


 设 备

先进的热处理炉技术以及 热处理炉的改造

李柱海

(中国二重集团公司二重万信炉窑分公司,四川 618013)

摘要 描述了热处理炉的现状,介绍了先进的热处理炉技术并指出了高效节能是热处理炉改造的关键,是实现现代热处理炉的追求目标。同时还简要介绍了二重集团公司热处理炉的改造情况。

关键词 热处理炉 高效节能 改造

The Advanced Heat Treatment Furnace Technology and Its Upgrading

Li Jinghai

Abstract The advanced technology of the heat treatment furnace and heat treatment furnace status have been described in this article, which indicates that the energy saving is the key point for upgrading of the heat treatment furnace and the target for modernization of the heat treatment furnace. Meanwhile the upgrading of the furnace in China Erzhong has been briefly described as well.

Key Words Heat Treatment Furnace, Energy Saving, Upgrading.

1 热处理炉的概况

众所周知,热处理是提高钢材和工件质量的重要工序。各种不同的热处理工艺的基本要求是尽量使炉内温度分布均匀,炉子升温及冷却制度准确,工件不变形或少变形,表面不氧化脱碳或少脱碳。因此热处理炉是工业炉中对设备性能要求最高的一类炉子。当前对热处理炉而言,除了以高性能来满足热处理工艺的要求外,高效节能是重要的追求目标。

2 先进的热处理炉技术

2.1 硅酸铝耐火纤维的应用

硅酸铝耐火纤维是一种高效节能材料,目前已经在热处理炉上广泛应用。实践证明,在对耐火纤维材质选择正确的前提下,热处理炉的炉衬耐火砖完全可由耐火纤维代替,如果炉衬结构合

理,则热效率可提高到 30%~40%。由于炉衬轻,无拱顶推力;炉门轻,故骨架负荷大为减少,可节约建炉钢材 1/3 左右,同时可简化炉体基础。炉子热平衡表明,间歇式砖体热处理炉的蓄散热损失占总供热的 25%~35%,而炉体的蓄散热与炉衬的重量及绝热性能成正比关系,耐火纤维不仅导热系数低,而且容重轻,纤维炉衬仅为砖体炉衬的 1/25~1/30。因此,纤维炉衬能大幅度地降低炉子的蓄散热损失,节能效果显著,一般地说,与砖体炉子相比节能 20%~25%。由于炉衬轻,热容量小,炉子升温快,有利于缩短操作周期,提高炉子作业率和热效率,使炉子同时获得节能、增产的效果。在使用硅酸铝耐火纤维时,应注意硅酸铝耐火纤维材质的选择。而使用温度是选材的最重要条件,应该以纤维制品长期或持续使用温度作为材料实际使用温度进行选材。对纤维材质选用推荐如下:

炉温 $<1000\text{C}$ ，选用普通硅酸铝纤维制品；

炉温为 $1000\sim 1100\text{C}$ ，选用高纯硅酸铝纤维制品；

炉温为 $1100\sim 1200\text{C}$ ，选用高铝硅酸铝纤维制品；

炉温为 $1200\sim 1300\text{C}$ ，选用多晶莫来石纤维制品。

2.2 全纤维炉衬结构

全纤维炉衬能充分显示纤维制品优良特性，实现高效率、低能耗、轻型化的炉体结构。目前的复合大模块组合炉衬结构，吊挂铆固技术被广泛应用，即在炉衬低温段平铺 50mm 厚普通型硅酸铝纤维，作为保温层；在炉衬高温段敷设 200mm 或 220mm 高温型硅酸铝纤维模块，作为耐火层。这种复合大模块组合结构有利于提高炉衬的绝热性能和气密性能，减少热短路，耐气流冲刷，在炉温状态下可耐 60m/s 高速冲刷，降低施工周期，并能有效地保证纤维与钢结构之间的连接强度，提高炉衬的使用寿命。

