

# 高温可控气氛多用炉及生产实践

于铁生<sup>1</sup>, 翟秋明<sup>1</sup>, 曹明宇<sup>2</sup>, 桑 蓓<sup>1</sup>

(1. 天津创一炉业有限公司, 天津 301701; 2. 河北省三河新鑫热处理有限公司, 河北 三河 065200)

## High temperature controlled atmosphere multi-purpose furnace and production practice

YU Tie-sheng<sup>1</sup>, ZHAI Qiu-ming<sup>1</sup>, CAO Ming-yu<sup>2</sup>, SANG Pei<sup>1</sup>

(1. Tianjin Chuangyi Furnace Co., Ltd, Tianjin 301701, China;

2. Sanhe Xinxin Heat Treatment Co., Ltd, Sanhe Hebei 065200, China)

中图分类号: TG155.1+5, TG156.8+1 文献标识码: B 文章编号: 0254-6051(2007)12-0112-03

深层高温快速渗碳是当前热处理技术发展主流, 在 1010 ℃ 以上高温渗碳比在 850 ~ 930 ℃ 常规渗碳工艺时间缩短 30% ~ 50% 以上, 可显著降低成本和能源消耗。高温渗碳可选择的设备有真空渗碳炉、盐浴炉。但真空渗碳炉价格昂贵, 通常是可控气氛多用炉的 2 ~ 3 倍, 当前尚难普及。另外, 真空炉因受自身结构和装炉量限制, 目前还难于大批量在生产中推广。盐浴炉由于耗能高工作环境差, 污染严重, 大部分已淘汰。常规的可控气氛多用炉因受自身结构、炉内气氛和电热元件、筑炉材料、耐热元件及工装、监控装备性能的限制, 工作温度通常为 800 ~ 930 ℃, 最高加热温度 950 ℃。此前, 国内外尚无加热温度超过 1000 ℃ 的可控气氛多用炉。本公司近几年研发的密封多用炉可用于 1000 ℃ 以上的高温渗碳。本文简要介绍该炉及生产线投产 1 年来在可控气氛多用炉上实现结构钢高温深层渗碳、高合金工模具钢高浓度渗碳和轴承钢高温碳化物细化处理的生产实践。

### 1 高温可控气氛多用炉

QS6110-H 型高温可控气氛多用炉最高使用温度: 1200 ℃ (常用工作温度 800 ~ 1150 ℃), 炉温均匀性: ±5 ℃, 碳控精度: ±0.05% C, 渗层偏差: ±10% 渗层深度, 装炉量: 600 kg。图 1 为炉体结构示意图, 图 2 为控制系统示意图。与常规可控气氛多用炉相比, 该设备的主要技术特点有:

(1) 采用最高使用温度 1400 ℃ 的硅钼棒加热器, 配备硅钼棒的自动除碳黑装置 (实用新型名称: 渗碳炉电加热器除碳装置 专利人: 于铁生 专利号: ZL 2006 2 0025556.7 发布日期: 2007 年 4 月 18 日), 解决了硅

钼棒的烧损问题。

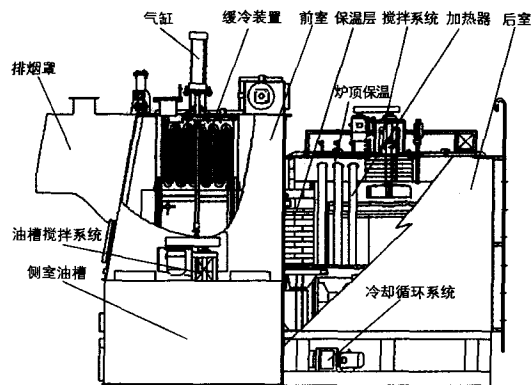


图 1 高温可控气氛多用炉结构示意图

Fig. 1 Structure scheme of the high temperature controlled atmosphere multi-purpose furnace

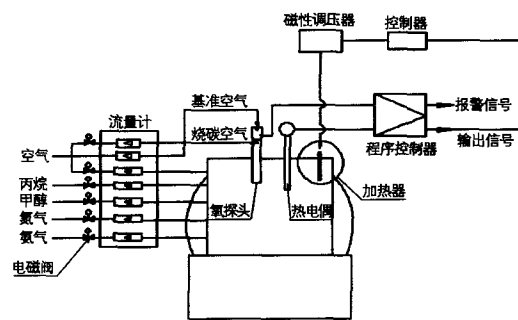


图 2 高温可控气氛多用炉气氛及温度控制系统示意图

Fig. 2 Atmosphere and temperature controlled system scheme of high temperature controlled multi-purpose furnace

