

锻件等温正火热处理网带式生产线的研制

王柏树¹, 王 淮¹, 朱建国², 朱伟福²

(长春工业大学材料科学与工程学院, 吉林 长春, 130012; 长兴县电炉制作有限公司, 浙江 长兴, 313112)

摘要:概括了渗碳钢齿轮锻件等温正火处理的网带式生产线设计时主要设计参数, 强调了等温正火的控制冷却技术, 给出了所研制的设备的主体结构和功能的技术说明。并通过调试和使用, 提出了需进一步改进的意见。

关键词:等温正火; 控制冷却; 锻件; 设备

中图分类号: TG155.92 **文献标识码:** B **文章编号:** 1673-4971(2008)01-0065-04

Development of the Isothermal Normalizing Auto-production Line for Heat-treating Forged Parts

WANG Bai-shu¹, WANG Huai¹, ZHU Jian-guo², ZHU Wei-fu²

(1. School of Materials Science and Engineering, Changchun University of Technology, Changchun Jilin 130012 China ; 2. Changxing County Electricity Furnace Manufacturing Company, Ltd. , Changxing Zhejiang 313112, China)

Abstract: The essential parameters of the ITN production line for isothermal normalizing process are generalized. The technique of control cooling is emphasized clear in principle and practice here. The structure of principal parts and the technical explain of function are respectively provided. The improved ideas are presented.

Key words: isothermal normalizing (ITN); control cooling; forged parts; equipment

0 前言

近年来, 吉林工学院高技术产品研制厂为用户共计研制生产了7台推杆式等温正火生产线。这些等温正火生产线比较完善地满足了工艺要求, 达到了设备的技术指标, 但运行中还没有达到较理想的工艺性能和设备功能, 还在继续研究和改进中。

推杆式等温正火生产线作为正火处理的炉型, 适合奥迪、桑塔纳、捷达等较大的, 甚至更大的载重卡车齿轮锻坏的处理。而对东风雪铁龙的小汽车齿轮锻件, 甚至钱江等摩托车用的渗碳钢齿轮锻件,

如果采用2~3层料筐布料, 指标散差增加, 难以满足质量要求。这就提出要改进装夹, 或者研制新炉型, 因此要研制网带式等温正火生产线。

1 锻件等温正火工艺

刘云旭教授根据实践, 提出了针对锻件正火的等温正火的工艺^[1], 也是对等温热处理的补充, 增添了对等温正火的积累^[1-12]。这种描述较浅显易懂, 促使日后国内等温正火工艺与设备迅速普及, 等温正火处理运行稳定和改善锻件的正火质量被普遍认

收稿日期: 07-08-07

作者简介: 王柏树(1970-), 男, 讲师, 在读博士生。

联系电话: 0431-85716421; E-mail: baishu6933@163.com

基金项目: 长春市科技攻关计划项目(长科合字第02-127C19号)

可,共同推动了等温正火设备的迅速普及;另一方面也使该工艺受到轻视,因为基本要求浅显易懂而不被重视,甚至不能使设备充分实现等温正火的基本工艺性能。

如同等温正火处理用户的报道^[13-16]和其他制造商技术介绍^[17,18],等温正火自动线包括正火的重新加热、风冷控制、等温转变。汽车齿轮渗碳用钢件的加热温度,多数为 930~960℃。定时或定温控制,单段风冷或先强风定时冷却,随后再加加热风循环定时缓冷。等温温度常见为 550~650℃。主要特点是单段风冷或两段风冷至“符合”等温处理要求。

随着设备投放市场,积累了现场调试的经验和在实际工程中考查设备的能力。在随后的研发工作中,包括长春市科技攻关计划项目“提高汽车齿轮件力学性能的精控设备及专家控制系统软件的研制”,和在山东莱芜楔横轧厂进行的轧余热等温正火试验,对等温正火工艺,作出了经验的和理论的阶段总结。

等温正火的主要 6 个工艺参数,在刘云旭教授对合金渗碳钢件的等温正火及其控制的叙述^[5,6]中有了明确的定义,结合等温正火理论发展和实际生产经验,作如下的补充:

① 6 个必要的工艺参数归结为强调 3 个设备工艺能力:充分的加热能力;充分的冷却能力;充分的等温处理能力。

② 充分的等温能力,不仅是温度和控制,也不仅是等温炉内有效工作区的温度控制精度和温度均匀性,还应设置大风量循环风扇,使刚进入等温炉的锻件尽可能快地达到等温温度,从而在工艺控制时能有意识地达到客观难以精确满足的真正等温处理的要求。

依据正火硬度要求,一般等温正火对低碳合金渗碳钢的硬度范围为 160~190 HB,对硬度影响的主要工艺参数是等温温度。高于 BS 点不少于 10℃,并调整硬度在 170~180 HB 目标值上。

正火硬度的要求,一般以组织中出現少量针状铁素体为依据,以此硬度值为实际生产的要求,否则可能导致处理后的组织级别不符合质量指标。另外,影响硬度的因素如同影响组织的因素一样,也来自钢材的成分波动、冶金质量、锻造轧制及随后冷却的组织形态,即根据客观实际和主观能动性结合材料学理论,判断预期要得到的最佳结果。我们对硬

