

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

秦建超 , 陈玉龙

(宝钢分公司热轧厂 , 上海 , 200941)

摘要 : 宝钢 2050 热轧 2 号加热炉于 2004 年 9 月开始进行蓄热式烧嘴改造。本次改造很好地实现了蓄热式烧嘴与其他常规烧嘴在大型步进式板坯加热炉上混合使用 , 通过近两年多的实际运用取得了很好的效果 , 达到了改善环境、降低单耗、提高加热质量、简化操作的要求 , 提高了 2 号加热炉的综合竞争力 , 也为宝钢在能源紧张的新形势下提供了新思路。

关键字 : 蓄热式烧嘴、加热炉、节能、换向阀、排烟温度

The application of Regenerative Burner in BaoSteel 2050 Hot Rolling Mill No.2 Furnace

Qin jianchao , Chen yulong

(Baosteel Hot Rolling Mill, Shanghai China, 200941)

Abstract: BaoSteel 2050 Hot Rolling Mill No.2 Furnace started the regenerative burner retrofit project in September 2004. Through this retrofit, regenerative burners and conventional burners are very well combined to be utilized on big walking beam slab re-heating furnace. After two years' running, excellent results are achieved on improving environment, lowering the fuel rate of production, improving heating quality and simplifying operation. The overall competitiveness of the No.2 furnace is improved after the retrofit. The experience that is achieved on this retrofit project provides innovative thought for future retrofits under the new situation of energy shortage that BaoSteel is facing.

Key Words: Regenerative Burner, Re-heating Furnace, Fuel Saving, Cycle Valves, Exhaust Temperature

1、 前言

宝钢 2050 热轧厂现共有四座加热炉 , 2 号加热炉自 1989 年建成投产至 2004 年已经生产了近 15 年 , 由于燃料种类的变化、热轧产品质量要求的不断提高以及品种规格的不断扩展等因素 , 虽然节能管理措施不断改进 , 但由于燃烧技术的限制 , 相应的吨钢燃耗水平与世界先进水平尚有差距。同时 2 号加热炉已经达到一代炉龄 , 为了消除其设备存

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

在的薄弱环节，实现节能增效和提高 2 号炉综合竞争力的目的，宝钢热轧厂于 2004 年 9 月开始利用 2 号加热炉的大修进行了为期 105 天的蓄热式烧嘴技术改造。

2、改造技术方案

2.1 蓄热式烧嘴的布置

此次改造将 2 号加热炉第一、第二加热段烧嘴通道拆除，将原有的端烧嘴改为侧供热的新型蓄热式烧嘴，预热段和均热段下部采用煤气可调焰侧烧嘴，上部段仍全部使用平焰烧嘴。改造依据原加热炉的热负荷分配选择布置烧嘴，热负荷与原炉基本一致，满足最大产量 400t/h 的要求，全炉混合煤气最大流量约 58616m³/h。

表一：加热炉热负荷分配

项 目	单 位	均热段		第二加热段		第一加热段		预热段	
		上 (7 段)	下 (8 段)	上 (5 段)	下 (6 段)	上 (3 段)	下 (4 段)	上 (1 段)	下 (2 段)
每段供 热能力	m ³ /h	4792	10545	9419	5508	8922	7032	5353	7045

表二：改造后的烧嘴布置表

项 目	单 位	均热段		第二加热段		第一加热段		预热段	
		上 (7 段)	下 (8 段)	上 (5 段)	下 (6 段)	上 (3 段)	下 (4 段)	上 1 段	下 (2 段)
烧嘴 型式		平焰烧 嘴	侧调焰烧 嘴	平焰 烧嘴	蓄热式 烧嘴	平焰 烧嘴	蓄热式 烧嘴	平焰烧嘴	侧调焰 烧嘴
烧嘴 数量	个	30	10	30	12	30	10	18	4

2.2 蓄热式烧嘴的选型

本次改造选用美国布洛姆公司的 Lumi-Flame FSB(Fuel Saving Burner) 1150 系列烧嘴型蓄热式燃烧器。该烧嘴安装方式接近传统烧嘴，成对使用，对炉墙结构无特殊要求。同时 2 号炉在设计蓄热式烧嘴布置时兼顾考虑了烧嘴火焰对步进梁立柱的影响，因此在 4 段有一对烧嘴类型是由两个烧嘴本体和一个蓄热箱组成的复合式蓄热式烧嘴，所有蓄热式烧嘴的喷口处设计成不同角度的喇叭口(如图 1 所示)，避免了火焰对梁的直接冲刷。



