

氮基气氛辊底式热处理炉的技术经济分析

于志坤 王建宽

(264000 山东烟台钢管总厂)

摘 要 指出了用原有的室式台车炉对高压锅炉管进行热处理时存在的主要问题,提出了为满足增加高压锅炉管生产量的需要,应新建1台连续式氮基气氛辊底式热处理炉,并为此从技术经济方面作了详细分析。

关键词 氮基气氛辊底式热处理炉 技术经济 可行性

ECONO-TECHNICAL ANALYSIS OF ROLLER-HEARTH HEAT TREATMENT FURNACE WITH NITROGEN-BASED ATMOSPHERE

Yu Zhikun Wang Jiankuan

(Yantai Steel Tube General Plant, Shandong)

Abstract Base on analysis of main problems concerning heat treatment of hi-pressure boiler pipes with the original chamber type carriage hearth furnace, the co-authors make a proposal that a new roller-hearth heat treatment furnace with nitrogen-based atmosphere be added to match the increased production of the hi-pressure boiler pipes. For this purpose, detailed econo-technical analysis concerning the said furnace is made.

Key words Roller-hearth heat treatment furnace with nitrogen-based atmosphere Econo-technical Feasibility

1 前言

山东烟台钢管总厂是生产无缝钢管的专业厂,主要有冷拔、热轧两条生产线。近年来,冷拔产品一直占优势,但仍存在着品种单一,装备落后,配套设施不全等缺点。1994年我厂生产冷拔无缝钢管26 536t,其中一般结构管17 984. 87t占年总产量的67. 78%,高压锅炉管2 497t只占9. 72%,而生产1t高压锅炉管所得纯利润等于生产一般结构管的2. 14倍,因此调整产品结构,增加高压锅炉管产量是我厂适应市场经济和提高经济效益的生产经

营策略。

高压锅炉管的常用材质主要是20G、低合金钢(12CrMo, 15CrMo, 12Cr1MoV)等,在生产过程中,最终热处理是关键工序之一,20G钢管需正火处理,低合金钢管需正火、回火处理。我厂冷拔分厂有2台无水冷辊底式热处理炉,用于钢管正火;1座室式台车炉用于钢管回火。使用上述设备对钢管进行热处理时存在以下主要问题:

(1)钢管氧化严重,表面质量差。低合金管回火时间一般长达2~3h,由于室式炉密封性差,炉内气氛难以控制,故钢管表面氧化严重(氧化率一般在1.5%左右,高的达

2%)，影响其使用性能。

(2)性能不稳定且稳定性差。因炉子为室式台车炉结构，燃烧不完全，油耗大，且炉内温度分布不均匀，导致钢管横、纵向温差大，钢管各部位组织转变不同，热处理后的产品性能不均匀，稳定性差，成材率比一般管低7%~10%。

为满足生产高压锅炉管的热处理工艺要求，我厂拟建1台氮基气氛辊底式热处理炉，设计立足国内，材料国产化，部分辅助设备进口，设备制造成本为1 050万元（是国外的设备的2/5）。本文将从技术、经济方面对此作一分析。

2 技术可行性分析

2.1 热处理炉设计基本参数

外型尺寸 70.5m×6.0m×3.0m

生产能力 正火4t/h，回火5t/h

钢种 12CrMo，15CrMo，20G，

12Cr1MoV

钢管尺寸 $\Phi 20 \sim 89 \text{mm} \times 4 \sim 14 \text{mm} \times 5\,000 \sim 12\,500 \text{mm}$

炉温 680~1 020℃

热源 电(总功率为1 404kW)

保护气氛 氮气+甲醇裂解气，250 m³/h，压力为0.1MPa

循环水量 100m³/h(压力为2.5MPa)

2.2 热处理炉及工艺曲线

2.2.1 热处理炉及主要特点

热处理炉示于图1，主要由炉体、上下料装置、保护气系统、水冷系统及电控系统等组成。该热处理炉的主要特点是：①采用保护气氛（氮气+甲醇裂解气），钢管在热处理过程中氧化少或无氧化；②钢管正火、回火使用同一台炉子；③炉辊传动采用直流调速，控制准确，调速方便；④加热温度高；⑤设置有高温风扇；⑥采用PID控制，控制精度高；⑦可实现正火快速冷却。

