

特殊硅铁生产工艺方法探讨

姚建京

(武钢铁合金有限责任公司 武汉 430000)

摘要 从特殊硅铁的质量要求(化学成分)分析入手,探讨了特殊硅铁试制的基本原理,在实践中,通过改变生产过程中的某些试验条件摸索并初步确定了特殊硅铁的生产工艺,并从理论上分析了该工艺中去除杂质的原理,总结性地提出了较为成熟的特殊硅铁冶炼工艺方法,也客观地指出了该法的缺陷之所在。

关键词 特殊硅铁 试制 炉外精炼 渣洗 吹氩

中图分类号 TF645.3 文献标识码 B 文章编号 1001-1943(2002)01-0009-03

PROBE INTO PROCESS OF SPECIAL FERROSILICON SMELTING

Yao Jianjing

(Ferroalloy Co., Ltd. of Wuhan I & S Group, Wuhan 430000)

Abstract From analysing quality requirement(chemical compositions)of special FeSi, the fundamentals of special trial production were probed. In the practice, production technology of special FeSi was probed into and preliminary decided by changing some test conditions of the production. The maturer process of smelting special FeSi was summarized, while the process shortages were also pointed out.

Keywords special ferrosilicon, test production, refining outside the furnace, slag washing, chlorine blowing

1 前言

特殊硅铁是生产取向硅钢必不可少的合金剂,该合金在1990年前一直依赖外购,外购价格最高时每吨达7000多元,并且有时甚至还附带一些不合理的条件。显然,长期下去就势必制约武钢集团公司效益产品——取向硅钢的生产。该公司于1990年将特殊硅铁的试制作为重点科研项目立项,试制

特殊硅铁。若能成功则每年可为该公司节约外购资金约1200余万元,同时还可出口创汇。为此,公司进行了特殊硅铁的试制。

2 试制原理

特殊硅铁纯度高,杂质含量低,按照用户的要求,该公司拟定的质量要求见表1。

该公司原来主要冶炼普通75硅铁,其成分除

表1 特殊硅铁化学成分 % (≥)

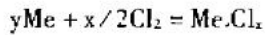
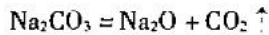
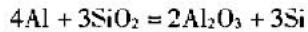
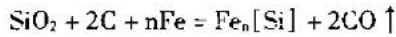
元素	硅	碳	磷	硫	铝	钛	锰	铜	铬	钒	钙	镍	镁
成分	75~78	0.05	0.04	0.02	0.2	0.05	0.1	0.1	0.1	0.05	0.2	0.3	0.05

对硅含量要求在72%以上外,对碳和铝等元素含量要求不高,而特殊硅铁对碳和铝等杂质元素含量要求很低。从市场调研掌握的情况,结合冶炼特殊硅铁的主要原料硅石中的杂质成分来看,该公司经研究分析后认为,冶炼特殊硅铁要注意以下三个方

面:一是精料入炉,保证入炉原材料的杂质少,从而使硅铁产品原始杂质含量低;二是精心操作,确保硅铁含硅量达标及防止硅铁二次污染;三是用炉外渣洗吹氩工艺处理硅铁水,进一步降低杂质含量。上述冶炼精炼原理的主要反应式如下:

作者简介 姚建京 男,1960年8月出生,冶炼高级工程师,1982年7月毕业于北京科技大学冶金专业,在《武钢技术》上发表论文1篇。现为公司副经理。

收稿日期 2001-10-08



3 试制过程

针对原冶炼 75 硅铁的实际情况,我们确定了特殊硅铁试制的三个阶段:(1)变料及调整炉况阶段。其目的是将原冶炼 75 硅铁的炉料,通过两天的熔炼,全部更换为特殊硅铁冶炼用料,同时调整炉况、稳定供电制度、熟悉和掌握炉后精炼操作程序;(2)正式试制阶段。分两步进行,第一步是炉后轻渣吹氯精炼,第二步是炉后重渣吹氯精炼。其目的是探索取得合格品的途径;(3)对某些工艺进行了单

