



淮钢高炉卡鲁金顶燃式热风炉技术特点

袁敏,夏丽萍,徐鸣

(江苏沙钢集团 淮钢特钢股份有限公司,江苏 淮安 223002)

摘要:淮钢“十五”技改一期工程共建造6座卡鲁金顶燃式热风炉,一列式布置,热风炉分为蓄热室大墙、拱顶、预燃室,选用普通的耐火材料,采用独立的拱顶、预燃室支架支撑结构和高温长寿命技术,具有高效、环保、体积小、造价低、风温高、寿命长的特点。实际应用表明,总的换炉时间缩短到8 min,日平均最高入炉风温1 250 ℃,平均入炉风温高于1 200 ℃。

关键词:热风炉;技术特点;换炉时间;风温

中图分类号:TF578

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2013)03-0021-03

淮钢“十五”技改一期工程配套引进了俄罗斯6座卡鲁金顶燃式热风炉,用于500 m³高炉,可以获得1 200 ℃的高风温。热风炉设计简单,操作可靠,造价便宜。

1 热风炉布置和结构形式

6座热风炉分为2组,呈一列式布置,位于3[#]、4[#]高炉之间,共用1个烟囱、1座助燃空气站和液压站,均布置于两组热风炉的中间。助燃空气站内配备3台助燃风机,两用一备;液压站控制所有的液压阀门。每组热风炉轴线之间距离为9 000 mm,拱顶最大直径为Φ8 010 mm,相邻热风炉之间有1.0 m的通道。热风支管、总管、竖管、烟道、空气管、煤气管及所有的阀门等都集中处于热风炉北侧不同平台上,布置紧凑,易于操作和维护。

热风炉全高只有33.504 m,分为3部分:蓄热室大墙、拱顶、预燃室。

1)蓄热室大墙中下部炉壳直径Φ6 800 mm,中间满铺格子砖砌体直径Φ5 814 mm,大墙耐火砖厚度493 mm。标高+12.570 m处为硅砖砌体,炉壳变径扩大为Φ7 210 mm,增加1层保温砖,耐火砖厚度扩大为698 mm。格子砖码放在标高+3.850~+20.490 m的空间内。大墙下部为炉篦子、炉柱子,底部设有烟气出口管、冷风入口管。

2)拱顶为温度最高部位,呈矮胖形“酒瓶”状,垂直向上按照圆弧形逐渐收缩成烟气通道直径为Φ1 750 mm的“瓶颈”。在标高+18.190 m处炉壳直径扩大为Φ8 010 mm,为拱顶最大部分,此处拱顶开始与大墙砌体交合。在标高+21.690 mm处设有检修人孔和热风出口,热风出口中心线比格子砖高1.20 m。拱顶墙耐火材料砌体厚度为868 mm。

3)预燃室为热风炉最高部位,总高度约5 m。炉顶由半圆球形覆盖,其下“烧嘴”系统部分为圆柱状结构,炉壳直径Φ5 094 mm,里面布置有耐火材料砌成的环形煤气、空气收集器,在2 m高的收集器内侧大墙上设有4层共52个小直径陶瓷质的煤气、空气“烧嘴”。预燃室大墙砌体厚度1 317 mm,燃烧空间直径Φ2 460 mm。“烧嘴”系统烟气出口与拱顶“瓶颈”衔接。煤气、空气通过外部的煤气、空气连接管进入,由煤气、空气收集器的52个旋转射流“烧嘴”实现煤气燃烧。

只烧高炉煤气,并采用预热助燃空气技术。热风炉选用普通的耐火材料,实现了高风温、长寿命。

2 热风炉技术特点

热风炉设计热工参数如下:最高烟气温度450 ℃,助燃空气预热平均温度180 ℃,烟气平均温度346 ℃;燃气热值3 311.8 kJ/m³;工作制度为两烧一送;工作周期135 min,送风时间45 min,热风炉换炉时间10 min;单座热风炉烟气量55 872 m³/h;高炉煤气成分CO 23.5%,CO₂ 18.2%,H₂ 1.5%,CH₄ 0.5%;N₂ 56.3%;送风量1 700 m³/min;冷风温度170 ℃,炉壳温度80 ℃,热效率74.58%,高炉煤气温度80 ℃;单座热风炉煤气消耗33 755 m³/h,单座热风炉助燃空气消耗24 453 m³/h;空气过剩系数1.100。

