

⑥ 26-30

提高 50MVA 硅铁电炉产量、 质量和降低电耗的途径

丁立新

(遵义铁合金(集团)有限责任公司 563004)

TF645

摘 要 选择合理的还原剂和硅石,采用合适的电炉参数并通过还原剂品种、粒度的合理搭配和加强冶炼操作是提高 75% 硅铁产量、质量及热效率,降低电耗的方向。

关键词 硅铁 埋弧电炉 工艺参数 还原剂 技术经济指标

中图分类号 TF645.3 文献标识码 B 文章编号 1001-1943(2000)06-0026-05

硅铁电炉, 产量, 质量

电耗

MEASURES TO INCREASE FeSi PRODUCTION AND QUALITY AND TO DECREASE ELECTRICITY CONSUMPTION OF 50MVA ELECTRIC FURNACE

Ding Lixin

(Zunyi Ferroalloy (Group) Co. Ltd., Zunyi 563004)

Abstract It is pointed out that selecting rational reductants and silica, adopting appropriate technological parameter, proper proportions of reductants and sizes, strengthening smelting operation are the ways to increase FeSi production, quality and heat efficiency, and to reduce electricity consumption.

Keywords ferrosilicon, submerged electric furnace, technological parameter, reductant, technico-economical index

当前面临着市场的激烈竞争,提高产品的质量、增加产量、降低电耗是企业取胜的关键,因此怎样使 50MVA 电炉生产高质量的硅铁产品及日产量达到 80 吨以上,电耗降到设计指标以下,从而最终降低产品的成本,是我们今后工作的重点。现就作者的几点看法阐述如下。

1 改进工艺参数

1997 年至 1998 年我厂 402[#]炉极心圆直径为 3 560 mm,二次电压在 210 ~ 230V、电极电流为 105 ~ 115kA,有功功率为 28 ~ 30MW。生产中电极位置始终较高,不易下插,后通过增加比电

阻较大的新疆气煤焦和高比电阻的神木蓝炭的用量,同时还采用小粒度焦炭搭配使用,取得一定的效果,增大了炉料的比电阻,提高了炉内操作电阻、使电极得以下插,但是出现了铁水流量小、渣多、喷火及炉底缺碳、炉口温度过高等问题。从 402[#]炉打炉的结果我们看到,由于过多使用高比电阻焦炭,电极虽下插较深,但炉底碳砖被严重浸蚀、且夹铁,而炉墙却完好无损,这就可以初步断定可能是由于极心圆功率密度过大所造成。同时从电器仪表也不难看出,二次电压始终用不上去,只能依靠增大电极电流来将有功率用到 28 ~ 30MW,而采用较大的电极电流不但不会使反应区扩大,反而因操作电阻过小导致不

作者简介 丁立新 男,1967 年 10 月出生,工程师,1988 年毕业于重庆大学冶金系。

收稿日期 2000-06-17

良后果,因此炉内有效功率几乎未达到过 28MW,此时的无功功率很大,热损失大,不仅影响了设备的使用寿命,而且使炉口温度升高,刺火严重、难于操作,造成硅的损失增加,反应区过热现象严重,所以导致产品中 Si 低、Al 高。

由于二次电压低,电极电流较大,电流电压比一直处于 480~500,此时,电极虽能下插,但炉料和电弧的电流分布发生变化,使电流通过电极侧表面的百分比过大,出现炉料过热,熔炼区功率不足,无法形成合理的反应区,导致正常的冶炼难于维持,后来通过稳定电极电流,设法提高二次电压,使电流电压比降到 420~450,产量、电耗等技术经济指标都得到较大程度的改善。

根据斯特隆斯基公式, $D_p = 126(P/p_{vr})^{1/3}$ 计算出的极心圆直径与反应区体积功率密度关系见表 1。

表 1 极心圆直径与反应区体积功率密度

$D_{\text{极心圆直径}}$ 为	p_{vr} (反应区体积功率密度)
3 560mm 时	$= 443 \text{ kW/m}^3$
$D_{\text{极心圆直径}}$ 为 3 600mm 时	$p_{vr} = 429 \text{ kW/m}^3$
$D_{\text{极心圆直径}}$ 为 3 650mm 时	$p_{vr} = 411 \text{ kW/m}^3$
$D_{\text{极心圆直径}}$ 为 3 700mm 时	$p_{vr} = 395 \text{ kW/m}^3$
$D_{\text{极心圆直径}}$ 为 3 750mm 时	$p_{vr} = 381 \text{ kW/m}^3$

