

球墨铸铁球化衰退金相缺陷分析

甘肃省嘉峪关市酒钢机械制造有限公司 (735100) 吴军科

【摘要】 通过对球化衰退缺陷微观特征的观察,分析了形成缺陷的原因,提出防止缺陷产生的措施,能有效地控制和减少废品。

1. 问题的提出

在球墨铸铁生产中,往往由于处理工艺的原因,使铸件产生缺陷,从而影响铸件的内在质量,降低铸件的力学性能。笔者就高炉冷却壁生产过程中,通过对球墨铸铁金相分析所观察到的球化衰退原因进行分析,提出防止缺陷产生的办法,以减少废品。

我公司为用户制造的高炉冷却壁材质为 QT400—18,尺寸轮廓为 2100mm×1600mm×230mm,为厚大铸件。在生产过程中,由于场地要求,球化后分别在炉前和位于另一厂房的两个浇注区进行浇注,而在距炉前较远区域浇注的冷却壁存在力学性能不达标的情况,通过金相检验发现铸件存在球化衰退的缺陷。

2. 球化衰退的特征

(1) 在力学性能上的反映 抗拉强度下降,伸长率显著降低。

(2) 微观特征 金相观察到石墨球有明显的偏聚现象。在石墨球聚集区,石墨球略呈开花状,为球化衰退开始阶段的金相组织(见图1);在石墨球聚集区之外,集中分布的厚片状石墨和极少量的球状石墨,为球化衰

退较为严重的区域(见图2)。这种分布的石墨,使球墨铸铁的力学性能下降。

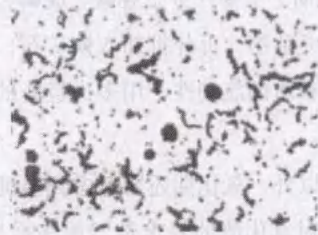


图2 QT400—18 球墨铸铁球化衰退后呈现的球化不良的显微组织 100×

3. 原因分析

经金相分析判定铸件存在球化衰退缺陷。从理论上分析,一般是以下几种因素的综合作用导致了球化衰退:①前期球化不良。②铁液含硫量较高。③铸件球化元素残留量低。④铁液温度过高。⑤铁液被氧化。⑥浇注前的二次孕育措施不当。据此,我们对铸件生产过程的各环节进行分析,以便找出问题和不足,同时进一步验证金相分析的结论。

(1) 可以排除前期球化不良的原因 通过观察炉前样金相,认定前期球化良好(见图3),这一点通过观



图1 QT400—18 球墨铸铁球化衰退后石墨聚集区开花石墨的显微组织 400×



图3 炉前球化检验样石墨状态 100×

注:球化分级为2级,球化率≥95%,石墨大小为7级。

察在炉前浇注的冷却壁单铸试样金相（见图4）也可以证明。另外，比较炉前样和单铸试样的石墨形态差异还可以看到，随着冷却速度的减缓，球墨铸铁中的石墨球有长大的趋势，且石墨球数量也有减少的趋势。这一趋势实际上是球化衰退的最初表现。

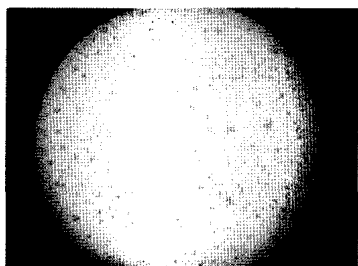


图4 炉前区域浇注的冷却壁单铸试样石墨状态 100×

注：球化分级为3级，石墨大小为6级，球化率为85%~90%。

（2）铸件含硫量和球化元素残留量分析 见附表。

球化衰退前后化学成分变化情况

试样	停置 时间 /min	化学成分（质量分数，%）						
		C	Si	Mn	P	S	Mg	RE
标准要求	≤15	3.3~ 4.0	2.5~ 3.0	≤0.3	0.070	0.05	0.04~ 0.10	0.015~ 0.04
炉前样	5	3.71	2.85	0.29	0.066	0.019	0.072	0.023
衰退样I	22	3.56	2.54	0.16	0.077	0.029	0.045	0.019
衰退样II	27	3.38	2.83	0.42	0.069	0.027	0.027	0.020

从附表的化学成分对比来看，衰退样的镁和稀土残留量很低，远低于标准要求，而衰退样的硫含量则有所增加。

造成镁和稀土残留量低的原因，主要是由于熔炼和浇注不在同一场地，转运铁液的时间延长，使铁液从球化剂加入到浇注开始之间的停留时间过长，铁液中的镁量及稀土量发生衰减。由于镁、稀土与氧的结合能力大于与硫的结合能力，所以浮在铁液表面的MgS和夹杂会与空气中的氧发生反应，生成Mg和稀土氧化物，置换出硫。

所生成的S将进入铁液再次与Mg和RE发生反应。

这样随铁液停置时间的延长，铁液中的S不断与Mg和RE发生反应生成MgS和稀土硫化物夹杂，它们又不断地被空气中的氧所氧化，循环进行，结果就使铁液中的镁和稀土含量逐步降低，且停置时间越长，镁和

稀土残留量越低。

铁液中的硫含量越大，在反应过程中消耗的球化元素就越多，硫的含量也会相应增加。从附表的化学成分中看，衰退样的硫含量虽比炉前样有所增加，但增加量有限，总量依然在允许范围内，据此可推断，在生产中铁液的硫含量相对较低，没有造成球化元素消耗的加剧。

