

首钢顶燃式热风炉燃烧口破损调查及对策

赵民革 胡雄光 荣俊生 郭家林

首钢炼铁厂

摘要 顶燃式热风炉 1979 年在首钢投产以来,其发展经历了几个阶段,九十年代以后,随着首钢高炉大型化,大型顶燃式热风炉燃烧口的寿命只有 4 至 5 年左右,严重制约了高炉生产和指标的改善。为了提高燃烧口寿命,在对砌体塌落进行调查的基础上,对燃烧口破损原因进行了研究,并提出了改进措施。

关键词 热风炉 燃烧口 破损

1 前言

1979 年,在首钢新 2 号高炉(内容积 1327m^3),首钢自行设计制造的顶燃式热风炉投产,并取得了较好的效果。由于它以拱顶作为燃烧室,取消了传统内燃式或外燃式热风炉的燃烧室,占地少,投资省,很适宜老厂的技术改造。尔后,在 1991~1994 年期间在高炉大型化改造中,这种热风炉得到了广泛应用。现在,首钢炼铁厂四座大型高炉配置了 16 座顶燃式热风炉,每座热风炉分别装有 2~4 个燃烧器,燃烧口的直径从 500mm 至 800mm。尽管在燃烧口砌筑、耐火材料选择等方面做了一些工作,但是燃烧口的寿命仍然只有 4~5 年左右,不能满足高炉一代炉役的要求,严重制约了高炉生产和指标的改善。为了提高燃烧口寿命,对其破损原因进行了调查研究。

2 顶燃式热风炉燃烧口砌体塌落调查

2.1 砌体的特点

热风炉组合砖是由几十种或几百种不同几何形状的单体相贯组成的复杂几何体。砖与砖之间互相咬合,采用整体砌筑方式。

在燃烧口组合砖加工工艺性能方面,由于该组合砖是用组合造型离心法加工而成的,其加工过程是:制作石膏母板—配制泥浆—真空搅拌—离心成型。采用离心成型法与国内外其它类型的组合砖生产方法(即:一砖一模人工捣制法、母砖机械加工法等)相比,具有密度高、组织均匀、强度高、耐高温性能好、重烧收缩小、生产效率高等优点,而缺点是组装外形尺寸不如母砖机械加工法精确,其公差范围为 $\pm 5\text{mm}$ 。

2.2 砌体的塌落

从 99 年 7 月份二高炉 2# 热风炉检修及 10 月份三高炉 3# 热风炉检修期间,对热风炉燃烧口的破损情况调查来看,燃烧口组合砖上部损坏比较严重,见以下图片。表现形式为:裂缝、组合砖松动、在裂缝处局部破损,出现组合砖的塌落、掉砖情况等。

