

## 提高硅铁炉炉体寿命的实践

太钢矿业公司大关山矿 申冰雨 石瑞能

**摘要** 通过特硅炉炉体检修的观察;对炉体结构、负荷、砖质、砖型及检修、操作工艺给炉体所造成的影响;对产生红底、击穿和铁水对砖熔蚀的原因分析;寻找对炉体及炉体砖侵蚀的原因,提出解决办法并加以改进;实践证明有助于延长炉体的使用寿命,降低电耗。

**关键词** 硅铁炉 炉体寿命 击穿 熔蚀

**中图分类号**:TF56 **文献标识码**:A

### the Method to Improve the Ferrosilicon Furnace's Shaft Durability

Daguanshan Mine of Taiyuan Iron & Steel Co. Ltd.

Shen Bingyu Shi Ruineng

**Abstract** Observing the ferrosilicon furnace's repairment process and the influence to the furnace and brick by various reasons. the article puts forward the effective way to improve it's durability by solving the above problems. It's proved that the method is helpful to improve the shaft's durability and reduce the electricity.

**Key Words** ferrosilicon furnace, shaftdurability, puncture, corrosion

我矿共有 6 台 4 160 kVA 硅铁炉,均由 3 200 kVA 加强油风冷改造而成,其中一台炉冶炼特硅。6 台炉从结构和修建方法、材料选择上并无任何差别。与生产普硅铁相比生产特硅因为电极插入较深,冶炼条件要求苛刻,所产生的红底现象比较严重并有可能导致炉底大面积击穿。因此,延长特硅冶炼炉炉体寿命的困难较大,大大制约了特硅冶炼炉生产潜力的进一步发挥,增加了维修成本。

继 2001 年 12 月份大修后,2002 年 1 月对该炉体进行再次大修。在检修前我们对影响炉体寿命短的因素进行了认真的分析和研究认为:影响炉体寿命的主要原因在于炉体结构、所用耐火材料、砌炉操作工艺等几个方面。检修中我们重点注重了对此的改进。

#### 1 炉体结构

在原设计图中,炉壳高度 3 130 mm;实际原炉壳高度仅为 3 050 mm,而有关资料显示,冶炼特硅炉壳高度应为 3 300 mm,这样炉内添充料能足量填入。为

保证炉底具有良好散热性能以减低炉底储热给底衬带来的热应力,原来铺设的 8 号工字钢不能满足要求;原炉的建设和修理时未加设底糊,砖之间补偿糊没有填加。因此,在高温条件下由于炉底无底糊、补偿糊,铁水对砖的侵蚀相当严重。

#### 2 所用耐火材料

为了选用既经济又有利于延长炉体寿命的耐火材料,就必须充分了解特硅冶炼炉的冶炼条件和特点、炉体损坏的各种原因和特征,以及与其相适应的各种耐火材料的性能特点。原炉中,炉身采用普通碳砖砌筑和粘土砖混合砌筑而成,砖型为 G-1, G-2, TZ-6, T-17;碳砖采用普通炭砖。炉底共有 8 层砖,其中下 6 层为粘土 G-2 砖,上表两层为碳砖。从拆炉时对炭砖的现场观察发现:

(1) 炭砖有严重的环形侵蚀缝,有的形成空洞,有的环缝带炭砖变为粉末,也有的变为疏松状,强度大大降低。

(2) 炉底底层是平均厚度为 35 mm 的 0~5 mm 的耐火骨料,粒度和铺设厚度不能满足要求。

(3) 炉身熔区在大修前均采用 1 200 mm 高环形炭砖,因炭砖导电性能较好,在冶炼特硅时将有很大部分电由于炭砖的导电性而形成回路,从而造成电的浪费。

(4) 炭砖从断面上看并不致密,内部有 50 mm 左右的粗颗粒并存在较大的气孔;且尺寸偏差较大,造成不应有的缝隙;从经济角度考虑,由于炭砖价格较高,使用侧炭砖增加修理费用。

(5) 有关资料显示:砌炉要求尽可能减少砖的缝隙。硅铁炉炉身其它部位采用环形 3 层粘土砖,因砖层数越多产生的缝隙相应就多,这也是原炉建造不太合理的地方。

(6) 粘土砖 G-1, G-2 等砖质量较差,在几百度火中加温,试砖中有 80% 出现断裂现象。

(7) 底部耐火砖层数应在 7 层以上,而实际只有 6 层,况且做为底层单一 G-2 砖、材质不妥。

### 3 砌炉操作工艺

砌砖存在质量上的问题。拆炉时观察到许多地方缝隙较大并伴随局部参差不齐。因为拌炒粗缝糊要求加热均匀,炒出后要有一定的粘性,粗糊组成的物质之间要有一定的反应时间和一定的石墨化,从这一点上看拌炒粗缝糊的容器极不适宜,工序不到位。炉底炭砖 2×50 mm 缝隙填充的粗缝糊,由于操作不到位,没有填足或没有设置补偿糊。

