

Research and Application of Modern Spheroidizing Wire Feeding Technology

Jiajian Fan¹ Dewen He² Xingping Feng³

1. Shandong Xinlingfeng New Material Technology Co., Ltd., Dezhou, Shandong, 253000, China

2. Wulian Yuxing Machinery Manufacturing Co., Ltd., Rizhao, Shandong, 276800, China

3. Yantai Xingchuang Automotive Parts Manufacturing Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264000, China

Abstract

To produce the development history and recent years development of the wire feeding spheroidization process. By analyzing the processing principle of core wire and the composition of raw materials, as well as the physical, chemical, and metallurgical theoretical basis of the composition phase of raw materials, study the optimal melting point of the composition phase and the basic theoretical research of spheroidization treatment. Compare the application of modern wire feeding equipment, and explain the principle of wire feeding spheroidization through graphics and text, And through practice, organize practical application data and propose relevant problem solutions.

Keywords

Wire feeding spheroidization; Core material composition phase; Reaction of magnesium in liquid iron at high temperature; Visual diagram of wire feeding spheroidization; Type of wire feeding stations; Status of wire feeding spheroidization; Application data of wire feeding spheroidization

现代喂丝球化工艺研究与应用实践

范家建¹ 何德文² 冯兴平³

1. 山东鑫翎丰新材料科技有限公司, 中国·山东 德州 253000

2. 五莲县玉星机械制造有限公司, 中国·山东 日照 276800

3. 烟台兴创汽车配件制造有限公司, 中国·山东 烟台 264000

摘要

讲述了喂丝球化的发展史和近几年的发展情况, 通过对包芯线加工原理和原材料组成, 以及原材料组成相的物理化学冶金理论基础进行了最佳的组成相的熔点和球化处理基础理论研究, 又对现代化喂丝设备的应用对比, 并通过图文解释了喂丝球化原理, 并通过实践整理了实际应用数据并提出了相关问题对策。

关键词

喂丝球化; 芯料组成相; 镁元素在高温铁液中的行为; 喂丝球化直观图; 喂丝站类型; 喂丝球化状态; 喂丝球化应用数据

1 引言

随着铸造工业自动化智能化的发展以及环境友好型的工业进程, 喂丝球化处理近几年飞速发展, 喂丝法源自日本 20 世纪 70 年代钢铁厂各类钢材硅钙线、铝线的喂丝工艺, 并且迅速得到推广应用。20 世纪 70 年代的末期, 美国、德国相继开发出了用于铸铁喂丝球化处理的高镁包芯线。之后的 10 年的发展中研制了高镁脱硫线、球化线以及孕育线等用于金属液喂丝处理适用各种生产工艺的复合多元素、多功能包芯线, 使喂丝处理技术越来越完善, 应用不断扩大。喂丝球化工艺具有球化质量稳定、利于环境保护等优点, 国内喂丝工艺应用相对较晚, 最早应用时间是 20 世纪 90 年代初期, 随着铸造工业的发展 2016 年以后在国内铸造企业快速发展得到广泛应用。

2 喂丝球化工艺技术原理探析

根据铸造厂铸件壁厚大小和材质要求, 熔炼配置适合的包芯线合金锭, 合金锭进行破碎筛分后合金芯粉料, 再使用优质碳素钢钢带, 通过自动包线机组进行物理轧制、充料、物理包裹制成用于球化处理功能的包芯线。

2.1 包芯线截面图

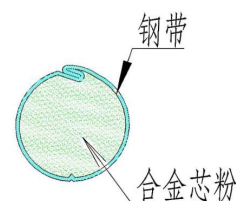


图 1

2.2 稀土硅镁合金芯料的组成相以及物理化学状态

稀土硅镁合金芯料合金锭由硅铁、镁锭、硅钙、硅钡、稀土等合金由中频炉二次熔炼金属型水冷模具浇注成合金锭再进行破碎而成。

对稀土钡硅铁合金^[1]的密度和物相进行了研究和分析得出其组成相 FeSi₂、Mg₂Si、Fesi、RESi、Basi、Si 及一些未知相，密度 3.74g—4.14g/cm³ 熔点温度范围为 1050—1140℃。