(5) 爆炸焊接工艺简便、易行,成本较低,在高炉风口上应用效果显著,值得大量推广使用。

参 考 文 献

(1) 王春明,庞兆夫,王书惠,高炉风口熔损分析,炼铁,1993(2):25~28

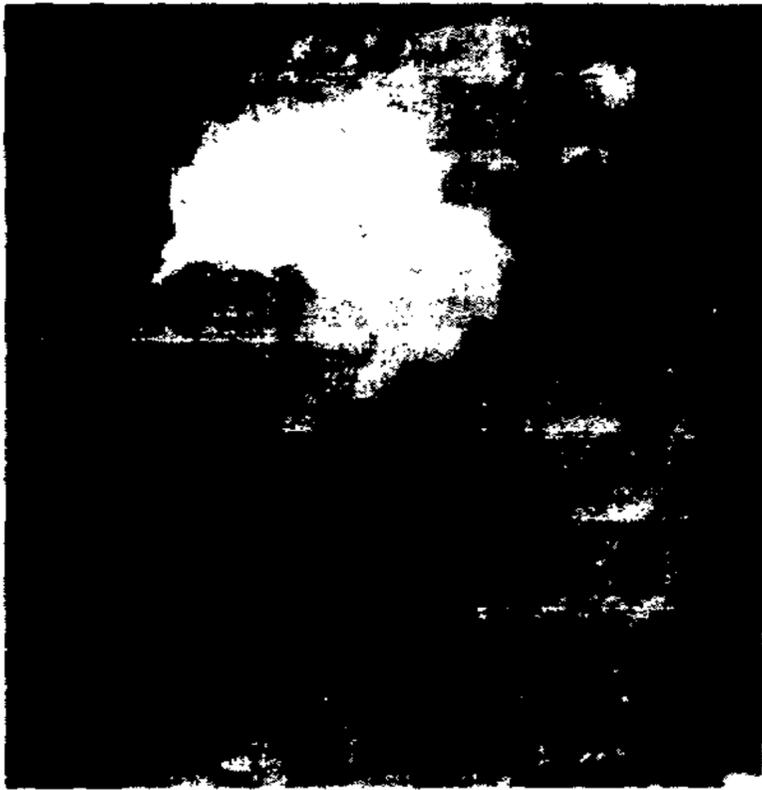


图1 二炉99中修—11



图2 二炉99中修—8

3 燃烧口破损原因分析

3.1 燃烧口工作环境

与传统内燃式或外燃式热风炉相比,顶燃式热风炉的特点是将燃烧室移到热风炉拱顶,从而节约了空间及投资。但是,顶燃方式也给燃烧口组合砖造成了恶劣的工作环境。其一,燃烧口砌体必须承受换炉操作时的急冷急热工况,根据在燃烧口处预埋热电偶实际测得的温度,燃烧期时该点温度维持在40~50℃,送风期时该点温度上升到800~900℃,这个问题在内燃或外燃热风炉上几乎是不存在,频繁的换炉操作降低了耐火材料的高温体积稳定性,是砌体塌落的主要原因。其二,燃气所携带的机械水及瓦斯灰的混合物进入因急冷急热工况而产生的砌体缝隙内,对耐火材料造成侵蚀。

3.2 热风炉燃气质量

首钢热风炉燃烧所用的燃料主要是高炉煤气,设计上煤气除尘设备主要是干法除尘系统。由于干法除尘系统未投入使用,生产中主要靠文氏管进行湿法除尘,煤气洗气能力不足,造成煤气温度较高,高炉煤气所含饱和水和机械水较高,含尘量也高。测试结果表明,夏季煤气机械水含量为10~15g/Nm³,含尘量为30~40mg/Nm³。高炉煤气成份见表1:

3.3 耐火材料及砌筑质量

表1 高炉煤气成份表

3.3.1 耐火材料情况

目前,首钢热风炉燃烧口所用组合砖是由某耐火材料厂生产的组合砖,选用材质为莫来石—刚玉质、莫来石—堇青石。该组合砖在热风炉燃烧口使用后的化学、物理性能及厂家提供的指标见表2、表3。

CO ₂ (V/V, %)	CO (V/V, %)	H ₂ (V/V, %)	N ₂ (V/V, %)	含尘量 (mg/Nm ³)	机械水 (g/Nm ³)
24.0	17.6	1.3	57.1	33	14

由表3可见:组合砖在热风炉使用后的实际性能检测数据与厂家提供的性能指标相比,相差较大的是重烧线变化这项指标。厂家提供数据为1500℃保温2h时重烧线变化是+0.1%,而实际所测试样中该项指标绝大多数为负值,且相差很多。重烧体积的变化,

表2 组合砖化学成份

数据来源	材质	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
实际取样	莫来石—刚玉	23.09	74.55	1.18	0.22
	莫来石—堇青石	26.88	70.51	1.37	0.19
厂家提供	莫来石—刚玉		72.94	1.25	
	莫来石—堇青石		75.57	1.23	1.85

表征耐火制品的高温体积稳定性。重烧收缩过大,则有发生砌砖脱落以致引起整体结构破坏的危险,也会大大降低其抵抗物料的侵蚀能力。

表3 高炉热风炉燃烧口组合砖物理性能

数据来源	部位	材质	性能					
			体积密度(g/cm ³)	气孔率(%)	常温耐压(MPa)	重烧(%)	热震(次)	荷软(℃)
实际取样	燃烧口	莫来石—刚玉	2.65	15.44	45.2	-0.27	23	1617
		莫来石—蓝青石	2.62	13.82	63.0	-0.37	49	1550
	中部	莫来石—蓝青石	2.68	15.64	63.0	-0.42		1515
	尾部	莫来石—蓝青石	2.67	16.57	43.0	-0.16		1553
厂家提供		莫来石—刚玉	2.72	16.0	75.0	+0.1		1690
		莫来石—蓝青石	2.70	15.0	88.0	+0.1	75	1580

