

球铁件夹渣缺陷形成的影响因素分析^{*}

徐建林

(甘肃工业大学 甘肃省有色金属新材料省部共建国家重点实验室, 甘肃 兰州, 730050)

摘 要: 从一些主要影响因素对夹渣缺陷影响的仿真图出发, 详细论述了各因素与球铁夹渣之间的关系。仿真表明, 严格控制各化学成分及浇注温度可有效地消除夹渣, 这对进一步揭示夹渣与影响因素的关系具有重要意义。

关键词: 球铁; 夹渣; 影响因素

中图分类号: TG245 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004—244X (2003) 02—0019—03

夹渣又称黑渣、黑斑, 是球墨铸铁常见的缺陷。某企业夹渣的废品率一度达到 10% 以上, 经常出现批量报废的情况^[1], 这对企业的生产效益和经济效益具有极大的影响。铸件中存在夹渣缺陷时, 对铸件的力学性能有很大危害, 如缺口敏感性加大, 冲击韧性下降, 耐压零件不耐压, 耐磨零件不耐磨, 因此要设法消除该缺陷的产生。

球铁夹渣有一次夹渣和二次夹渣之分, 一次夹渣距铸件表面较近, 二次夹渣则在铸件内部。一次夹渣是由于球化处理时产生的氧化物及硫化物等在浇注之前未清除干净, 随铁液浇入铸型所致, 其渣尺

以及在铁液尚未在铸型中凝固以前的一段时间内产生的渣, 其渣一般很细小。从化学成分上看, 夹渣的组成复杂, 变化很大, 多是由金属氧化物和硫化物组成^[2]。可以推测, 夹渣的形成首先和铁水性质有关, 处理工艺、浇注工艺以及铸型工艺等促进和削弱夹渣的形成。本文通过试验分析得出了一些影响因素对夹渣缺陷影响趋势的仿真图, 并对这些仿真图做了进一步的分析, 对消除夹渣缺陷具有积极作用。

1 试验分析方法

实验条件为实际生产过程, 采用 3t/h 热风冲天炉熔炼铁水, 出炉铁水温度为 1 460 ~ 1 480 , 采用冲入法在 1 t 堤坝式吊包中进行球化处理。试样采用常用的阶梯试样, 如图 1 所示。

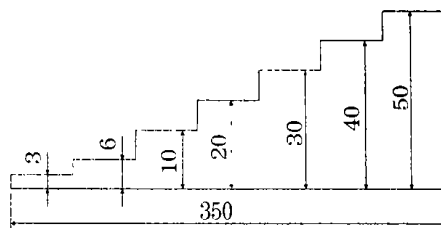


图 1 阶梯试样

将各种生产条件下球铁影响因素的参数指标输入到“球墨铸铁件缺陷诊断的神经网络模型”中去^[3], 对该网络进行学习训练。在训练中, 夹渣出现用“1”表示, 不出现用“0”表示, 夹渣可以用硫印、氧印显示出来。一次夹渣硫印后呈棕黑色团块状, 有时大块堆集在一起, 分布不均匀, 二次夹渣硫印后呈棕黄色污点, 分布较密、均匀, 用磁粉探伤可显示出分散性裂纹状痕迹。然后, 利用 MATLAB 软件中的 NEURAL NETWORK TOOLBOX 工具箱对训练好的网络进行仿真, 得出各种影响因素对夹渣的仿真曲线^[4]。在做仿真曲线时, 工艺参数及化学成分为: 碳含量为 3.8%, 硅含量为 2.6%, 锰含量为 0.6%, 硫含量为 0.04%, 磷含量为 0.07%, 稀土残留量为 0.03%, 镁残留量为 0.035%, 铝含量为 0.02%, 壁厚为 30mm, 浇注温度为 1 350 , 型砂含水率为 3%, 型砂透气性为 100, 型砂紧实度为 100。就某一影响因素对夹渣的影响进行研究时, 该参数发生连续变化, 而其它参数保持不变。本文则是对这些仿真曲线进行分析, 供各位同仁探讨、参考。