用光学显微镜、扫描电镜和电子探针对球化剂组成相进行了深入细致的研究分析^[2]，其组成相以及成份分别是 FeSi₂、Fesi、Mg₂Si、Si-Mg-Ca、Si-Ca-Ce-La，镁主要是以两相 Mg₂Si 和 Si-Mg-Ca 的金属间化合物形式存在，和稀土分别存在自己的硅化物中。从图 2 的 Mg-Si 二元相图中可知镁和硅形成的稳定化合物 Mg₂Si（硅 36.61% 熔点 1102° C），当硅在 1.34% 和 58% 时分别形成熔点 637.6° C 的 Mg-Mg₂Si 和熔点 950° C 的 Mg₂Si-Si。喂丝球化处理应用的稀土硅镁合金芯料中硅在 43%-45% 之间

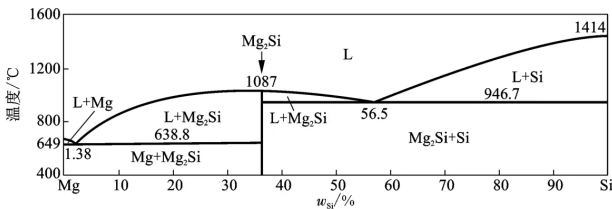
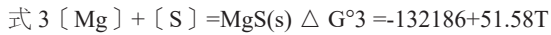
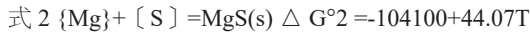
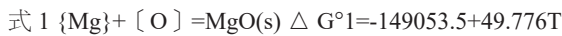


图 2

2.3 喂丝球化镁元素在高温铁液中的行为机理

稀土硅镁合金芯料熔点（镁含量 20-30%）熔点在 1095-1060℃，金属 Mg 的熔点低（651℃），沸点也不高（1107℃）。金属镁在铁水中脱硫的热力学分析中得知^[3]，喂丝加入到铁液中稀土硅镁合金芯料镁元素，由于铁水温度在 1400℃ 以上，高于镁元素沸点，所以镁元素在铁水包熔爆处呈气态形式上浮，并且会有一些镁蒸气溶解于铁液中参与以下化学反应。



由式 1 减式 2 得知镁和氧的亲合力大于镁和硫的亲合力，由于中频炉熔炼的铁液中的氧含量非常低所以式 1 先生成后会很快完结。

式 2 和式 3 都是脱硫反应所以是同时进行的，金属镁粒在铁水脱硫过程动力学文献^[4]研究表明镁蒸汽泡脱硫能力小于 10%，铁水中脱硫反应主要以式 3 为主，观察喂丝法工艺金相图中石墨球数相对冲入法石墨球数，喂丝法工艺金相图中石墨球数比较多，因此间接的证明了气泡学说支撑石墨形核理论的紧密关系。