（3）浇注温度 可以排除铁液温度过高的原因，由检查浇注记录可知，浇注温度<1320℃。

（4）避免铁液氧化的措施 铁液被氧化虽不可避免，但可以采取的措施来减少影响。铁液被氧化将进一步加剧球化元素的损耗。在生产过程中，前期使用了聚渣剂来保证扒渣的效果，然后在包内使用了较大厚度的含有石墨粉、冰晶石粉等具有减少回硫及氧化作用的覆盖剂，降低了铁液氧化的趋势，加强覆盖作为减缓球化衰退的一项重要措施已经得到了实施。

（5）二次孕育措施未起到预期作用 由于球化衰退的趋势是随时间的推移在加剧，所以同一炉次的铸件球化状况是炉前样好于铸件样、先浇注的件好于后浇注的件。对于大型铸件，要降低前后的差异，必须根据浇注次序制定相应的二次孕育措施，这就要求对生产过程进行规范管理。对二次孕育措施，在实际生产中我们执行的是炉前区域的操作方式，没有考虑到运输过程较长导致两个区域球化元素消耗情况不一样的因素，并且二次孕育只是改善孕育情况的一种手段，当停置时间过长，铁液中球化元素残留量过低时是难以发挥作用的。

在一般的浇注温度下（≤1360℃），从球化处理完成到浇注完毕的时间应控制在18~20min，超过这一时间，现场的二次孕育措施就难以起作用了，这样的铁液需回炉并重新球化。在本次生产中，由于受场地限制，铁液转运无法在这一时间内完成，所以应改变工艺，采用先运输铁液，然后实施滞后孕育的办法来达到球化效果。

根据以上分析，我们找到了导致球化衰退的主要原因：在炉前球化良好的前提下，由于熔炼和浇注不在同一场地进行，铁液的转运过程使铁液从球化剂加入到浇注开始之间的停留时间过长，导致了球化元素残留量低，之后的补充孕育措施也没有起到作用，因此造成了球化衰退。

基于 ANSYS 的铸件流动场分析

潍坊学院机电工程学院 (山东 261061) 周桂云

【摘要】 对利用 ANSYS 软件进行流动分析过程作简要介绍, 并以实例来说明具体分析过程。

ANSYS 软件是一个集结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型通用有限元分析软件, 是由世界上最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 开发; 同时, 它还是世界上第一个通过 ISO 9001 质量认证的分析设计类软件。分析计算模块包括各种结构的静动力分析, 温度场稳态、瞬态及相变分析, 流体动力学分析, 声学分析和电磁分析, 以及多物理场的耦合分析, 如热-结构耦合、流体-热耦合、热-电耦合及热-磁耦合等。另外, 还提供目标优化设计、二次开发、子结构和子模型等技术。

ANSYS 软件可广泛应用于铁道、石油化工、航空航天、机械制造、材料成形、能源、汽车、国防军工和造船等工业及科学研究等领域。

从总体上讲, ANSYS 分析包括前处理、求解、后处理三个模块。

一、前处理

前处理器主要包括创建实体模型、单元选用、材料定义、划分网格, 以及加载形成完整的有限元单元网格

模型。

1. 实体模型

ANSYS 软件建模有以下两类:

(1) 直接利用菜单功能建模。

(2) 通过 CAD 接口将已建好模型导入到 ANSYS 中。

ANSYS 创建实体建模的方法有两种: ①自下向上建模。②自上而下建模。自下向上建模是先创建关键点, 然后依次创建线、面和体图元; 自上而下建模是直接创建体图元, 如长方体、圆柱体、球体等, 在建模过程中可以将两种方法自由组合使用。这种方法适合形状简单、规则的图元, 对于形状复杂的模型需要从 CAD 接口将已建好的模型导入到 ANSYS 中。ANSYS 提供了多种接口, 如 IGES、UG、PRO/E、CATIA 及 CAT 等, 通常选择标准 IGES 文件导入 ANSYS 中。

2. 单元类型、材料属性与网格划分

ANSYS 中提供了 200 多种单元类型, 根据分析类型、分析目的选择合适的单元。如流体分析中所用单元类型见下表。

4. 防止球化衰退应采取的措施

(1) 要充分保证前期的球化效果。由于是大型铸件浇注, 为了保证球化效果, 可以在球化处理时提高球化级别, 为后来的球化衰退预留下空间, 如工件要求是 3 级球化级别、6 级石墨, 可在球化时提高标准按 2 级球化级别、7 级石墨的要求来制定工艺。

(2) 对于远离炉前浇注的铸件, 应采用先运输铁液, 然后做滞后孕育的措施。滞后孕育也按 2 级球化级别、7 级石墨的要求来制定工艺。

(3) 铁液温度应控制在工艺要求范围内。为兼顾就近浇注和远离炉前浇注, 应提高出炉温度, 要求在 1390℃ 出炉, 分两包出铁液, 先出的包运往远处, 后出的包留在炉前, 采用一炉熔炼、两包分别孕育的办法。

(4) 加强铁液覆盖, 减少铁液回硫及氧化。

5. 结语

对实际生产中出现的球化衰退缺陷, 通过采取相应的措施, 可控制缺陷的产生, 提高铸件的内在质量。

MW (20080717)