

250 t/h 步进梁式加热炉间拔燃烧控制技术

陈迪安¹, 苗为人¹, 余 威², 刘志民²

(1. 北京首钢设计院, 北京 100043; 2. 首钢迁钢公司 热轧分厂, 河北 迁安 064404)

摘 要:介绍了一种新工业炉燃烧控制技术——间拔燃烧控制技术,对其原理和优势进行了阐述,并对这种技术在首钢迁钢热轧 250 t/h 步进梁式加热炉上的应用作了详细的阐述。

关键词: 间拔燃烧; 切断控制; 加热质量; 燃料消耗

中图分类号: TG307 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6988(2007)05-0018-03

Controlling Technology of Interval Combustion in Walking Beam Heating Furnace

CHEN Di-an¹, MIAO Wei-ren¹, YU Wei², LIU Zhi-min²

(1. Research Institute of Capital Iron & Steel Company, Beijing 100043, China;

2. Rolling-Mill Plant of Capital Iron & Steel Company, Qianan 064404, China)

Abstract: A new combustion technology for the industrial furnace called interval combustion technology is introduced. The theory and advantage of this technology are expounded, and its application in 250 t/h walking beam heating furnace is also explained.

Key words: interval combustion; cutting-off controlling; heating quality; fuel consumption

目前国内的工业炉一般都采用连续燃烧控制的形式,即通过控制燃料和助燃空气流量的大小使炉内的温度、燃烧气氛达到工艺要求。由于这种连续燃烧控制的方式往往受到烧嘴调节比等环节的制约,所以目前大多数工业炉的控制效果不佳,特别是加热炉在低负荷生产时,烧嘴火焰长度比较短,出炉钢坯中心温度低,温度均匀性差,满足不了轧机要求,同时也影响热轧卷的板型。因此提高炉气对炉内板坯的传热效率和保证炉宽方向上温度分布的均匀性是加热炉炉型和烧嘴选择与合理配置的前提。目前高档工业产品对炉内温度场的均匀性要求较高,对燃烧气氛的稳定可控性要求较高,使用传统的连续燃烧控制无法实现。随着宽断面、大容量的工业炉的出现,必须采用间拔燃烧控制技术才能控制炉内温度场的均匀性。

1 采用间拔燃烧控制的必要性

一般以煤气为燃料的大型板坯加热炉上部供热有 3 种方式,即顶部平焰烧嘴供热、轴向直焰烧嘴供热和侧部烧嘴供热,它们各有优缺点。平焰烧嘴的优点是传热效率高、温度分布均匀、炉膛空间小、炉顶形状简单;缺点是炉顶烧嘴数量较多,煤气低压自动切断后人工关闭烧嘴时操作点比较多。轴向直焰烧嘴的优点是烧嘴数量较少、操作简单;缺点是炉膛空间大、炉顶形状复杂。侧部烧嘴的优点是炉型结构简单、烧嘴安装和检修方便;缺点是炉宽方向温度均匀性不及采用平焰烧嘴或轴向直焰烧嘴。对烧嘴性能和控制要求,必须要保证炉宽方向的温度均匀性。首钢 2 160 mm 热轧机步进炉加热段上部供热采用侧向供热,均热段上部供热全部采用平焰烧嘴。

下加热、下均热段有两种供热方式,即轴向反向烧嘴供热与侧部调焰烧嘴供热,两种方式各有优

收稿日期:2007-03-15;修回日期:2007-06-05

作者简介:陈迪安(1978—),男,助理工程师,从事工业炉窑的设计工作。

缺点。一般说来,采用轴向反向烧嘴供热,优点是:①加热板坯长度方向温度均匀较好;②在加热炉宽度方向上供热分布受烧嘴前供风和燃料的条件影响较小;③可减少板坯下部滑轨黑印。

与侧部烧嘴供热相比,轴向反向烧嘴供热缺点是:①下加热由于下烧嘴通道,炉底上部突出,使炉压不均匀;②炉底上突出部分减少了加热炉供热有效长度;③炉底上突出部分易堆积氧化铁皮,需经常清理;④下部采用轴向反向烧嘴,炉型结构复杂,造价高;⑤下部轴向反向烧嘴通廊环境温度高,操作困难。