2.3 高性能燃烧器的选择

燃烧装置是热处理炉的“心脏”，应该具有高效、节能和高性能的特点。目前新型燃烧器的烧嘴有平焰烧嘴、高速烧嘴、自身预热式烧嘴、蓄热式烧嘴、低氧化氮烧嘴等。对热处理炉而言，除了高效节能外，还要求高性能，即能满足热处理炉各种工况的要求，首先是保证炉温均匀性达到工艺要求，因此在热处理炉中高速调温燃烧器被广泛选用。它给热处理炉带来的好处是：

(1)高速的热气流强化了炉内气体循环，有效地提高炉温的均匀性。经测量烧嘴在出口速度为 100m/s 时，气流张角为 $19^{\circ}12'$ ，在烧嘴长 6m 、宽 2.8m 范围内，气流仍具有 80m/s 的流速，它所控制的温度场比一般普通烧嘴大 $5\sim 7$ 倍，也就使炉内温度更均匀，一般可保证炉温均匀在 $\pm 10\text{C}$ 以内。

(2)高速的热气流强化了炉内对流传热。采用高速烧嘴的炉子，工件升温速度显著加快，而且保温后期工件温度与炉膛温度也趋一致，其原因是炉内对流热交换占了主导作用，约占 $35\%\sim 85\%$ 。

(3)可实现自动控制。烧嘴配有自动点火，火焰保护和自动调节等装置。控制上采用国外先进的大小火脉冲燃烧技术，根据热处理工艺在各温

度控制范围内供热需求量，控制各个烧嘴大、小火交替变化频率，既保持了高速气流强制循环效果，又保证了控温精度。

(4)可使炉内结构简单化。根据高速烧嘴气流特性，烧嘴布置间距可达 3m （一般普通烧嘴布置间距不宜大于 1.5m ），这样高速烧嘴可设计成单只大容量，也就减少了烧嘴数量，而不影响炉内温度均匀性。高速气流充满了炉内各处，排烟口对炉内温度场影响很小，设计中可把排烟口设置在炉内结构允许的任一处，且可以用大排烟口替代数量众多的小排烟口，从而使炉体结构简单化，可节约炉子造价约 $10\%\sim 12\%$ 。高速烧嘴强化了炉内气流循环，提高了炉温均匀性，保证了热处理工件质量，而它的燃烧完全和强化对流传热可提高炉子热效率，一般周期操作热处理炉平均节能达 $8\%\sim 12\%$ 。

2.4 稳定炉子工况的各项技术

2.4.1 炉压控制技术

一般情况下，当燃料消耗量增大时，炉内压力会增大，当烟囱抽力增大时，炉内压力会减小，反之，炉压会反向变化。

实现炉压控制的方法有多种，较好的方法是在炉内合适的位置设置取压元件，通过微差压变送器，将炉内信号转换成电信号，使执行机构动作，改变烟阀开度，把炉内压力调整到设定值，经上回路形成炉压自动调节系统，有效、正确地控制炉内压力变化，其调节灵敏度在 $\pm 0.98\text{Pa}$ 以内。

据测试，正确控制好炉压，将可节能近 10% 。

2.4.2 炉体密封技术

炉体密封是炉子设计改造中非常重要的环节，密封性能的优劣，直接影响炉内温度的均匀性、相关部件的使用寿命、燃料消耗及工件的热处理质量。在炉子整体结构中，密封装置处于相对高温区，工作环境较为恶劣，因此，采用性能可靠、结构简单、寿命长、便于维修的密封方案是非常必要的。

(1)炉门与炉体、台车前端。炉门四周与炉衬之间设置软—硬接触的密封结构，即在炉门侧将其周边的纤维突出于主衬，炉体侧配置耐热铸铁板，在炉门处于工作状态时（即关闭时），周边纤维条与耐热铸铁板充分接触而密封。炉门密封压

