

喂丝球化工艺在球墨铸铁生产线上的应用

张军¹, 解戈奇², 权国英¹, 薛挺¹, 秦剑¹

(1. 陕西金鼎铸造有限公司, 陕西宝鸡 722405; 2. 陕西远大新材料技术有限公司, 陕西咸阳 713800)

摘要: 通过控制原铁液中反球化元素的含量, 尤其是S、Ti含量, 并辅以优质包芯线, 分别采用双线喂丝球化、单线喂丝球化处理及含钡孕育剂, 有效防止了球化衰退, 而且提高了铸件综合性能, 改善了铸造环境, 简化了操作流程, 节约了生产成本。

关键词: 球墨铸铁; 双线喂丝工艺; 单线球化处理; 包芯线; 成本控制

近年来, 随着球墨铸铁件在制造业中越来越广泛的应用, 球墨铸铁的生产技术也在不断提高, 以满足国内外用户对球墨铸铁件提出的高标准高要求。在球墨铸铁的生产过程中, 球化处理是生产球墨铸铁的关键。国内外部分大型企业都在进行喂丝法处理球墨铸铁的技术研究、开发和应用, 喂丝法生产球墨铸铁的技术也日渐成熟, 并取得了不错的成绩, 其经济性与球化品质的可靠性及可控性已为愈来愈多的企业所重视。

1 喂丝法处理球墨铸铁的工艺及质量控制要点

喂丝法的原理: 将一定成分、一定粒度的球化剂, 经卷线设备包裹在一定厚度、宽度的钢皮内, 形成适当强度、填充率的电缆状包芯线卷, 利用自动化喂丝装置, 以一定速度喂入带有包盖的处理包中, 实现球化处理的工艺。其实质是以喂丝的方式, 以钢带作为载体将球化剂以一定的速度送入处理包底, 实现球化剂的加入过程^[1]。喂丝球化处理流程见图1。

根据镁在包芯线中的不同形态, 市场上有两种包芯线。一种是物理混合法配制, 就是将经过特殊处理的纯镁颗粒和其他合金材料机械混合而成, 其优点是成本低, 氧化镁含量低, 球化反应迅速, 镁吸收率能够保证; 缺点是成分均匀性难控制, 镁是以单质形式进入铁液中, 爆发剧烈。另一种采用熔配法配制, 是将镁和其他合金材料经高温熔制, 以硅为载体, 这种包芯线成分均匀, 反应平稳, 镁吸收率高; 缺点是成本高, 芯线中氧化镁含量偏高。

目前, 我国包芯线的生产主要还是以熔配法为主, 市场占比约为70%, 相比冲入法, 其熔炼成本的降低并不明显。为了降低芯线的制造成本, 许多厂家尝试使用物理混合法(占30%), 包芯线主要以29%~31%高镁包芯线, 可显著降低成本。

1.1 对包芯线的要求

(1) 包芯线是由厚度为0.4 mm、宽度为55 mm, 单位长度重量约为160 g的钢带包裹0.1~0.25 mm芯料而成, 其直径(13±0.5) mm, 线密度约为380 g/m, 粉重约为220 g/m, 镁含量为29%~31%, 稀土含量为2.5%~3.5%, 钙含量为2.0%~3.0%, 硅含量为40%~44%。

(2) 包芯线表面应光滑, 包覆牢固, 不漏粉, 不开缝, 不拆线, 无锈。

作者简介:

张军(1988-), 男, 助理工程师, 学士, 主要从事铸造熔炼工艺制定工作。
E-mail: zhangjun@163.com

中图分类号: TG 255

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)02-0128-04

收稿日期:

2018-09-13 收到初稿,
2018-12-29 收到修订稿。

(3) 包芯线芯粉不能有大块、纸片、丝状物和细粉,以防止在粉料定量装置出现包芯线虚包和空包现象,包芯线单位长度(1 m)粉剂量的误差 $<5\%$,每千米接头的个数 ≤ 2 个^[2]。

