

## 强对流循环全氢罩式退火炉的国产化实践

方 珺, 杨 进, 郑剑辉, 冀 勇

(中冶南方(武汉)威仕工业炉有限公司, 湖北 武汉 430223)

**摘 要:**阐述了冷轧带钢用强对流全氢罩式退火炉机组的国产化过程,介绍了该机组的系统组成和技术特点,以及核心设备如炉台循环风机的研发成果。实践证明,机组的产品质量满足用户对性能的要求,机组装备水平达到国际先进水平。

**关键词:**全氢罩式退火炉;强对流;炉台循环风机;国产化

**中图分类号:**TG155.1+4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-6988(2010)03-0010-04

## Localizing Practice of Strong Convection Bell Type Annealing Furnace with Pure Hydrogen Atmosphere

FANG Jun, YANG Jin, ZHENG Jian-hui, JI Yong

(WISDRI(Wuhan)WIS Industrial Furnace Co., Ltd, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** The localizing practice of strong convection bell type annealing furnace with pure hydrogen atmosphere used for cold rolled steel strip is expatiated. The system structure, technical characteristic and research of key equipments such as furnace platform circulating fan are introduced. The practice results show that the product quality of the unit can meet the user's needs, and the equipment level reaches the international advanced level.

**Key words:** bell type annealing furnace with pure hydrogen; strong convection; furnace platform circulating fan; localizing practice

20 世纪 80 年代初我国引进第一台强对流全氢罩式退火炉以来,武钢、宝钢、鞍钢、本钢、马钢等大型钢铁联合企业已经从国外重复引进超过 600 台同类设备。公司在 1990 年前后实现了氮氢气氛罩式炉的国产化,并一直致力于强对流全氢罩式退火炉的国产化开发工作。

2005 年底,在国内某钢铁企业的鼎力支持下,公司得以有机会第一次以工程总承包方式,完全独立的按照欧洲安全及质量标准建设多台套强对流全氢罩式退火炉,并于 2006 年 10 月成功投产。

### 1 国产化目标

#### 1.1 技术目标

(1)技术路线、技术方案先进合理、稳定可靠;安

全、质量指标达到国际同等标准。

(2)核心设备国产化攻关技术指标达到国际先进水平,并具备稳定大批量重复生产的条件。

(3)实现生产过程自动化、信息化、智能化的目标,达到国际先进水平。

(4)机组生产的产品质量达到国外先进机组同等水平。

(5)机组生产的作业率、消耗指标、环保指标达到国外先进机组同等水平。

#### 1.2 机组主要技术参数

生产代表钢种:CQ、DQ、DDQ、HSLA

热处理种类:再结晶光亮退火

机组生产能力/ $\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$ :15.86

年作业时间/h:8 000

带钢厚度/mm:0.3~2.5

钢卷内径/mm: $\Phi$  610

带钢宽度/mm:850~1 600

收稿日期:2010-01-04

作者简介:方 珺(1969—),女,高级工程师,主要从事加热炉、热处理炉的设计、咨询、总承包业务等工作。

最大卷重/t:29.6

最大堆垛高度(含对流板)/mm:5 600

最大堆垛净重(设计值)/t:约 104

## 2 技术方案

### 2.1 主要技术方案

- (1) 开发研制大流量强对流高温循环变频风机;
- (2) 采用 100% 氢气作为退火介质;
- (3) 采用高焦混合煤气作加热介质;
- (4) 燃烧控制采用连续调节+通断控制;
- (5) 每个炉台和加热罩之间的主题气管路设密封测试功能;
- (6) 设带罩冷却功能;
- (7) 基础自动化系统人机界面由两台互为备用的工控机实现;
- (8) 二级完成与钢卷数据相关的功能, 包括钢卷数据管理、堆垛系统、退火规程、罩内净空间及安全吹扫体积的计算、生产记录和产量数据等;
- (9) 严格的安全控制标准。

### 2.2 非标设备

退火炉台见图 1。

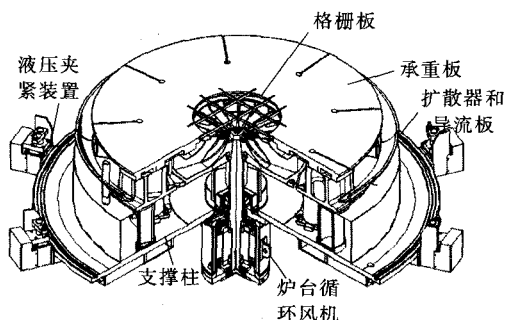


图1 退火炉台剖面结构图

加热罩: 包括炉壳、导向臂、隔热材料、燃烧系统、煤气自动接头和电源及控制信号手动接头等。

冷却罩: 包括钢结构、冷却用离心风机、水喷淋系统及电源的手动接头等。

内罩: 主要包括筒状钢壳、法兰盘、吊装环、导向臂、冷却水手动接头等。

对流板: 对流板由一块环形钢板与两面的叶片焊接而成, 边部便于三臂夹具吊装, 其作用是改善端部的对流传热, 同时还要减少对端部的损伤。

阀站: 由固定在钢结构框架上的保护气及液压系统的供排控制阀门及元件、配管及各种附件等组成。

公辅系统: 包括到炉台的所有介质管道及阀门, 压力监测仪表等。

### 2.3 自动控制系统的方案设计

#### (1) 控制系统框架

每个炉台采用 1 套 PLC 系统。循环风机变频器通过 DP 网实现与 PLC 系统的实时通讯, 现场信号经 ET200 通过 DP 网与 PLC 进行数据交换。

