

低硅孕育剂在铸造企业的应用

王晓靖, 马洪亮, 谢高峰

(江苏铭耐合金科技有限公司, 江苏常州 213131)

摘要: 本文针对一种新型低硅孕育剂进行研究, 并在铸造生产线上进行小批量试验, 经过试验调整后, 铸件的金相组织和力学性能均合格, 将该孕育剂用于铸件的大批量生产, 结果铸件的各项性能仍能稳定达标。实践证明: 新型低硅孕育剂打破传统低硅孕育效果差的旧观念, 取得很好的孕育效果。同时, 该孕育剂明显降低铁水中的硅含量, 熔炼时回炉料的使用量可以大幅度提高, 减少废钢、生铁以及合金的使用量, 解决铸造企业难以大量使用回炉料的问题。

关键词: 低硅孕育剂; 金相; 回炉料

目前我国的铸造企业如雨后春笋般蓬勃发展, 不管是规模或是产能上均大幅度的提高, 新自动大型设备与新技术层出不穷。目前, 中国是世界上最大的铸件生产国, 铸件产量占世界总铸件产量的 40% 以上, 但是铸件生产率却大大低于世界发达国家 (铸件生产率计算是总铸件产量除铸造企业数), 生产率低主要体现在生产效率低其中就包括铸件出品率低, 大量的铁水没有转化成有效的铸件; 然而, 面对庞大的中国铸造企业, 各国的铸件采购商有更多的选择, 有些铸造企业为了赢得订单不惜低成本运作, 因此, 在产品质量相对稳定的情况下, 降低生产成本提高企业的核心竞争力是中国铸造企业的唯一出路。目前铸造企业都不同程度的采用吃回炉料的方法来降低成本, 对于不同材质的铸件来说, 增加回炉料使用量可以少加废钢、生铁以及合金的使用量, 解决回炉量堆积的难题; 然而, 回炉料中硅含量与铸件产品中的硅含量相当, 在生产过程中随着孕育剂和球化剂的加入, 更多的硅被带入铁水, 铁水中硅含量超标。有些球铁生产企业采用了压块球化剂技术^[1], 硅含量很低, 可以达到增加回炉料使用的目的, 但是压块球化剂爆发剧烈, 控制困难, 镁吸收率低, 很难保证铸件金相合格。因此, 灰铁件无法使用压块球化剂来降低铁水硅含量。笔者公司生产的低硅孕育剂在国内某大型精密铸造企业进行小试和批试, 目前已进入量产阶段, 其中灰铁回炉料使用量可达到 90%, 球铁回炉料使用量可达到 85%, 产品金相组织和力学性能均达到规定标准。下面对低硅孕育剂孕育效果和应用过程进行阐述。

1 低硅孕育剂的孕育效果

随着铸件的性能要求越来越高, 孕育剂出现了很多型号, 其中普通硅铁以其便宜的价格在很多传统的铸造企业中仍得到比较广泛的应用, 但是普通硅铁对形状复杂、金相和力学性能要求高的铸件无法满足要求, 因此, 在普通硅铁的基础上添加了 Ca、Ba、Sr、Zr、Mn 等具有孕育效果的合金元素^[2], 增强孕育; 传统观念认为硅是起孕育作用的主要元素, 对硅铁孕育剂中硅含量有明确要求 (不能小于 72%), 但是, 随着孕育技术发展到今天, 很多传统观念已经被打破, 研究表明硅元素孕育效果不明显, 它在合金中只起到辅助作用^[3,4]。为此, 本文也做了大量试验工作, 证明低硅钙钡孕育剂 (硅含量在 25%~30%) 与普通硅钙钡孕育剂 (硅含量大于 72%) 具有同等级的孕育效果, 同时也证明了 Ca、Ba 微量合金元素对孕育起决定作用。为了验证低硅孕育剂的可实用性, 笔者在某压缩机铸造厂做实验, 对比低硅钙钡孕育剂与普通钙钡孕育剂用在同一款产品铁水中的孕育效果, 结果如表 1 所示。

试验随机选用了一款制作 HT250 牌号气缸产品的原铁水。制作了内径 20mm、内部高 50mm (简称 20/50), 内径 35mm、内部高 50mm (简称 35/50) 的两种砂杯, 图 1 为 35/50 砂杯。将粒度为 0.1~0.6mm 的低硅钙钡孕育剂与普通硅钙钡孕育剂按照铁水重量 0.2% 分别倒入砂杯中。铁水温度在 1430℃ 以上浇入砂杯, 待铁水冷却后制成金相试样。