(2) 采用 Cr25Ni35 + 稀土的炉内耐热钢件和夹具料盘, 提高了耐热钢材料等级。在常用温度 850 ~ 1150 ℃ 的使用条件下, 使用寿命达到一年。

(3) 前室冷却装置 (实用新型名称: 渗碳气氛炉前室缓冷装置 专利人: 翟秋明 专利号: ZL 2006 2 0025555.2 发布日期: 2007 年 2 月 28 日) 工件在高温状态下可实现保护气氛缓冷。

(4) 炉衬材料 选用使用温度 1400 ℃ 的高温高铝多晶结构全陶瓷纤维叠块结构, 抗急冷急热效果好, 无功吸热蓄热少。

作者简介: 于铁生 (1956—), 男, 山西太原人, 高级工程师, 总经理, 长期从事可控气氛热处理设备制造和渗碳工艺的研究, 发表文章 3 篇。联系电话: 022-82284308 E-mail: tjcyi@ yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-08-24

(5) 使用原装进口高温碳势传感器,双通道碳控仪,解决了1000~1100℃炉内碳势精确控制问题。

(6) 采用炉内碳化硅马弗导流结构,大大提高了使用中的炉温均匀性。

(7) 采用多用炉风冷、油冷结构(实用新型名称:加热炉搅拌器的冷却装置 专利人:翟秋明 专利号:ZL 2006 2 0025554.8 发布日期:2007年4月11日),整个设备无需水冷却。

## 2 高温可控气氛渗碳工艺

### 2.1 结构钢的高温快速渗碳或深层渗碳

(1) 20CrNi2Mo 钢齿轮轴的传统渗碳 渗层深度要求为2.5 mm,最高使用温度950℃的常规可控气氛多用炉的传统渗碳工艺如图3所示,总工艺时间为26 h。高温渗碳工艺如图4所示,总工艺时间为15 h。提高设备生产能力30%以上,节能30%~50%以上。

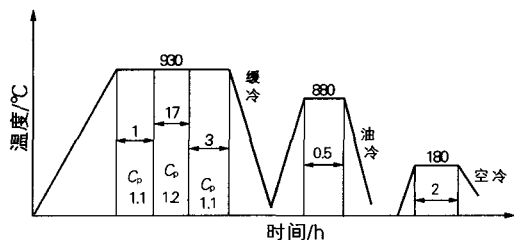


图3 20CrNi2Mo 钢齿轮轴的传统渗碳工艺

Fig. 3 Traditional carburizing process of 20CrNi2Mo steel gear shaft

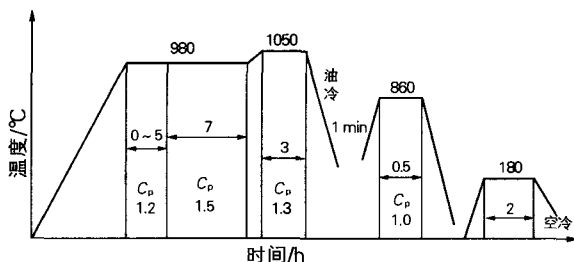


图4 20CrNi2Mo 钢齿轮轴的高温渗碳工艺

Fig. 4 High temperature carburizing process of 20CrNi2Mo steel gear shaft

(2) 20CrMnTi 钢齿轮轴的传统渗碳 渗层深度要求为4 mm,使用井式渗碳炉的传统渗碳工艺如图5所示,总工艺时间为72 h。高温渗碳工艺如图6所示,总工艺时间为16 h。提高设备生产能力2倍以上,节

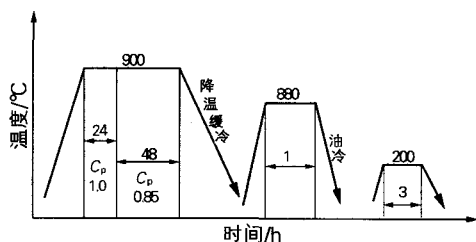


图5 20CrMnTi 钢的传统渗碳工艺

Fig. 5 Traditional carburizing process of 20CrMnTi steel

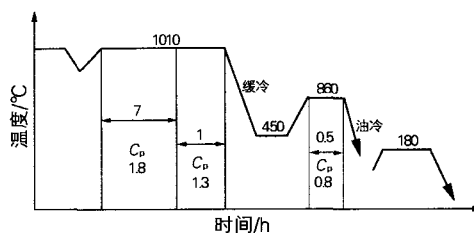


图6 20CrMnTi 钢的高温渗碳工艺

Fig. 6 High temperature carburizing process of 20CrMnTi steel can be 60% or more.