由表 1 可以明显看出随着电炉容量的增大,极心圆直径逐渐增大,反应区体积功率密度逐步减小,因此 50MVA 电炉极心圆直径应增大到 3 700~3 750mm 较为合适。

1998 年,采用了新的砌筑方法,炉底第一层采用河南鲁山的自焙轻质炭砖,炉墙炭砖上部用轻质粘土砖干砌一周,将炉膛直径由 7 600 mm,变为 7 900 mm,这样既提高了整个电炉的保温性能,增大了配热系数,又增大了电炉的炉膛直径。极心圆直径由 3 560 mm 调大到 3 710 mm 后,在工艺上采取满负荷操作,有功功率控制在 30~33MW,避免了由于功率低、炉温低、坍塌连通不好而造成的炉况恶化及炉底上涨。

极心圆直径调大以后,生产中二次电压可保持在 230~250V,提高了熔池电压和入炉有效功

率,使电极下部的坍塌区域扩大,使生成硅铁的化学反应区域增加,反应生成物硅铁数量也随之增加,从而提高了产量,使平均日产量达到了 80 吨以上,生产中还发现由于极心圆直径变大,使极心圆的平均功率相应下降,改善了电弧作用区的“过热”现象,降低了电弧下高温炉气压力,使合金中的 Al 含量下降,喷火现象明显减少,炉口温度明显下降,改善了炉口的冶炼操作条件及设备的环境条件,大大减少了热停炉时间,从炉况上观察,高温炉气均匀预热着上层炉料的区域也随之扩大,死料区域减少,热能得到充分的利用,电极易于下插且较稳定,从而使各项技术经济指标明显好于过去。

2 原材料的合理选择

在极心圆直径调到 3 710 mm 后,生产中我们发现此时配加小粒度焦炭和使用过多的高比电阻焦炭后,反而导致炉况变坏,因此在用碳方面要特别注意,避免电极插入过深,否则 CO 排出时受到的阻力增大,不能迅速离开反应区域,对生产产生不利影响。而且原材料的品质及合理搭配是决定炉况顺行、指标好坏的关键因素之一,通过生产实践,已逐步摸索出一套行之有效的原料搭配方案。

2.1 硅石的选择

应尽可能选择还原性较好的硅石入炉。我们在生产中发现现在所使用的贵阳黔陶硅石还原性差、化料速度慢。如有条件,可选用一些还原性好的相对易溶的乐稼硅石、忠庄硅石等搭配使用,并尽快在生产过程中摸索出几种硅石搭配使用较为适宜的比例,从而改善因硅石粒度过小影响透气性或粒度过大而影响熔化速度的矛盾,不但可加大炉子的化料量达到提高产量的目的,而且还可以大大地降低硅石的成本。另外还需进一步提高硅石的水洗筛分质量,水洗场地要保持干净,避免粉末及泥土被带入炉内而影响炉况及产品质量。生产中我们常发现使用的硅石粒度不好、大粒度的很多,造成炉料分层,延缓了炉料的熔化和还原反应速度,而大量的粉粒又导致炉子的透气性变坏,炉况恶化,合金含铝量增高。如能将进厂的难熔、热稳定性好的黔陶硅石粒度控制

在 40 ~ 80 mm 之间, 易熔热稳定稍差些的乐稼或忠庄硅石的粒度控制在 40 ~ 100(120) mm 之间, 将会大大改变现有的炉子状况, 1999 年 6 月份以后我厂为降低生产成本增大了乐稼硅石和忠庄硅石的用量, 使其占硅石总用量的 50%, 并严格控制入炉硅石的上、下限粒度, 在 1999 年 7 ~ 10 月份, 炉况指标都得到改善。

