

蓄热式钢包烘烤技术的研究与应用

陈巍 方会斌 秦文

(中钢集团鞍山热能研究院)

摘要 论述了蓄热式钢包烘烤器的设计关键,即烧嘴的设计、蓄热室的设计和换向阀的设计,介绍该技术在首钢第二炼钢厂的应用效果,并对存在的问题进行分析,初步找到了解决办法。

关键词 蓄热式钢包烘烤技术 设计关键 应用效果 存在问题

Study and application of the regenerative ladle preheating technology

Chen Wei Fang Huibin Qin Wen

(Sinosteel Anshan Research Institute of Thermo-energy)

Abstract The designing critical factors are expounded about the regenerative ladle preheating technology in the paper, which are burner designing, regenerator designing and reversing valve designing. Application effects are introduced in No. 2 ironworks of ShouSteel. Several existing problems are also analyzed, and corresponding ways are found out.

Keywords regenerative ladle preheating technology designing keys application effect existing problem

1 前言

钢包是钢铁生产工艺流程中关键的热工设备,最初它只是运送钢水的工具,现在它还是钢水精炼工艺中一个重要的组成部分。提高钢包烘烤温度对提高钢包内衬的使用寿命和连铸拉坯速度、减少漏钢事故,提高连铸坯的内部质量,消除中心缩孔和中心偏析等多方面都具有重要意义^[1]。钢包的烘烤方法经历了用一根煤气管插入钢包烘烤、高速烧嘴烘烤器到自身预热式烘烤器的发展过程,现在蓄热式钢包烘烤器也有了大范围的推广应用^[2]。实践证明:蓄热式钢包烘烤技术具有燃料耗量低、烘烤速度快、烘烤温度均匀、污染物排放低等优点,是当前最先进的钢包烘烤技术。

首都钢铁公司第二炼钢厂 210 吨钢包烘烤器使用的燃料为焦炉煤气。改造前为自身预热式烧嘴,存在着空气预热温度低、烘烤时间长、包盖

周围冒火严重、烘烤系统热效率低等问题。既浪费燃料,又污染环境,难以满足目前对钢包烘烤质量和炼钢生产工艺的要求。针对以上问题,中钢集团鞍山热能研究院对首钢二炼钢的自身预热式钢包烘烤器进行了技术改造,改造为单蓄热钢包烘烤器,燃料仍为焦炉煤气。改造后的蓄热式钢包烘烤器具有烘烤温度高、温度均匀性好、烘烤时间短、能耗低等优点,能够很好地满足炼钢的要求。

2 设计关键

作为国内最早进行蓄热式燃烧技术研究的科研单位,中钢集团鞍山热能研究院通过二十多年的理论研究和大量实践,完全掌握了这项技术,并成功地将这项技术应用于加热炉、熔铝炉、钢包烘烤器、热处理炉等多种热工设备上。

2.1 烧嘴的设计

钢包烘烤装置要求火焰必须具备足够的长度和刚度,以满足烘烤要求。为了使钢包的烘烤温度均匀,保证火焰具有足够的长度,就要设法使煤气和空气混合行程加长。在有效的钢包空间

收稿日期:2006-12-27

陈巍(1969~),高工;114044 辽宁省鞍山市。

内,不能让煤气和空气混合速度太快,这样高温区会更加集中;但也不能让煤气和空气的混合速度太慢,这样煤气和空气容易无法在钢包内完全燃烧,会在蓄热室高温段内产生“二次燃烧”,尽管热量可以被蜂窝体吸收而不致浪费,但因为烟气温度太高降低了蜂窝体的使用寿命。烧嘴的设计就是正确设计空气和煤气出口速度、两股射流的交角和两股射流的距离,正确设计两个蓄热式烧嘴之间的距离,确保空气和煤气在指定的空间(钢包)内到处形成火焰,保证燃料在这个空间内完全燃烧,而不在蜂窝体内进行二次燃烧;同时保证气流具有足够的动能,强烈搅动包内的气流,形成低氧的气氛和均匀的温度场,降低各项污染物的排放指标^[3]。

