



巨能特钢步进梁加热炉设计应用

冯峰,丁绍荣,桑立新

(山东寿光巨能特钢有限公司,山东 寿光 262711)

摘要:介绍了巨能特钢大棒线步进梁加热炉的燃烧系统、步进机构、汽化冷却系统等设计情况,全炉设计成熟先进、节能环保、自动高效,实践运行应用效果安全可靠、加热均匀并节能显著。

关键词:加热炉;燃烧系统;步进机构;设计应用

中图分类号: TG307

文献标识码: B

文章编号: 1004-4620(2016)06-0098-03

1 前言

山东寿光巨能特钢大棒线加热炉装坯断面尺寸大、承载重、加热温差应力大,对炉型和加热质量要求高。为适应市场需求和企业产品深加工需要,巨能特钢新建设计大棒线双蓄热步进梁加热炉1座。自2013年11月投运以来,实践运行稳定可靠,加热均匀并节能显著,综合应用效果良好。

2 加热炉设计内容特点

2.1 设计目标依据

新建加热炉通过采用成熟先进的设计,以实现安全环保、节能高效、高度自动化的原则为目标。设计依据主要包括:装坯兼顾矩形、圆形两种断面,矩坯断面 $370\text{ mm} \times 450\text{ mm}$ 、 $460\text{ mm} \times 510\text{ mm}$,圆坯断面 $\Phi 350$ 、 $\Phi 450$ 、 $\Phi 600$ 、 $\Phi 800\text{ mm}$;坯料长度除 $\Phi 800\text{ mm}$ 规格为6 m外,其他均为6~8 m。加热钢种有合金结构钢、优质碳素结构钢、管坯钢、轴承钢等。炉内坯传动采取步进梁式,装出料辊道中心距50 m;冷却方式为汽化冷却循环;燃料为纯高炉煤气,热值 $(650 \sim 680) \times 4.18\text{ kJ/m}^3$,单位热耗 $\leq 1.2\text{ GJ/t}$;加热能力冷装优质碳素结构钢时最大160 t/h;要求出料温度 $1\ 100 \sim 1\ 270\text{ }^\circ\text{C}$,出炉坯料加热均匀性温差 $\leq 20\text{ }^\circ\text{C}$ 。

2.2 炉型设计

炉型设计结构为多段式步进梁加热炉,整体呈箱型结构,沿炉长方向分为预热段、一加热段、二加热段和均热段。各段均能独立自动燃烧负荷调节和温度控制,以满足特殊不同钢种的工艺加热需要。设计有效加热尺寸 $45\ 000\text{ mm} \times 8\ 700\text{ mm}$,加热段上、下炉膛高度分别为 $1\ 850\text{ mm}$ 、 $2\ 200\text{ mm}$ 。炉顶

采用平直吊挂结构,预热段与一加热段之间设置压下段,以适应部分钢种入炉缓慢加热需要。加热段与均热段之间设有汽化冷却方式隔墙,形成物理分区,以满足高碳钢低温加热、轴承钢高温扩散等炉温分区可控工艺条件。

2.3 燃烧系统设计

燃烧系统采用双蓄热高温燃烧技术设计方案,可将高炉煤气和空气预热至 $1\ 000\text{ }^\circ\text{C}$,不仅预热温度高,且能在贫氧状态下充分燃烧,具有节能、炉温均匀和氧化烧损少等显著优点。

1)分散换向控制技术。全炉设计配置共68套双关三通阀和104套蓄热烧嘴。相对集中换向方式,分散换向控制煤气换向损失小、换向周期内燃烧时间长、炉压变化小、炉温均匀,因此更适应于冷热装变化大、钢种多、生产节奏变化快等特钢生产时的加热质量要求。系统设计煤气、空气额定消耗量分别为 $76\ 437\text{ Nm}^3/\text{h}$ 、 $47\ 391\text{ Nm}^3/\text{h}$,烟气额定产量 $118\ 477\text{ Nm}^3/\text{h}$ 。在分散换向控制设计的基础上,加热炉各段空气、煤气和排烟管道均配置了流量自动调整阀,以便对各段炉温负荷分别自动控制。

