

# 轧钢加热炉技术在首钢的应用与发展

陈冠军

(首钢技术研究院, 北京 100043)



**摘要:** 通过分析首钢加热炉近年发展状况, 阐明轧钢加热炉向大型、高效、低污染和自动化等方向发展, 表明首钢新建轧钢加热炉集成步进梁、蓄热式燃烧、汽化冷却和热装热送等先进节能技术, 体现了首钢加热炉技术的升级换代。在首钢产品结构调整的过程, 由于品种加热质量的提高, 加热炉节能应注重品种钢的加热节能、钢坯加热均匀性、加热制度和氧化烧损等方面。上述研究为国内外加热炉技术节能提供参考。

**关键词:** 加热炉; 节能; 轧钢; 进步

**中图分类号:** TF06

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1639(2010)03-0038-03

## Application and Development of Rolling Heating Furnace Technology in Shousteel

CHEN Guan-jun

(Shousteel Research Institute of Technology, Beijing 100043, China)

**Abstract:** By analyzing recent development of heating furnace in Shousteel, the direction of rolling heating furnace is large, high efficiency, lower pollution and automation etc., it shows that advanced technologies are integrated in new rolling heating furnace such as working beam, regenerative combustion, steam cooling and hot loading and hot feeding etc. It shows that heating furnace technology is upgraded. During product structure adjusting in Shougang, because product heating quality is improved, energy-saving of heating furnace should pay attention to aspects such as energy-saving of heating variety steel, equality of heating steel, heating system, oxidation and so on. It will offer reference for energy-saving of heating furnace technology at home and abroad.

**Key words:** heating furnace; energy saving; rolling; progress

在钢铁能耗结构中, 由于轧钢工序仅占钢铁总能耗的 10%~15%, 在国家节能和钢铁产业结构调整, 淘汰落后产能的政策引导下, 近年轧钢技术发展很快, 新建或在建的轧钢生产线在不断增加。轧钢加热炉是轧钢系统的主要耗能设备, 占轧钢能耗的 60%~70%, 因此, 轧钢工序的节能重点是轧钢加热炉节能<sup>[1-3]</sup>。随着近年轧钢产能的增加, 轧钢加热炉数量增长迅速, 向大型、高效、低污染等方向发展。据统计, 2006 年, 我国热轧能力约 1.15 亿 t, 2008 年热轧能力达 1.8 亿 t 以上, 轧钢加热炉数量达千座。

## 1 首钢加热炉技术进步

首钢近年处于搬迁改造和结构调整的关键时期, 轧钢加热炉的发展主要有以下特点: ①大型化; ②步进炉替代推钢炉; ③蓄热式燃烧技术集成; ④汽化冷却技术替代水冷; ⑤自动化程度高。

### 1.1 大型化发展

首钢历年轧钢加热炉数量和生产能力变化如图 1 所示, 由图可知, 随着加热炉数量的迅速增长, 热轧能力接近 4 000 t/h (不含冷轧)。大型化的发展分为两阶段,

第一阶段为 2006 年以前, 首钢重点完成北京地区轧机和加热炉技术改造, 投产或改造的加热炉小时产量一般小于 200 t/h, 如 2003 年首钢中板厂 3 500 mm 轧机改造, 加热炉最大生产能力为 120 t/h, 2005 年首钢一线材完成的高速轧机和高线三区完成的高速轧机改造, 加热炉生产能力分别为 120 t/h 和 140 t/h。第二阶段为 2006 年至今, 首钢主要完成首秦、迁钢和京唐新建热轧生产线, 加热炉小时产量大于 250 t/h, 如首秦公司 2006 年 4 300 mm 轧机工程和 2007 年 3 300 mm 轧机工程配套的双蓄热式步进炉, 迁钢公司 2006 年投产 2 160 mm 轧机工程配套步进炉, 京唐公司 2009 年投产的 2 250 mm 轧机工程配套蓄热式步进炉。