备注:1. 常温耐压 110℃ × 16h; 2. 重烧线变化 1500℃ × 3h; 热震稳定性 1100℃ 水冷。

从生产厂家取回的新砖样进行切样分析中发现,样品外观颗粒周围存在较多气孔,且分布不均匀。经 1400℃ × 2h 烧后,发现在颗粒周围存在缝隙,说明基质或颗粒部分已经产生收缩。这样在使用中,砖受高速气流的冲刷,容易在缺陷处引起侵蚀,长时间则形成局部侵蚀。在砌体某一局部因故受损时,导致附近相邻砖衬也随之塌落,影响耐火燃烧口寿命。砖型结构直接影响着热风燃烧口砌体的整体性、稳定性,从而影响着燃烧口的使用寿命。

3.3.2 组合砖结构

目前,首钢在燃烧口使用的组合砖结构见图3。图中组合砖直线段起至斜度处上部是一薄弱环节,同时,由于该部位的组合砖在热风炉运行过程是发生急冷急热现象最为严重的部位,使组合砖在使用中极易先在这个部位损坏,再加上燃烧口尺寸随着高炉生产需求而增大,而组合砖之间的契度不够,砖与砖之间相互挤压力不够,致使该部位组合砖在使用中先出现局部破损,而后导致整块砖掉下来,出现燃烧口烧塌现象。

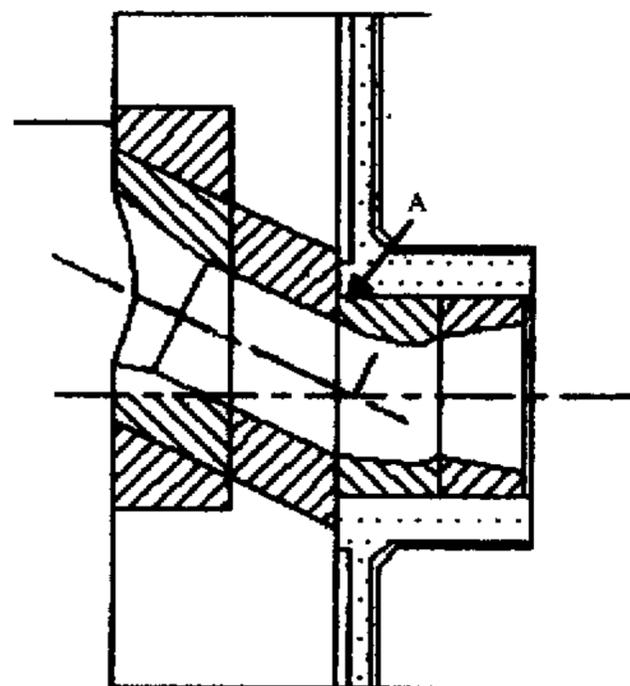


图3 组合砖结构示意图

实践证明,目前首钢使用的这种组合砖的平均寿命是4-5年,与首钢以前曾经采用的粘土砖燃烧口、浇注料现场施工成型的燃烧口寿命相比,效果不甚明显。采用目前的组合砖砖型,仍无法达到使热风炉燃烧口寿命与热风炉寿命相适应的目标。

3.3.3 组合砖的砌筑

首钢目前现行的组合砖安装方法是把轻质砖直接堆砌在组合砖上面,从而使组合砖承受了除自重外的附加压力,在使用中,砖受急冷急热后发生松动,局部损坏后,组合砖掉砖、塌落,上面的轻质砖也一起塌落。

另外,在安装时,虽然对砖及砖缝泥浆的调配与使用都做了严格的要求,但在施工中往往会出现偏差,当砖缝较宽时,由于灰浆的抗渣性较差,砖缝蚀损较快,熔渣又通过砖缝加速对砖的侵蚀。同时,由于砖缝收缩,砖层变动,导致部分砖局部应力集中,加速了耐火砖的破损,而影响组合砖的使用寿命。

4 提高热风炉燃烧口寿命的措施

为了提高热风炉燃烧口寿命,可采取的主要措施是在耐火材料方面尽可能地提高燃烧口砌体材料的整体性、稳定性以及所用耐火的高温特性。

4.1 不定型耐火材料的发展

不定形耐火材料是当今耐火材料使用的主流趋势,在不断研究和改进的基础上,其施工性能和某些使用性能都已达到甚至超过了砖。90年代出现的可依靠自身重量流动、而无需振动的“第四代浇注料”——自流型浇注料,在保留了传统的浇注料整体性好、施工方便等特点的同时,由于无需振动而使施工操作进一步简化,并降