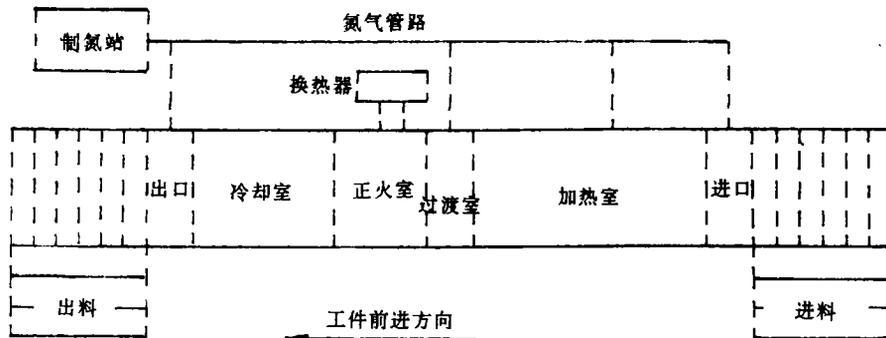


图1 热处理炉示意

2.2.2 工艺曲线

典型工艺曲线如图2所示。

2.3 技术分析

该热处理炉在技术上存在以下设计难点：

(1)保证钢管少氧化或无氧化。为保证钢管在热处理过程中少氧化或无氧化，在热处

理炉内通入高纯（纯度达99.995%）氮气，在该炉两端采用气封的方法密封整个炉体，但由于钢管入炉会带入一部分氧气，因此钢管仍会产生氧化现象。为此该炉设计将甲醇裂解成的氢气、一氧化碳和氮气一起通入加热室内，氧气和氮气在任何温度下都会迅速反应生成水蒸气，从而抑制了铁的氧化。

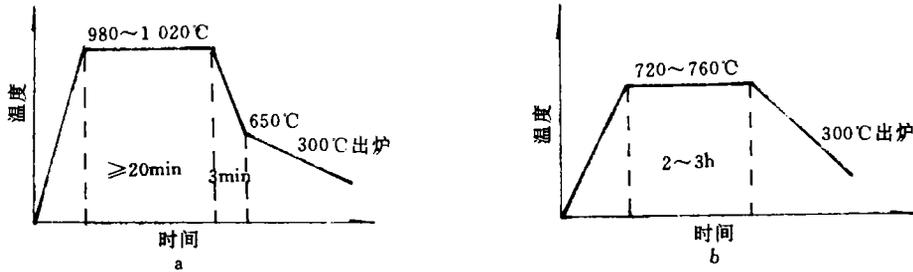


图2 典型工艺曲线
a—正火 b—回火

(2)制氮装置。国内较先进的制氮方法是分子筛吸附法，虽然它优于过去的深冷法制氮，但也存在设备庞大、运行可靠性差、效率低等缺点。据查，美国采用的是中空纤维膜制氮技术，其原理是：压缩空气通过一装有细如发丝的中空纤维膜圆管时，压缩空气中的氧气、二氧化碳流速较快，氮气流速较慢，氧气、二氧化碳很快由膜壁渗透出去，从而得到氮气。为此决定选用美国 Generon systems 公司提供的隔膜氮气发生装置，这种隔膜制氮机能做到氧气和氮气一次性分离，氮气收得率高，纯度达99.995%，露点-60℃，操作简单，自动化程度高，电耗少，寿命长（约8年），达到稳定出气所需时间仅2~3min（深冷法需12h，吸附法需30min）。此种制氮机在国内已有多家使用。

(3)快速降温。正火工艺曲线要求钢管在3min内由高温快速降到650℃，为此在炉外设置气、水换热器及风量可调的高温循环风机，同时采用水量可调的水冷炉壁，由此加大了换热面积和换热强度，能够达到快速降温的工艺要求。

