

# 浅谈延长中低碳铬铁炉衬寿命的措施

李长山 付军 高忠发 李有

(吉林铁合金有限责任公司 吉林 中国 132002)

**摘要** 论述了延长精炼电炉捣打料炉衬寿命的问题。实践证明:炉衬的蚀损主要以高温侵蚀为主,而通过调整炉壳与极心圆直径,降低极心圆功率密度,降低电极的下限高度,能够达到延长炉衬寿命的目的,从而使电炉取得较好的技术经济指标。

**关键词** 炉衬 捣打料 极心圆 温度

**中图分类号** TF673.1 **文献标识码** B **文章编号** 1001-1943(2006)04-0009-04

## BRIEF INTRODUCTION OF CRAFTS AND MEASURES OF PROLONGING MEDIUM AND LOW CARBON FERROCHROME FURNACE LINER LIFE

Li Changshang Fu Jun Gao Zhongfa Li You

(Jilin Ferroalloys Co., Ltd., Jilin, China 132002)

**Abstract** It discusses how to prolong life of refinery furnace liner with ramming material. It provides that high temperature is the main factor of corrosion liner. Better economic indexes are acquired by means of readjusting shell and electrode circle diameter, reducing electrode circle power density as well as electrode low limit height to prolong liner's life.

**Keywords** liner, ramming material, electrode circle, temperature

### 1 前言

吉林铁合金有限责任公司中、低碳铬铁电炉的炉衬材料,经历了M-1镁砖、高基质镁砖、镁质捣打料炉衬的变革,炉衬寿命由几十天到突破百天大关,目前炉衬寿命已达239天的历史最好纪录。笔者就该公司309<sup>#</sup>炉、310<sup>#</sup>炉延长捣打料炉衬寿命的工艺措施进行总结,供参考。

### 2 捣打料炉衬的蚀损机理

该公司的中、低碳铬铁电炉,1997年前使用镁砖炉衬,炉衬平均寿命为60天。使用捣打料炉底后,炉衬寿命突破百天大关。

延长捣打料炉衬寿命,必须掌握捣打料蚀损机理。

#### 2.1 捣打料炉衬的烧结

捣打料炉底的蚀损速度取决于捣打料的理化性能、炉渣碱度、使用温度、作用时间。在电炉送电后,炉底温度逐步升高并超过1300℃时,炉底热面局部出现液相,捣打料开始烧结。C<sub>2</sub>F开始少量溶于方镁石晶格内形成固溶体,促进材料的烧结。当炉底温度超过1435℃,C<sub>2</sub>F分解,液相FeO逐渐被方镁石吸收形成(Mg·Fe)O固溶体,CaO则形成富钙液相或同SiO<sub>2</sub>形成C<sub>2</sub>S,原料由MgO+C<sub>2</sub>F变成RO+C<sub>2</sub>S,完成烧结过程。

#### 2.2 捣打料炉衬的蚀损机理

炉底最上层为工作层,炉渣作用于这个工作层,由于含有大量CaO、SiO<sub>2</sub>炉渣的渗入而形成一个C<sub>2</sub>S的富集带,它有利于提高炉底的耐火性能,又可抑制硅质相的侵蚀,当它生成CMS-C<sub>2</sub>MS<sub>2</sub>时才进行层带的下移。当炉底温度降低到400~500℃时,便发生

**作者简介** 李长山 男,1962年5月出生,1984年毕业于吉林职工大学铁合金冶炼专业,冶炼工程师。现从事冶炼生产技术管理工作。

**收稿日期** 2006-02-28

BC<sub>2</sub>S-γC<sub>2</sub>S 相变, 并伴有 12% 的体积膨胀, 使工作层 (即蚀损层) 结构松散, 变成白色粉末, 并使炉底下降。

在高温的作用下, 蚀损层液体炉渣侵入方镁石晶粒间, 逐渐熔蚀方镁石表面, 形成低温 CMS-C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub> 胶结相, 降低了材料的高温性能, 在高温热力的作用下, 炉底逐渐被熔化蚀损, 炉底下降, 炉衬寿命缩短。