项试验。主要是将炉后精炼分三步:第一步是加渣不吹氯;第二步是吹氯不加渣;第三步是既不加渣也不吹氯。目的是探索不同炉外精炼工艺条件下杂质去除程度。

三个阶段确定后,我们在 3[#]炉进行了试制工作。

3.1 第一阶段

试制时间为 1993 年 12 月 9 日白班至 11 日夜班。该阶段无特殊硅铁合格品,硅含量达标率为 75%,铝含量达标率为 0,碳达标率为 68.75%,磷达标率为 87.5%,其余元素均达标。该阶段元素分布情况见表 2。

从表 2 可以看出,影响特殊硅铁合格率不高的主要因素是硅、铝和碳含量未达标。从各炉化验结

表 2 未达标元素分布情况 %

元素	Si			Al		C		P	
含量	< 75.0	75.0 ~ 78.4	78.5 ~ 80.0	≤ 0.25	0.26 ~ 1.05	0.026 ~ 0.054	0.055 ~ 0.10	0.010 ~ 0.044	≥ 0.044
占总炉量	6.25	75	18.75	0	100	68.75	31.25	87.50	12.50

果来看,硅和碳含量呈波动状态,铝含量呈下降趋势。变料期试制阶段表明,只要铝含量达标,就有特殊硅铁合格品产生。为此试制过程进入第二阶段——渣洗吹氯精炼阶段。

3.2 第二阶段

试制时间为 1993 年 12 月 11 日白班至 20 日夜班。该阶段分两步进行:

3.2.1 轻渣吹氯处理铁水,渣剂配入量为每炉铁

水量的 4% ~ 5%。共试制 8 个班 18 炉,仍无特殊硅铁合格品出现,产品中硅的达标率为 72.22%,碳的达标率为 76.7%,而铝达标率为 0,其它元素均达标。各元素分布见表 3。

由表 3 可以看出,铝和碳含量均呈下降趋势,但达标率不高,尤其是铝达标为 0。经分析是渣量较少所致,于是该公司进行了第二阶段第二步重渣吹氯试制工作。

表 3 元素分布情况 %

元素	Si		C		Al	
含量	75.0 ~ 78.5	78.6 ~ 80.0	≤ 0.054	≥ 0.055	≤ 0.25	0.26 ~ 0.79
占总炉量	72.22	27.78	76.70	23.30	0	100.00
平均含量	77.90		0.032		0.459	

3.2.2 重渣吹氯,其渣剂量为硅铁水量的 8% ~ 10%。共试制 18 个班 42 炉,特殊硅铁炉命中率为 61.7%,Al 元素含量下降幅度较大,达 0.37%。其元素分布见表 4。

从表 4 可以看出,在重渣吹氯中各元素平均含量均达标,但特殊硅铁命中率仅为 61.70%,38.30% 的等外品中有 23.4% 是因硅含量超标所致,且超上限居多。

为摸索批量生产的最佳工艺技术方法,该公司进行了第三阶段分三个步骤的单项工艺方法试验,

其去杂质效果不佳。

综上所述各阶段试制数据可知,重渣吹氯工艺合格率较好,达 61.7%,其中有 23.4% 是硅超上限,只要在配料和操作上适当控制,命中率会达到 75% 以上,能满足工业生产的要求。此次试制特殊硅铁 57t,由该公司技术部安排抽样化验,其结果达标。在一季度投入下工序试用,由硅钢研究室作出了试用鉴定;合金化对比用于试验钢 32 炉,其中 18 炉是采用该公司试制的特殊硅铁进行的合金化增硅,其余均用外购特殊硅铁。使用该公司的 18 炉试验钢命

表 4 元素分布情况 %

元素	Si		C		Al	
含量	75.0 ~ 78.5	78.6 ~ 80.0	≤ 0.054	≥ 0.055	≤ 0.25	0.26 ~ 0.79
占总炉量	72.22	27.78	76.70	23.30	0	100.00
平均含量	77.90		0.032		0.459	