2.2 还原剂的选择

合金铝含量大部分来源于还原剂, 且铝的还原率与电炉炉况、操作等关系很大, 因此合理的还原剂搭配, 精心的操作能够使铝含量降低到 1.50% 以下。

生产中只要将每吨硅铁所用焦炭带人的 Al_2O_3 含量严格控制在 30kg 以内, 通过优质还原剂的合理搭配, 就可以改善现有的经济指标及产品质量。

3 还原剂的合理搭配

3.1 还原剂粒度应有合理的组成

我们知道, 粒度大的还原剂比电阻低, 加入炉内后炉料的导电性增强, 电极难于下插, 热损失增加。此外, 粒度大的还原剂反应表面小, 还原能力相应降低, 特别是极心圆直径偏小时, 加入粒度过大的还原剂是极其有害的。而粒度小的还原剂比电阻高, 反应表面大, 加入炉内有利于电极深插和还原反应进行, 但是, 粒度过小或粉末过多入炉时, 吹损、烧损严重, 易使料面烧结, 透气性变坏, 炉况恶化。

在生产中我们发现 50MVA 大电炉, 由于料层较厚, 极心圆直径偏小 (3 560 mm), 为使电极下插, 不得不使用大量强度较差的高比电阻焦炭, 不但影响了炉子的透气性, 而且经常造成炉底缺碳、喷火严重。1999 年 6 月份以后我们严格控制焦炭的粒度在 6 ~ 22 mm 范围内, 保持入炉焦炭粒度在 17 ~ 19 mm, 并通过与小粒度焦炭进行搭配, 使这一情况大为改善, 指标大大提高。

3.2 采用活性好的高比电阻还原剂及强度好的还原剂搭配

各种焦炭的理化性能不同, 应根据电炉的极心圆直径及用电制度等进行合理搭配。

生产实践表明: 使用的蓝炭、气煤焦比例越

大, 合金含 Al 量越低, 电耗也呈下降趋势, 但对 50MVA 电炉来说超过一定的配比后, 料面不好维护, 产量降低、电耗反而增高。生产统计数据表明, 当冶金焦、煤气焦、蓝炭和气煤焦的固定碳比例范围在 30% ~ 35% : 30% ~ 15% : 40% ~ 50% 时, 不仅炉况稳定, 而且电耗也较低, 产量高, 硅回收率明显增高。国外厂家经验也表明当冶金焦、气煤焦与半焦(烟煤)之比在 2:1:2 时, 其炉子各项指标都处于最好状态。

只有合理的还原剂搭配, 才能保证炉料疏松、不结块, 刺火少、渣量减少, 产量和产品质量提高, 使各项指标得到改善。

3.3 采用搭配小粒度焦炭, 确保电极深插

在极心圆直径不变的情况下, 为提高电效率和入炉有效功率, 必须提高二次电压, 但二次电压升高必将造成电极上抬, 如果一味多使用高比电阻焦炭不仅会使成本增加, 而且还会造成炉况恶化, 因此采用搭配部分小粒度焦炭, 以确保电极的下插与稳定, 使合适的电流电压比值恒定、有效功率达到 30MW。

我们在极心圆直径不变时, 采用 5 ~ 13 mm 的小粒度昆明煤气焦与 5 ~ 20 mm 的昆钢焦、昆明煤气焦及 8 ~ 25 mm 的新疆煤焦搭配, 重量百分比分别为 13% ~ 17% : 34% ~ 32% : 28% ~ 25% : 25% ~ 26%, 此时炉料电阻明显增高, 炉况稳定, 电耗下降, 产量增加。

4 冶炼操作

4.1 捣炉和加料操作

要增产, 就必须使电炉有较高的有效功率, 同时还要确保电炉上部有一定厚度的冷料区, 为料层内 SiO 凝聚提供良好的条件, 避免局部温度过高、料面烧结、影响炉膛的功率分布。这就要求在操作上保持料层温度的恒定分布, 做到电极深而稳。因此既要保持炉料饱满, 又不要超过炉口, 小刺火时, 在刺火部位推些料或暂不处理; 大刺火时, 在刺火部位或周围用捣头松动一下, 然后推些新料, 把火焖住。坚持这种捣炉方法, 会使炉子整个料面透气均匀, 炉况变好, 坚决杜绝频繁捣炉及大翻料。

