $A \geq 2.5$ 时：表示孕育过度； $A = 1.1 \sim 2.4$ 时：表示孕育适宜。（20021115）

（上接第 14 页）

炉温度较低时，要达到满意的脱硫效果，应选用 DTS—II 或 DTS—III 型脱硫剂，脱硫剂加入量，原则上 $\leq 1\%$ 。对搅拌法脱硫，在选择 FL 系列铸铁复合脱硫剂时也是如此，在浇包小或出铁温度低时选用 FL—II 或 FL—III 型脱硫剂，加入量原则上 $\leq 1.5\%$ 。

7. 铁液炉外脱硫的展望

（1）脱硫效率高、加入量少、降温少。从脱硫反应式可以看出，在 S 从 0.08% 脱至 0.02%，采用 CaO 与 CaC_2 脱硫剂，实际参与反应的有效量仅为 0.28% CaO 与 0.27% CaC_2 ，如按加入量 1.5% 计，实际有效利用率不到 20%，其余大部分被浪费了，还造成铁液降温。因此，研制高效、高吸收率的脱硫剂是发展方向。

（2）研制低熔点、快吸收的脱硫剂，只采用铁液冲入法脱硫就可达到 70% 以上的脱硫效果，操作方便。另外，脱硫渣为液体，无游离石灰与碳化钙，不污染环境，也是脱硫剂的发展方向。

（3）采用高能旋转磁场发生器，进行铁液搅拌脱硫，特别是在冲天炉铁液连续脱硫上应用，意义更大。（20021201）