* 收稿日期: 2002 - 07 - 22; 修订日期: 2003 - 01 - 06

基金项目: 甘肃省自然科学基金资助项目 (ZS981 - A22 - 024 - G)

作者简介: 徐建林 (1970 -), 男, 陕西岐山县人, 讲师, 博士研究生, 从事材料科学及计算机应用研究。获省级科技进步二、三等奖各一项, 发表论文三十余篇

2 影响因素

2.1 镁含量

球铁件镁残留量与夹渣的形成有密切关系,如图 2a 所示。铁水中的镁性质十分活泼,极易氧化,在铁水表面形成氧化膜,这层氧化膜处于固—液状态,很难在扒渣中扒除,况且该氧化膜在扒渣后还会不断产生。铁水在转包、浇注过程中,可与周围空气中的氧气和型砂中的水分发生氧化反应继续生成氧化膜。氧化膜很容易破碎,进入铁液中,由于其面积较大,比重小,故上升到铸件上表面,在上浮过程中,吸附硫化物微粒,将硫化物一起带到铸件表面层形成夹渣。因此,随着残镁量的增多,促进了氧化膜的生成,夹渣缺陷也越加严重。从图中可看出,当镁残量高于 0.06%,夹渣出现几率有

上升趋势。

2.2 硫含量

图 2b 反映了铁水中硫含量对夹渣的影响趋势。当铁水中含硫量过高时,夹渣明显的增大。硫的作用主要表现为硫的化合物,如硫化锰、硫化亚铁、硫化镁以及稀土硫化物,这些硫化物是球铁件形成夹渣的主要原因,它们的熔点比铁水低,在铁水凝固过程中,硫化物将从铁水中不断析出,形成夹渣。其次,过高的硫含量会增加铁水的粘度,使其熔渣和金属氧化物等不易上浮,残留在铸件中形成夹渣。硫的存在也会提高氧化膜的生成温度,促进夹渣的生成。因此,降低含硫量可减小夹渣的产生,如电炉熔炼的铁水,硫含量少,很少见到夹渣,而冲天炉熔炼的铁水硫含量高,容易出现夹渣缺陷。图 2b 表明,含硫量应小于 0.06%,以消除