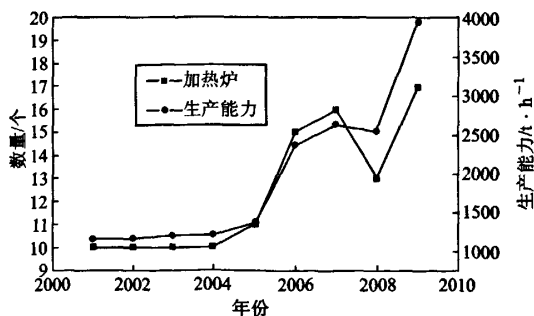


图 1 历年首钢轧钢加热炉数量和生产能力变化

收稿日期: 2010-04-01; 修回日期: 2010-04-09

作者简介: 陈冠军 (1972—), 男, 浙江永康人, 高级工程师, 研究方向为冶金能源。

## 1.2 步进炉代替推钢炉

首钢历年不同类型加热炉数量变化如图 2 所示, 由图可知, 推钢炉数量逐年减少, 步进炉和蓄热炉数量在不断增加, 特别是步进炉增长最快。由于步进炉具有受热面积大, 加热时间短、降低氧化烧损、减少钢坯黑印和操作灵活等优点, 在近年首钢新建热轧生产线, 已完全替代推钢炉, 是加热炉节能的发展方向。

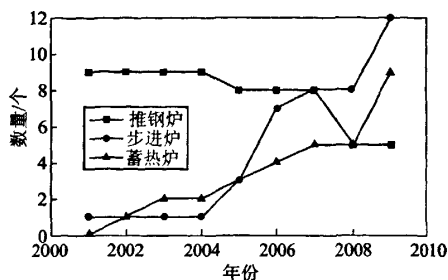


图 2 首钢历年不同类型加热炉数量变化

首钢北京地区热轧加热炉主要为推钢炉, 步进炉很少, 以热轧为例, 2000 年以前仅有高线一台步进炉, 其余均为推钢炉, 2001—2006 年期间, 尽管北京地区进行一些节能技术改造, 步进炉仅增加两台 (2005 年一线完成的 120 t/h 步进炉和高线完成的 140 t/h 步进炉改造), 主要是由于首钢搬迁调整的原因, 北京地区技术改造大幅减少, 高线型材和中板等厂矿还是维持原有的推钢炉, 尽管首钢中板厂进行过 3 500 mm 轧机改造, 但是由于改造费用问题而没有采用步进炉替代推钢炉。可见步进炉在新建轧钢加热炉上容易实施, 特别是随着钢坯品种质量的提高, 步进炉的优势更加突出。

蓄热式加热炉具有高效余热回收、高温预热空气及低  $\text{NO}_x$  排放等优点<sup>[4]</sup>, 近年在我国推广应用发展迅猛, 是国内目前普遍推广的环保节能新技术。首钢北京地区加热炉主要为改造项目, 故蓄热炉增长较缓, 数量不多, 仅为 3 台, 2002 年完成的首钢型材三车间蓄热式加热炉改造, 2003 年和 2005 年完成的首钢中板 1 号和 2 号蓄热式加热炉改造。此后, 蓄热炉在首钢新建热轧生产线上, 加热炉数量稳步增加。主要集中在首秦 4 300 mm 和京唐 2 250 mm 热轧加热炉上有较大幅度增长。

## 1.3 汽化冷却代替水冷技术

汽化冷却技术与水冷技术比较, 具有节水、节能和富产蒸汽等作用, 在近年加热炉上逐步推广应用。在首钢北京地区加热炉调研<sup>[5]</sup>中发现, 北京地区加热炉多数保持水冷方式, 汽化冷却技术仅在少数加热炉上实施, 但是该技术在首钢近年非北京地区新建热轧加热炉上, 全部采用此技术, 可以说此项技术在首钢得到了普遍推广, 如首秦 4 300 mm、迁钢 2 160 mm 和京唐 2 250 mm 等热轧工程新建加热炉均集成采用了汽化冷却技术。

