加热炉蓄热体堵塞原因分析及解决方法

张庆峰,王海燕,张 磊

(内蒙古包钢钢联股份有限公司长材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要:文章对包钢长材厂1#线加热炉蓄热体堵塞原因进行了分析,根据蓄热式加热炉的工作原理和蓄热体特点提出了解决方法,有效地延长了蓄热体的更换周期,降低了维护成本,提高了生产效率,并取得一定的经济效益。

关键词:加热炉;蓄热体;堵塞;原因分析

中图分类号:TG307 **文献标识码**:B **文章编号**:1009-5438(2020)04-0091-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.04.025

Cause Analysis and Solutions to Blocking of Regenerator for Heating Furnace

Zhang Qing-feng, Wang Hai-yan, Zhang Lei

(*Long Products Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the causes for blocking of regenerator for heating furnace of 1# production line of Long Products Plant of Baotou Steel are analyzed as well as the solutions are put forward according to the working principle of regenerative heating furnace and characteristics of regenerator, with which the replacement cycle of regenerator is effectively prolonged, maintenance costs are reduced, production efficiency is improved and some economic benefits are obtained.

Key words: heating furnace; regenerator; blocking; cause analysis

蓄热式加热炉采用独特的空气、煤气预热方式和排烟方式,充分利用烟气中的热量,通过蓄热装置将空气、煤气预热到1 000 ℃左右,排烟温度降至200 ℃以下,改变常规加热炉预热温度低、排烟温度高、热效率低的难题。蓄热式加热炉可以将热值较低的高炉煤气作为加热燃料,燃烧充分、热效率可达65%以上,节能效果非常显著,是目前轧钢厂主要的节能措施和发展方向[1]。

包钢长材厂1#线加热炉为2013年改建投产,采用最流行的炉型——空气、煤气双蓄热烧嘴式加热炉,发挥了自动化程度高,吨钢燃耗低,排放污染低的优势,但投产一段时间发现一些工艺技术问题,如换热效果下降,炉压大,吨钢燃耗升高。打开蓄热烧嘴发现蓄热体堵塞严重,更换蓄热体5个月后这些问题又陆续出现。针对这一问题,进行深入调查研究,采取一系列工艺优化和技术改进措施,将蓄热体更换周期延长到12个月以上,现该加热炉运行状态良好。

1 蓄热式加热炉的工作原理

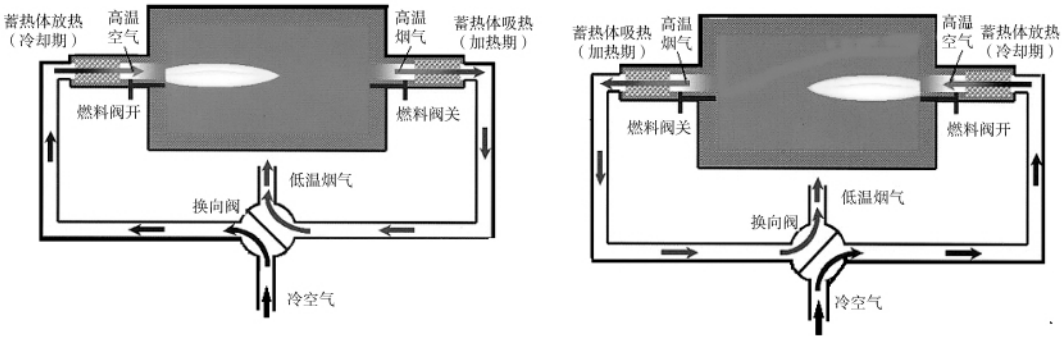
蓄热烧嘴一般成对工作,空气、煤气经过换向器进入一侧蓄热烧嘴,通过蓄热体时常温的空气、煤气被加热到1 000 ℃左右进入炉内进行弥漫混合燃烧,产生的高温烟气通过另一侧蓄热烧嘴将热量传

收稿日期:2020-05-07

作者简介:张庆峰(1975-),男,辽宁省黑山市人,高级技师,现从事加热炉操作管理工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

递到蓄热体上，烟气温度由1 100～1 200 ℃降到200 ℃以下，由引风机排出厂房外。经过40～90 s时间，换向器将蓄热烧嘴在工作状态Ⅰ和Ⅱ(图1)之间自动转换使一个处于燃烧状态，而另一个处于排烟状态，就这样循环往复，从而将高温烟气中90%的热量由空气及煤气重新带入炉内，从而达到高效节能的目的[2]。