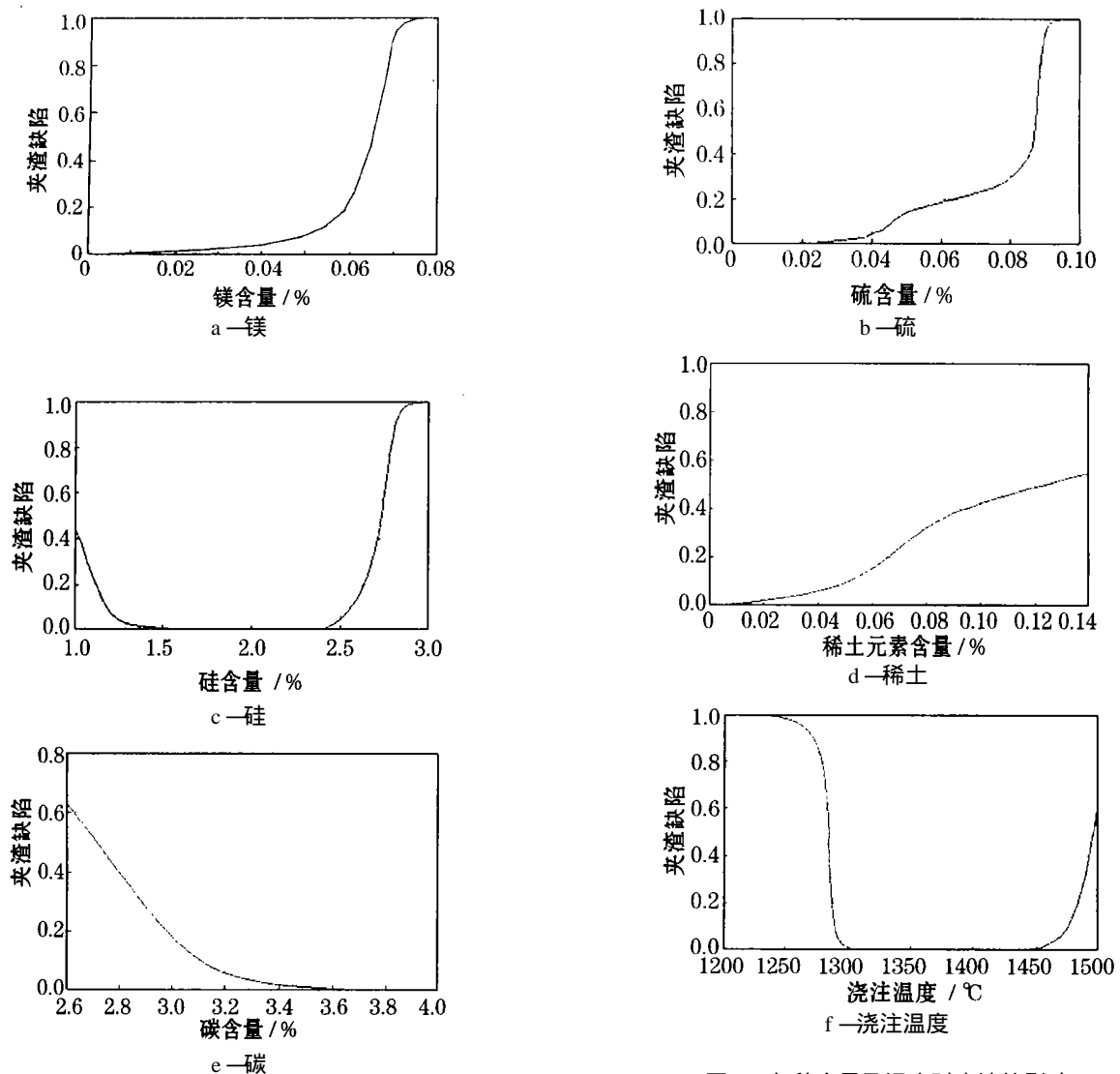


图 2 各种含量及温度对夹渣的影响

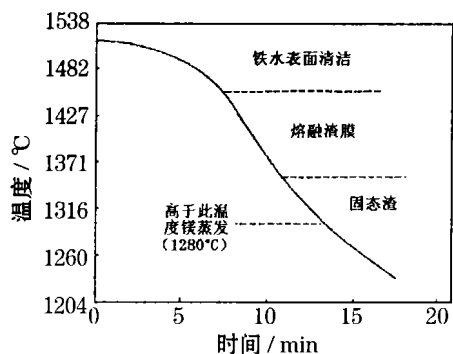


图3 浇注温度与熔渣的关系

夹渣，而含硫量高于0.09%，夹渣严重。

2.3 硅含量

图2c反映了硅含量对夹渣的影响趋势，即硅过低、过高时均有助于夹渣的产生，但过高效果显著。硅的化合物——二氧化硅可与铁液中的各种氧化物反应生成硅酸盐，其中有些碳酸盐不溶于铁水，易上浮到铁水表面，如氧化亚锰的硅酸盐，通过扒渣可去除，但硅含量过低时，这些氧化物不易排除而形成夹渣。当硅的含量过高时，二氧化硅与氧化镁会形成镁橄榄石和顽辉石。而镁橄榄石是主要的一次夹渣物，顽辉石是主要的二次夹渣物，由此可见，过量硅的存在也有助于夹渣的产生。因此，希望硅含量控制在1.5%~2.5%之间以减少夹渣的产生。