### 3 工艺操作对炉衬的影响

#### 3.1 极心圆直径的影响

极心圆直径是电炉重要的工艺参数。参数选择是否合理, 不仅影响经济技术指标, 更重要的是直接影响电炉的炉衬寿命。如果尺寸过小, 极心圆的功率密度就过大, 热量过于集中, 极心圆区域内的温度过高, 对炉底的侵蚀加剧, 消耗过快, 炉衬寿命缩短。如果尺寸过大, 极心圆的功率偏低, 熔池边缘温度过高, 渣、铁对炉墙的侵蚀加剧, 使炉墙变薄, 炉衬的寿命变短。这是影响炉衬寿命的关键因素。

#### 3.2 炉壳直径的影响

炉壳直径是电炉的主要工艺参数。参数选择得是否合理、是否与极心圆的参数相匹配, 不仅影响生产技术指标, 也影响炉衬的使用寿命。如果炉壳直径与极心圆直径相匹配, 极墙距与炉墙厚度相匹配, 炉墙与炉底消耗相匹配, 炉衬寿命就会相应延长。反之, 炉衬寿命就会相应缩短。这是影响炉衬寿命的重要因素。

#### 3.3 二次电压对炉衬的影响

二次电压是电炉的一个重要的工艺参数。选择是否合理不仅影响各项生产指标, 还直接影响炉衬寿命。选择二次电压要与极心圆相匹配, 才能延长炉衬寿命。极心圆直径一定时, 使用的二次电压偏低, 则与极心圆相对的炉底温度过高, 使炉底形成“锅底状”而消耗过快。反之, 炉底温度低, 炉渣温度高, 高温度的炉渣流动性好, 对炉墙的侵蚀加剧, 炉墙变薄极易发生炉墙烧穿事故而影响炉衬寿命。

#### 3.4 电极工作端长度的影响

炉衬使用后期, 由于炉膛变深, 电极的工作端增长, 电极的自重增加, 新下放的电极离料面较远, 电极的焙烧热量不足, 烧结不良, 极易发生电极软断事故。如果在炉衬后期发生电极事故, 处理的时间既长又严重影响产品的质量, 易出现质量事故。为了杜绝电极事故的发生, 电极工作端控制比较短, 因此炉衬

后期, 经常因电极工作端短, 接触不到硅铬合金而送不上电, 被迫停炉, 炉底残余量较多, 得不到充分利用, 既造成了捣打料消耗升高又缩短了炉衬的使用寿命。

#### 3.5 出铁口的影响

使用捣打料砌筑炉衬时, 仅使用捣打料砌筑炉底, 而炉墙和出铁口使用普通镁砖砌筑。由于镁砖的抗高温性能不如捣打料, 出铁口的镁砖消耗比炉底消耗快, 炉衬在使用 130 天以后, 出铁口由炉衬初期的 100 mm 逐步扩大到 400 mm 以上, 出铁口一周左右大修一次, 属于热停抢修, 砌筑质量不及正常的砌筑质量, 且经常跑眼及烧坏包、车、炉前铁道等设备, 被迫停炉, 从而影响炉衬使用寿命。

#### 3.6 炉渣碱度的影响

中、低碳铬铁生产时, CaO/SiO<sub>2</sub> 二元碱度控制以 1.7~1.8 为宜。如果碱度控制处于下限值或下限值以下, 超出正常值的低碱度炉渣侵入烧结炉底的方镁石中, 加速熔蚀方镁石晶面, 易产生大量的 CMS-C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub> 低熔点胶结相, 降低炉底的抗高温性能, 使炉底的工作层被高温熔蚀, 缩短寿命。炉渣碱度处于上限时, 炉渣的熔点高, 即炉渣温度过高, 也会熔蚀炉底, 缩短炉底的使用寿命。