2)高性能换向阀技术。换向阀是蓄热燃烧技术的关键设备,本炉换向阀采用成熟可靠的双关三通阀,其两个阀瓣均由单独的气缸驱动,消除了换向过程中煤气短路现象,节能又安全,其工作原理见图1。换向阀内有3个腔室,每个腔室有1个出口,阀内有2个阀瓣,分别由2个气缸带动其升降。图1中右阀瓣关,左阀瓣开,气体从左口进入,经下口流出送到烧嘴,烧嘴燃烧。换向时左阀瓣关,右阀瓣开,则切断进气,烧嘴排烟,废气从下口进入,经右口排出。这样,相对两侧的烧嘴各安1个三通阀,就可以实现对侧烧嘴交替互换工作状态。双关三通阀阀芯核心部件均采用不锈钢材质,气缸及电磁阀采用进口部件,确保关键部件的质量品质;换向阀整体加工,确保密封面平整度;密封面上镶有耐高温、耐腐蚀橡胶密封圈,耐温和密封性极佳;配

收稿日期:2016-08-08

作者简介:冯峰,男,1972年生,1996年毕业于山东大学热能动力专业。现为山东寿光巨能特钢有限公司工程师,从事热能工艺技术工作。

置行程开关和测温热电偶,当阀瓣开、关不到位或排烟超温时,信号反馈至控制系统并报警。换向阀动作灵活、运行平稳、密封性好、安全可靠,换向次数大于100万次,整体使用寿命可达8 a以上。

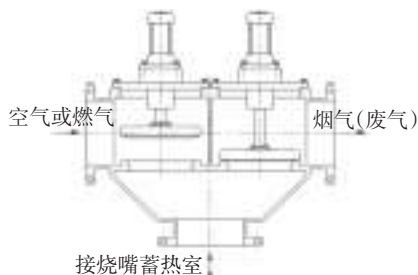


图1 双关三通阀原理

3)高性能双蓄热烧嘴技术。蓄热烧嘴的配置设计决定全炉的加热能力和炉温场布局,其喷射角度及速度对温度场分布起关键作用,必须依炉型优化设计。本项目蓄热烧嘴结构设计优点:①采用多喷口型烧嘴砖,以强化气体混合,故燃烧充分、火焰均匀,燃烧效率高。②各喷口的喷射角度依据烧嘴位置、燃烧负荷分别计算优化设计,以实现火焰长度方向的温度均匀性。③烧嘴砖与炉墙同体一次性浇注成型,保证了烧嘴砖的气密性。④空气、煤气蓄热烧嘴采取左右间隔布置结构,既提高了烧嘴间炉墙强度和使用寿命,又避免了烧嘴炉墙使用后期出现裂缝而造成空气煤气互窜的安全隐患。⑤烧嘴本体用浇注料和高绝热性材料做内衬,内腔放置陶瓷蜂窝体,蓄热长度 ≥ 900 mm,以提高预热温度并降低排烟温度,全炉设计配置蓄热体总量 ≥ 48 m³,以有效保证全炉蓄热性能和加热能力。

2.4 钢坯步进系统设计

炉底机械设计。炉底机械是使坯料沿炉长方向作步进移动的设备。设计步进周期60 s,平移行程260 mm(可调范围 ± 50 mm),升降高度200 mm。步进机构采取全液压滚轮斜台面式,步进梁的正循环、逆循环、踏步等基础功能均能实现自动控制,由线性位移传感器监测每一处移动的到位率,根据设定值在下次步进移动中自动修正或补偿,及时消除累计误差,以做到步进传动平稳,避免错齿划伤坯料情况。由于大棒加热炉坯料自重较大,易出现出炉钢坯硌伤现象,设计中侧重优化了步进梁的轻托轻放功能,当步进梁托起和放下钢坯时,步进机构逐渐变为低速运行,并在达到等高位置时减速至零,且停止稳定0.5 s后再步进运行,以避免大坯料惯性运行造成水管包扎材料振动剥落或钢坯硌伤。