2.4 稀土元素

稀土元素的加入，可使夹渣产生的几率加大，图2d表明，稀土过量时产生夹渣的趋势有所上升，但上升缓慢，因此得出从降低稀土元素含量来减小夹渣效果不显著。这可能是稀土对夹渣的表现有两方面的原因。首先，稀土元素可与硫、氧发生反应，生成稀土硫化物、稀土氧化物，它们是构成夹渣的组成之一，但并不是主要组成，稀土含量加大会导致产生夹渣的可能性增加。另一方面，稀土元素的加入可降低形成氧化膜的温度，随加入量的增大，温度不断下降，这样除渣容易，夹渣缺陷也可减少。这两方面的结果使夹渣缺陷有所上升，但是并不剧烈。

2.5 碳含量

在分析夹渣时，碳的影响很少被人注意到，但仿真中发现碳对夹渣有一定的影响，如图2e所示。随着碳含量的增加，夹渣有减少的趋势。笔者分析认为，碳元素的增加，其与氧亲和力加大，将一些氧化物还原，这可根据金属氧化物生成的自由能来

加以判断^[5]，由于其减少了铸件中的氧化物而减少夹渣。同时，碳的氧化还原反应的产物——一氧化碳不断逸出铁水表面，使铁水表面洁净，即保护了铁水，因此亦可减少夹渣的产生。

2.6 浇注温度

浇注温度的高低对夹渣影响较大，图2f表明，浇注温度过高、过低都容易产生缺陷。浇注温度太低时，以致在浇注过程中液体金属的粘度高，使各种氧化物、硫化物不易上浮至表面，同时液体金属凝固较快，熔渣很容易残留在铸件中形成夹渣。随着温度的升高，夹渣物上浮的时间加长，有利于夹渣物的排除。Kaczmarek等人的研究，也证明了上述两个阶段，图3反应浇注温度与熔渣之间的关系^[6]。但仿真图还表明，随着温度的进一步提高，夹渣又会出现，这可能是由于液体金属表面的炉渣变得太稀薄，不易从液体表面去除，往往随液体金属流入型腔；另外，高温浇注时，铁水充满铸型后，还会进一步生成硫化镁，硫化镁不易逸出铸件容易形成夹渣。由以上看出，合适的浇注温度为1300~1450。

3 结束语

(1) 熔渣残留在铸件中是形成球铁夹渣的主要原因，夹渣物有各种氧化物、硫化物及硅酸盐等，凡有利于熔渣的排除均有利于消除夹渣缺陷。

(2) 控制镁残留量小于0.06%，硫含量低于0.06%，硫含量在1.5%~2.5%有助于消除夹渣缺陷。降低稀土元素及增加碳含量，可减少夹渣的产生，但在生产范围内效果并不显著。

(3) 浇注温度对夹渣的影响较大。合适的浇注温度应为1300~1450。其它工艺也对夹渣有影响，如铸件结构、浇冒口设计等，但由于这些工艺很难量化描述，故没有做仿真研究。

(4) 消除夹渣的工艺还有很多方法，如铁水中加盖冰晶石粉，提高铸型紧实度，采用挡渣措施等，都可用于消除夹渣。

(5) 本文从仿真的研究出发，得出了一些主要因素对夹渣缺陷的消除及为进一步研究提供了依据，节省了时间、物力，提高了效率。

参考文献：

- [1] 王祥和：降低6160系列柴油机球铁曲轴夹渣的措施[J]．现代铸铁，2000（1）：57-58。

（下转第35页）

显著；其余频率范围影响相对较小。频率小于 500Hz 时，失真度随传输信号的频率增大而降低；当频率大于 3kHz 时，失真度随传输信号的频率增大而急剧增大。

(4) 将经 400 、600 退火后的铜导线制备成标准的同轴线，并测量其传输特性，发现晶界数越多传输信号的能量损耗越显著，传输失真越大；晶界数越少，导线的传输性能越好。