## 4 工艺技术改进措施

#### 4.1 炉壳直径的改进

自 2000 年开始实现中、低铬生产硅铬热装工艺至 2003 年, 实践证明, 随着料批的增加, 生产能力逐步提高, 熔池的直径、炉壳直径偏小, 拆炉时残余炉墙不足 300 mm。需要增大熔池和炉壳直径。根据  $D_{\text{壳}} = 2.5 D_{\text{极心圆}}$  计算,  $D_{\text{壳}} = 2.5 \times 1.4 = 3.5 \text{ m}$ , 比原炉膛直径增加 300 mm, 残余炉墙的厚度应在 300 mm 左右, 计算炉壳直径应增加 300 mm, 增至 5 500 mm。

#### 4.2 极心圆直径的改进

极心圆直径是电炉的重要参数, 参数选择的是否合理, 直接影响到生产指标和炉衬寿命的长短 (见图 1)。

炉壳增大前, 极心圆直径 1.4 m, 极心圆的功率密度为 2 047 kW/m<sup>2</sup>, 在使用该参数生产期间, 炉心化料过快, 出炉时熔池边缘未熔化的炉料较多, 炉衬寿命约为 130 天, 残余炉墙超过 500 mm, 炉底约 400 mm。平均日消耗 5 mm。

炉壳增大后, 极心圆直径调至 1.48 m 时, 极心圆的功率密度为 1 831 kW/m<sup>2</sup>, 在使用该参数生产

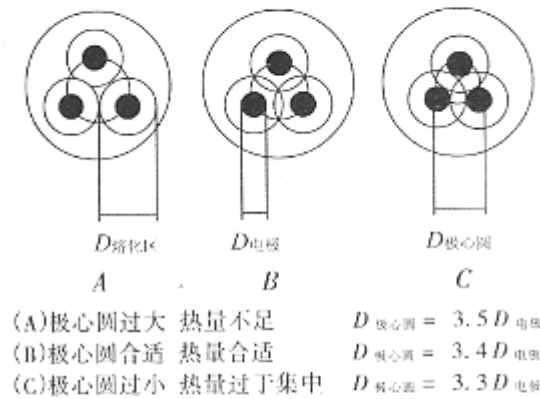


图1 极心圆直径的大小与熔区、熔池的关系

Fig.1 Relation among electrode center diameter, smelting section and smelting pool

期间,炉心化料较快,出炉时熔池边缘未熔化的炉料相对较多,炉衬寿命约150天,残余炉墙超过450 mm,炉底约250 mm。平均日消耗4.7 mm。

为了降低极心圆的功率密度,将极心圆直径调至1.6 m,功率密度为 $1\ 567\ \text{kW}/\text{m}^2$ ,在使用该参数生产期间,炉心化料稍慢,而熔池边缘未熔化的炉料极少,炉墙明显变薄,导致一次烧穿炉墙事故,生产时间约30天。又调到1.55 m后继续生产。炉衬寿命达180多天,炉墙厚度仅剩约150 mm。

根据几次参数的变化后炉衬的使用情况分析,极心圆直径在整个衬期一直使用一个参数并不合适,在不同时期使用不同的极心圆直径参数对炉衬寿命的延长有利。在炉衬的初期,炉底烧结强度不好,抗高温能力差,极心圆直径应当取上限值。适当提高炉底功率密度,使炉底温度即适合炉底烧结又不使炉底消耗过快。炉衬中期极心圆直径应取中限值,末期应取中、下限值,减少对炉墙的侵蚀,有利于炉衬寿命的延长。

在总结以往的经验后,确定了在不同的时期使用不同的极心圆直径为极心圆直径的原则。在炉衬初期,参数选择1.57 m时,极心圆的功率密度为 $1\ 628\ \text{kW}/\text{m}^2$ ,其目的是在炉底还没有达到最大烧结强度时,降低高温对炉底的侵蚀作用。在使用该参数生产期间,炉心化料稍慢,熔池较大。半个月后,使用参数1.53 m,炉心化料较快,出炉时炉心和熔池边缘稍有未熔化的炉料,炉底和炉墙消耗都较慢,相互匹配。由于炉墙厚度难测,而炉底易测,当测得炉底厚度为550~500 mm时,将极心圆直径调至1.48~1.50 m,减小对炉墙的侵蚀。由于该衬在不同的时期使用了不同的极心圆直径参数,极心圆直径与炉壳直径的比值为0.27~0.285,较以前参数