下部供热采用侧部调焰烧嘴供热优点是:①炉下部结构简单;②环境温度好;③加热炉下加热深度较浅;④烧嘴操作检修方便。

缺点是:在加热炉低产时,由于烧嘴火焰长度变短,因此在炉宽方向上温度均匀性不如端部轴向烧嘴。

首钢迁钢 2160 热轧加热炉不设纵向烧嘴供热,而采用平焰烧嘴和全侧向烧嘴供热方式,为了解决加热炉在低负荷生产时保证炉宽方向的温度均匀性,采用了侧烧嘴间拔控制技术,并在首钢迁钢热轧项目 250 t/h 步进梁式加热炉得到了成功应用,取得了良好的使用效果。

2 间拔燃烧控制的原理和优势

顾名思义,间拔燃烧控制采用的是一种间断切断侧部烧嘴燃烧方式,使用流量控制技术,根据加热炉二级控制模型最佳化控制模式,来设定加热炉各供热段的温度,加热炉一级基础自动化仪表系统根据二级温度设定值调节各段空、煤气流量。当加热炉低产时,各控制段需要的空、煤气流量相应降低,为了保证烧嘴火焰外形不变,因此各控制段需要切断部分烧嘴,各控制段侧部烧嘴需要间拔数量为:

$$n = \text{int} \left(n_1 - \frac{V_{\text{段}}/2}{V_{\text{烧嘴}}} \right)$$

式中:

n — 各控制段每侧要切断烧嘴数量

n_1 — 各控制段每侧烧嘴数量

$V_{\text{段}}$ — 各控制段流量

$V_{\text{烧嘴}}$ — 侧烧嘴最大燃烧能力体积流量

通过以上计算公式可知,烧嘴一旦工作,就处于高负荷状态(50%~100%),能保证烧嘴燃烧时火焰长度最长、最稳定,保证出炉板坯炉宽方向的温度均匀性。当需要增加产量时,需要的燃料消耗量增大,因此侧部需要间拔的烧嘴数量相应减少;当需要减小产量时,需要的燃料消耗量减少,因此侧部需要间拔的烧嘴数量相应增加。其控制图见图 1。

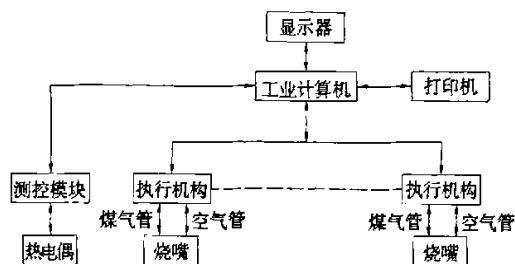


图1 工业炉间拔燃烧温度控制示意图

间拔燃烧控制的主要优点为:①传热效率高,大大降低能耗;②可提高炉宽方向温度场的均匀性;③通过在线调整可实现炉内燃烧气氛的精确控制;④可提高烧嘴的负荷调节比;⑤系统简单可靠,造价低;⑥减少 NO_x 的生成;⑦通过间拔加热段烧嘴数量,控制不供热的热回收段的长度,尤其适应不锈钢加热工艺的需要,并能有效回收烟气余热。

普通烧嘴的调节比一般为 1:4 左右,当烧嘴在高负荷工作时,燃气流速、火焰形状、热效率均可达到最佳状态,但当烧嘴流量接近其最小流量时,热负荷最小,燃气流速大大降低,火焰形状达不到要求,热效率急剧下降。普通烧嘴工作在高负荷流量 50% 以下时,上述各项指标距设计要求就有了较大的差距。间拔燃烧控制则不然,无论在何种情况下,烧嘴只有两种工作状态,一种是高负荷(50%~100%)工作,另一种是不工作,当加热炉各供热段热负荷变化时,根据负荷变化相应调整各段烧嘴工作状态能进行温度调节,所以采用间拔燃烧可弥补烧嘴调节比低的缺陷,需要低产控制时仍能保证烧嘴工作在最佳燃烧状态。烧嘴在高负荷工作时,燃气喷出速度快,使周围形成负压,将大量炉内烟气吸入火焰根部,并进行充分搅拌混合,延长了燃气和空气接触时间,火焰长度以及高温区拉长,减少 NO_x 的生成,增加了烟气与坯料的接触时间,从而提高了

对流传热效率。另外,炉内烟气与燃气充分搅拌混合,使火焰温度与窑内烟气温度接近,提高窑内温度场的均匀性,减少高温火焰对坯料的直接热冲击,避免坯料局部过烧,提高成品率,减少氧化烧损,有明显的经济效益。