水梁及垫块设计。水梁设计布置固定梁4根,活动梁3根,共7根。水梁均用厚壁锅炉管加工制造,其管径及壁厚选取按炉内最大载荷和极端受力

情况下(如因钢坯弯曲仅部分水梁受力)进行受力计算和强度校核。水梁立柱连接部位采用锻件制作。各段水梁间隔尺寸设计充分考虑各段炉温热态下的膨胀影响,保证各段水梁步进过渡时不出现垫块中心错齿或圆坯出现滚动现象。另外设计还采用了错位梁技术,错位尺寸250 mm,并根据不同的温度段设计配置不同材质、高度的耐热垫块,如加热段和均热段材质分别为Co20H和Co50H,高度分别为70 mm和100 mm,从而降低了水管黑印影响,提高了钢坯加热均匀性。

2.5 汽化冷却系统设计

步进炉水梁冷却回路阻力较大,自然循环方式不能有效克服其系统阻力,故本炉水梁冷却采用强制循环汽化冷却方式设计。该系统每一冷却回路均设计了流量检测及调节装置,运行中若某一回路循环水量低于设定值时,则发出报警,通过调整流量调节装置恢复正常流量。强制循环汽化冷却系统的关键驱动运行装置是热水循环泵,由于系统阻力较大,在正常生产炉温条件下若热水循环泵中断运行1 min以上,炉内水梁将可能受到严重损坏。故系统共设计配置热水循环泵3台,其中电动泵2台,1用1备,另一台为应急柴油机热水循环泵,若因突发停电等各种原因致电动泵不能有效工作时,应急柴油机热水循环泵会在15 s内自动启动运行。步进梁汽化冷却循环系统管路中的关键部件是旋转接头,系统设计配置旋转接头组共12组,每组包括3个旋转接头、3套柔性组件、2根连接管、1套导向装置和弹簧吊架等,其中4组为备用,且每件旋转接头出现故障时,均可做到在线维修而不影响汽化冷却系统正常运行。

2.6 总设计特点及优点

1)低耗节能。采取了双蓄热高温燃烧和分散换向控制技术,并配置了高效蓄热烧嘴及双关换向三通阀装置,使燃料得到合理充分燃烧利用,排烟温度仅120℃,极限回收了烟气余热;对炉顶、炉墙和水管包扎和炉门密封等所有耐材内衬部位均采用了复合结构设计;采用了炉压自动控制和炉门升降自动控制等技术。通过综合节能设计,最大限度地减少了冷却件吸热和各种炉体散热损失,有效节约了燃料。

2)安全防护。各系统突出了安全可靠运行设计和故障应急防范设计。如燃烧系统的煤气管路设有快速切断阀和相应联锁切断控制,当遇煤气、空气压力低和停电等各类不安全因素时,煤气快切阀自动切断保护。全炉设有CO检测报警装置16套,全方位对煤气泄露情况实时监测报警;汽化冷

却系统设有水位、压力、流量和温度等各种仪表检测和安全连锁控制,其中铺设软水箱 $\geq 35 \text{ m}^3$,柴油机铺设油箱 $\geq 500 \text{ L}$,系统设计可满足突发停电后12 h的软水用量和10 h柴油用量,当突发停电或电动循环泵故障时柴油机循环泵自动启动运行。钢坯步进运行系统则通过物料跟踪检测,突出了坯料入炉、出炉、步进时各种设备之间的互动安全连锁防护设计,保证生产自动控制操作的可靠安全运行。

3)加热质量。炉型设计分四段控制加热,并在每段之间设置了物理隔墙,燃烧控制中采取了分向换向和数字化脉冲控制方式技术,从而可精准地控制各段炉温和钢坯加热速度,并有利于各段氧化、还原性气氛的调整,减少钢坯氧化、脱碳加热缺陷。设计采取了水梁错位技术和耐热垫块分区异形设计方案,有效降低了水管黑印温差,提高了加热均匀性^[1]。在实际出钢生产中,用肉眼基本看不出温度不均和钢坯黑印,实测钢坯纵向温差 $\leq 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