选择的合理,炉衬寿命由180天突破200天达到了233~239天的新纪录。

#### 4.3 二次电压的使用

二次电压的使用决定着铁水温度的高低。电压低,距炉底近,铁水温度高,对炉底的侵蚀增强。反之,铁水温度低,对炉底的侵蚀降低。

电炉开始送电生产初期即炉底的烧结期,约15天。炉壳加大、极心圆加大是为了提高产量。此时,由于极心圆的加大,功率密度相应下降,为了保持炉底的烧结温度,要相应降低电压,以补充炉底烧结所需热量的不足,促使炉底尽快烧结又不使之消耗过快。在炉衬中末期,炉衬边使用边烧结,不需炉底温度过高,此时使用较高的电压生产,即加快了化料速度,又减少低电压对炉底的侵蚀。二次电压与极心圆直径相匹配,使炉底温度分布均匀,消耗速度变慢,炉衬寿命也相应的延长。极心圆直径与二次电压相匹配系数以10~8为宜。

电压级使用的原则是:烘炉时使用较低的电压级,烘炉结束后进入烧结期,相应使用高一电压级持续一段时期。继而随着料批的增加,电压级随之升高。

#### 4.4 加长把持筒长度增加电极行程

电极长,烧结热量不足,自重量大,电极时常发生软断事故;另一方面电极受自重的限制,工作端不再增长,时常发生电极接触不到合金而送不上电的现象,此时采取了加长电极把持筒200 mm,即增加电极行程200 mm,从而增加了电极下降深度,缩短了电极工作端,减轻了电极自重,提高了电极的工作质量,充分利用剩余部分炉底,有效延长炉衬寿命,使炉衬寿命达到了239天。在上次改进的基础上,电极把持筒和行程又增加了250 mm,剩余的400多毫米的炉底中,还有250 mm可以使用70多天,炉衬寿命有望突破300天。

#### 4.5 出铁口砌筑材料的改进

在使用捣打料砌筑炉衬时,出铁口使用普通镁砖砌筑。由于镁砖的抗高温性能不如捣打料,出铁口的镁砖消耗比炉底消耗快,炉衬在使用130天以后,出铁口由炉衬初期的100 mm逐步扩大到400 mm以上。提高出铁口砌筑材料的理化性能使之与捣打料相匹配是解决问题的关键。出铁口使用捣打料砌筑,因出铁时间短,烧结温度和时间不够,捣打料不能充分烧结,抗高温冲刷效果不理想;又试用了高基质镁砖等效果也不理想。与镁砖生产厂家共同协商,选用抗剥落镁铬尖晶石镁砖为砌筑材料,该砖含

MgO80%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>10%, 荷重软化点 1 700 ℃, 抗高温耐冲刷性能好。使用该镁砖砌筑出铁口后, 炉衬使用到末期, 出铁口基本保持在 200 mm 左右, 解决了出铁口的问题。

#### 4.6 炉渣碱度

炉渣碱度应控制为 1.7~1.8, 生产实践表明: 在电极周围的炉料熔化后, 电极弧光将渣面吹成均匀的水波纹状; 出炉时炉渣不挂炉眼; 渣罐中的渣面略有隆起; 浇铸时铁锭上无夹渣。只要炉渣碱度不低于 1.7, 没有大量的 SiO<sub>2</sub> 渗入方镁石晶粒中, 减少低温 CMS-C<sub>3</sub>MS<sub>2</sub> 相的生成量, 炉底的抗高温性能没有急剧下降, 即可保证炉衬的正常使用寿命。