图 1：蓄热式烧嘴有角度的喇叭状喷口

2.3 蓄热式烧嘴的控制方式

蓄热式燃烧方式可以采用交叉换向、集中换向，由于考虑到在大型板坯加热炉上使用的蓄热式烧嘴量多，交叉换向对炉压、温度波动的影响较小，因此 2 号炉目前主要采用交叉换向模式，即对在炉两侧对称安装的每对烧嘴分别进行控制，每对烧嘴在工作时，当 A 侧烧嘴处于燃烧状态时，对面 B 侧的烧嘴处于排烟蓄热状态，根据设定的换向时间，这对烧嘴的工作状态按一定的周期进行切换，这样可以实现对每对烧嘴的单独控制，而不影响其它烧嘴的工作，而且各段 DCS 终端可对段内全部烧嘴进行燃烧方式的切换及换向周期的调整。

2.4 蓄热式烧嘴排烟系统

蓄热式烧嘴供热段产生的烟气约 80%将通过蓄热式烧嘴排出，因此蓄热排烟系统较为重要，该系统包括从蓄热式烧嘴烟气阀到引风机前各支管、总管、引风机和引风机后排烟管道。引风机前 4、6 段排烟支管上各设有 1 个自动调节阀，自动调节阀以段排烟温度作为参数来调节每段烟气流量和抽力，引风机排出的烟气通过新设置的排烟管排放到厂房外。当引风机故障或需要对引风机进行定期检修维护时，可以关闭全部蓄热式供热段或将蓄热式烧嘴切换到常规燃烧方式。

2.5 蓄热小球的使用

2号加热炉使用直径19mm的氧化铝小球体作为蓄热式烧嘴的蓄热体，该小球使用温度高，可以反复清洗筛选使用，使用寿命可达6~8年，年损耗率为5%。

2.6 加热模型的调整

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

由于蓄热式烧嘴改造后 4、6 段热电偶检测点从原有的炉底改到了侧墙上，而且蓄热式烧嘴的火焰强度较普通烧嘴有了明显提高，因此相应的过程机加热模型要结合改造后期的调试轧制情况及埋偶试验结果有相应的调整，从而保证模型的炉温设定精度来提高加热质量。

3、改造后的效果分析

3.1 炉子温度均匀性

2 号加热炉在改造前后委托北京赛维美高科技有限公(网址：<http://www.cnmeter.com>)各做了一次炉内板坯埋偶试验(如图 2、3 所示)，同时利用 CFD 软件对 2 号加热炉使用蓄热式烧嘴后炉内火焰温度分布情况作了模拟(如图 4 所示)：