基础自动化系统人机界面由两台互为备用的工控机实现。与二级计算机系统的通讯采用以太网接口。二级计算机接受三级机生产指令, 并与三级机交换生产记录和产量数据, 同时完成与钢卷数据相关的功能, 并将计算结果下达给基础自动化系统。

在软件开发上, 对各操作环节分别设置相应的标志位, 全流程按步序自动进行相应的操作。

对于罩式炉燃烧系统控制方案, 采用连续+通断控制的模式, 实现高精度的温度控制与较低的维护成本的结合。

#### (2) 过程控制主要内容

加热罩自动点火和火焰监控系统;

强对流全氢罩式退火炉炉温控制系统;

炉台冷却水监控系统;

炉台安全控制系统;

炉台保护气体排出管氧气浓度测量和监控系统, 设过程连锁。

### 2.4 关键设备的国产化

#### (1) 炉台循环风机

罩式炉内保护气体(100%H<sub>2</sub>或氢氮混合气)最高温度 750℃, 整个退火周期需采用耐高温风机使保护气体高速循环, 以加强传热效果, 提高产品质量和产量。

该耐高温风机为罩式炉系统核心设备, 必须满足气密性、耐高温、长期稳定运行等要求。见图 2。

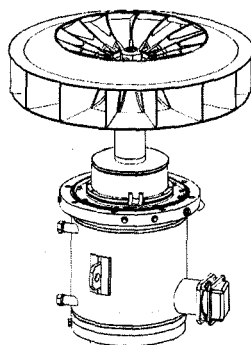


图2 炉台循环风机结构图

叶轮采用铸焊结合的方式,减轻重量,减少焊缝数量。制造过程中,严密跟踪检测每道工序的质量。

电机主要特点有:

- ①采用长轴结构,轴径设计考虑足够安全系数;
- ②采用防水、防尘设计;
- ③采用气水双重冷却结构;
- ④结构设计适用于周期温度变化的工况;
- ⑤工作参数的实时检测;

⑥电机采用变频控制,既满足电机在不同工况下不同的功率需求,又达到节能目的。

关键设备成功实现了批量稳定高速运行,并取得了该技术的实用新型专利证书。

## (2) 液压压紧系统

液压压紧系统用于内罩扣上炉台后,将内罩压紧在炉台上,保证炉台与内罩间的密封性,是罩式炉系统重要的安全设备。其中,旋转油缸作为液压压紧系统中的关键设备,取得了该技术的实用新型专利证书。

## 2.5 工艺机械与电气仪表的选型采购及安装调试

核心设备(炉台循环风机、液压系统)实现国产化并取得相关专利。

绝大部分设备实现国产化,少量国内无法生产的关键设备也与外商建立了长期的供货渠道。

在调试时认真按照事先编制的调试流程进行,认真进行记录。对调试过程中暴露的问题仔细地分析,及时反馈和处理,最终顺利实现点火投产。

## 2.6 基础自动化系统的实现

(1) 采用连续+通断的燃烧控制方式,在正常燃烧加热的过程中,采用传统的交叉限幅方式;当加热强度下降,介质流量降低后,利用烧嘴控制器的通断功能,通过离散化,减少工作烧嘴的数量,保证烧嘴的正常燃烧。

(2) 设置氧含量分析仪,可连续检测退火气氛的氧含量。此数据为执行安全吹扫规程的重要条件。

(3) 采用进口的腰轮流量计,实现保护气体流量的连续检测;结合流量自动调节阀,严格按照退火气氛规程的设定值,控制各退火阶段的保护气体用量。实现了氢气气氛的高效利用,避免了介质的浪费。