低了施工现场的噪音。在性能方面,自流浇注料总体水平不低于传统的低水泥或超低水泥结合的浇注料性能,在某些性能方面甚至有所提高。

针对炼铁厂热风炉燃烧口的特点,以及使用莫来石—刚玉、莫来石—堇青石组合砖的经验,认为采用莫来石—刚玉质自流型浇注料整体浇注热风炉燃烧口,适当优化其基质的组成,则既可保证该类材质优异的热震稳定性和高温使用性能,又可提高施工体的整体性,消除砖缝给渣侵蚀带来的不利影响。而且施工方便。表4给出了首钢2#高炉热风炉燃烧口用莫来石—刚玉质自流型浇注料的性能。

表4 莫来石—刚玉质自流型浇注料的性能

项目	测试条件	实测值
Al ₂ O ₃ (%)		≥60
耐火度(℃)		≥1750
体积密度, g/cm ³	1300℃ × 3h	2.5
耐压强度, Mpa	1100℃ × 3h	80
抗折强度, Mpa	1300℃ × 3h	10
线变化率, %	1100℃ × 3h	±0.2

4.2 组合砖

目前首钢应用组合砖的结构见图2,图中A处上部砖太薄,针对这一薄弱环节,建议对A处加厚,因为在调查中发现此处到大墙还有一定的空间,具备加厚的条件。同时,在组合砖设计中,还应该加强组合砖各键之间的相互挤压力使这些复杂外形的耐火砖在砌筑时相互锁紧并合理传递应力。可以在组合砖上加设锁扣,使砖安装后,

一扣套一扣,这样可以增加组合砖的稳定性,加强互相咬合的能力,砌成后砖环近似一个带链的圆环整体,提高组合砖寿命。

提高孔口整体性主要是通过采用大块异型砖,减少砖缝,采用高强度泥浆砌筑或采用不定型耐火材料现场整体施工成型。

提高孔口稳定性主要是通过合理设计孔口砌体结构及砖型,使孔口砖相互锁紧,并合理传递应力,在燃烧口形成牢固且稳定的砌体。

在组合砖现场安装施工中,为避免出现偏差影响组合砖寿命,可以在组合砖外加一圈石棉毡,再在石棉毡外加固一圈混凝土,以防止上面轻层砖直接压在组合砖上,当然,在加固水泥后,还应考虑膨胀的问题。

4.3 改善煤气质量

为减少煤气中含水较高给热风炉燃烧口寿命带来的不利影响,应采取措施提高高炉煤气的质量。采用的办法:一是采用干法除尘技术。采用可靠的干式除尘设施,不仅可以减少煤气含水量,提高煤气热值,而且还可以减轻燃烧口、热风口砖及热风炉顶部蓄热砖的渣化反应。二是利用2#高炉大修机会,新建一套独立的水处理系统。原有湿式系统只需承担4座高炉除尘的水处理量,可使水处理效果得到改善,煤气质量随之提高。

当前可在热风炉的煤气管道前增加一套煤气脱水装置,按脱去机械水30%测算,1m³煤气可脱水4~5g。同时由于脱水过程中同时脱除了一部分灰尘,对延长热风炉寿命,减轻燃烧口、热风口砖及热风炉顶部蓄热砖的渣化起到积极的作用。

5 建议

1. 目前,首钢要提高顶燃式热风炉燃烧口使用寿命,需要对目前所使用的组合砖的砖型结构及其整体稳定性进行改进和完善。

2. 在燃烧口应用组合砖技术尚未成熟的情况下,试验采用耐火浇注料,在现场进行整体施工砌筑或浇注成预制块,或采用粘土砖进行砌筑试验,以便选出最佳方案,既提高燃烧口使用寿命,又降低投资。

3. 可考虑使每座热风炉都使用4个燃烧器,以提高每个燃烧口的强度;在下一步发展中,应研究先进的环缝式燃烧器来替代目前的这种燃烧器结构。

4. 在热风炉燃烧口用其它形式的耐火材料砌筑 根据首钢热风炉燃烧口使用组合砖的寿命情况,除考虑对组合砖进行改进完善外,考虑使用耐火浇注料预制块或现场成型,这样不仅使燃烧口砌体的整体稳定性提高,同时还可降低成本。

参 考 文 献

- 1 黄晋等,首钢大型顶燃式热风炉设计,首钢科技,1999,(2),189-196