2.1 热风炉本体耐火材料选用特点

1)大量采用了价格低廉的黏土质和硅质耐火砖,占全部耐火材料重量的约96%(见表1)。只是在关键部位如预燃室、热风出口等使用了少量较高档次的耐火砖如莫来石砖、低蠕变高铝砖等,但数量仅有大墙砖的6%左右。因此,总体造价较低。

2)除部分黏土砖性能指标(见表2)较高外,其他耐火材料理化指标全部采用国内标准,价格便宜;砖型简单(仅预燃室使用了组合砖设计),国内厂家易于生产。

收稿日期:2013-02-04

作者简介:袁敏,女,1968年生,1989年毕业于重庆科技学院压力加工专业。现为江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司总工办高级工程师,从事技术管理工作。

表1 热风炉耐火材料使用情况

分类	使用部位	材质	比例/%	6座炉用量/t
墙砖	大墙、拱顶、预燃室	黏土质	59.8	2 773
	预燃室	莫来石	5.4	
	热风出口	低蠕变高铝砖	1.1	
	大墙、拱顶	硅质	33.7	
格子砖	蓄热室	黏土质	56.4	3 272
		硅质	43.6	
保温砖	绝热层	黏土质	56.0	963
		硅质	44.0	

表2 热风炉本体黏土砖性能指标

黏土砖 型号	Fe ₂ O ₃ / %	显气孔 率/%	耐压强 度/MPa	0.2 MPa 荷重 软化温度/℃	热振次数 (水冷 110 ℃)/次
RN-42	1.5	21	40	1 450	20
HRN-42	1.5	19	50	1 520	30
HRN-48	1.0	20	60	1 580	50

3) 格子砖设计上下定位孔,即上凸台下凹槽,互相连锁咬砌。但最下部5层HRN-42格子砖(高度0.4 m)为上、下直砌,不咬砌。材质分为3种类型:下部温度低、荷重大,由致密黏土HRN-42(24层,高度1.92 m)和黏土RN-42格子砖(85层,高度6.80 m)组成,上部温度高,荷重小,利用硅砖600 ℃以上膨胀率几乎不变的特性,全由硅砖YHRS格子砖(66层,高度7.92 m)组成。在黏土和硅质格子砖

表3 19孔高效格子砖与7孔格子砖性能比较

格子砖 形式	炉壳 直径/mm	拱顶最高 温度/℃	格子砖 断面积/m ²	格子砖加热 面积/(m ² ·m ⁻³)	格子砖 总面积/m ²	废气最高 温度/℃	格孔 直径/mm	格子砖 总高度/m	实测入炉 风温/℃
19孔	6 800	1 350	26.4	48.00	21 740	450	30	17.04	1 160~1 247
7孔	8 000	1 350	23.7	42.14	33 557	400	40	33.60	约1 070

实际生产中发现:即使在只有2座热风炉投入运行的情况下,也能达到很高的风温水平。如2004年9月8日,3#高炉9#热风炉煤气阀坏,在只有7#、8#热风炉燃烧送风的情况下,24 h内平均送风温度也达到了1 085.27 ℃。

2) 烟道废气余热回收预热助燃空气技术。设计了烟气换热器,回收热风炉废气余热,可以把助燃空气加热到180~230 ℃,提高了理论燃烧温度。

3) 配备烟气分析系统。每座热风炉都有O₂分析系统,使热风炉处于较佳的燃烧状态,提高燃烧效率。通过烟气分析,实现快速烧炉,增加蓄热时间,使送风期拱顶温度降低,从而提高风温。