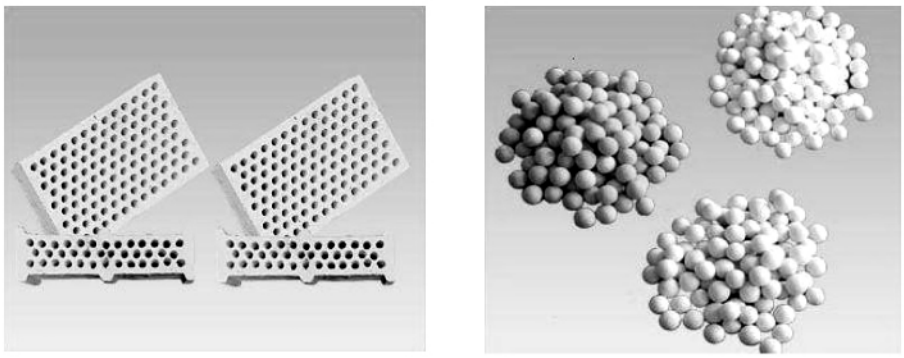


(a)工作状态Ⅰ (b)工作状态Ⅱ

图1 蓄热式加热炉工作原理图

2 蓄热体

蓄热体有陶瓷小球、蜂窝体之分。陶瓷小球一般直径为8～32 mm，比表面积600 m^2/m^3，材质有莫来石、高铝、粘土；蜂窝蓄热体目前广泛使用的几何尺寸大多为100 mm×100 mm，蜂窝孔尺寸为4 mm×4 mm，壁厚1 mm左右，比表面积1 000 m^2/m^3。材质主要有刚玉、高铝、堇青石等(图2)。



(a)蜂窝体 (b)陶瓷小球

图2 常见蓄热体形态

蓄热体的布置按照气体流经蓄热体的方向分为竖流与平流。竖流式存在气体进入蓄热室下方集气箱后由下而上流经蓄热体，易引起气流分布不均的缺点，而平流式具有气体通过蓄热体时压力损失小、基本没有偏流现象的优点。

长材厂1#线加热炉选用的蓄热式烧嘴是近年来国内较为先进的燃烧设备，蓄热体孔型为蜂窝正六边形，按孔径分为4 mm(空气)和5 mm(煤气)两种规格，壁厚1 mm，材质为刚玉莫来石。蓄热体在蓄热装置内为平流布置，排烟效果好，沿程阻力损失少，蓄热体蓄热、放热均匀平稳，热效率高。但由于蓄热体蜂窝孔径较小，在使用时极易造成堵塞，影响加热炉的正常工作和节能效果。

3 蓄热体堵塞原因分析

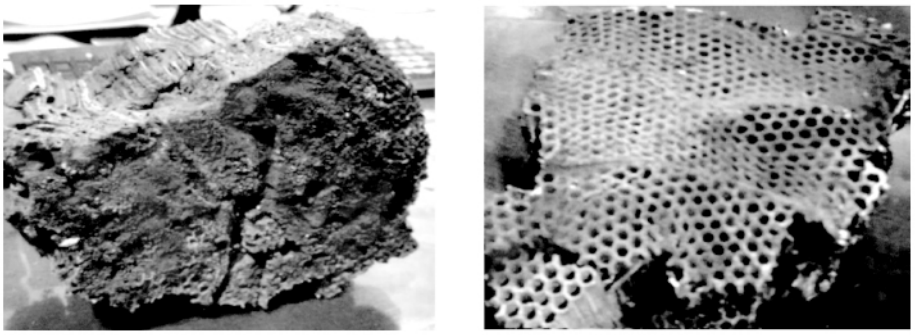
蓄热体堵塞物从现场实际检查发现有泥状混合

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

物、粉尘板结块、氧化铁皮板结块、耐火材料粉尘板结块，煤气杂质混合物等，原因分析如下。

(1) 炉膛压力控制不当、调节滞后。炉膛压力对加热炉运行十分重要，炉压过小会造成烟气中粉尘增多，特别是停轧检修时，没有采取正确的调整方法，没有及时关小各段排烟总阀及排烟风机的控制阀门，造成抽力相对增大、炉膛压力长时间过低，将炉内大颗粒粉尘尤其是氧化铁皮粉末吸入蓄热体，与蓄热体形成低熔点化合物后，再与废气中的灰尘结合，造成堵蓄热体堵塞，见图 3(a) 。