表 1 原铁水及孕育剂成分

原铁水化学元素	C	Si	Mn	P	S
成分/%	3.3	1.8	0.7	0.07	0.09

低硅孕育剂化学元素	Si	Ca	Ba	Al
成分/%	30	1.5~2.5	1.0~1.5	<0.6

硅钙钡孕育剂化学元素	Si	Ca	Ba	Al
成分/%	70~75	1.0~1.5	2.0~2.5	<1.5



图 1 35/50 砂杯



图 2 低硅孕育剂 20/50 样块金相

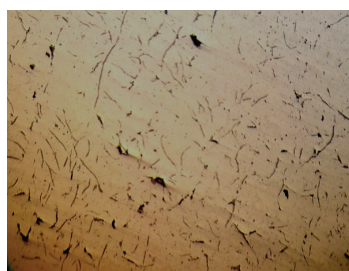


图 3 低硅孕育剂 35/50 样块金相

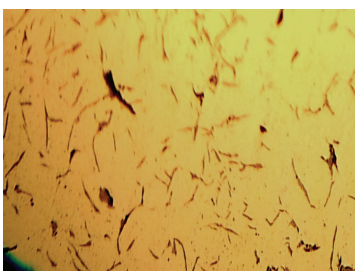


图 4 硅钙钡孕育剂 20/50 样块金相

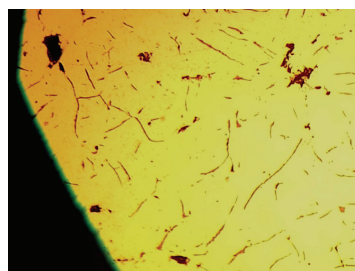


图 5 硅钙钡孕育剂 35/50 样块金相

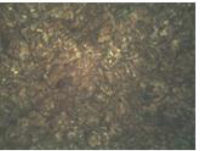
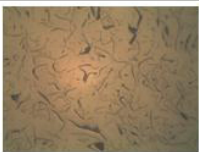
图 2 至图 5 为显微镜放大 100 倍条件下的金相照片，可以看出，在相同的冷却条件下，加入低硅孕育剂与普通硅钙钡孕育剂的试块比较，都能获得大量细小的 A 型石墨，石墨的形态和长度均达到标准。试验结果说明，如果将低硅孕育剂用于实际铸造生产，可得到金相组织合格的铸件产品。

2 在铸造生产线上采用低硅孕育剂试生产

取样对比试验仅说明低硅孕育剂具有与普通硅钙钡孕育剂相似的孕育效果，实际生产线上的条件比试验条件复杂，对铸件产品金相要求也更具体，低硅孕育剂还需要通过实际铸件生产的检验。对某款气缸产品进行了小批试制，该产品材质牌号为 HT250，产品金相要求 A 型石墨量大于 70%，珠光体比率大于 95%，硬度 HRB 值在 85~100 之间。采用 3 吨的中频炉，铁水熔炼全部使用回炉料，其中铸造工

艺和铸件废品回炉料占 50%、机加工铁屑占 50%。孕育剂加入量为 0.4%，采用二次孕育的方法，出炉前在转包底部加入 0.2%的孕育剂，浇注包内加入 0.2%的孕育剂。该产品的最终成分如下：C3.1%、Si 2.2%、Mn0.6%、S0.1%、P0.06%。从前三包铁水的尾模铸件关键位置本体取样制作金相试样，结果如表 2 所示，产品金相合格，但并没有达到理想状态，金相存在不合格风险。

表 2 某气缸产品本体取样金相分析

项目 序号		A型石墨		珠光体比率		硬度HRB
		大于 70%	金相	大于 95%	金相	HRB: 85~100
第一包	尾模	大于 70%		大于 95%		91.2~92.8
	判定	合格		合格		合格
第二包	尾模	大于 70%		大于 95%		91~92.6
	判定	合格		合格		合格
第三包	尾模	大于 70%		大于 95%		90.3~91.5
	判定	合格		合格		合格

金相中还存在粗块状石墨。考虑到回炉料的大量使用，铁水中活性元素的含量会比生铁废钢中的低，因此在包内添加了 0.2%的碳化硅做为预处理剂^[5]，并对孕育剂中的成分进行了微小调整，再次进行试制，结果金相组织得到较大改善，A 型石墨可以达到 80%以上，满足了生产要求。调整好成分的低硅孕育剂目前已用于该产品的批量生产。

在低硅孕育剂应用于灰铁件的生产后，尝试了将其应用于曲轴等球铁件的生产，结果球铁铸件金相中的石墨球化率均达到 85%以上，铁素体比例及硬度 HBR 均达标。目前，低硅孕育剂已经不仅应用于灰铁件的生产，也应用于汽车类球墨铸铁件的生产。

3 结论

(1) 通过简单对比试验证实了低硅孕育剂也具有较好的孕育效果，证实了孕育剂中硅含量的多少对孕育剂的效果影响不大。

(2) 低硅孕育剂应用于灰铁铸件的生产，即使熔炼采用 100%的回炉料，仍然可以得到合格的金相组织；通过调整孕育剂中某些元素可以改善石墨形态，提高 A 型石墨的比例。

(3) 低硅孕育剂同样可以应用于球铁的生产，对于工艺出品率低的产品特别适合采用此孕育剂，可以解决回炉料积压问题。

参考文献:

- [1] 谭昌发, 陈培忠, 龚华林, 李安顺. 低硅—稀土镁铁压块球化剂在轿车球铁件上的应用[J]. 现代铸铁, 2010(6): 15-18.
- [2] 曾祥鸿. 铸铁的孕育处理[J]. 现代铸铁, 1999(1): 55-58.
- [3] 王春生, 严密, 田丽. 铸铁孕育机理的探讨[J]. 应用科学学报, 1994.12(4): 421-434.
- [4] Elkem 公司内部资料. Inculcation Mechanisms[Z], Technical Information5.
- [5] M.Popescu;R.Zavadi;M.Sahoo. SiC-The Most Efficient Addition to Increase the Nodule Count in Ductile Iron [J], International Journal of Metalcasting, 2009.3(1):53-63.