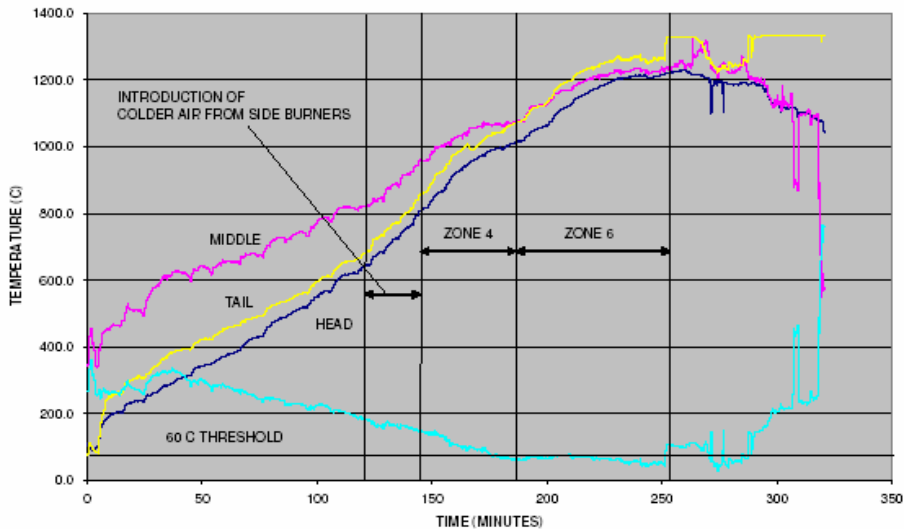


图 2：改造前的埋偶试验结果

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

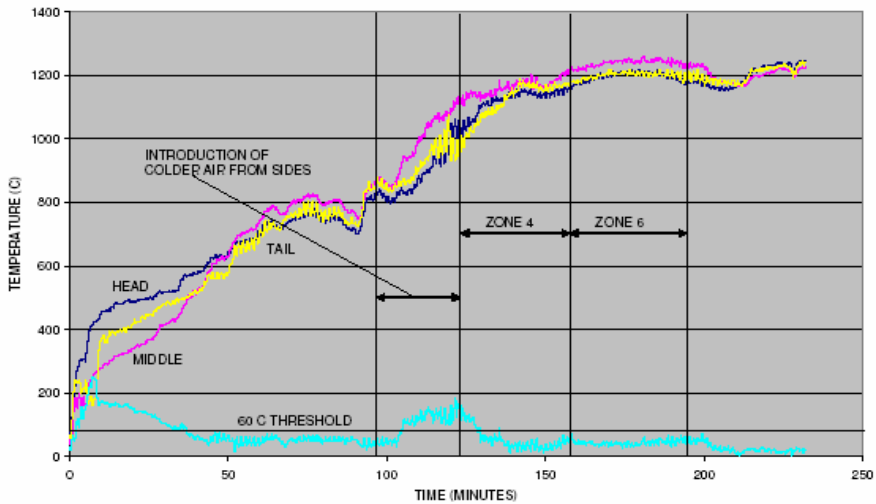


图 3：改造后的埋偶试验结果

图中蓝色曲线为沿炉宽方向的温差曲线。从上面两图中可看出在改造之后第 4 段和第 6 段的炉宽方向的板坯温差比改造前有了明显的减小，表明了当板坯行前进到第 4 段和第 6 段时，炉子的温度均匀性有了明显的提高。

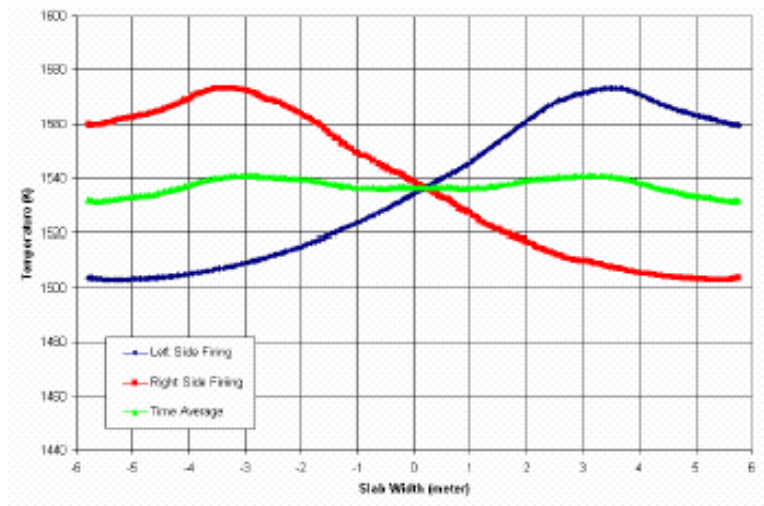


图 4：CFD 模拟的火焰温度分布曲线

其中红线为 A 侧烧嘴燃烧时的火焰温度分布、蓝线为 B 侧烧嘴燃烧时的火焰温度分布、绿线为平均温度分布曲线。

3.2 节能率

由于各月加热板坯的品种规格的变化以及小时产量的变化,2号炉节能水平与改造前吨钢燃耗水平无可比性,但与1、3号两座同时期、同类型、加热相同品种规格、相同小时产量的加热炉具有较强的可比性。通过近30多个月的实际使用,2号加热炉平均吨钢燃耗较1、3号加热炉吨钢燃耗节约77.5MJ/T,各月节能率稳定在6~9.6%,达到了预期的效果。

改造后同时间段内2号炉与3号炉的小时煤气用量比较(如图5、图6所示):