### 4 硅铁炉冶炼特硅寿命短的原因分析

我矿各炉普遍存在炉红底现象,因冶炼普硅铁温度不是很高对此造成的影响不是太大,短时并不会引起击穿而引起重视,而冶炼特硅的 6 号炉这一现象十分明显。

炭砖用于炉底上层溶池侧面,其质量好坏决定炉寿命的长短。我矿以前所有炉建和检修均采用炉底两层炭砖和侧面环形炭砖,一直未做任何改变。这种炭砖是以中温(1 300 ℃)锻烧无烟煤、冶金焦、石油焦和石墨碎为主要原料,以中温沥青为粘结剂经挤压成型焙烧而成。它的技术指标有耐压强度、气孔率、体密度和灰分含量。炭砖的抗氧化性、碱性、铁水溶蚀性均很差,但导电性能较好。

由于冶炼硅铁本身就是氧化-还原反应,炭在反应中充当还原剂的角色,所以在反应中可能的缺炭,势必从炉底炭砖的上层表面炭砖中夺炭参与反应,炭砖受到侵蚀。在砌筑炉底炭砖时,2×20 mm

缝隙均由炒后粗缝糊砌缝,一者炒制工艺不能满足砌筑对糊的强度和结合性质要求;二者由于操作不规范导致缝不致密,夯实程度不够,再加之未设置补偿糊,在系统加热、自然反应收缩后,产生空洞和缝隙;另外由于环缝带处于铁水凝固的临界温度,当炉温波动时,渗入铁水时而凝固,时而熔化,不断产生膨胀收缩,使炭砖粉碎破裂。这样,在高温条件下由于炭砖气孔率、体密度存在缺陷,铁水侵蚀变得容易,也由于缝隙增多,铁水可对塞缝糊进行侵蚀和各个方向对炭砖进行熔蚀,炭砖损伤速度加剧,在较短时间内吞食炭砖,炭砖被吞食后,由于下层粘土砖本身存在质量上的缺陷,在铁水的直接接触下,铁水穿透粘土砖层的可能性变得容易。这最终导致中心高温区全部侵蚀底砖层。砖缝熔蚀后变为红底,耐火砖侵吞后形成击穿,这是造成红底和击穿的根本所在。

### 5 改进措施

保证良好炉况是保证炉底和炉身砖无衡受损,延长寿命的重要手段。2002 年以来,随着市场和公司对硅铁产量的要求,硅铁生产的节奏相应加快,不允许炉体有大的缺陷生产和占用大量时间进行修炉。为此我们总结分析了影响炉体寿命和生产中炉体对生产的影响后,在所用材质、工艺上、节能降耗上进行了较大的改进,从而大大提高了炉体质量,消除了红底导致的击穿现象,延长了炉体的使用寿命。

#### 5.1 改变砖型和材质

原炉大修前侧身采用 400×400×1 200 普通碳砖,粗缝糊塞缝,以两层普通粘土砖做为内衬垫砖砌筑,炉底垫底层均采用单一粘土砖。

用传统的方法砌筑的炉身主要存在维修成本高、冶炼中电消耗大、机械强度低、抗铁水溶蚀性和氧化性差的缺点。

大修改进后将炉身熔区环形炭砖变为一层二级高铝砖(350×180×75/65)以增加机械强度、抗熔蚀性能、减少形成电回路的可能和降低维修成本;炉底砖过去一直采用单纯 G-2 砖干砌,缝隙之间用粘土细粉装填,由于单一砖砌筑存在热收缩无法互为补偿的缺陷,加大缝隙或者挤压变形而引起断裂破坏,直接影响炉底砖抵抗高温铁水溶蚀的能力。为了克服这一缺陷,我们在大修时将单一砖变为高铝质和粘土混合砖,以使砖之间机械性能互为补偿,减少缝隙或砖损坏。

#### 5.2 保证炉壳结构合理性

大修前炉壳因为经过多次修理,炉壳高度已有

所降低,由原来设计的 3 130 mm 缩短为 3 050 mm,况且硅铁炉已增容至 4 160 kVA,现有的炉身高度已无法保证骨料、层砖、底糊等的填充空间,降低了对高温铁水侵蚀的抵抗能力。