(4)电加热器。采用辐射管加热（外壳材质为4Cr25Ni35Si2钢）。这种发卡式辐射管的性能比螺旋式的好，控制方便，维修简单，制造成本低，使用寿命在1年以上。

(5)耐热钢炉辊。我厂原退火炉所用的耐热炉辊材质为3Cr24Ni7SiN钢，耐热温度可达1100℃，使用寿命长（使用了10年，高温区的辊子仅换过1次）。新上热处理炉所用炉辊采用加稀土元素的耐热钢3Cr24Ni7SiNRE，性能优于原炉辊，保险系数（极限温度与使用温度之比）为1.15。

(6)该炉加热室热源——电辐射管上下均匀排列，炉顶设置4台高温循环风扇，以加强炉内换热条件，均匀炉内气氛，炉内温差设计为±10℃。钢管在炉内升温快、受热均匀，热处理后的性能均匀、稳定。

3 经济效益分析

3.1 热源选择

重油虽然成本低，但由于不可能在辐射管内燃烧，故不予考虑。电和煤气按投资计算，前者需126万元，后者需937.35万元，由此可见，电热源优于煤气；从日常的燃料消耗（表1）及在使用、操作、控制维修等方面看，电也优于煤气。

3.2 能耗计算

已知：设计炉子年处理20G钢管5000t、低合金钢管1万t；生产成品平均需3.5炉次；热效率60%；原吨管耗油110kg；炉子附属设备电耗46.33kW·h/t。

表1 正常生产燃料消耗对比

项 目	热效率 %	单 耗		单 价		消 耗 /元·t ⁻¹
		/kW·h·t ⁻¹	/m ³ ·t ⁻¹	/元·kW·h ⁻¹	/元·m ⁻³	
电	60	306	—	0.34	—	104.28
煤	24	—	208.3	—	0.89	185.39

按用电量 = 耗热量/热效率 × 转换系数 (3 599) + 附属设备电耗, 计算出该炉子年正火(按900℃保温计)处理5 000t 20G 钢管的耗电量为169.7万 kW·h; 正火(按1 000℃保温计) + 回火(按750℃保温计)处理1万 t 低合金钢管的耗电量为1 015万 kW·h。

3.3 投资费用回收计算

该炉建成后总厂利润不变。预计投资1 050万元, 贷款利息11%, 设备年折旧费100.5万元。

钢管纯利润: 20G 管802元/t, 低合金管1 020元/t; 节油费: (单耗油量/道次数) × 单价 = 28.6 (元/t); 耗电费: 耗电量 × 单价, 20G 管115.4元/t, 低合金管220元/t; 钢管单价: 20G 管7 909元/t, 低合金管9 980元/t; 因钢管烧损率减少而降低的成本: 20G 管7 909 × 0.8% = 63.3 (元/t), 低合金管9 980 × 1.2% = 79.8 (元/t)。

则安装新炉子后, 生产1t 高压锅炉管或低合金钢管, 纯利润 E 减少。

$E = \text{原纯利} - (\text{电费} + \text{油耗}) + \text{氧化率减少的可降成本}$

$$E_{20G} = 778.5 \text{元/t}$$

$$E_{\text{低合金}} = 908.4 \text{元/t}$$

设原产量不变, 安装新炉子后高压锅炉

管及低合金管产量增加(一般管产量相应减少), 增加的利润 = 钢管增加量 × (E——一般管利润), 即20G 管新增利润为(5 000 - 249) × (778.5 - 375) = 102 (万元), 低合金管新增利润为(10 000 - 84) × (908.4 - 375) = 528.9 (万元), 总的新增利润为630.9 万元。

按建设期为1年, 投资回收期为 x 年, 则 (总新增利润 - 设备年折旧费) ($x - 1$) = 总投资 × (1 + 0.11) ^{x}

代入上述各数据, 得 $x = 4$ 年。

由此可知, 将建设期 (1年) 包括在内, 5年可收回贷款。

4 结语

我厂新建的1台少氧化(或无氧化)连续热处理炉生产高压锅炉管, 其投资回收期短, 设备和材料可以立足于国内, 投资少, 上马快, 产品质量和经济效益均有望进一步提高。

该热处理炉采用国内外先进技术, 热处理后的钢管性能稳定, 成材率将大幅度提高, 产品在市场上也将更具竞争力。

(收稿日期: 1996-06-10)