2.4 喂丝球化直观图

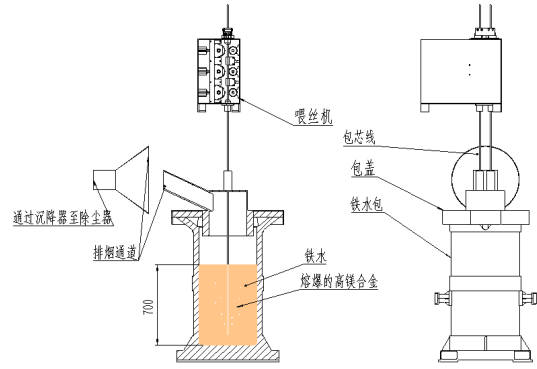


图 3

喂丝球化应用直观图，定量长度包芯线通过喂丝机以一定的速度插入到铁水包底部，包芯线在高温铁液中进行熔爆，镁元素和镁蒸气上浮⁵。

3 现代化喂丝设备简介

3.1 行车吊运式喂丝站（经济型）

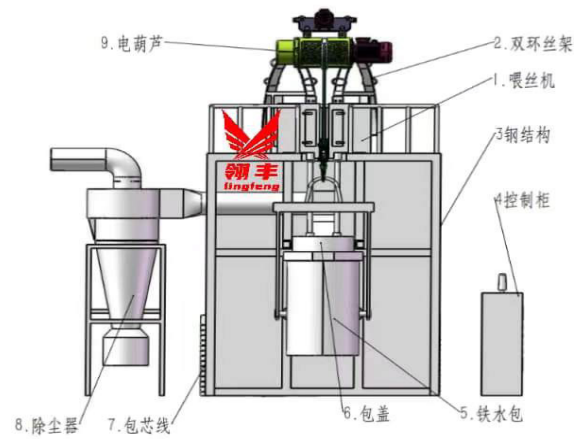


图 4

3.2 台车式喂丝站

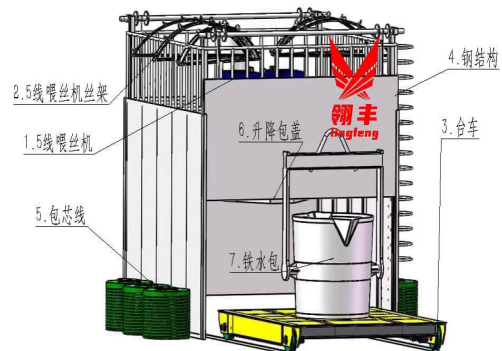


图 5

3.3 全自动智能化喂丝站

全自动智能化喂丝站如图 6 所示。

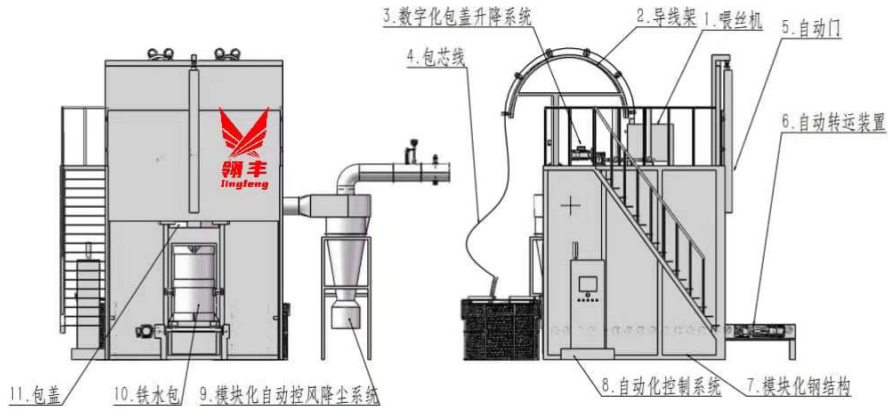


图 6

3.4 全自动智能化喂丝站现场应用图

全自动智能化喂丝站现场应用如图 7 所示。

3.5 几种形式喂丝站的简介

1 行车调运式的喂丝站因其结构简单、投资少效率高、建设周期短、应用最广泛，因为用行车吊运式丝管是 S 型倾斜，所以包芯线会出现径向偏离现象残镁波动大，再就是封闭性不好烟尘外溢。

2 台车进退式或者台车通过式，大多是用于大吨位或者说喂丝站和电炉分别在两个车间的工况，封闭性比较好效率



图 7

适中，因是行车吊运落包在台车上落包位置偏差比较大。

3 全自动喂丝站是结合近几年铁水转运大量应用于铸造厂后迅速发展起来的，重量、温度、化学成分、采集后自动化集成处理，并且可以同 MES 系统通讯。自动化程度高、球化处理效率极高、铁水包卡位准确包芯线径向偏离少、球化处理残留镁稳定、包芯线单位吨耗相对较少。

4 喂丝球化状态和各工艺参数实际应用

4.1 喂丝球化状态图

喂丝球化状态如图 8 所示。

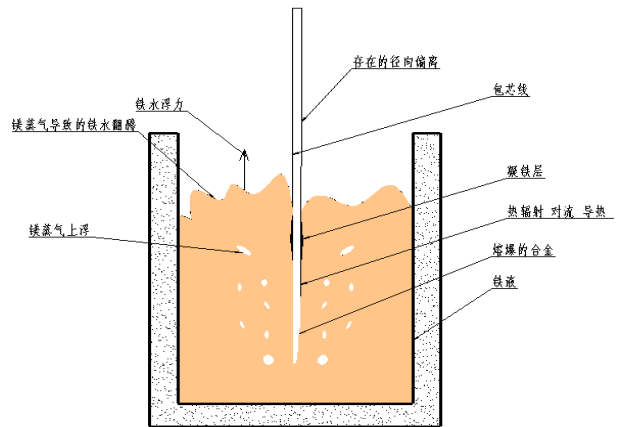


图 8

4.2 喂丝球化工艺的应用实践

某铸造厂静压线造型中小铸件壁厚 35-65mm，采用全自动智能化喂丝站每包处理 1.2-1.3 吨铁水。

应用 30 镁球化线实际应用几组数据下：

球化温度 /℃	送线长 m/T	送线速度 m/min	残留镁 %
1480	24	27	0.0739
1460	22	26	0.0648
1470	19	26	0.0504
1480	18	27	0.0448