为消除这一不足,大修时将炉壳高度增至 3 300 mm 以保证有足够的空间填充骨料、层砖、底糊等。由于增设了多道防线从而增加了对高温铁水侵蚀的抵抗能力。减缓了铁水对砖的熔蚀,避免了产生红底和炉底击穿。

### 5.3 改变炒糊、塞缝的工艺和方法

炉底层炭砖缝隙间填充的粗缝糊,要求必须进行一定时间的加温拌炒使之各物质之间进行化学反应,达到一定石墨化。原先在砌炉时只进行简单处理,远远不能达到实际要求,对炉检修质量产生很大负面影响。

为保证检修质量,大修时我们制作较大型容器,均匀加热,多人拌炒。在反应时间上规定每一锅反应时间不得低于 30 min,从而使糊各物质之间创造充分的反应条件和时间。

塞缝工艺也是一项十分重要的工序,过去我们采用的冷塞缝工艺,砖缝内不致密,冶炼时由于温度升高缝糊收缩,使得砖缝之间形成许多空洞或塌陷,高温铁水直接侵蚀砖缝,炉底寿命缩短。

为弥补这方面的不足,我们将冷操作工艺变为热操作。塞缝糊时,按每增加 80 mm 进行带温夯实,保证不留虚拟空洞以减少加温收缩后内部可能产生的空洞。实践证明对检修质量和延长炉底寿命很有效。

### 5.4 严格技术标准,进行局部改进

(上接第 26 页)可以提高混合料的制粒效果。原第一个喷头安装在混合机内进料端 400 mm 处。经我技术人员分析认为进料端粘料严重与喷头安装位置靠前有关,便将第一个喷头安装位置向出料端后移 400 mm。

## 2 改造后使用效果

采取以上改进措施后,经过几个月的生产使用发现,现粘料现象已基本解决,从而保证了混合机的正常运转,提高了混合料的制粒效果,减轻了其工作负荷,节约了电耗,清理积料的时间大大减少,减轻了人工劳动强度,不仅降低了维修费用,而且有效地提高了设备的作业率和烧结机的作业率。

## 3 效益

(1) 在总结经验的同时,为避免红底现象我们在砌底砖时添加两层约 80 mm 底糊,同时增高底层骨料厚度为 80 mm ~ 100 mm(因有流动收缩性和透气性要求,应加大骨料粒度,大致在 5 mm ~ 10 mm 之间,其中:8 mm ~ 10 mm 骨料应占 80 % 左右)。将炉底 8 号工字钢变更为 14 号,布置上增加间距至 0.8 m。将底层垫砖改原来 6 层为 7 层。

(2) 保证耐火泥的耐火度和性质与砖相同或相近,以免造成不同收缩并彼此相容以减少缝隙。

(3) 材料要求生产厂家必须保证砖的耐压强度、气孔率、体密度和灰分含量 4 个指标,并提供质皮书。对耐火度和使用温度、荷重软化温度、热震稳定性等按国家标准。

## 6 结语

经过大修和生产中的精心操作、维护,一年多来未发现再有红底现象,炉体寿命到目前为止已超过过去,尤其是通过更换侧部碳砖,消除产生的电回路,电耗指标明显下降。从我单位对特硅炉的大修和这一段时间的生产实践中,得到一些体会:

(1) 解决特硅冶炼炉红底和击穿现象,提高炉体寿命一定要在砌炉工艺、材料选择上有所改进,要充分分析产生的各种可能原因并加以改进。(2) 加强标准化操作管理,不可造成炉内反应缺炭。(3) 保持炉况良好是提高炉体寿命的另一主要因素。(4) 硅铁产品已占我单位成本的 70 %,因此提高检修质量,选用新材料、新工艺保证炉体尽量向经济性靠拢,从而提高产量、降低维修成本和电单耗。

## 3.1 直接经济效益

改造前,烧结月定修时间平均为 16 h,改进后,定修时间平均降至 8 h,按台时产量为 63 t/h 计算,调节系数为 0.5,则年可增加产量为:

$$(16 - 8) \times 3 \times 63 \times 12 \times 0.5 = 9\,072 \text{ t}$$

按 2002 年 1 ~ 12 月份平均成本为 329.01 元/t,成品烧结矿品位为 55.29 %,吨度价格为 6.1 元/t 和返矿率为 20 % 计算,则年增产可创效益:

$$9\,072 \times (1 - 20\%) \times (55.29 \times 6.1 - 329.01) = 59\,940.52 \text{ 元}$$

## 3.2 社会效益

清理积料的时间大大减少,减轻了人工劳动强度;提高了混合机的制粒效果,促进了烧结生产。