由中钢集团鞍山热能研究院自行研发的单预热钢包烘烤器,在鞍钢、天津铁厂、济钢、新抚钢、通钢、长城钢厂等多家钢厂成功推广应用,效果显著。这种结构的特点是:借助煤气燃烧时体积迅速膨胀产生的动力,使燃烧产物从喷口高速喷出,保持火焰具有足够的刚性和长度。火焰的长度根据空气和煤气的混合速度和燃烧产物的喷出速度确定。

2.2 蓄热室的设计

蓄热式燃烧技术要想最大程度的回收烟气中的显热,就必须最大程度地预热空气和煤气,使流经蓄热室的烟气体积达到实际需要值。但从工程实践的结果来看,流经蓄热室的烟气体积小于我们的预期值,表现为包内压力偏高、节能效果小于理论计算等。如果将烧嘴进行优化设计,在不影响燃烧效果的前提下,提高烟气的流量,可大大提高节能效果。

蓄热室中蜂窝体的体积大小必须合适,蜂窝体的多少与排烟量、蜂窝体的比表面积等因素有关。如果蜂窝体放少了,在一个换向周期内,蜂窝体没有能力将烟气当中的显热全部回收,导致大量烟气显热直接排出钢包外,节能效果将下降。如果蜂窝体放得太多,会使排烟温度过低,腐蚀性气体如硫化物以及水蒸气在其内大量凝结,硫化物容易腐蚀蜂窝体,水的出现会加速蜂窝体的损坏(尤其在使用焦炉煤气为燃料时),两者都将降低蜂窝体的使用寿命。同时蜂窝体体积过大,会使烧嘴重量加大,导致烘烤装置的支

架、卷扬系统、基础等附属系统的成本增加。

蓄热室内气流分布的状况将影响蓄热室的热交换能力、空气煤气的预热温度、蜂窝体的使用寿命等。因为气流在蓄热室中均匀流动时,会提高蜂窝体的利用率,从而提高蓄热室的温度效率和热效率。为了提高蓄热室内气流的均匀度,一般采取的措施有增加烧嘴内扩散段的长度、安装导流板、防止蜂窝体之间互相遮蔽、尽量避免气体的流道出现剧烈地转弯等。

2.3 换向阀的工作性能

由于每隔很短的时间就要切换一次,换向阀也成为与余热回收率和燃烧效率密切相关的关键部件。尽管经换热后的烟气温度很低,对换向阀体材料无特殊要求,但必须考虑换向阀的工作寿命和可靠性。因为烟气中含有较多的微小粉尘以及频繁动作,势必对部件造成磨损,这些问题应当在设计换向阀时加以考虑。如果出现阀门密封不严、压力损失过大或体积过大等问题,会影响系统的使用性能、燃烧效果和节能效果。

四通换向阀通常用于空气和烟气之间的换向,如果阀板密封不严空气少量内漏,一般不存在安全问题。因为排烟温度通常维持在150℃左右,即使烟气中含有一定量未完全燃烧的煤气,通常也不会因为空气与其混合燃烧甚至爆炸。但这个问题仍不容忽视,四通阀空气侧为正压,烟气侧为负压,频繁的动作和现场环境的恶劣,使四通阀的密封面磨损严重,导致一部分空气进入烟气侧而排出炉外,无法准确地控制空气和煤气的比例,尤其在四通阀使用寿命的中后期,当泄漏量超过4%时,将影响燃烧效率;引风机的压力富裕量不大时,换向阀严重泄漏会降低流经蓄热室内的烟气体积,还容易掩盖“排烟温度过高”这一现象;当使用高热值煤气时,由于现场中一些不确定因素(例如非正常原因导致管道中出现火花等),也有可能存在安全隐患。另外,四通换向阀的压力损失也不宜过大,因为会影响烧嘴空气的出口速度,进而影响钢包内的温度场和浓度场,不利于低氧燃烧气氛的产生。

