



双联法冶炼铁基非晶合金母材的工业化技术开发

付庆林,尹卫平

(山钢股份济南分公司 炼钢厂,山东 济南 250101)

摘要:通过实验室试验及磁性能测试,确定了合金的成分(Fe₈₀Si₇B₁₃);通过合理的工艺路线和中频炉设备适应性改造,重点是增设熔炼及浇铸过程的氩气保护设施及使用低碳低熔点保护渣,采用转炉和中频炉双联工艺生产出了夹杂物<5 μm的非晶合金母材。与传统冶炼工艺相比,生产成本每吨低约3 500元,实现了铁基非晶合金母材的低成本和规模化生产。

关键词:非晶合金母材;双联法;夹杂物;生产成本

中图分类号:TC139.8

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2015)05-0008-02

1 前言

铁基非晶合金带材是制造非晶变压器不可缺少的基本材料,用于生产新一代节能变压器的铁芯,可以实现节能80%^[1]。随着我国对节能减排的要求日益严格,非晶变压器的需求日益增加,国内非晶合金领域的研究日益深入。但受规模影响,母材质量稳定性较差,低成本、高稳定性的非晶合金母材批量生产日益紧迫。济钢利用转炉精炼生产线,与中频炉冶炼联合,开发了铁基非晶合金母材的规模化生产工艺技术。

2 合金成分选择

主要工艺设备:600 t鱼雷罐,KR铁水预处理脱硫,120 t顶底复吹转炉,RH真空脱碳设备,板坯连铸机,中频电炉,浇注钢包,模铸系统。

采用传统的Fe-Si-B系铁基非晶合金成分进行设计,结合转炉—精炼工艺,设计了S2和S4两种成分钢种。添加B、Si等合金元素在实验室进行了合金成分的选择试验。成分设计如下:S21, Fe₈₀Si₇B₁₃; S22, Fe₇₈Si₁₁B₁₁; S23, Fe₇₈Si₇B₁₅。 S41, Fe₈₀Si₇B₁₃; S42, Fe₇₈Si₁₁B₁₁; S43, Fe₇₈Si₇B₁₅。对各种配比合金在不同转速下进行甩带试验,各配比下的非晶带形成效果都较好,带材表面质量好;再在不同温度下真空退火10 min,对每种带材进行了性能检测,不同成分和退火温度下的钢带的磁性能检测结果如表1所示。

从表1可看出,S41(Fe₈₀Si₇B₁₃)钢种的磁性能最好,该产品的磁性能曲线见图1。因此,最终选择了S41(Fe₈₀Si₇B₁₃)钢种作为工业化生产试制产品。

表1 试验钢种非晶带材退火工艺参数及磁性能

钢种	带材规格/ (mm × μm)	退火 温度/°C	转速/ (r·min ⁻¹)	退火后 Bs/T
S41	7 × 30	455	3 000	1.67
S42	8 × 40	475	4 000	1.62
S43	5 × 30	482	4 000	1.58
S21	7 × 40	460	3 000	1.61
S22	7 × 40	475	3 000	1.54
S23	7 × 30	481	4 000	1.54

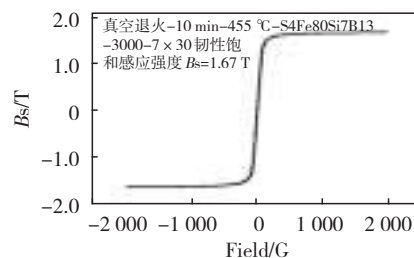


图1 S41(Fe₈₀Si₇B₁₃)铁基非晶合金条带的磁性能

3 生产工艺开发

铁基非晶合金质量要求:1)产品磁学性能达到或超过目前在用FeSiB系非晶合金磁学性能。2)产品具有高的非晶形成能力,能形成>50 μm厚度的铁基非晶带材,以提高铁芯叠片率。3)产品碳含量低于0.04%,夹杂物尺寸稳定控制在10 μm以下。

冶炼工艺流程:铁水预处理—120 t BOF—RH—连铸—中频炉—浇包—模铸。其中预处理、转炉、RH炉工艺设备装备完善,为了控制非晶合金母材的质量,重点对中频炉进行了适应性改造。

1)炉内氩气保护系统和长出钢口密封。通过在底部安装透气砖吹氩气和长出钢口密封出钢,该系统使炉内气氛成弱氧化或无氧化性,在中频炉的熔化、炉内合金化、测温、取样等操作过程实行全程氩气保护,实现了防氧化密封,使得易氧化的Si、B等合金的收得率到95%以上,保证钢液的纯净,保护炉衬;同时,长水口外部的挡渣塞防止了出钢下渣。