(2) 排烟温度控制不合理。排烟温度过低，造成烟气中的水蒸汽通过蓄热体后液化留存于蓄热箱内与烟气中的粉尘混合形成泥滴，一部分沉积在蓄热体外侧下部，逐渐增多，另一部分在换向时进入蓄热体因温度升高泥滴发生板结，粘附在蓄热体上，堵塞蓄热体; 排烟温度过高，蓄热体在换向周期内不能降到合理温度，将蓄热体内的低熔点物质融化、板结，进而将蓄热体烧损、破碎，阻碍烟气通过，造成粉尘聚集堵塞蓄热体，见图 3(b) 。



(a)　　(b)

图 3　堵塞后的蜂窝蓄热体

(3) 炉内燃烧时空燃比控制不合理。空燃比控制不合理，造成煤气不能完全燃烧，特别是煤气热值或压力波动时调整不及时或调整错误，炉内未燃烧的煤气进入蓄热体内燃烧，燃烧产物直接凝结在蓄热体壁上，并将蓄热体内的低熔点化合物烧化，将蓄热体烧损、破碎，堵塞蓄热体。

(4) 煤气内杂质过多。包钢长材厂 1#线加热炉使用的为高、焦混合煤气。其中焦炉煤气因成分复杂，净化后仍然含有焦油、苯、含硫化合物、水蒸汽等杂质，在进入蓄热装置时沉积在蓄热体上，经过换向过程，可燃成分燃烧将产物与不可燃成分烧结在蓄热体上，堵塞蓄热体[3] 。

(5) 蓄热体安装、缝隙封堵不规范。蓄热体安装时，安装错误造成“断路”使烟气排放通道阻断，粉尘聚集堵塞蓄热体; 蓄热体组合时，选择尺寸错误造成蓄热体之间出现大量缝隙，形成局部“突扩管”烟气通过时产生涡流，局部阻力增大，烟气流速放缓，造成粉尘颗粒沉积，堵塞蓄热体。

蓄热体安装后，上部缝隙封堵不严密，从而缝隙变成微烟道，烟气有从阻力最小的通道通过的特性，因此一定量烟气从上部缝隙处窜出，易烧坏烧嘴箱体结构，致使蓄热体排烟不均匀，蓄热体上部烟气速度快，而蓄热体下部烟气速度慢，较大的粉尘颗粒极易沉积与蓄热体粘连，造成蓄热体堵塞。

(6) 加热炉检修后炉膛杂物多。加热炉检修后，炉膛清理不彻底，尤其是石棉毡等含有纤维的保温材料没有彻底清理干净，炉温升高后将其烧成粉状，蓄热烧嘴工作时，吸入蓄热体的纤维粉末变成了过滤网，不断地阻挡粉尘，最后造成蓄热体完全堵塞。

4　蓄热体堵塞的危害

蓄热体是空气、煤气进入炉内燃烧和炉内烟气排出炉外的通道，也是实现常温空气、煤气与高温烟气进行热交换的媒介，因此蓄热体堵塞后直接影响加热炉正常工作，降低加热炉热效率。

(1) 蓄热体堵塞后，炉压调节困难，正常生产时炉压经常为 50 Pa 以上。炉压过大时将有大量高温炉气溢出炉外，恶化劳动环境，缩短加热炉寿命。当炉压为 +10 Pa 时，100 mm 直径的孔洞逸气热损失

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

为380 000 kJ/h。炉内大量本应供给钢坯的热量溢出损失，造成燃料用量的增加，吨钢燃耗居高不下[4]。

(2) 蓄热体堵塞后，换热面积减少，烟气换热量减小，外排热量增加，热效率下降，排烟温度高，经常报警，控制困难，蓄热装置时常因温度报警自我保护而停止工作，影响加热炉的正常生产。