单蓄热钢包烘烤器煤气切换阀门通常使用快速切断阀。这种阀门只要切换速度快、密封性好且使用寿命长,即可满足需要。如果切换速度快,可缩短换向时间,减少“空烧时间”在整

个燃烧过程中的比例。煤气快切阀门密封性好,可减少煤气的泄漏量,提高燃料的利用率,同时减少因煤气在管道中内漏引起的安全隐患。

3 应用效果

中钢集团鞍山热能研究院为首都钢铁公司第二炼钢厂改造了两台离线 210t 钢包烘烤器。技术参数的对比见表 1。

3.1 节能效果

自身预热式烘烤器和蓄热钢包烘烤器对初始温度为 400℃ 的离线包进行烘烤,达到相同的烘烤温度 1200℃ 时,自身预热烘烤器的煤气耗量为 800m³/h,烘烤时间是 2.0h;而单蓄热烘烤器的煤气耗量为 550m³/h,烘烤时间是 1.8h,单个钢包烘烤时燃料的节约率接近 40%。

烘烤新包时,离线单蓄热烘烤器在煤气流量为 550m³/h,经过 4.0h 烘烤后,烘烤温度达 1200℃ 以上;当烘烤温度和烘烤时间相同时,自身预热烘烤器的燃料耗量为 800m³/h,燃料的节约率达到了 30%。

3.2 烘烤效果

蓄热钢包烘烤器的火焰长达 3.5m 以上,可直接打到包底,这一点可通过安装在包底的测温电偶的测量结果推断出。由于蓄热式钢包烘烤器的两个烧嘴交替燃烧,保证了整个包底温升均匀。

对烘烤的离线包内部的不同位置进行了测量,结果表明包口和包底温差在 30~45℃ 之间,没有出现局部高温,包内温度非常均匀。这主要是因为空气的高预热温度改善了包内的燃烧动力学条件,使包内的浓度场更加均匀;混合气流的高速交替搅拌使包内的温度更加均匀。

3.3 环保效果

由于蓄热式钢包烘烤器的燃料消耗量比普通

烘烤器降低 30%~40%,减少了 30%~40% CO₂ 的排放,缓解了温室效应;同时由于包内为低氧燃烧,降低了 NO_x 的排放。烟气以很低的温度排入周围环境中,减轻了对周围环境的热污染,明显地改善了现场生产工作环境。

4 对存在问题的分析和改进

首钢二炼钢蓄热式钢包烘烤器为单预热空气形式,按照理论计算,可将空气预热到 1100℃ 以上,节能率将接近 40%。但实际使用过程中,节能率要低于这个数值。具体原因分析如下:

首先,在传统蓄热式烧嘴的设计中,为了增加炉内燃烧产物的回流倍率,增强射流的搅动效果,创造出均匀的温度场和浓度场,空气和煤气的喷出速度一般都很高,尤其是钢包烘烤器。流量一定时,就必须缩小烧嘴的空气和煤气喷口面积。但这样做同时会产生一个负面效应:在排烟状态时,会加大喷口处的局部阻力系数,降低烟气的流动速度;同时流通面积变小,两者的综合作用会降低喷口处烟气的流通能力,进而影响节能效果。

其次,蓄热式钢包烘烤器通常使用的引风机压力在 3000Pa 左右,预热后的空气以至少 50~70m/s 的速度喷入包内,经燃烧反应后体积膨胀,引风机无法充分地将包内的烟气经蓄热室排出,这必然会影响节能效果和烘烤温度。如果过度加强强制排烟的力度,是否会影响钢包内的燃烧效果还有待进一步证实。

再次,包盖与包沿一般留有 100~150mm 的缝隙,易降低火焰温度和节能效果。烧嘴燃烧时,由于煤气和空气高速喷入包内,将烧嘴附近的外界冷风卷吸进包内,降低火焰温度。烧嘴排烟时,一定量的冷风被吸入蓄热室,降低了蓄热室内热烟气的流量,影响了节能效果。但这个缝隙必须保留,因为在一个换向周期内,空气无法将包内产生的烟气的余热全部吸收,必然有少量烟气从包盖与包沿之间的间隙直接排出。