4.2 炉内配碳量的控制

过剩的碳量不仅使焦炭消耗量增加,更重要的是造成炉内碳量分布不均匀,产生过多的SiC和渣子,使电极难下插又不稳定,减慢了硅的还原,同时电耗随之增加。

准确掌握用碳量,使实际用碳量尽可能接近理论用碳量,在工艺过程允许的条件下,实际配入的碳量应比理论计算略少些,采用略缺碳操作。此外还须正确处理好电极位置、电极电流与配碳量之间的关系,才能稳定炉况,减少能源消耗。

4.3 采用炉子旋转

由于电炉生产一定时间后,炉内的死料区增多,料面透气性变差,刺火现象多,只依靠增加炉内配碳量,勤捣炉等手段来改善炉况,效果并不明显,有时还会带来许多不利影响。因此,选择炉子旋转,并使旋转方法及速度合理,对改善炉况有较好的效果。

5 生产过程的管理与控制

从表2可看出,1999年6月份以后我厂根据以上几个方面大胆进行工艺探索,做到工艺到位,精心操作,并制定了“工艺一支笔”制度,对配料工作实行统一管理,维护工艺上的权威性,改善了以往任何人都能加减配料的作法,并集中工艺业务素质高、操作能力强的人员进行攻关和示范,对过去那种粗糙、不规范的操作行为给予纠正。还通过贯彻ISO9002标准规范了工艺流程的各个环节,统一了捣炉操作模式,在管理上实行了工艺干部每周小结,每月总结制度,提高了工艺干部对炉况判断和处理的能力,并实行工艺干部24小时监控制度,做到及时准确了解和掌握炉况,发现问题及时处理,使炉况始终处于受控状态,从而保证了电炉的稳定运行,使两台电炉在7~10月份4个月的产量达到炉子的设计能力,经济指标大为改善。

表2 402*炉工艺改进前后对比

生产日期	平均有功功率 MW	极心圆直径 mm	二次电压 V	二次电流 kA	贵阳黔陶硅石 比例 %	入炉焦炭粒度 mm	入炉焦炭平均 粒度 mm	纯碳量 kg	操作方法	Si回收率 %	平均日产量 t	单位电耗 kWh/t
1997-07	28.45	3 560	210~235	105~125	80	3~30	22.27	828	不规范	79.4	64.68	9 392
1997-08	27.19	3 560	210~230	110~125	80	3~30	23.02	822	不规范	76.4	61.05	9 799
1997-09	27.5	3 560	210~235	101~120	75	3~30	21.32	836	规范	79.44	66.32	8 986
1999-07	29.62	3 710	225~250	91~115	50	5~20	17.53	772	规范	80.6	76.985	8 680
1999-08	30.86	3 710	235~250	87~115	50	6~22	18.39	770	规范	83.1	83.364	8 352
1999-09	31.57	3 710	235~250	85~115	50	6~22	18.66	783	规范	81.66	84.316	8 446
1999-10	31.86	3 710	238~250	84~115	50	6~22	18.44	783	规范	83.17	85.398	8 415

6 结论

6.1 选择合适的电炉参数,采用合理的用电制度提高入炉有效功率,加强冶炼操作、保持电极深插与稳定、防止SiO挥发损失,是保证冶炼顺利进行、增产、降耗的重要条件。

6.2 硅石和还原剂的理化性能对75%硅铁冶炼意义重大,应选择合适,才能获得好的冶炼效果。

6.3 还原剂的合理选择及适宜的粒度搭配对冶炼也有较大的影响,只有适宜的搭配才能取得较好的指标。

(上接 25 页)