### 5 效果

从 1997 年 9 月 28 日起, 309<sup>#</sup>炉、310<sup>#</sup>炉使用镁质捣打料炉衬至今已有 8 年多的时间, 炉壳直径由 5 200 mm 扩大到 5 500 mm, 极心圆直径由 1 400 mm 经过 1 480、1 600 到 1 570 mm, 探索出极心圆直径使用由大到小的变化规律。炉衬寿命由 119 天、130 天、150 天、180 天提高至 239 天, 提高了 100 天以上, 使炉衬寿命逐步延长达到了 239 天的最高纪录。而该公司其它使用捣打料的精炼电炉, 炉壳和极心圆直径没有增大, 极心圆功率密度没有降低, 炉底温度偏高, 炉衬寿命没有延长, 极心圆直径与炉衬寿命关系统计数据见表 1。

在诸多有利的因素中, 扩大炉壳直径, 增加极心

表 1 极心圆直径与炉衬寿命关系统计数据表

Tab. 1 Statistics data of relation between electrode center circle and liner life

炉台	炉壳直径/mm	极心圆直径/mm	极心圆功率密度/(kW/m <sup>2</sup> )	炉衬寿/天
309 <sup>#</sup> 、310 <sup>#</sup>	5 500	1 570~1 480	1 628~1 831	224~233
504 <sup>#</sup> 、505 <sup>#</sup>	5 600	1 650	2 505	80
605 <sup>#</sup>	5 600	1 400	2 047	140
105 <sup>#</sup>	6 600	1 250	2 564	85
404 <sup>#</sup>	6 800	1 350	2 201	85

圆直径, 使极心圆功率密度下降, 降低局部炉底高温, 使炉底温度分布更均匀, 降低局部高温是延长炉衬寿命最关键的因素, 即炉衬的蚀损主要以高温侵蚀为主。

### 6 结论

- 6.1 炉衬的蚀损主要以高温侵蚀为主。
- 6.2 调整炉壳与极心圆直径、极心圆直径与二次电压相匹配, 降低极心圆功率密度, 使炉底温度均匀, 是延长炉衬寿命的关键因素。
- 6.3 在不同的炉衬时期使用不同的极心圆直径对炉衬寿命的延长有利。
- 6.4 降低电极的下限高度, 充分利用残余炉底, 对延长炉衬寿命有利。

文中的一些数据对其它使用捣打料炉底电炉的工艺参数调整有参考价值。

## 行业信息

### 内蒙鄂尔多斯集团新建的硅铁炉投产

内蒙古鄂尔多斯集团在棋盘井地区新建了 8 台硅铁炉(均为 25 MVA), 其中一台炉子已于 7 月 14 日投产, 另外的 7 台炉将在今年 8~10 月份相继投入运营。在此之前, 该公司已建好 20 台硅铁炉(均为 12.5 MVA)。新建的 8 台炉全部投产后, 鄂尔多斯集团硅铁总产能将达到 35 万 t/年, 成为中国最大的硅铁生产企业。据悉, 该公司产品一半在国内销售, 其余的用于出口。不过, 随着国内及国际市场行情的波动, 上述比例也会灵活调整。

市场人士称, 该公司硅铁产量增长将缓解国际硅铁市场的紧张程度, 不过生产成本也增加了。6 月 30 日, 经国务院批

准, 国家发展改革委出台了电价调整方案, 全国销售电价平均提高 2.5 分/度。据估计, 此次上调电价, 中国国内硅铁生产成本将增加约 176~304 元/t(22~38 美元/t)。

### 山西大规模拍卖锰矿探矿权

6 月 30 日山西省国土资源厅今年第一批探矿权拍卖会太原成功举行。本次拍卖探矿权共计 12 处, 成交 10 处, 成交总额 1 415 万元, 超出起拍总价两倍多。这是继去年 8 月山西省首次采用公开市场运作方式推行采矿权和探矿权有偿拍卖之后的又一次大规模矿业权拍卖活动。这次以铁矿、铜矿和锰矿为主体的探矿权拍卖, 引来投资者近百家。

摘自《铁合金经济技术信息》