1.2 喂丝工艺参数的确定

喂丝设备为ZWS-20铸铁专用喂丝机。

(1) 包芯线的选择。

高Mg的包芯线,球化爆发过程剧烈,烧损多,渣量大。一般选取含30%左右的Mg,并用含钡的孕育剂,能有效防止孕育衰退。

(2) 球化包尺寸的确定(高径比)。

球化包高径比太小,影响Mg的吸收率,渣量大;球化包高径比太大,不便于球化包的修理,工艺要求铁液柱的高径比应处于1.2~1.5之间,铁液表面离球化包最高边缘的距离应在400~600 mm,即铁液不能充满,防止球化爆发时溅出。

(3) 喂线长度的确定。

喂线长度由公式(1)确定:

$$L = (\Delta S \times 0.76 + Mg_{残}) \times Q / (\mu \cdot q \cdot Mg\%) \times T / 1450 \quad (1)$$

式中: ΔS 为球化前的硫含量减去球化后的硫含量, Q 为出铁量, μ 为Mg的吸收率, q 为球化线单米料重。

包芯线的加入量是优化喂丝成本的关键,芯线的加入量与残余Mg及RE、含S量、铁液温度有关。通常情况下,铁液经过球化处理后,应当含有必要而不过量的Mg与RE,过高的Mg含量会保证铸件的球化率,但同时会增加芯线的用量,导致铸件产生缩孔缩松倾向,加大白口倾向;过低的残Mg量会降低铸件的球化率,严重时会导致球化不良,因此喂线长度的确定很关键^[3]。

(4) 喂线位置的确定是为保证铁液全部参与球化处理,提高Mg的吸收率。最佳喂线位置,即包芯线外包钢带插入到距离包底100 mm处时刚好熔化,芯料中球化剂成分在包底附近开始起爆,与周围铁液进行反应。

(5) 喂线速度的确定。

喂线速度由公式(2)确定:

$$V = (8/D^2 - 0.3) \cdot Q \cdot T / 1450 \quad (2)$$

式中: D 为铁液柱的直径, Q 为出铁量, T 为球化处理温度。

测量最佳喂线速度的方法:先量出铁液高度,然后手动喂丝机,当包芯线端头刚好接触铁液表面,计数表清零,手动喂线,听到“轰”的反应声,立即查看喂线长度,若这个长度和铁液的高度基本相同,即为最佳喂线速度。

(6) 出炉温度的确定。

同冲入法一样,在保证浇注温度的前提下,尽可

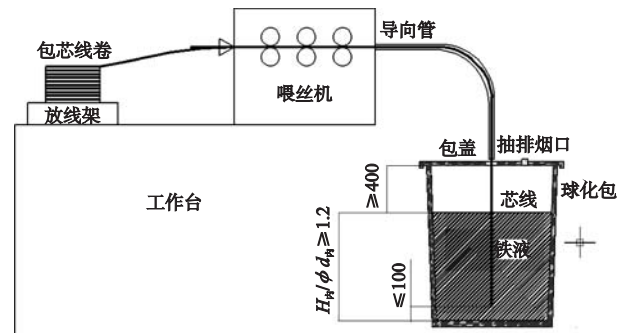


图1 喂丝球化处理流程图

Fig. 1 Flowchart of wire feeding spheroidization

能降低出炉温度,处理温度低,Mg的吸收率高,包芯线消耗低。一般情况下,从球化处理完毕至开始浇注的时间间隔为4~5 min,降温约为50℃。因球化处理完之后要倒包操作,定出铁液温度高于起浇温度约60℃。

(7) 残余Mg的确定。

根据铸件本身及芯线稀土低的特点,可设定Mg含量控制范围在0.04%~0.06%。低于0.04%,石墨圆整度稍差;高于0.07%,易出现碳化物,且铁液收缩倾向较大。

(8) 喂丝入射角。

经常检查喂丝线的入射角度是否能正常喂丝到包底。外包钢带0.3~0.4 mm厚度,在高温铁液中喂丝时,芯线的强度减小,不可能垂直液面下行,因此入射角度在喂丝开始时尽可能保持垂直^[4]。