备注:元素 Si、Al、C 含量的平均值达标。

中率为 100%，并经热轧、冷轧成材，由硅钢生产 0.35 mm 牌号 Q112B 卷 47 卷，原牌号为 83.19%，升牌号为 70.86%；而使用外购特殊硅铁的 14 炉，卷数 33 卷，原牌号合格率为 83.7%，升牌号为 72.70%，试验结果相同。由硅钢生产的 Q102C0.30 mm 厚的硅钢，该公司试制的特殊硅铁投料共 12 卷，原牌号合格率为 94.7%，升牌号为 25.2%。外购合金投料 14 卷，原牌号合格率为 77.8%，升牌号为 15.2%。相比之下，该公司试制的特殊硅铁的使用性能优于外购特殊硅铁。

4 试制分析

4.1 从精料入手

普通 75 硅铁中的硅含量 (72% ~ 73%)、铝含量 (2%)、碳含量 (0.2%) 和钛含量 (0.1%) 等与特殊硅铁质量要求有很大差距，而硅铁生产中杂质元素不可避免地还原进入合金。因此，只有精料入炉，降低杂质元素的氧化物含量，合金中的杂质含量才可减少。同时，合金中的钛也是由原料中氧化钛多少决定的，从这个意义上讲，精料入炉是必要的。试验的第一阶段——变料期合金成分就得到初步控制。

4.2 保证硅含量达标

一方面要按含量大于 76% 组织生产；另一方面要精心操作，严格按操作规程进行。如保证配料比的准确性，及时处理刺火和打弧现象，控制铁质材料的带入量，出炉时不得随意压放电极等，可以防止因硅含量未达标而影响产品命中率。

4.3 实施炉外精炼——渣洗吹氧工艺

试制中发现，仅精料入炉和精心操作并不能使硅铁的各元素全部达标，还必须通过炉外加渣 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2$) 吹氧，进一步去杂质。

渣剂在出炉前加入铁水包中，通过出炉铁水高温作用，渣剂与铁水中的杂质元素产生一系列相间

反应，生成低熔点化合物。吹氧工艺为炉外精炼的第二步，通过导气系统往硅铁水中吹入氯气，使具有强氧化性的氯气与金属元素反应生成氯化物。资料表明，铝与氯在高温下亲和力较强，因此铝可被氯化去除。事实上，渣洗和吹氧工艺并非完全分开的，而在精炼后期两者是相互促进的。特殊硅铁试制的第二步采用了渣洗吹氧工艺，铝含量达标率为 91.49%，硅达标率为 76.6%，碳、钛达标率均为 100%。第二阶段中的两步区别在于渣剂量的不同，从试制结果看，渣剂量为硅铁液重量的 8% ~ 10% 最为适宜。其去杂机理如下：

(1) 脱铝机理：其一是渣剂吸附去铝。硅铁中有半数是化合态铝，即 Al_2O_3 ，在较好动力学条件下（如吹氧等），可将其充分地吸附到硅铁液表面的渣中而去除；其二是氯化去铝。硅铁中的单质铝可与氯气化合生成气态氯化物而去除（气态氯化物及部分 Cl_2 用碱液处理）。

(2) 脱碳机理：硅铁液中的碳元素以碳单质和碳化物两种形式存在，前者通过镇静工艺可以去除一部分，后者主要是随其它氧化物一起上浮，被渣剂吸附而去除。

(3) 降钛方法：钛元素在硅铁液中以 TiC 和 TiSi 形式存在。资料表明，要想获得钛含量低的产品，必须选择含 TiO_2 低的炉料。

5 结 论

综上所述，采用精料入炉、精心操作和炉外精炼的方法可冶炼出特殊硅铁，其合格率达 61.7% 以上。炉外精炼工艺中重渣吹氧为最佳工艺，其渣剂量为硅铁液量的 8% ~ 10%。

由于“三精”方法对原料、工艺操作要求太严，且产品质量波动较大，因此，采用工频炉重熔加渣洗吹氧工艺或等离子炉等先进技术进行试制工作势在必行，以稳定特殊硅铁产品质量。