## 1.4 热装热送技术应用情况

热装热送是轧钢系统最为推广的节能技术, 每提高入炉钢坯温度 100 ℃, 可以减低加热炉能耗约  $6.7 \times 10^4 \text{ kJ/t}$ , 降低轧钢工序能耗 2 kg 标准煤每吨。衡量热装热送技术节能主要有两个重要参数: ①热装热送率; ②热装温度。采用一般热送热装工艺时可节能 35%, 采用直接热送热装工艺可节能 65%, 再采用直接轧制工艺时可节能 70% ~ 80%。采用热送热装可提高加热炉产量, 缩短加热时间, 减少钢坯氧化烧损, 降低建设投资和生产成本, 同时可改进产品质量, 提高成材率<sup>[6]</sup>。首钢无论是北京地区还是首秦、迁钢等地, 热装热送技术普遍得到了推广应用。但是由于受到生产调度和品种钢的加热要求的限制, 热装率还有待提高。其中北京地区以高线为例, 热装热送率小于 10%, 迁钢热装率达到 16% ~ 40%。另外, 热装温度也不高, 以高线为例, 约 250 ℃, 迁钢的热装温度较高, 为 660 ~ 710 ℃。

## 1.5 其他

加热炉自动化方面, 北京地区除近年改造的几台加热炉自动化程度有所提高外, 尚有部分加热炉还需要人工调节, 首秦、迁钢和京唐等地加热炉自动化程度较高, 但是加热炉的二级控制如 DDC 控制应用不多。节能涂料在首钢如一线、迁钢等地加热炉上应用实施, 也取得一些节能效果, 由于涂料随时间节能效果的下降, 故需要该技术的定期重复使用。

## 2 加热炉节能应注重的问题

尽管首钢加热炉节能取得很大进步, 由于近年首钢产品结构调整、高附加值产品比例不断增加, 加热炉节能出现新问题, 如部分轧钢加热炉能耗不降反升, 氧化烧损增加等问题。首钢近年板带材与线型材加热炉数量变化如图 3 所示, 可知, 首钢板带材加热炉数量不断增加, 而线型材加热炉数量不断减少, 说明首钢加热炉向高附加值产品加热方向发展。部分加热炉近年能耗变化如图 4 所示, 由图可知, 由于近年加热炉能耗不降, 反而有所上升。

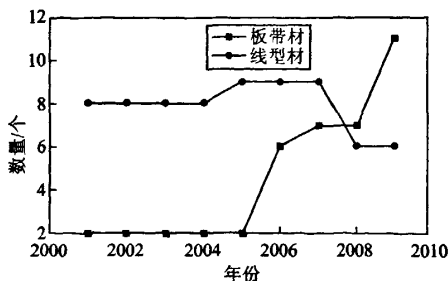


图 3 板带材与线型材加热炉数量变化

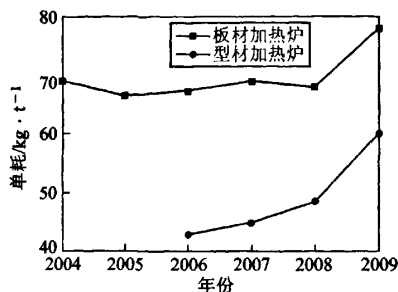


图 4 部分加热炉历年能耗变化

由于品种变化，加热炉节能应注重以下几方面问题。

### 2.1 品种钢的加热节能

由于品种的不同，要求钢坯缓加热或钢坯出钢温度升高，要求钢坯在炉时间的增加，均会导致加热炉的能耗增加，以上面板材与型材为例比较，型材出钢温度为 1 100 ℃ 即可，而板材出钢温度一般大于 1 200 ℃ 以上，通过简单计算，板材加热炉能耗比型材至少高 5 kgce/t 以上，另外，有些品种不适合热装热送，导致热装热送率低，也是目前轧钢工序能耗增多的主要因素。为此要研究哪些品种适合热装，哪些品种不合适热装，可热装热送的合适温度（钢坯入炉温度）为多少。

### 2.2 钢坯加热均匀性

2002 年，利用红外热成像技术对不同规格的钢坯加热均匀性进行研究<sup>[7]</sup>，钢坯温差小于 50℃，基本满足轧制要求。近年由于某些品种的特殊要求，钢坯内外加热温度均匀性不断提高。如迁钢 2 160 mm 加热炉钢坯加热温度应小于 35 ℃，首秦 4 300 mm 加热炉钢坯加热的内外温差应小于 20 ℃，板坯不同部位温差过大，会导致钢坯轧弯、轧制规格达不到预期精度等问题。故需要进行不同品种钢坯规格加热温度研究，掌握钢坯加热的基本规律，为加热制度奠定基础。