2 喂丝球化的应用

引进喂丝球化前,我公司生产球墨铸铁时,球化处理的方式是冲入法,球化温度为 $(1\ 500 \pm 10)^\circ\text{C}$,球化爆发时间为50~70 s,浇注温度为 $(1\ 400 \pm 10)^\circ\text{C}$,球化剂的加入量为1.3%,孕育量为0.8%,在球化结束后的12 min内完成浇注,可满足产品球化质量。使用冲入法处理吨铁液需12 kg球化剂、8 kg孕育剂、1.3 kg覆盖剂,共计成本187.14元,

2.1 球化和孕育包芯线的双线处理

本试验采用爆发平稳且Mg吸收率高的熔配法球化处理工艺。根据喂丝球化工艺及包芯线参数,通过数次试验调整并细化,确定铸件双线喂丝球化处理参数如下:球化线与孕育线同长度且喂丝速度同步,喂线

长度23 m, 喂线速度32 m/min, 退线长度0.5 m, 出铁量1 350 kg, 球化处理温度1 475℃, 倒包孕育0.4%; 金相组织为自体取样结果。双线喂丝球化处理的试验数据见表1。

尽管双线喂丝球化处理过的产品材质均符合其技术要求, 但经核算材料成本并考虑到两种处理方式的增硅量不同, 使用双线喂丝法, 吨铁液必须在炉内增硅2.25 kg, 其成本高于冲入法。因此在改善操作环境及操作难度的情况下, 优化喂丝球化工艺, 在保证产品质量的情况下至关重要。

2.2 球化包芯线单线处理

在原有芯线的情况下, 根据喂丝球化工艺参数制定, 通过工艺调整, 成本优化, 确定单线喂丝球化处理参数如下: 喂线长度30 m, 喂线速度32 m/min, 退线长度0.5 m, 出铁量1 350 kg, 球化处理温度1 475℃, 倒包孕育0.75%, 金相组织部分为自体取样结果。单线喂丝球化处理的试验数据见表2。

在单线球化、双线球化孕育处理均满足产品球化

质量及原铁液成分一致的情况下, 对两种处理方式的材料成本进行了分析。

(1) 单线球化处理吨铁液消耗球化包芯线22.22 m, 即8.55 kg; 消耗孕育剂7.5 kg。共计成本158.33元。

(2) 双线球化孕育处理吨铁液消耗球化包芯线17.04 m, 即6.51 kg; 消耗孕育包芯线17.04 m, 即7.15 kg; 消耗孕育剂4 kg; 共计成本174.80元。

相比冲入法生产球墨铸铁, 单线喂丝球化处理, 除了节约材料成本外, 还在人员及能源方面有降本空间。

(1) 喂丝球化处理由于合金加入量少, 且增硅少, 可增加回炉料的使用量。

(2) 喂丝球化可减少工人领料、称量、压球化剂劳动强度, 节约1个人工/班, 且减少该工序人为因素对称量、加入时间、压球化剂等误差对球化质量的影响。

(3) 喂丝球化处理工艺比冲入法球化处理工艺出炉温度降20℃, 可节省电费20元/t铁液。

表1 双线喂丝球化处理的试验数据

Table 1 Experimental results of double wires feeding spheroidization treatment

		化学成分					$w_B/\%$		球化等级	硬度 HB	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%
C	Si	Mn	P	S	Mg	Ce	La					
3.76	1.78	0.453	0.027	0.025								
3.65	2.50	0.449	0.029	0.018	0.052	0.003	0.005	3				
3.61	2.51	0.447	0.026	0.020	0.052	0.003	0.005	3				
3.63	2.50	0.449	0.029	0.017	0.057	0.003	0.006	3	170	536	12	
3.62	2.51	0.448	0.027	0.018	0.051	0.003	0.007	3	167	517	13	
3.57	2.51	0.444	0.026	0.019	0.049	0.003	0.007	3	167	512	12	
3.55	2.51	0.443	0.024	0.020	0.051	0.003	0.007	3	170	540	11	