(4) 设置了炉台电机转速测量功能,作为转速反馈实时输入 PLC。

(5) 设置了加热罩等主要设备的自动识别功能,以满足设备管理的需要。

## 2.7 二级机系统

### (1) 系统连接图(见图 3)

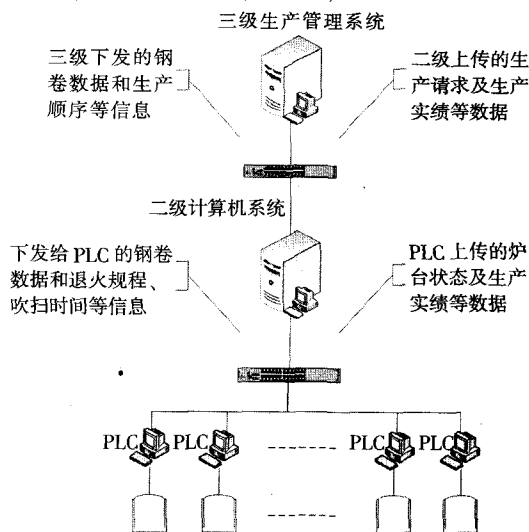


图 3 系统连接图

### (2) 主要功能包括:

- ①单个炉台状态监视;
- ②全炉台状态浏览;
- ③炉台/堆垛曲线查看;
- ④钢卷信息管理;
- ⑤日志查看。

### (3) 主要难点的解决方案:

①采用分布式通讯方式,避免通讯程序长时间等待并可能崩溃的情况;同时在 I2 操作界面上提供管理 PLC 有效性的界面。

②当前数据与历史数据分离,将当前数据表的数据量限制在一定的范围,保证了查询数据的速度。

③曲线时间点生产数据显示。在炉台/堆垛曲线查看画面上的曲线图区任意一点点击鼠标即可在旁边的状态栏上列出该时刻的主要生产状态数据,并能用键盘移向前一点或后一点查看数据。

## 2.8 数学模型

### (1) 自动堆垛

根据操作工输入的需要堆垛的数量,系统会按照规则自动在可用钢卷中寻找高度尽可能接近限高,钢种接近或相同的钢卷进行堆垛。

### (2) 自动退火曲线计算

生产中需要根据不同钢种质量要求控制钢卷温度及其内外温差,需要知道经过多长时间的加热或冷却钢卷温度特性满足特定的技术要求。因钢卷的内部温度是无法进行在线检测的,需要在二级机上

表1 产品抽样性能指标表

| 样号  | 力学性能 |      |      | 工艺性能 |        | 表面质量精度 |
|---|------|------|------|------|--------|--------|
|   | 屈服强度 | 抗拉强度 | 伸长率  | 冷弯   | 冷弯弯心倍数 |        |
| 钢号:SPCC 厚度:0.6 mm 技术标准:JIS G3141 带宽:1 250 mm 等级:合格品 |      |      |      |      |        |        |
| 1   | 195  | 340  | 39.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 2   | 190  | 320  | 40.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 3   | 205  | 335  | 42.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 钢号:SPCC 厚度:0.7 mm 技术标准:JIS G3141 带宽:1 250 mm 等级:合格品 |      |      |      |      |        |        |
| 1   | 195  | 340  | 41   | 完好   | 0      | 较高级    |
| 2   | 175  | 330  | 41.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 钢号:SPCC 厚度:1.1 mm 技术标准:JIS G3141 带宽:1 250 mm 等级:合格品 |      |      |      |      |        |        |
| 1   | 205  | 335  | 44   | 完好   | 0      | 较高级    |
| 2   | 205  | 330  | 38.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 3   | 190  | 320  | 46   | 完好   | 0      | 较高级    |
| 钢号:SPCD 厚度:0.5 mm 技术标准:JIS G3141 带宽:1 250 mm 等级:合格品 |      |      |      |      |        |        |
| 1   | 205  | 335  | 46.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 2   | 190  | 330  | 44.5 | 完好   | 0      | 较高级    |
| 3   | 210  | 350  | 39   | 完好   | 0      | 较高级    |

增加数学模型,通过数学模型计算跟踪钢卷温度,从而给出特定工艺所需要的退火时间设定值。

目前工程上普遍应用的是电子表格形式的经验模型,这种模型结构简单,计算速度快,但计算精度低,产品适应面窄,不能满足工艺开发的需要。

为满足更高用户需求,开发了基于物理建模的偏微分形式的数学模型,用于退火时间的计算,给一级机提供设定值。该模型不但能根据给定的钢卷数量及钢种、厚度、宽度等信息计算出退火曲线的各个温度点和每个阶段的时间,还能模拟出生产曲线。

### 3 国产化实践创新点

完成了关键设备国产化,其中开发的大流量高温炉台循环风机,采用变频控制,最高转速可达到2 300 r/min,运行平稳,可明显缩短退火周期,提高炉台小时产量。

机组采用100%氢气作为退火介质,并采用大流量强循环运行方式,相比氮氢混合气介质,可明显缩短退火周期,提高产品质量。

基础自动化系统采用先进设备、先进体系架构和先进的编程理念,并遵照欧洲安全标准进行设计。

开发了立足于物理建模偏微分方式的数学模型,用于退火时间设定值计算,在保证产品质量的前提下节约能源消耗,提高产量,并取得在线运行实绩。

本国产化研发项目,获得了大规模长时间稳定运行的实绩,机组生产产品质量达到国外引进机组同等质量水平,整体装备水平达到世界先进水平,研发成果具备大批量市场推广的条件。

### 4 实际效果

机组退火性能完全达到用户要求,并得到用户的高度评价。表1为产品抽样性能指标表(表中化学成分略),所列数据均由用户单位检验部门提供。

2007年11月,项目顺利通过了中冶集团组织的科技成果鉴定。

### 5 结语

根据现场考核实际测定,机组的各项参数已经达到设计要求指标,产品质量达到或优于用户的性能要求,机组装备达到国际先进水平,工艺稳定,实现自动化、信息化和智能化的目标。