4) 新型预燃室技术。预燃室内布置有环形的煤气、空气收集器,构成了一个巨大的环形燃烧器,中间为直径Φ2 460 mm的燃烧空间。大墙上布置了4层烧嘴:矩形烧嘴2×12个,断面尺寸为109 mm×231 mm,对称布置,夹角30°;斜矩形烧嘴2×14个,断面尺寸为94 mm×231 mm,逆时针旋转布置,夹角25°43'。独特的烧嘴结构能够使煤气和空气进行涡旋式流量供给,充分混合,燃烧完全,彻

之间设置了过渡层,由黏土和硅质格子砖混合搭砌,以保证砌体高温条件下的稳定性。

2.2 独立的拱顶、预燃室支架支撑结构

通过炉壳变径及焊接一层水平托砖圈,形成拱顶、预燃室砌砖支撑托架,使拱顶、预燃室砌体垂直支撑。在各自托架上,实现砌体独立膨胀而不对其他部分造成损坏。变径炉壳与托圈形成的三角缝内填充铁屑混凝土,凝固后与炉壳及托圈形成坚固整体,强度高,可使变径部分均匀膨胀且能有效起到支撑作用。

2.3 独特的高风温长寿命技术

供应高风温并能长寿是卡氏热风炉最显著的技术特征。

1) 高效格子砖技术。由于采用了独特的六边形19孔圆柱状格子砖,加热面积达48.0 m²/m³,大大高于其他类型格子砖,与7孔格子砖性能对比见表3(燃烧介质均为单烧高炉煤气)。虽然格子砖总高度仅为17.04 m,但传热速度加快,且使蓄热室内格子砖的传热效率提高了1.5倍,热风炉总热效率达到了74.58%。虽然炉子的尺寸很小,耐火材料用量少而热容量不小。

底消除了“振动”和“脉动”燃烧,实现最高燃烧温度,把火焰的最高温度组织在拱顶处达1 350 ℃,轻易实现1 200 ℃高风温。

5) 气流均匀分配技术。空气、煤气在预燃室出口处就已经充分燃烧,热量分布均匀,格子砖内烟气的不平衡分配只有3%~5%,使得热风炉的实际效率上升,风温提高。由于格子砖加热和冷却各处基本相同,不会形成膨胀、收缩不一致的现象,也就不会发生格子砖错位和不均匀下沉,避免了格子砖的表面侵蚀和格子砖下部设备的损坏。

6) 提高废气温度。采用新型梅花孔、横梁支撑式炉篦子及炉柱子,材质为耐高温高铬耐热铸铁RTCr2,允许废气最高温度达450 ℃,平均废气温度达345 ℃。废气温度提高,增加了中、下部格子砖蓄热量,从而提高风温。

7) 预燃室结构使火焰不与耐火砌体直接接触,且预燃室内温度不超过900 ℃,对耐火砖和局部过热没有直接影响。整个热风炉的寿命只由硅砖拱顶的寿命决定,预计可达20~30 a。这就提供了拱顶、格子砖、耐材内衬和炉壳温度的均匀对称分布,

减少了温度应力,使热风炉的稳定性大大增强。

8)煤气干法除尘技术。由于煤气中碱性氧化物与耐火砖发生化学反应,形成碱性铝代硅酸盐,使砖的体积发生变化导致组织破坏,出现龟裂,降低格子砖的强度和高温使用性能。因此采用低压脉冲式布袋除尘净化煤气工艺,净煤气含尘量 $<10\text{ mg/m}^3$,减少了耐火砖的化学侵蚀,可确保格子砖使用寿命达20~30 a。

9)防晶间应力腐蚀技术。拱顶、预燃室球顶炉壳内表面喷涂80 mm厚的耐酸喷涂料,在高温作用下,喷涂料与钢壳结成一体,有保护钢壳和绝热的双重作用,既减少了热损失,又提高了热效率。

10)合理的热风炉工作周期。送风时间45 min,工作周期135 min,换炉时间10 min。合理的送风时间、工作周期,在时间和空间上充分利用蓄热体的有效蓄热量,加强了中、下部热交换,减少了热风炉高温部位的热波动。既延长了耐火材料砌体的寿命,又减少了送风初期和送风末期的风温差值,提高了实际送风温度。