每吨送线 18 米金相抽检 (SEM-200×)

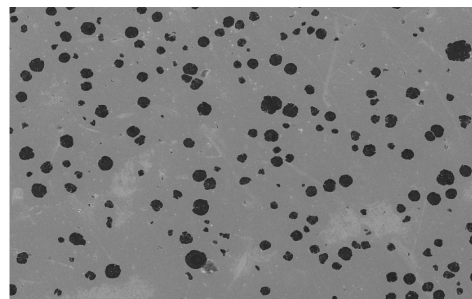


图 9

应用 20 镁球化线实际应用几组数据下：

球化温度 /°C	送线长 m/T	送线速度 m/min	残留镁 %
1470	17	25	0.0596
1480	15	25	0.0395
1470	15	24	0.045
1460	15	22	0.0432

每吨送线 15 米金相抽检 (SEM-200×)

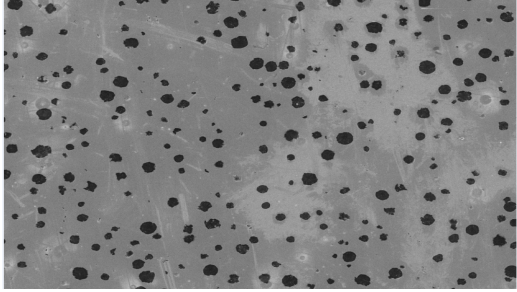


图 10

通过以上 8 组数据对比, 20 镁球化线在同等炉料配比和出炉温度下吸收率远远大于 30 镁。

5 喂丝球化生产中的若干问题与对策

5.1 球化不良

1 包芯线的径向偏离过大造成的铁液球化后均匀度比较差

2 铁水包液位控制不合理, 铁水液面高度的高径不够

3 原铁水成份失控, 或者出炉温度过高, 送线速度不匹配

4 喂丝机实际送线长度出现偏差, 设定的送线速度与实际速度不符

5.2 长时间使用后堵线

丝管长度设计偏下, 尤其是丝管插入包盖中的情况下, 除尘效果差。采用双段式丝管彻底解决堵线问题

5.3 卡线和打滑

包芯线使用时放置在置线框中, 放置包芯线乱线; 喂丝机丝架设计要足够长, 导向轮要 4 套以上包芯线接头要平整, 喂丝机主动输线轮定期更换。

5.4 包盖问题

包盖尽量用 10 个毫米以上钢板焊接, 用浇注料塘平与铁水包接触的平面, 排烟道尽量倾斜避免长时间使用堵塞风道或者改用防喷溅包盖。

5.5 除尘风量和风速问题

喂丝站前端沉降器内部氧化镁结垢状况图, (风速 5-7m/S)



图 11

喂丝球化过程中需要配置足够风量才能把球化过程中氧化镁烟尘通过除尘器沉降下来, 风速建议 M8-12m 每秒比较合理, 太快容易降低镁的吸收率, 太低烟尘排吸不彻底管道堵塞严重; 建议喂丝站前端加沉降器, 风速较低必要时可用水冷式沉降器。

参考文献

- [1] 涂赣峰 张成祥 任存治 等 稀土钡镁硅铁合金密度和熔化温度范围测定及物相分析[J]. 铁合金1995(5): 20-22.
- [2] 杨爱宏 稀土镁球化剂相组成及球化特性的研究 清华大学学位论文1990 30-40
- [3] 刘守平 文光远 张丙怀 铁水用金属镁脱硫的热力学分析 [J]. 钢铁钒钛 1998, 19(01): 16-19
- [4] 郭汉杰 金属镁粒铁水脱硫过程动力学 钢铁2007 (5) 39-42
- [5] Heat Transfer and Melting Characteristics of Calcium - Cored Wire in Molten Steel Q Guo, M Chen Lxu -steel research international, 2024 - Wiley Online Library