3 应用效果

为兼顾加热方坯,原设计耐热垫块上表面弧面较小,加热大断面圆坯时因着力面较窄造成单位面积自重受力较大,故出炉圆坯有时存在硌伤情况,

(上接第97页)现旁瓣或边带。一般来说,当在啮合频率处有峰值时,齿轮油存在问题;当出现啮合频率的高次谐波时,劣化程度加剧;当出现边带且边带峰值达到一定值时,齿轮到了失效的边缘。诊断时表现为在啮合频率处有较高的径向振动,并带有调制边带;具有较大的轴向振动,对螺旋齿轮、斜齿轮或人字齿轮轴向振动的频率和径向相同。

4 结 语

利用设备状态监测,能够比较有效地进行设备

最大硌伤深度6 mm,导致轧材成品局部折叠缺陷,影响外观质量。2016年11月实施的改造方案没再兼顾方坯装炉,只加热圆坯,并优化了垫块弧面,垫块宽度由60 mm改为100 mm,增大了接触着力面积,有效地改善了出炉钢坯硌伤现象。

通过对大棒加热炉全面精心设计和实践应用,达到了节能、高效、安全环保原则目的,完全满足了特钢大棒线加热炉装坯负载量大、加热质量好和自动化水平高等要求。新建投运3 a来,未出现过热停事故,整体运行安全可靠。通过对烟囱排放物的多次专业环保检测,其颗粒物、氮氧化物等数据结果完全达到国家和省级(DB 37/990—2013)最新排放标准。另外,实践运行数据表明,正常产能节奏下,烟气排烟平均温度仅 $120 \text{ }^\circ\text{C}$,现场CO平均浓度低于 15×10^{-6} ,高炉煤气消耗为 408 t/m^3 ,按实际热值折单耗为 1.12 GJ/t ,按钢坯出炉温度热焓值折算炉子热效率达75%^[2],实测出炉钢坯温差 $\leq 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

参考文献:

- [1] 王秉铨.工业炉设计手册[M].2版.北京:机械工业出版社,2006.
- [2] 蔡乔方.加热炉[M].北京:冶金工业出版社,1996.

缺油、松动、不平衡、不对中等故障的预警和判断,避免故障的进一步扩大,避免严重生产事故的发生;对故障原因或故障部位有针对性地开展检修工作,能缩短维修时间,降低维修费用。

自2014年投入运行至今,通过预知维修,将停机次数与停机时间控制在用前的2/3以内,降低了累计停产造成的经济损失,减少了备件消耗和备件库存,显著降低备件购置费,缩短了维修时间,每年可降低生产成本5 000万元。

信息园地

中锰钢温成形技术探讨

轻量化是汽车节能减排的重要途径,为了实现汽车轻量化同时提高被动安全性,越来越多的安全件,如车门内防撞梁杆、前后保险杠、车顶横梁、纵梁和侧边梁、A、B、C柱的加强件、车身结构的腰部导轨等使用了抗拉强度水平可以超过1 500 MPa的高强钢。在相同的结构强度下,使用热成形钢可以大大减轻零件重量,同时碰撞过程中变形小,可以保护乘客安全。另外,与冷成形相比,热成形的成形载荷小、成形精度高,可以避免高强度钢冷成形存在的回弹问题。

钢铁研究总院的学者使用Gleeble-3800热模拟试验机研究了中锰钢(温成形钢)和22MnB5钢(热成形钢)的微观组织、力学性能和高温拉伸性能。结果表明:与22MnB5钢相比,在获得1 500 MPa级的抗拉强度时,中锰钢的加热温度可从 $950 \text{ }^\circ\text{C}$ 降低到 $800 \text{ }^\circ\text{C}$,钢的组织明显细化并且没有发生表面脱碳,断后伸长率从7.5%提高到10%。高温拉伸试验结果表明:中锰钢比22MnB5钢具有更高的延伸率和硬化指数,可以减小成形过程中局部减薄过高导致的样件破裂。(摘自《中国冶金报》)