2)使用顶渣,防止吸气及吸附夹杂物。非晶母

收稿日期:2015-06-28

作者简介:付庆林,男,1970年生,2009年毕业于济南大学无机非金属材料专业。现为山钢股份济南分公司炼钢厂工程师,从事钢铁冶金工作。

材的熔点低,大约在1 190 ℃,为了吸附夹杂,开发了低熔点精炼渣,起到保护液面并且吸附、捕集氧化产物和外来夹杂物的作用,尽量防止外来气体进入反应体系,减少酸性氧化物的形成。

3)浇铸钢包。浇注方式从上注改为采用了钢包滑动水口浇注,配备底吹氩气功能。钢包通过底吹氩气系统和包顶渣,使夹杂物上浮和吸收。

4)浇铸模具系统。生产非晶母材采用的是砂模浇铸,利用已有的黏土质铸钢中铸管做模型,摆放到砂箱内,共摆放15支这样的砂模,铸成的锭型重约30 kg。整套工装在浇铸前要求烘烤干燥,避免气体影响钢质。为减少浇铸过程中合金母材的氧化,专门为模具系统设计了氩气保护装置,即对每个模型吹氩气保护,防止模内钢水上升过程中吸气氧化。

为了进一步防止浇铸模具内的二次氧化和吸附夹杂,在采用吹氩保护的同时,还在模内使用低碳低熔点保护渣,有效降低了非晶合金母材中的夹杂物含量。

4 产品质量分析

通过系统改造和合适的冶炼工艺制定,所生产的产品成分和内部质量稳定,甩带后各项性能指标都符合国标要求,同时满足客户质量要求。对生产的产品进行了抽样金相检验,检验方法为:物镜倍数20倍,单视场面积为0.538 mm²,检测视场数50个,总检测面积为26.9 mm²。试样(批号XY-1-1)检

测结果表明:夹杂等效直径4.0~4.9 μm,检测面积内2个,平均每100 mm²7个;其余等效直径(5.0~9.9 μm)夹杂,检测面积内个数均为0。与某企业送检试样(批号YL-9172-1)的检测结果对比见表2。

表2 夹杂物抽样分析结果对比

夹杂等效直径/μm	检测面积内个数		平均每100 mm ² 面积内个数	
	济钢	其他企业	济钢	其他企业
4.0~4.9	2	6	7	22
5.0~5.9	0	2	0	7
6.0~6.9	0	2	0	7
7.0~7.9	0	2	0	7
8.0~8.9	0	0	0	0
9.0~9.9	0	0	0	0

从检查结果可以看出,产品夹杂物大小控制在5 μm以下,完全满足非晶合金产品要求。

5 结语

通过合理的工艺路线制定和设备适应性改造,采用转炉和中频炉双联工艺生产出了纯净度高的非晶合金母材,与传统的冶炼工艺相比,该产品生产成本每吨低约3 500元,实现了铁基非晶合金母材的低成本和规模化生产。连续试验生产了500余t,产品成分和性能稳定。

参考文献:

- [1] 房卫萍,杨凯珍,张宇鹏,等.低碳经济下的非晶合金发展与应用[J].材料研究与应用,2010,4(4):528.

Commercial Technical Development of Duplex Process for Smelting Iron Base Amorphous Alloys Parent Metal

FU Qinglin, YIN Weiping

(The Steelmaking Plant of Jinan Branch Company of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The compositions of the Fe₈₀Si₇B₁₃ alloys were determined by laboratory test and magnetic energy testing. Through the reasonable process route and adaptive transformation of the medium frequency furnace equipment, the emphasis is on the addition of argon protection facilities in melting and casting process and the use of low carbon and low melting point protection slag, the amorphous alloy with < 5 μm inclusion was produced by duplex steelmaking of converter and intermediate frequency furnace. Compared with the traditional smelting process, the production cost of the product is reduced about 3 500 Yuan per ton and the low-cost and scale production of iron base amorphous alloys parent metal is realized.

Key words: amorphous alloys parent metal; duplex steelmaking; inclusion; production

(上接第3页)

Low Grade Smelting Practice of Laiwu Steel's 3 200 m³ BF

TANG Dengjun, WANG Yan, ZHANG Hui, GUO Xinchao

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: By strengthening the management of fuel and raw materials and the BF production, developing the gas flow control model, improving the activity of hearth and other measures, under the condition of charging comprehensive grade of 55.32% in 2014, the 3 200 m³ BF in the Section Steel Ironmaking Plant of Laiwu Steel realized economy smelting and achieved good technical and economic indexes. The productivity is 2.456 t/(m³·d). The coke rate is 340.5 kg/t, the coal rate is 175.4 kg/t and the fuel ratio is 515.9 kg/t.

Key words: blast furnace; low grade; economy smelting