### 2.3 加热制度

加热炉的加热制度是决定钢坯加热质量的关键，首先加热炉采取两段式还是三段式加热，下加热还是上下加热等方式是加热炉加热的基础，加热炉出钢温度、各段加热温度和加热时间等参数是加热制度的关键参数，为此需要进行不同品种加热时间和加热制度的研究，确定经验公式，实现品种钢加热制度的优化。

### 2.4 氧化烧损

氧化烧损产生机理是在钢坯加热过程中，炉气中的氧原子通过钢坯表面向钢坯内部扩散，在一定条件下与钢坯内部的铁原子起化学反应生成氧化烧损。如首钢中板和迁钢等轧钢加热炉氧化烧损问题相对突出<sup>[8]</sup>，如产品中镶嵌氧化铁皮，严重影响产品质量。影响氧化烧损的主要因素有钢坯加热时间、出钢温度和炉内氧气氛。通过调整钢坯加热制度和控制炉内氧气氛等手段，加热炉的氧化烧损问题有所缓解。关于氧化烧损问题，需要进

一步研究各因素与氧化烧损量的关系，通过优化操作技术将氧化烧损降至极限。

## 3 发展动态

首钢新建或在建大型热轧加热炉情况汇总如表 1 所示，由表可知，已投产的大型热轧加热炉已达 10 座，迁钢和京唐尚有 8 座在建设中，在新建加热炉上集成步进梁、蓄热式燃烧、汽化冷却等节能技术。

表 1 首钢新建大型热轧加热炉

加热炉	能力/t · h <sup>-1</sup>	座数	炉型	燃料种类	投产时间
首秦	1 <sup>#</sup> 230	1	步进蓄热	高炉煤气	2006-06
	2 <sup>#</sup> 275	1	步进蓄热	高炉煤气	2007-10
迁钢	1 <sup>#</sup> 250	4	步进	混合煤气	2006-12
	2 <sup>#</sup> 270	4	步进	混合煤气	试生产
京唐	1 <sup>#</sup> 350	4	步进蓄热	混合煤气	2008-12—
	2 <sup>#</sup> 300	4	步进蓄热	混合煤气	2009-05 建设

同时，北京地区部分轧钢加热炉逐年关停，轧钢生产能力逐年下降，标志着首钢产业结构调整和生产力转移目标的完成，轧钢加热炉节能技术上一个新台阶，实现了首钢加热炉的升级换代。

## 4 结 论

(1) 首钢加热炉技术应用发展状况和技术进步，表明轧钢加热炉向大型、高效低污染和自动化方向发展。

(2) 品种结构变化，导致轧钢加热的新特点，应注重品种钢的加热节能、钢坯加热均匀性、加热制度和氧化烧损等方面节能研究。

(3) 新建大型轧钢加热炉步进梁、蓄热式燃烧、汽化冷却等节能技术的集成，体现了首钢轧钢加热炉技术先进性。

### 参考文献:

- [1] 高家锐，高仲龙. 关于工业加热炉发展方向的再探求 [J]. 工业炉，1996，18 (3): 3-6.
- [2] 陈冠军，王连尉，胡雄光，等. 首钢中厚板厂蓄热式燃烧技术的应用研究 [J]. 钢铁，2005，40 (12): 76-80.
- [3] 戎宗义. 国内外加热炉和热处理炉的现状和节能技术 [J]. 特殊钢，1999 (10): 35-39.
- [4] WEIHONG YANG, WLODZIMIERZ BLASIAK. Mathematical Modelling of NO Emissions from High-temperature Air Combustion with Nitrous Oxide Mechanism [J]. Fuel Processing Technology, 2005, 86 (9): 943-957.
- [5] 陈冠军. 简谈轧钢加热炉问题及节能 [J]. 冶金能源，2008 (6): 32-35.
- [6] 唐 荻，蔡九菊，吴道洪. 钢铁工业节能减排新技术 5000 问 [M]. 北京：中国科学技术出版社，2009.
- [7] 陈冠军，胡雄光，赵胜国. 钢坯加热温度的测试研究 [J]. 首钢科技，2004 (1): 14-16.
- [8] 于浩森. 加热炉氧化烧损的原因与解决对策 [J]. 首钢科技，2008 (2): 36-39.