(3) 蓄热体堵塞后，换热面积减少，空气、煤气获得的热量减少，无法达到预热温度，加热炉升温困难，被迫需要高热值的焦炉煤气，进一步堵塞蓄热体形成恶性循环。

5 蓄热体堵塞解决方法

5.1 优化操作

(1) 生产操作时，严格贯彻热工制度，及时调整排烟阀门的开启度，特别是停轧检修时，在减少空气、煤气用量的同时要将各段的排烟阀门关小，必要时要将排烟风机的控制阀关小，减小排烟风机的相对抽力，使加热炉炉压保持在30～35 Pa之间，阻止炉内大颗粒粉尘及氧化铁皮颗粒吸入蓄热体，同时还能避免冷空气进入炉内增加钢坯烧损。

(2) 正常生产时，合理的控制蓄热箱的排烟温度，具体操作方法：①根据各个排烟管道上热电偶的温度，调整每组蓄热箱的排烟检修阀，保证各组蓄热箱排烟温度差值在10 ℃以内。②根据各段空气、煤气的配比统一调节各分段排烟阀门，将排烟温度控制在(140±10) ℃范围内，这样就避免调节排烟总阀时，蓄热箱之间排烟温度相差过大，出现个别蓄热箱排烟温度过低或过高的情况。③日常巡检时要经常用测温枪现场测量蓄热箱的实际温度，发现问题及时调整排烟检修阀，保证排烟温度均匀、准确。

(3) 工作中根据实际情况选择合理的空燃比，保证炉内煤气能够完全燃烧，并随时注意煤气压力和热值情况，发现煤气压力、热值出现波动应及时调节空气、煤气用量及各段排烟总阀，严禁单调空气或单调煤气。

煤气压力及热值升高时：首先调节排烟总阀，将炉压控制在25 Pa左右，然后依次调节煤气阀、空气阀，最后再将炉压调节到30～35 Pa之间，防止在调节空气、煤气配比时多余的煤气进入蓄热体内燃烧。

煤气压力及热值降低时：首先调节排烟总阀，将炉压控制在40 Pa左右，然后依次调节空气阀、煤气阀，最后再将炉压调节到30～35 Pa之间，防止在调节空气、煤气配比时炉内烟气量减少过多，造成排烟风机抽力相对增大，将大颗粒粉尘吸入蓄热体。

5.2 技术改进措施

(1) 改造蓄热体前的过滤网，选择过滤效果好、寿命长的不锈钢网。

(2) 在满足轧制要求的同时按照热工制度，选择低热值的混合煤气，尽量减少焦炉煤气使用量，既能减少煤气中杂质带入量，又能降低吨钢燃耗，提高经济效益。

(3) 加热炉操作培训时增加蓄热体安装标准、安装规范的内容，并把亲自动手选择正确蓄热体尺寸、正确组合蓄热体作为学习重点，做到能够正确安装和及时发现安装过程中出现的各种错误。

(4) 检修前对检修单位具体负责安装工作的带班人员进行详细的技术交底和安装要求说明；检修时安排技术好，素质高的质量检查员全程进行监督、指导，使蓄热体安装紧密、无错误，上部缝隙层层封堵密实、无遗漏，杜绝微烟道、“断路”、局部“突扩管”现象出现；检修结束后，将炉内杂物特别是含纤维的保温材料要彻底清理，对喷口砖周围等重点部位要将洒落的耐火材料清扫干净，减少蓄热体的粉尘吸入量。

6 结束语

通过操作优化及加热炉热工制度的严格执行，目前包钢长材厂1#线加热炉运行状态良好，正常生产时吨钢燃耗控制在1.05 GJ/t以下。采用技术改进措施，提高加热炉检修、维护质量，蓄热体更换周期延长到12个月以上，检修时也有一部分蓄热体没有堵塞，只需更换最外侧的两层蓄热体即可，有效降低了加热炉维护成本，提高了生产效率，减轻了工人劳动强度，取得了可观的经济效益和社会效益。

参 考 文 献

[1] 苏广江，郑东升. 蓄热式加热炉实际应用浅析[J]. 冶金能源，2007，(2)：38－40.

[2] 罗国民. 蓄热式高温空气燃烧技术[M]. 北京：冶金工业出版社，2011.

[3] 宋婧，曾可令. 陶瓷蓄热体的研究现状及应用[J]. 中国陶瓷，2007，(6)：7－10.

[4] 王晓丽. 加热炉操作与控制[M]. 北京：冶金工业出版社，2016.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net