

大型井式热处理燃气炉的节能改造

太原重工铸锻分公司大型锻件厂 (山西 030024) 牛玉温

大型井式热处理燃气炉是我厂的关键设备,主要用于长轴类零件的热处理,如电机转子、汽轮机转子、低压主轴、拉杆、船用件等大型锻件产品。其中一台设备为4#井式炉,规格为 $\phi 2.3\text{m} \times 9.2\text{m}$,有效尺寸为 $\phi 1.8\text{m} \times 8.5\text{m}$ 。经过多年的生产运行,且随着产品质量要求的逐步严格,该设备暴露的问题愈来愈多,已经影响到产品的出厂质量。因此,决定对4#井式炉进行改造。

1. 原设备存在的问题

(1) 炉衬为砖砌体,炉体吸热、蓄热量大;采用高压无烟喷射式燃烧器(见图1),依靠人工调节空气配比和烧嘴大小,工人劳动强度大;炉门采用低碳钢材料铸造成形,重质耐火砖填砌的半圆对接炉盖,年长日久,变形加大,密封不严,跑火冒烟严重,热量损失较大。



图1 老式热处理炉用喷射式燃烧器

(2) 多年以来,我厂使用发生炉煤气,纯净度差,热值低,燃烧不充分,热效率低,经常发生煤气中的焦油堵塞阀门的情况,需定期停工清理油污,而且管道密封不好,经常发生跑冒漏气的现象,造成安全隐患。

2. 节能改造的主要方向及具体措施

(1) 改进炉衬材质 原先使用砖砌体,吸热

量大,冷速慢,无法满足快速的生产节奏。采用新型炉用材料如硅酸铝耐火纤维作为内衬,减少炉体的蓄热损失,增强炉子的隔热保温,减少炉墙的散热损失,优化了炉衬结构(见图2)。同时,炉衬在保证炉子结构强度和耐热度的前提下,应尽量提高保温能力和减少蓄热,因此单纯依靠增加炉衬厚度来降低炉外壁温度不仅会增加炉衬蓄热和成本,而且相应地减少了炉底面积的有效利用率,采用新型耐火纤维等优质保温材料后使得炉子热效率得到提高。

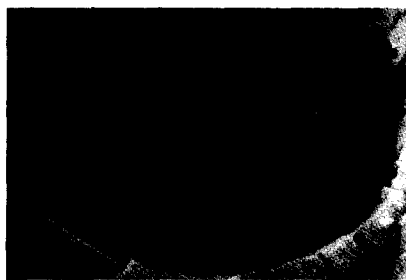


图2 改造后使用耐火纤维的井式炉炉膛

(2) 改善炉体密封 若炉膛内各引出构件、炉壳、炉门等处密封不严,将会造成跑火、漏火,能源大量浪费,设备烧坏,环境恶劣等状况,因此炉体密封直接影响工件品质和能耗,同时密封也是炉内气氛控制的关键。而耐火纤维制品的使用,为解决炉体密封创造了条件,实现了软密封。旧的4#炉炉盖采用低碳钢材料铸造成形,再用重质耐火砖填砌的两半圆对接而成,经周期性加热后,变形加大,跑火冒烟及热量散失严重。新式炉盖采用焊接件成形,再用耐火纤维填充隔热而成的两半平移加子扣垂直升降双重软密封炉盖,并采用电液推杆,结构简单,成本低,与传统机械传动相比,故障率低,平稳性好,整体美观(见图3)。



图3 新式炉盖用电液机构

(3) 改进燃烧控制技术 用户对产品质量的要求逐渐严格, 迫使对炉内温度场的均匀性及对燃烧气氛的稳定可控性要求进一步提高, 使用传统的连续燃烧控制已无法实现, 必须采用脉冲燃烧控制技术。