紧机构采用弹簧压紧机构或汽缸压紧机构。前者密封动力来自炉门重力,具有简单实用、密封可靠,维修方便等特点;后者密封动力靠汽缸实现,大型炉门宜选用汽缸压紧机构。

(2)炉车两侧与炉体。由于炉车与炉体之间有相对运动,所采用的密封方式必须简单、可靠,既能保证使用性能,又便于维护。传统的砂封方式已不能满足要求,采用汽缸压紧软封块结构,现场实践证明,这种结构是合理可靠的。

(3)炉车后端与炉体。在炉子后端设置软密封块,靠弹簧作用来实现与炉子台车后端的密封。因动力来自炉车,所以其简单、实用、可靠。

2.5 余热回收和利用

烟气带走的热量占热处理炉总供热量的30%~50%,回收从炉内排出的烟气热量,并加以充分利用,是降低炉子能耗,提高炉子热效率的重要措施,在炉子上回收烟气余热最有效和应用最广的是换热器。目前推广应用的高效换热器有:喷流辐射换热器,波纹管插入件管式换热器,网吸面辐射换热器,传输对流换热器等,它们的特点是综合传热系数高。一般而言,预热风温每提高100℃,可节约燃料5%,预热温度在350℃以上才是合理的。但是,由于热处理工艺的独特性,周期间歇式操作较多,当预热风温达最高时,炉子马上转入保温、降温阶段,换热器真正的效益体现不充分。随着热处理炉自动控制技术的发展,自动控制和调节阀的采用,气体介质的温度受到限制,也限制了预热风温的提高。因此如何选择合理性能价格比的换热器,应视不同炉子,不同燃料以及根据不同工艺来决定。不必一味追求高温。

2.6 炉温自动控制技术

由于炉子本体技术的发展和运用,炉温自动控制技术越来越多的被应用于热处理炉,如炉温集散控制和计算机多媒体控制的应用等。炉温自动控制系统可以根据预先设计的温度曲线对各区域烧嘴的点火及大小火开闭过程进行PID调节,从而提高了炉温的控制精度。

3 二重集团公司热处理炉改造情况

90年代以前,由于受资金的限制,二重集团

公司的二百余台工业炉窑改造进展缓慢,其中绝大多数热处理炉处于五六十年代水平,主要体现在:炉型落后,能源利用率低,燃料消耗高,炉子热效率一般低于10%,产品热处理成本高。炉温均匀性差,热处理产品质量得不到保证。

90年代后期,集团公司开始改造工业炉窑,几台热处理炉相继改造成功,效益显著,综合技术性能达到国家特等炉标准。可喜的是,近年以来,二重集团公司斥巨资新建或改造热处理炉。不久,一批高水平的现代热处理炉将建成或改造完成,二重的热处理炉水平将跃上一个新台阶。而且,现代热处理炉的装备必将为二重大型铸锻件、航空模锻件、重型矿山机械等打入国际市场夯实基础。

4 结束语

(1)热处理炉改造采用高速调温燃烧系统、全纤维轻质炉衬结构、烟气余热回收装置、全密封结构、空燃自动控制系统以及炉温、炉压自动控制系统等先进的技术措施,可以大大降低炉子的能源消耗。其可比单耗指标 $b_c \leq 60\text{kg}$ 标准煤/吨热处理件,满载正常工作时,热效率在35%以上,与传统炉子相比,综合节能在40%以上。这将从根本上降低产品热处理成本,同时也将全面提高热处理产品的质量。

(2)我们也应该看到,随着热处理炉技术的不断发展,大量高科技仪器仪表应用到热处理炉的自动控制系统之中,现代热处理炉已经成为机电一体化设备。因此,在热处理炉的日常使用和维护上,改变过去的陈旧观念,加强管理不断提高操作者的业务水平也是极为重要的。

参考文献

- 1 张汝森. 优化工业炉能源消费结构提高燃料炉整体水平. 工业炉, 1999. 1
- 2 陈重立. 工业火焰炉的发展方向. 工业炉, 1998. 4
- 3 解文书. 燃料炉技术分析. 工业炉, 2001. 4

(2003年12月10日收稿)

责任编辑 龙礼建