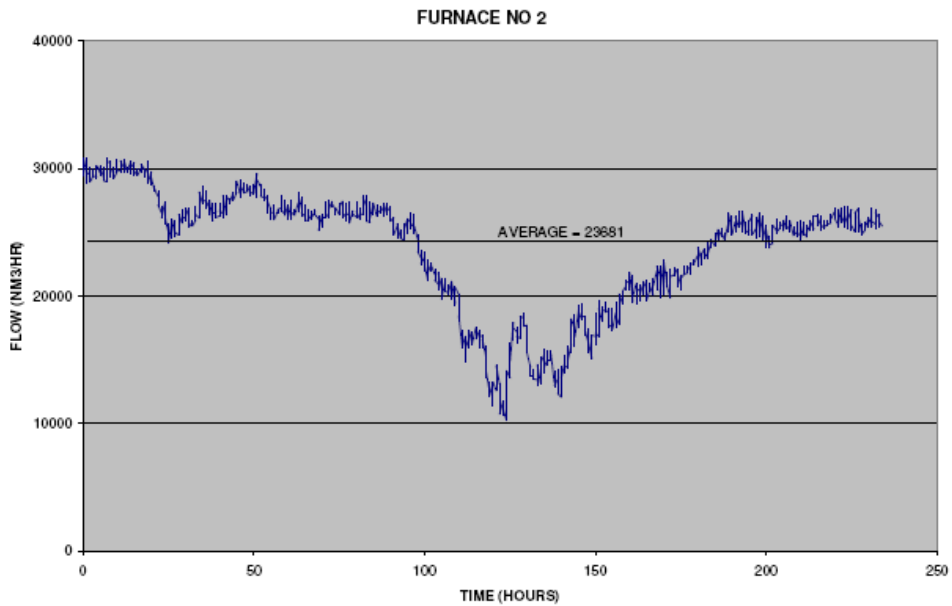


图5:2号炉煤气小时用量记录

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

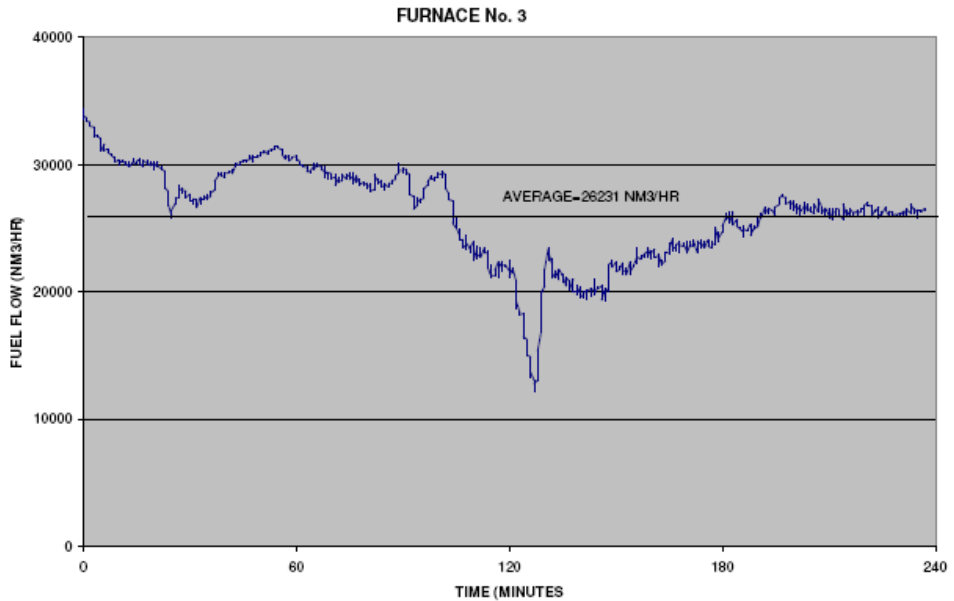


图 6 : 3 号炉煤气小时用量记录

3.3 NO_x 排放水平

Sample No.	Time	PPM Nox	PPM Nox @ 11% O ₂	% Oxygen	PPM CO	% CO ₂
1	16:18:00	37.7	53.7	13.98	3.0	3.9
2	16:19:46	53.1	49.9	10.35	2.0	5.9
3	16:23:43	31.2	48.9	14.62	0.0	3.5
4	16:24:26	55.9	56.2	11.06	0.0	5.5
5	16:25:12	51.4	46.0	9.82	0.0	6.2
6	16:26:11	64.8	53.6	8.92	0.0	6.7
7	16:27:46	49.2	44.3	9.89	0.0	6.2
8	16:28:39	58.8	41.8	6.92	0.0	6.9
9	16:29:46	53.0	42.3	8.46	0.0	7.0
10	16:30:05	55.1	46.2	9.07	0.0	6.6
11	16:31:45	53.6	42.7	8.46	0.0	7.0
12	16:32:45	46.7	43.3	10.21	3.0	6.0