参考文献：

- [1] 谦长先生 . J JAS , 1983 , 23 (5) : 39 .
- [2] 许振明 , 李建国等 . 连续铸造铜单晶的力学性能和电阻率 [J] . 人工晶体学报 , 1998 , 27 (3) : 281 .
- [3] 陈 建 , 严 文 , 范新会等 . 晶界对信号传输的电容效应研究 [J] . 西安工业学院学报 , 2002 .
- [4] 范新会 , 李建国 , 傅恒志 . 铝单晶线材导电性能的研究 [J] . 中国有色金属学报 , 1999 , (9) : 87 .
- [5] 范新会 . 西北工业大学博士学位论文 . 1998 .
- [6] 冯 端 . 金属物理学—结构与缺陷 [A] . 北京 : 科学出版社 , 2000 .
- [7] 谦长先生 . OFC 影响效果原因究明 [J] . ラジオ技术 , 1983 , 37 (10) : 182 .
- [8] 大野笃美 . 轻金属 , 1989 , 39 (10) : 735 .
- [9] 湖南大学 , 武汉电力学院 . 电工学基本教程 [M] . 北京 : 高等教育出版社 , 1983 .
- [10] 三宅保颜 . 日本金属学会会报 , 1992 , 31 (4) : 267 .
- [11] 温立时 . 固体材料界面研究基础 [M] . 北京 : 科学出版社 , 1991 .
- [12] 谦长先生 . J JAS , 1983 , 23 (9) : 43 - 44 .

Capacitive effect of grain boundaries on signal transmission

CHEN Jian , YAN Wen , FAN Xin - hui , LIOU Hai - ming

(Department of Material Science and Engineering , Xi ' an Institute of Technology , Xi ' an 710032 , China)

Abstract : Based on the results that the resistivity of grain boundary is greater than that of internal crystals , the present paper brought forward the concept of attached capacitance in copper wires containing grain boundaries . Through annealing at different temperatures , the copper wires containing various number of grain boundaries can be obtained . The attached capacitance of the copper wires has been measured and the results show that with the number of grain boundaries increasing , the attached capacitance of the copper wires decreases , and the relationship between the number of grain boundaries and the attached capacitance of copper wires can be expressed as $y = - 3320 - 2.3x$. The effect of grain boundaries that are perpendicular to the direction of signal transmission on transmission signal is more evident than that of grain boundaries parallel to the direction . Because the grain boundaries in copper wires can be equivalent to capacitances , it is found that with the number of grain boundaries in copper wires increasing , the fuzzy degree of transmission signal increases , and the energy attenuation of transmission signal grows , too .

Key words : grain boundary ; capacitance ; fuzzy degree ; resistivity

(上接第 21 页)

- [2] 陈国桢 , 肖柯则 , 姜不居 . 铸件缺陷和对策手册 [M] . 机械工业出版社 . 1996 . 41 - 47 .
- [3] 徐建林 , 王智平 , 路阳等 . 球墨铸铁件缺陷诊断的神经网络模型 [J] . 铸造 , 2000 , 49 (8) : 481 - 484 .
- [4] 徐建林 , 陈超 , 王智平等 . 基于 Matlab 的铸件缺陷分析与控制 [J] . 铸造 , 2002 , 51 (6) : 362 - 365 .
- [5] 吴长春 , 郝德庆 . 物理化学 [M] . 机械工业出版社 , 1988 . 63 - 67 .
- [6] Kaczmarek J E R , Leiternann R , Heine R W . Pinhole and slag casting defects in ductile iron processing [J] , AFS Transactings , 1997 , 105 : 67 - 75 .

Analysis of factors influencing slag defects in ductile iron castings

XU Jian - lin

(State Key Lab of Gansu New Non - ferrous Metal Materials , Gansu University of Technology , Lanzhou 730050 , China)

Abstract : On the basis of the simulation figures for simulating the influence of some factors on slag defects , this paper discusses the relationship between the influence factors and the slag in ductile iron castings . The simulation results show that the slag can be eliminated effectively by controlling chemical composition and pouring temperature . The simulation method plays an important role in delineating the relationship between the influence factors and the slag in ductile iron castings .

Key words : ductile iron ; slag ; influence factor