### 2.2 模具钢的高温渗碳

(1) 3Cr2W8V 热作模具钢的高浓度渗碳 3Cr2W8V 钢的合金元素含量正好为高速钢的一半,因此也被称为半高速钢。该钢含钨量较高,热强性能好,但热疲劳性能稍差,表现在使用过程中出现粘模现象。通过高浓度渗碳后,热疲劳性能得到一定的改善,即热疲劳裂纹出现的时间被推迟了,使用寿命比未经过高浓度渗碳的模具提高大约70%~100%。采用的渗碳工艺为:1000℃,渗碳1 h,然后快冷至 Ar<sub>1</sub> (790℃),再升至1000℃,渗碳1 h后,再快冷至 Ar<sub>1</sub> (790℃),重复4次,最终一次可降至980℃,保持20 min后再在180℃分级油中淬火。淬火后模具渗层硬度可达65~68 HRC,渗层深度2 mm,表面碳浓度为1.8% C。回火工艺如图7所示。

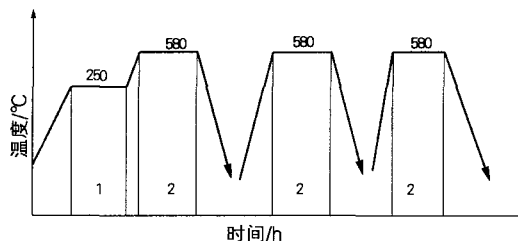


图7 3Cr2W8V 热作模具高浓度渗碳后的回火工艺  
Fig. 7 Tempering process of 3Cr2W8V steel after high concentration carburizing

(2) 低、中碳合金钢的高温固溶渗碳 为了弥补莱氏体工模具钢韧性不足的缺点,可选用低、中碳合金工模具钢进行表面渗碳,则可获得像莱氏体钢一样的高硬度、高耐磨性的表面层,心部又有高强度,韧性和塑性俱佳。图8为H13钢采用高温可控气氛多用炉进行固溶渗碳的工艺曲线。图8工艺说明:

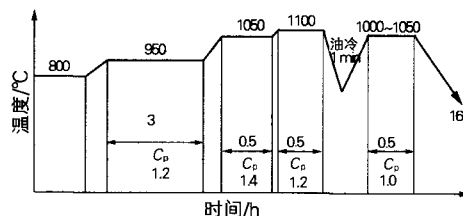


图8 H13 钢的高温固溶渗碳工艺

Fig. 8 High temperature solution carburizing process of H13 steel

(1) 先在  $Ac_1 \sim Ac_3$  之间预渗 1~2 h (视工件而定) 目的是形成超微碳化物核心, 采取这种措施主要是改善钢渗层碳化物状态及分布。

(2) 再在  $950\text{ }^\circ\text{C} \sim 1000\text{ }^\circ\text{C}$  (视钢种而定) 进行强渗, 因为这类钢的  $Ac_3 \geq 950\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(3) 然后  $1050\text{ }^\circ\text{C} \sim 1100\text{ }^\circ\text{C}$  进行扩散, 因为高 Cr、高合金元素含量的钢在渗碳后极易出现网状碳化物, 可以把扩散温度升高到  $1050\text{ }^\circ\text{C} \sim 1100\text{ }^\circ\text{C}$ , 使碳化物网重新溶解而消失。

(4) 扩散结束将立即快冷, 使渗层温度迅速冷至  $A_{r1}$  以下, 目的使渗层奥氏体在降温冷却过程碳化物不会沿晶析出, 工模具整体温度降至  $650\text{ }^\circ\text{C}$  以下返回加热炉, 到达设定的温度。

(5) 因渗层在  $650\text{ }^\circ\text{C}$  时奥氏体已快速转变成回火索氏体组织, 不存在高碳高合金的残留奥氏体, 模具除渗层外整体处在塑性状态, 可以直接升至  $980\text{ }^\circ\text{C} \sim 1050\text{ }^\circ\text{C}$ , 在保温短时间后进行淬火。

经此工艺处理的 H13 钢模具, 其渗层中的颗粒均匀细小而密集分布, 该组织有很高的强度和耐磨性, 硬度为 65~67 HRC, 再配合细小的板条马氏体, 其性能是未经渗碳及碳氮共渗的原 H13 钢模具无法相比的。

### 2.3 合金工具钢的高温固溶细化工艺

GCr15 钢在高温可控气氛多用炉中经高温固溶细化+淬火/回火工艺处理后, 其组织中的共晶碳化物、网状碳化物、带状偏析的不均匀度得到改善, 在保持相同硬度指标的条件下提高了工模具的塑性和韧性, 使用寿命大大高于传统工艺制造的工模具。这是一种发挥高碳、高合金工模具钢材料潜力的技术。图 9 是 GCr15 钢的高温固溶细化工艺, 图 10 是得到的显微组织。