脉冲燃烧控制采用的是一种间断燃烧的方式, 使用脉宽调制技术, 通过调节燃烧时间的占空比(通断比)实现窑炉的温度控制。燃料流量可通过压力调整预先设定, 烧嘴一旦工作, 就处于满负荷状态, 保证烧嘴燃烧时的燃气出口速度不变。当需要升温时, 烧嘴燃烧时间加长, 间断时间减少; 需要降温时, 烧嘴燃烧时间减少, 间断时间加长。脉冲燃烧控制的主要优点为传热效率高, 大幅降低能耗, 可提高炉内温度场的均匀性。无需在线调整, 即可实现燃烧气氛的精确控制, 所以采用脉冲燃烧可弥补烧嘴调节比低的缺陷, 需要低温控制时仍能保证烧嘴工作在最佳燃烧状态。在使用高速烧嘴时, 燃气喷出速度快, 使周围形成负压, 将大量窑内烟气吸入主燃气内, 进行充分搅拌混合, 延长了烟气在窑内的滞留时间, 增加了烟气与制品的接触时间, 从而提高了对流传热效率。另外, 窑内烟气与燃气充分搅拌混合, 使燃气温度与窑内烟气温度接近, 提高窑内温度场的均匀性, 减少高温燃气对被加热体的直接热冲击。

(4) 更换气源 发生炉煤气由于热值低, 纯净度差等缺点, 近年来已被城市煤气、天然气等优质气源所取代。我厂的一些热加工部门已经使用了一段时间的城市煤气, 效果不错, 因此决定改为城市煤气作为井式炉用气源。

3. 改造效果

改造前的4[#]井式炉使用高压无烟喷射式燃烧器, 它是用人工调节空气配比, 靠气流带入冷空气到混合室, 火焰大小靠手动调节, 从上到下垂直面

内14层, 水平面内分布排列共计42个燃烧器, 操作人员在调整炉温时, 要逐个调节烧嘴, 劳动强度极大。改造后只采用了20个亚高速调温烧嘴燃烧器(见图4), 同时为提高热效率, 还安装了空气预热器, 使得温度波动明显减小, 增强了炉温的稳定性。经过改造后的炉子, 进行了炉温均匀性测试和工件氧化性试验, 结果证明, 新炉的温度均匀性大大优于旧炉子, 工件的氧化情况也减轻了约15%, 达到了预期效果。

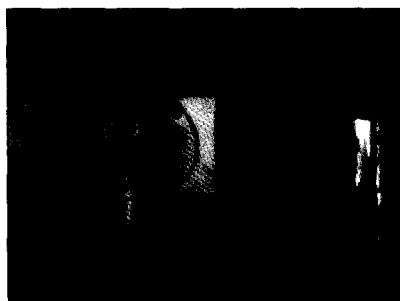


图4 亚高速调温烧嘴燃烧器

4. 指标对比分析

新式热处理炉经过一定时间的生产使用后, 以1.8万kW电机转子(重量约15t)的热处理为例, 做了各项指标的分析 and 统计, 见下表。

1.8万kW电机转子热处理指标对比

高温正火	旧炉消耗发生炉煤气 1648m ³	新炉消耗城市煤气617m ³
调质处理	旧炉消耗发生炉煤气 2616m ³	新炉消耗城市煤气923m ³
处理周期/h	97	90
能源价格/元·m ³	发生炉煤气0.3	城市煤气0.7
能耗(元)	1279.2	1078
质量	硬度均匀性±20HBW	硬度均匀性±10HBW

5. 结语

在传统井式燃气热处理炉的改造过程中, 采用轻型耐火纤维炉衬和新型亚高速烧嘴, 增加空气预热器, 改变燃烧器分布控制方式, 使用新式炉盖及传动装置以及将一维密封改为二维密封是设备改造、能力提升的有效方法。新式炉在节能降耗, 满足工艺要求, 降低劳动强度和提高生产效益等方面取得了满意的效果, 为今后旧炉更新改造、换代升级积累了宝贵经验。MW (20120215)