Average Nox : 47.4

本次取样点为排烟导管处的热电偶的测试孔处。在 15 分钟的取样时间内,在 11% 的 O₂ 含量下, 平均 NO_x 的排放水平为 47.4 ppm, 这大大低于改造前同取样孔处在 11% 的 O₂ 含量下平均 NO_x 的排放 59.0 ppm 的水平。

3.4 蓄热烧嘴的排烟温度

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

蓄热烧嘴的排烟温度要求小于200，下面的排烟温度曲线为第4 段和第6 段在功能考核测试期间内的排烟趋势图(如图7、图8所示)：

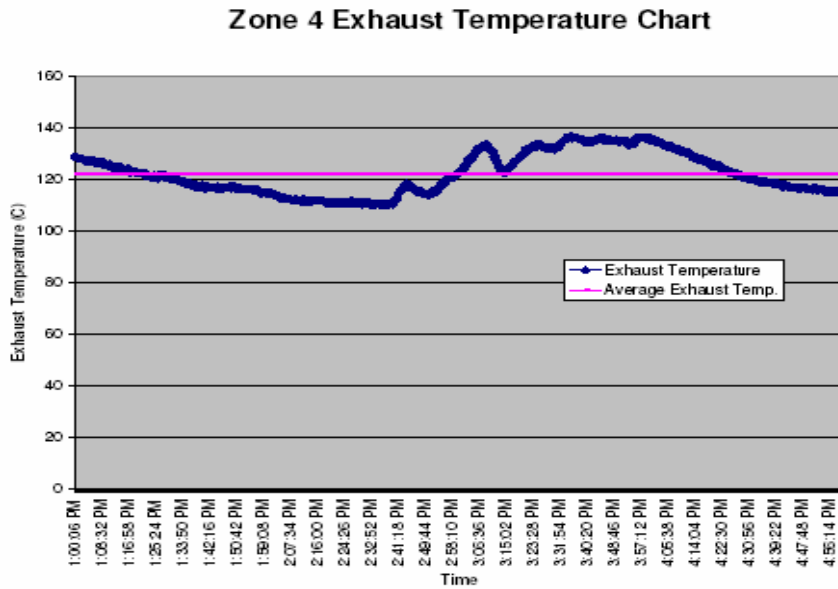


图 7：4 段排烟支管蓄热式烧嘴排烟温度记录

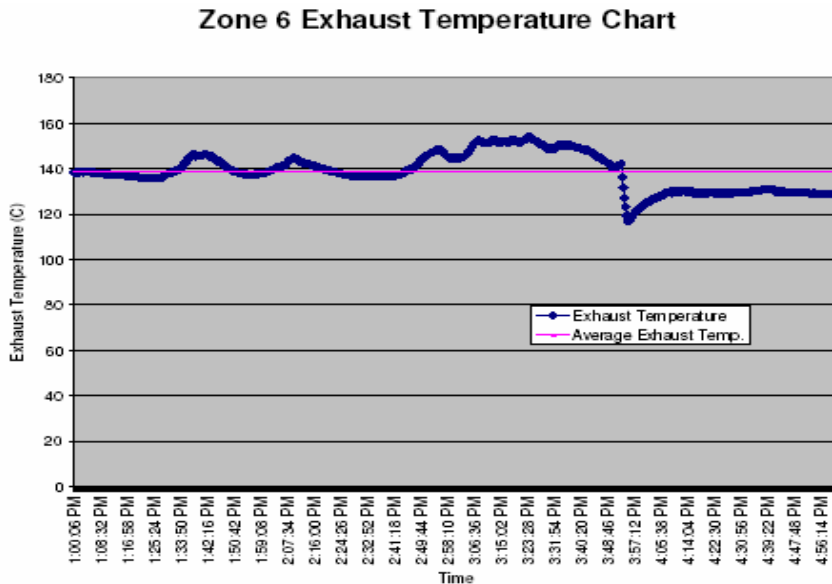


图 8：6 段排烟支管蓄热式烧嘴排烟温度记录

4、需注意并改进的问题

宝钢热轧厂在通过对2号炉蓄热式燃烧技术的使用及研究发现以下几点需重点关注

并改进，从而让蓄热式烧嘴的控制使用更趋于完善。

4.1 低流量燃烧时的蓄热式烧嘴控制逻辑：蓄热式烧嘴较传统烧嘴的优点是自动化控制程度高，由于在大型板坯加热炉上使用了较多的蓄热式烧嘴，因此其相应的控制逻辑显得尤其重要，特别是在低流量燃烧时，如果控制逻辑不合理不仅影响炉温设定的精确性及炉内温度分布的均匀性，而且会导致节能水平有所下降。