表2 单线喂丝球化处理的试验数据

Table 2 Experimental results of single wire feeding spheroidization treatment

		化学成分					$w_B/\%$		球化等级	硬度 HB	抗拉强度 /MPa	伸长率 /%
C	Si	Mn	P	S	Mg	Ce	La					
3.81	1.78	0.446	0.030	0.027								
3.68	2.60	0.414	0.033	0.019	0.056	0.003	0.004	3	187			
3.65	2.55	0.418	0.034	0.022	0.069	0.003	0.006	3	192			
3.62	2.54	0.413	0.033	0.019	0.055	0.003	0.005	3	207			
3.60	2.61	0.412	0.033	0.021	0.055	0.003	0.004	3	179	617	10	
3.61	2.56	0.410	0.035	0.028	0.050	0.003	0.005	3	179	647	12	
3.81	2.57	0.412	0.034	0.020	0.050	0.003	0.004	3	187	613	10	

3 结论

(1) 从环境改善角度, 喂丝球化采用盖包法, 球化反应在相对密闭的空间中进行, 并通过与球化室连接的除尘系统将产生的烟尘集中处理并回收, 减少了球化爆发过程烟尘向车间的排放, 镁光弱, 使铸造环境有了很大的改善。

(2) 从劳动强度角度, 使用喂丝法, 可减少工人领、称、压球化剂劳动强度(使用冲入法, 单班次按50包计算, 球化剂和孕育剂的装包及称量约1.5 t)。

(3) 从工艺操作角度, 使用喂丝法, 可实现参数自动化设置, 且定量输出, 可减少因操作原因致使合金压实不足出现球化不良现象, 同时也减少了覆盖剂覆盖合金的操作, 简化了操作流程。

(4) 从产品质量角度, 使用喂丝法, 不需要覆盖剂, 合金加入量少, 产生的渣量少, 同时 MgO、MgS比重较轻, 易从铁液中分离并上浮, 铁液纯净度高, 减少夹渣、渣孔等缺陷, 提高铸件综合性能。

(5) 从生产成本角度, 使用单线喂丝球化处理吨铁液仅材料成本就可节约11.5元, 能源成本可节约20元。

参考文献:

- [1] 巫瑞智. 高镁合金喂丝技术在球墨铸铁中的应用 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2002.
- [2] 胡家骢, 薛纪二. 镁芯线球化处理工艺研究与应用 [C]// 第七届全国铸铁及熔炼学术会议暨河南省铸造技术交流会. 郑州: 中国机械工程学会, 2004: 40-43.
- [3] 吴荷生, 吴玉彬, 孟少良. 用高镁合金包芯线生产球墨铸铁 [J]. 铸造, 1999 (8): 33-34.
- [4] 王顺序, 武炳煊, 陈胜华. 喂丝球化处理工艺在球铁生产线上的开发应用 [J]. 铸造, 2010, 59 (11): 84-88.

Application of Wire Feeding Spheroidization Technology to Ductile Iron Production Line

ZHANG Jun¹, XIE Ge-q², QUAN Guo-ying¹, XUE Ting¹, QIN Jian¹

(1. Shaanxi Jinding Casting Co., Ltd., Baoji 722405, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Great New Materials Technology Co., Ltd., Xianyang 713800, Shaanxi, China)

Abstract:

Through controlling the content of the anti-spheroidizing elements, especially S and Ti content, in iron liquid, and using high quality cored-wire, double cored-wires injection nodularizing process or single cored-wire injection nodularizing process and barium inoculant, spheroidisation decaying phenomenon was effectively prevented. The wire feeding spheroidization treatment technology not only increased the mechanical properties of castings, but also improved the production environment, simplified operation procedures and reduced production cost at the same time.

Key words:

ductile iron; double cored-wires injection process; single wire spheroidisation treatment; cored-wire; cost control