3 高风温技术实际运用效果

1)快速烧炉。始终以最大的煤气量操作,快速将拱顶温度烧到最高。蓄热期维持拱顶温度不变,烟道温度烧到规定值后换炉。换炉前可以使拱顶

温度一直保持最高状态,且还略有上升,烟气温度逐渐达到最高。这种烧炉法能保证热风炉以最大的蓄热量、最高的拱顶温度进入送风期,入炉风温也可以达到最高。

2)快速换炉。完整的换炉时间包括:燃烧期转送风期时间+送风期转燃烧期时间。原设计换炉均为全自动模式,时间为10 min。在实践中,创造性地将全自动换炉改为自动+手动换炉方式。燃烧期转送风期时间最短可以达到6 min,总的换炉时间缩短到8 min。

3)关闭混风阀以最高风温送风。3#高炉率先采用关闭混风阀以最高风温送风法这一先进高炉操作法,取得了较好的效果,实现了卡氏热风炉日平均最高 $1\ 217\text{ }^\circ\text{C}$ 的入炉风温。目前,淮钢炼铁厂所有高炉均掌握了全关混风阀以最高风温法操作的技术,实现了高风温、低焦比的良好效果。

4 结 语

俄罗斯卡鲁金顶燃式热风炉具有占地面积小、投资省、风温高的特点。风温测试表明:热风炉在只燃烧低发热值高炉煤气的条件下,完全具备 $1\ 200\text{ }^\circ\text{C}$ 高风温的能力,证明了卡鲁金热风炉确实优越于其他类型热风炉。从2004年至今,淮钢炼铁厂高炉平均入炉风温一直高于 $1\ 170\text{ }^\circ\text{C}$ 。

Technological Characteristic of Kalugin Top-combustion Stove for Blast Furnace in Huaigang

YUAN Min, XIA Liping, XU Ming

(Jiangsu Shagang Group Huaigang Special Steel Co., Ltd., Huaian, 223002, China)

Abstract: Six Kalugin top-combustion stoves were built in Huaigang at the first stage of the technical project modification during the tenth-five-year plan and their arrangement is in one line. The hot blast stove is composed of the big wall of regenerator, arc roof and pre-combustion chamfer. The common refractory and technologies of independent arc roof, pre-combustion chamfer supported by the structure, high blast temperature and long working lifetime were utilized. So the hot blast stove has the following advantages: high efficiency, environmental protection, small volume, low cost, high blast temperature and long working lifetime. It shows in the practical production that the total time of heat changing is reduced to 8 min. The highest input blast temperature of daily average is $1\ 250\text{ }^\circ\text{C}$ and the average input blast temperature is higher than $1\ 200\text{ }^\circ\text{C}$.

Key words: hot-blast stove; technological characteristic; cycle time; blast temperature

2013 年低成本炼钢技术交流论坛在江苏无锡召开

由河北、江苏、山东等8省金属(冶金)学会联合举办的“2013 年低成本炼钢技术交流论坛”于2013年4月18—19日在江苏无锡召开,共有210多人参加了论坛。

会议邀请北京科技大学王新华教授、李士琦教授、朱荣教授和东北大学朱苗勇教授,分别作了《优质高效低耗炼钢工艺技术进展》、《钢铁生产可持续发展的技术分析》、《二氧化碳在炼钢工艺的应用及发展》和《高品质连铸生产关键技术》的专题报告,介

绍了近年来国内外的多项炼钢连铸新工艺、新技术,受到了与会代表的欢迎。会议组织沙钢、唐钢、首钢、舞钢、涟钢以及济钢等单位的代表分别作了大会交流发言。

山钢集团公司钢铁研究院、济钢、莱钢、张钢、青钢、寿光巨能、潍坊特钢、潍坊鲁丽、石横特钢、日钢、九羊钢铁、永锋钢铁等钢铁企业18人参加了会议。

(马兴云)