参 考 文 献

- 1 陈永高. 热兑法生产微碳铬铁的初步实践. 铁合金, 1996(6):11
- 2 毕传泰. 波伦法冶炼微碳铬铁简介. 铁合金, 1996(4):35

相关行业信息

我国钢铁工业“十五”发展目标

据国家冶金工业局规划发展司有关专家讲,我国钢铁工业“十五”发展总的目标是通过技术进步,产业升级和企业联合重组,使宝钢、鞍钢、首钢、武钢 4 家企业集团在产品质量、工艺技术、生产装备和劳动生产率等方面达到或接近世界先进水平,在国际市场上占有一定份额,一批大型企业通过技术改造,形成完整的具有低成本、高效率并能达到国际同类产品实物质量水平的现代化生产线,生产高技术含量、高附加值的产品,在国内市场上有较强的竞争力。

1. 市场占有率:国产钢材国内市场占有率由 1999 年的 90% 左右力争提高到 2005 年的 95% 左右。
2. 产品质量:预计 2000 年按世界主要产钢国实物质量水平生产的钢材比例为 30%, 2005 年力争达到 70% 以上。
3. 吨钢综合能耗:预计 2000 年大中型钢铁企业吨钢能耗为 0.92t 标煤, 2005 年下降到 0.8t 标煤以下。
4. 环境保护:预计 2000 年钢铁企业主要污染物排放基本达标,实现污染物总量控制目标, 2005 年主要污染物排放削减 5%。
5. 劳动生产率:2000 年钢铁企业年人均劳动生产率达到 100t 钢, 2005 年达到 250t 钢。
6. 产业集中度:根据“淘汰一批、改造一批、发展一批”的原则,现有钢铁企业通过改造和重组,使其逐步形成合理的经济规模,争取到 2005 年,生产企业数目大为减少,生产规模在 100 万 t/a 以上的钢铁企业和年产 50 万 t 钢以上的特钢企业集团达到 35 家,钢产量占全国钢产量的比例达到 90%。

电弧炉炉尘处理的新方法

[美刊《国际钢铁技术》报道]目前世界电弧炉(EAF)烟尘产生量接近 200 万 t/a,大部分来自废钢的铁和重金属烟气。所产生的全部 EAF 烟尘的锌含量,目前为 40 万 t/a 左右,大部分仍然未被利用。

在所有发达国家中, EAF 烟尘被列为是一种有害废物,因为它含有铅、镉和其他重金属。法规要求,烟尘必须经回收、处理后进一步使用,或者经稳定化处理后填埋。最常用的方法是对 EAF 烟尘进行热处理。

锌回收

最早的锌回收工艺是一种热处理方法。EAF 烟尘与煤和熔剂一起,在回转窑中进行处理。锌和重金属被挥发、氧化和回收(以氧化物形式)在布袋收尘室中。这些过程还产生大量的难以确定重金属可浸出性的含铁渣。

较先进的火法冶金法,目的是既回收 EAF 烟尘中的锌,也回收含铁副产品如轧钢屑中的氧化锌和铁的有价值含量。这些方法包括:转底式炉(RHF)技术和感应炉技术。

任何对 EAF 烟尘处理所产生的粗氧化锌,也都含有铅、镉和大量的氯化物(氯化物的氟化物)。氯化物沾污,可造成这些粗氧化锌几乎没有市场价值,需要进一步精炼,以满足锌和氧化锌市场要求。尽管工业上采用火法冶金技术对粗氧化锌进行脱卤,但是这些技术,要完全去除氯化物,达到被原生锌生产厂直接应用是不行的。电解质的氯化物和氟化物含量必须分别小于 200mg/L 和 10mg/L,以避免阳极和阴极腐蚀以及锌沉积问题。半精炼粗氧化锌所用的其它方法,例如密闭铅锌鼓风炉(ISF)去进行评估,因为它们的可供使用能力有限。

一种新方法

主要的问题,必须是如何弥补可用的含锌 EAF 烟尘资源与普通锌电解生产厂难以利用的资源之间的差距。EZINEX 法,通过直接利用粗氧化锌,已解决了在粗氧化锌中存在氯化物的问题。

EZINEX 法是唯一经过验证的技术,在普通电解车间,采用氯化物电解质来进行锌电解沉积。该法包括:氯化物管理、浸出、提纯和锌电解沉积,作为工艺流程的不可分割的一部分。EZINEX 法的电解质,实际上含有钠、钾和氯化锌。