所以必须结合蓄热式烧嘴的配置及燃烧能力和炉子低流量燃烧时的热负荷分配等情况制定合理的控制逻辑。

4.2 注意对加热质量的影响：由于蓄热式烧嘴的火焰外围温度较高，如果火焰长度未调节好会导致板坯长度方向中部温度高的现象(如图 9 所示)。因此必须在蓄热式烧嘴投入后以板坯实际的温度分布曲线结合烧嘴型号再次调整火焰长度从而获得更好的加热质量(如图 10 所示)。

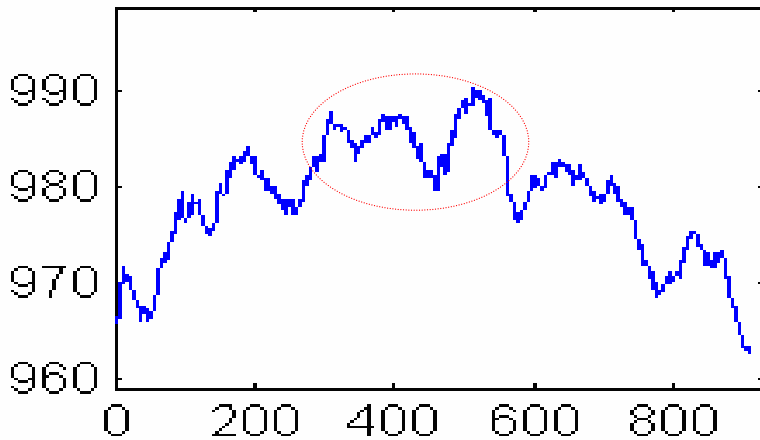


图 9：火焰长度未调节好，导致粗轧出口 RT4 温度显示板坯长度方向中部温度偏高现象

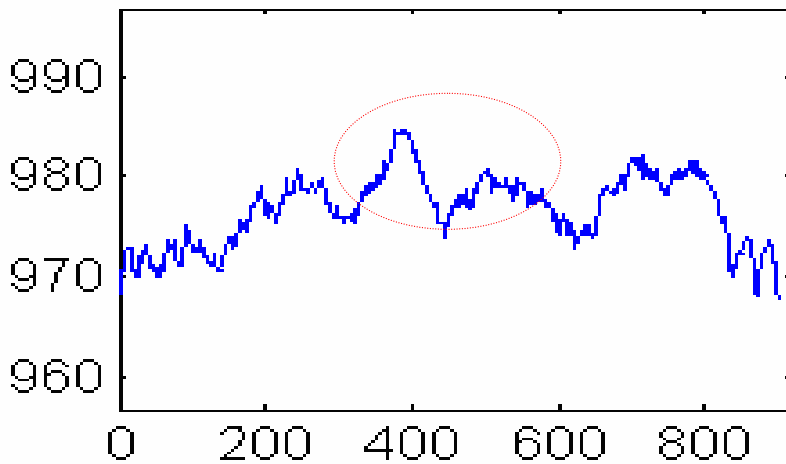


图 10：火焰长度调整后，粗轧出口 RT4 温度显示板坯长度方向温度较好

4.3 各蓄热式烧嘴排烟温度的控制：每个蓄热式烧嘴有一个排烟温度检测点，如果各排烟温度检测点间的温度值相差太大会影响段支管排烟温度控制的精确性，从而影响蓄热式烧嘴的热效率，同时可能会导致个别蓄热式烧嘴的排烟温度过高而引起强制切换。因此必须对造成排烟温度误差大的原因如蓄热箱内蓄热小球的摆放位置、箱内网格板的状态、换向阀的泄漏率、每个烧嘴的排烟压力及热电偶选型与检测点的选择加强注意。