燃烧气氛的调节是提高工业窑炉性能必不可少的一个环节,间拔控制技术是在传统的连续燃烧控制上增加嘴前切断阀,通过开关各控制段侧部烧嘴的数量来精确控制炉内的燃烧气氛。采用间拔燃烧控制方式,只要加热炉产量恒定,高负荷工作的烧嘴数量就恒定,烧嘴前切断阀工作频率比较低,因此系统工作稳定可靠。间拔控制即可以根据系统的实际情况采取全自动控制,也可以采取人工手动控制。

3 间拔燃烧控制技术的应用

为了适用大型炉宽加热炉对板坯长度方向温度均匀性及不锈钢板坯低温缓慢加热的工艺要求,2160加热炉在常规双交叉限幅控制加热炉6个供热段的基础上,辅以炉尾预热段,在第一加热段、第二加热段低负荷自动切断控制功能,即间拔燃烧控制,实现了第一加热段、第二加热段热负荷供热分配的控制要求。第一加热段上(J1)、下(J2)二段,两侧长度方向布置有5对烧嘴;其中各有4对烧嘴带间拔控制阀;第二加热段上(J3)、下(J4)二段,两侧长度方向布置有5对烧嘴,其中各有4对烧嘴带间拔控制阀。

间拔控制技术可根据供热段的热负荷情况,分别对J1、J2段及J3、J4段部分烧嘴,进行切断控制。当热负荷低于某一值 Q_1 时,自动切断一对烧嘴,当热负荷继续低于某一值 Q_2 时,再自动切断切断一对烧嘴(负荷低于50%必须进行切断控制),直到该段关闭,以保证烧嘴始终处在正常要求的工作负荷(100%~40%)状态下使用。当加热炉处于低负荷生产时,为了保护切断的烧嘴不被炉膛高温烟气侵蚀氧化,只切断嘴前空、煤气管阀门,中心风管道始终保持全开状态,以高流速向炉膛喷空气,同时冷却烧嘴,烧嘴中心风的风量约占烧嘴额定燃烧风量的3%~5%。

基于仪控双交叉限幅控制系统的间拔控制技术,可使J1~J4的4个供热段以混合煤气为控制基准来满足烧嘴额定工作负荷的需要量,确保了低温供热段

的燃烧稳定。在确保该炉区炉宽方向温度场均匀分布的前提下,最大限度地优化了供热分配,可以灵活设定该区域的加热温度,尤其适用不锈钢板坯低温时缓慢加热工艺要求,控制精度高,操作的响应性及灵活性得到充分的体现,确保了不锈钢板坯的加热质量;同时提高了加热效率,有效降低了燃料消耗。

加热炉燃烧间拔控制技术使加热炉二级燃烧最佳化控制得以实现,加热炉二级控制模型的控制思想是把坯料的加热曲线高温区段尽可能向加热炉出料端设定,让坯料在低温段吸收尽可能多的热量,最大限度降低排烟温度,提高加热炉的热效率,降低吨钢能耗,节约燃料。在加热炉没有二级燃烧模型和有二级燃烧控制模型加热炉曲线见图3

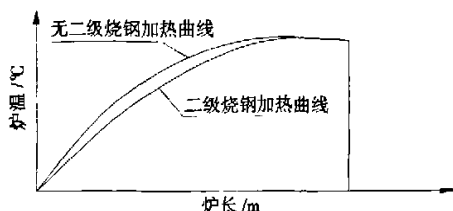


图3 有无二级模型时钢坯加热曲线

间拔燃烧控制技术根据加热炉二级系统温度设定值控制各控制段空、煤气流量,并根据流量的变化控制各加热段需要间拔烧嘴的数量,而各加热段间拔烧嘴的规律是从装料端向出料端依次间拔,保持各加热段靠近出料端烧嘴高负荷燃烧,满足加热炉二级控制模型设定的温度曲线,使二级模型燃烧控制策略得以实现,并保证了烧钢质量。因此在加热炉低产或保温待轧时,烧嘴间拔控制技术在保持炉宽方向的温度均匀性同时,改善了操作环境,提高了炉底面积利用率和加热效率,降低了燃料消耗。

4 结语

间拔燃烧作为一项新技术有着广阔的应用前景,在首钢迁钢热轧项目250 t/h步进梁式加热炉上得到成功应用,对提高产品质量、降低燃耗和减少污染发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] 池桂兴. 工业炉节能技术[M]. 北京:冶金工业出版社, 1994.
- [2] 陆钟武. 火焰炉[M]. 北京:冶金工业出版社, 1995.
- [3] 王秉铨. 工业炉设计手册[M]. 北京:机械工业出版社, 1996.