中钢集团鞍山热能研究院通过多年的探索和改进,设计出一种全新结构的蓄热式烧嘴。这种烧嘴既保证了包盖与包沿的距离,同时又避免了外界冷空气对包内的干扰,而且这种结构还会提高烘烤效果和节能效果。更重要的是,通过对烧

表 1 蓄热式烘烤器与自身预热烘烤器的技术参数

分 类	自身预热烘烤器	蓄热式烘烤器
燃料种类	焦炉煤气	焦炉煤气
钢包初始温度	400℃	400℃
钢包烘烤温度	1200℃	1200℃
燃料耗量	800m ³ /h	550m ³ /h
烘烤时间	2.0h	1.5h
空气预热温度	200~300℃	≥800℃
排烟温度	600~700℃	≤150℃
控制形式	手动	自动

嘴喷口的优化设计,在不影响燃烧效果的前提下,这种烧嘴的排烟量比当今市场上的其它蓄热式烧嘴的排烟量大 20% ~ 30%,即我们的产品节能效果将高于其它蓄热式烧嘴 20% ~ 30%。这种新型的蓄热式烧嘴已顺利通过实验验证,即将大范围推广。

5 结论

(1) 蓄热式钢包烘烤技术的节能效果和环保效果如何,与烧嘴的设计、蓄热室的设计、控制系统的灵活有效等因素密切相关。

(2) 蓄热式钢包烘烤器加热速度快,烘烤效果好,可提高烘烤温度,缩小包内上下温差,降低转炉出钢温度,降低生产成本。

(3) 中钢集团鞍山热能研究院工程设计所

已经掌握了蓄热式燃烧技术的设计关键,设计出蓄热式烘烤装置,可最大程度的节约燃料,降低成本,是一种高效、低污染的钢包烘烤装置。

(4) 我国对蓄热式燃烧技术的研究还存在一些不足,在推广和应用的同时,应加大研究力度,尽早掌握此项技术的精髓。

参考文献

- 1 涂卫国等. 高效节能型钢包烘烤器的研究和设计. 钢铁, 2000, 35 (7): 38 ~ 38
- 2 饶荣水. 钢包烘烤技术的发展. 工业加热, 2000, (3): 8 ~ 10
- 3 秦文等. 浅析蓄热式燃烧技术. 冶金能源, 2005, 25 (5): 46 ~ 47

万 雷 编辑

(上接第 9 页)

耗型管理思想的片面性。

降低铁水单耗既要有技术创新,也要有管理创新,更要有经济利益的杠杆调控。要进一步降低铁水单耗,即要有技术上的投入,更要有管理和政策上的支持。

参考文献

- 1 E·E 卡里尔 著,陈熙,周晓青 译. 燃烧室与工业

炉的模拟. 北京: 科学出版社, 1987

- 2 刘启桃. 高炉铁水保温输送. 湖南冶金, 1997, (1)
- 3 文林. 高炉出铁过程中铁水温度及成份的变化. 四川冶金. 2001, (3)
- 4 邵玉良, 池桂兴. 铁水降耗综合分析. 钢铁. 1996, (12)

张长保 编辑

《冶金能源》征订启事

《冶金能源》是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊,欢迎您订阅,投稿,刊登广告!

本杂志报道内容包括:能源管理、工艺节能、热工理论、炉窑热工、燃烧技术、筑炉材料、余能回收、动力节约、测控技术、环境保护和技术信息。

《冶金能源》是经国家科委和新闻出版总署批准、由中钢集团鞍山热能研究院主办的,国内外公开发行的技术期刊,国际标准连续出版物号是 ISSN1001-1617。

《冶金能源》杂志为双月刊,大 16 开,64 页,每本定价 6.00 元,全年 36 元。广大读者可到全国各地邮局订阅,邮发代号:8-146,国内统一连续出版物号是 CN21-1183/TK。亦可到本编辑部补订。

通讯地址:114044 辽宁省鞍山市鞍千路 301 号

户 名:中钢集团鞍山热能研究院

开户银行:中国建设银行鞍山分行营业室

银行帐号:21001630103052501541

《冶金能源》编辑部

电 话:(0412) 5222639

传 真:(0412) 5222536

E-mail: yjny2003@yahoo.com.cn