4.4 注意换向阀的维护：由于换向阀 40 秒/次的频繁切换，会导致换向阀与其驱动气动阀间产生松动现象，由于每个烧嘴有三个换向阀，只要其中有一个故障就会影响该蓄热式烧嘴的投入率。因此必须严格要求该设备的性能，并尽可能制定出相应的加固措施。

4.5 注意蓄热体的定期更换或清洗：为了保持蓄热效果，蓄热体要定期进行更换或清洗，而大型板坯加热炉停炉周期长但检修时间短，因此更换或清洗蓄热体的周期及方法需进一步完善，从而尽量减少对生产的影响。

4.6 注意点火烧嘴及点火检测器的维护：蓄热式烧嘴点火是以点火烧嘴自动点火及点火检测器的监测信号为参考的。由于宝钢使用的混合煤气相对天然气脏，容易影响 UV 的检测准确性，常会使得 UV 失效或失真，因此平时要注意点火烧嘴的维护，并在实际点火作业时现场确认火焰情况，保证安全。

5、结束语

蓄热式烧嘴在宝钢 2050 热轧 2 号加热炉上的应用

蓄热式燃烧技术是当今先进的节能技术,宝钢 2050 热轧厂 2 号加热炉通过此次蓄热式烧嘴改造很好地实现了蓄热式烧嘴与常规烧嘴在大型步进式板坯加热炉上的混合使用,通过近 15 个多月的实际运用取得了良好的效果,达到了改善环境、降低能耗、提高加热质量、简化操作的要求。同时本次改造为热轧厂后续的 1、3 号炉大修改造积累了丰富经验,也为宝钢在能源日趋紧张的新形势下提供了节能的新思路。

参考文献

- 【1】宋庆彬 蓄热式烧嘴在大型板坯加热炉上的应用 节能出版社 2001/04
- 【2】唐贤军 郭强 刘少舜 蓄热式烧嘴系统的设计与应用 冶金设备出版社2002/03
- 【3】代朝红,温治,冯俊小 蓄热式烧嘴传热过程数学模型 工业加热出版社 2002/05
- 【4】平松弥幸 高桥康弘 加热炉蓄热式烧嘴的燃烧系统 河南冶金出版社 1999/03
- 【5】OPERATION, MAINTENANCE, AND INSTALLATION MANUAL FOR BLOOM-SUPPLIED COMBUSTION EQUIPMENT APPLIED TO 2050 REHEAT FURNACE



北京赛维美高科技有限公司
Beijing Savemation Technology Co., Ltd.

公 司 介 绍

北京赛维美高科技有限公司是北京市高新技术企业，中国节能协会理事，中国“博士经济”的典型代表。主要从事工业热工过程节能与优化计算机控制、炉温跟踪仪的研究和开发工作，已为宝钢、松下、SONY、三星、科龙、首钢、天津钢管、济钢、太钢、鞍钢、本钢、攀钢、清华大学、北大、西交大等企业提供了满意的工程技术服务。

获得省部级“科技进步奖”三项，中国专利五项。

拥有下列先进技术：

- ◆ 高效蓄热工业炉技术
- ◆ 工业炉最优燃烧控制技术
- ◆ 加热炉数学模型控制技术
- ◆ 加热炉黑匣子温度测试技术
- ◆ 加热炉投产验收测试技术

拥有下列特色产品：

- ◆ 炉窑耐高温温度测试仪（黑匣子）
- ◆ 回流焊 SMT 温度曲线测试仪
- ◆ 炉温跟踪仪
- ◆ 煤气热值指数仪
- ◆ 防凝堵重油（渣油）流量计

总经理：刘日新 博士 （手机：13910788125）

地址：(100097)北京海淀区曙光花园望河园 1 号 6-201 室

电话/传真：（010） 88431319 88431320

请浏览公司网站：<http://www.cnmeter.com/>

网络实名：工业加热