## 3 结语

(1) 所设计的高温可控气氛多用炉采用了多项专利技术和耐高温设计, 可以实现结构钢的高温深层渗碳工艺, 生产率高, 节能效果显著。

(2) 高温可控气氛多用炉可以实现工模具钢的高浓度渗碳工艺, 改善热疲劳性能, 提高使用寿命。还可

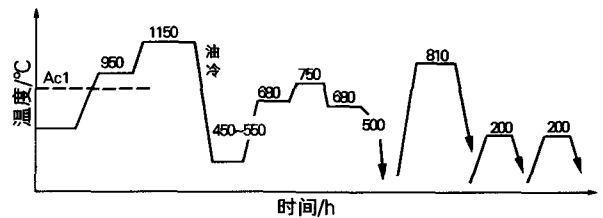


图 9 GCr15 钢的高温固溶细化工艺

Fig. 9 High temperature solution refining process of GCr15 steel

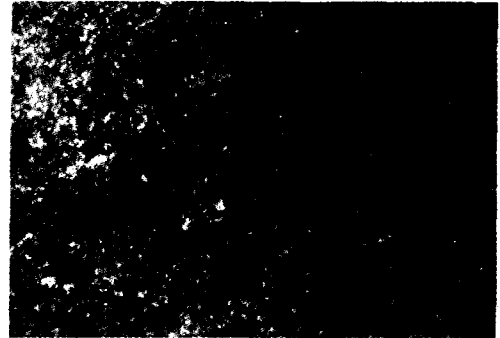


图 10 GCr15 钢经高温固溶细化工艺后的显微组织  $\times 450$

Fig. 10 Microstructure of GCr15 steel after high temperature solution refining treatment  $\times 450$

以实现工模具钢的高温固溶渗碳处理和合金工具钢的高温固溶细化处理, 保证硬度指标。

### 参考文献:

- [1] 戚正风. 无莱氏体高速钢及其热处理. 第六届全国热处理大会论文集[C]. 北京: 兵器工业出版社, 1995: 184-190
- [2] Jgrosch B. Kocjancic (西德) 用热处理方法改善高强度优质低温调质钢(严茂芳, 译 朱源浦, 校)[A]. 第三界国际材料热处理大会论文集[C]. 中国机械工业学会热处理分会, 1983: 332.
- [3] 陈再枝. 模具钢手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [4] 陈再良, 阎承沛. 先进热处理制造技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [5] 夏国华, 杨树蓉. 现代热处理技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996.
- [6] 罗伯茨 G A. 工具钢[M]. 徐进, 等译. 北京: 冶金工业出版社, 1987.
- [7] 章守华. 合金钢[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1981.
- [8] Wei B. A (联邦德国). 含铁素体 Cr~Ni 钢的化学成份和组织对马氏体形成的影响[A]. 第五届国际材料热处理年会译文选[C]. 匈牙利-布达佩斯, 1986: 42-45.

规范企业简介: 上大热信热处理有限公司前身是上海大学热电厂, 成立于 20 世纪 80 年代, 依托上海大学科技优势, 拥有一批在新型金属材料、热处理领域颇有知名度的高级专业人才, 是科技含量高、技术精湛、服务到位的科技型企业, 也是上海大学热处理产学研结合基地, 在热处理行业享有较高的信誉。公司于 2003 年 12 月 5 日迁址闵行区浦江镇陈行公路 1985 号, 厂区占地面积 2900  $\text{m}^2$ , 建筑面积 2600  $\text{m}^2$ , 生产车间面积 2200  $\text{m}^2$ 。公司现有职工 47 人, 中高级职称 5 人, 工程技术人员、技师 9 人, 其他高中学历 16 人。公司拥有(中日合资生产的)自动控温及氧探头碳势控制的可控气氛式多用炉生产线, 以及拥有能达  $-120\text{ }^\circ\text{C}$  的深冷箱 4 台, 适用于多种机械零件的淬火、渗碳、碳氮共渗及冰冷处理等, 特别是对零件变形要求高、对渗层金相有控制要求的各种热处理工艺。企业还拥有先进的显微硬度计等检测设备、数控平面磨床和内外圆磨床线, 确保产品的质量。2004 年 10 月通过质量管理体系认证。该公司长期与汽车行业、家用电器、电动工具等大型企业合作, 主要经营制冷器活塞的热处理和磨加工, 轿车制动系统零件的热处理加工, 以及新型电动工具的关键零部件的热处理加工。联系电话: 021-54332577