度的工艺调整的表述不仅于此等温处理。

③ 充分的冷却能力,就是说在理论要求的孕育期内,冷却到贝氏体转变开始点温度的能力。实际生产中这样的能力并非总是绝对必要的。根据常用材料的 TTT 图和实践,一般的冷却能力只要自加热温度(如 950℃)冷却到等温温度(如 600℃),时间笼统地设定为 2 分钟就可以了。

但是对于不同产品,因材料、零件结构和尺寸不同,如 20CrMo、20CrMnTi、20MnCr5 等不同钢种,断面不均匀,有薄壁的,接近板形的,或过厚的零件,需要分别进行调整。

④ 充分的加热能力,目前等温正火自动线设计、制造以及实际生产工艺制订、实施都与文献^[6]对奥氏体化加热温度的表述是一致的。是对传统工艺的部分继承,是对多种材料尽可能便于工艺调整和易于安排生产计划的整合,是对铁合金电热元件设计应用或炉内构件和炉衬结构设计的一种实用要求。实际上,自第一台国产等温正火自动线调试以来一直沿用了较高于传统正火工艺的加热温度,普遍有意识地采用 920~960℃。从理论上考虑我们更倾向于有更高的奥氏体均匀化温度,为了节能,尤其是设备的承受能力才限制使用较高的温度。

⑤ 控制冷却,随着等温正火生产线研发、完善逐渐明确了一些观念。在等温正火工艺试验与设备研制时,采用两段式冷却方式:先冷风急冷锻件到一个较模糊不清的一般高于等温温度的冷却温度点,随后再热风循环缓冷均温至高于或等于等温温度。而电加热管是不能满足等温前使零件截面均温加热的目的,也是不可行的;热电偶测温,马达阀调节进口通风量的设计也在现场调试时被否定了;在改进设计的生产线上取消了电加热管,最终的推杆式等温正火生产线保留了冷风急冷和“热风(自循环不鼓入冷风的)”循环,由此延伸出调整冷却的方式为静止缓冷(预冷)、冷风急冷、热风循环,这能按零件的特征和要求有序排列并能适当取舍;处理大截面盆齿坯曾经增加喷雾冷却装置,因装置简陋不可靠,更主要是风冷的时间虽然长,但能获得满意的处理质量,因此确立了风冷和缓冷为主体的冷却方式。由两段式过渡到三段式冷却,也是设计稳定的过程。

根据钢厂采用控轧控冷技术和锻造余热等温正火^[11]、非调质钢的研究^[8,11]以及其它报道,对冷却精确控制有了新的认识。控制冷却与等温正火结合起来,强调冷却过程或冷却工艺的历史对最终组织

和硬度的调节作用与影响,明确了控制冷却在等温正火中只是急冷与均温的结合,是单一的冷却要求。

根据先共析铁素体析出时间、数量、形态,实际产品对设备设计的要求,热处理原理结合设备制订的具体的工艺,形成了缓冷与急冷相结合的等温正火控制冷却。尽管我们在东风汽车集团公司锻造厂的设备上尝试了用红外测温仪监测冷却过程,但是有别于已有报道^[13]的用红外测温仪监控冷却过程。控制冷却在用锻造余热进行等温正火和非调质钢的处理,以及在等温处理前的冷却中,实施可行的和精确的控制。这种方法具有理论依据,实验与工程的实际经验。等温正火与控制冷却结合,对开发系列锻件等温正火生产线和工业应用,具有更明显的重要意义。

如上所述,等温正火不仅是对冷却转变曲线 CCT 和 TTT 图的理解,而且是在工艺原理和工程实践的 details 上,通过对工艺柔性化设计、对设备系统的结构设计和精确有效的控制方式,实现了多种材料、多种形状和尺寸的零件都可选用的等温处理,可以通过精确控制工艺达到预期的组织和性能目标;等温正火不仅能替代原有工艺,而且探索了用精确控制的等温正火热处理获得预期的组织与性能,获得更小散差的质量指标,甚至实现既节能又确保产品质量。通过产学研结合,实现从渗碳钢齿轮毛坯扩展至非调质钢锻件、高碳过共析钢锻件;从等温正火的两段式冷却到锻件的控制冷却的转变;从推杆式炉生产线发展到输送带式炉生产线;从“轿车关键零件等温正火工艺及其设备的研究”起始,到提出“提高汽车齿轮锻件力学性能的精控设备及专家控制系统的研制”发展目标。为了落实国家能源战略在热处理装备上的发展方向,扩展等温正火工艺的使用范围,实现锻件等温正火工艺精确控制的工业生产目标,仍需继续努力。

2 网带式等温正火生产线介绍

2.1 设计方案

根据用户给出的技术要求,包括实际锻件(材料/重量/图样)、质量要求(组织/硬度/散差)、设备加热能力、控制要求,确定加热功率和区段布置,并对控制冷却作重点设计,制订常规电气和工艺流程软件的详细方案。

2.2 主体结构

2007年4月,研制、调试完成并投产的 ITN -

500 型网带式等温正火生产线。包括加热炉、冷却室、等温炉、网带式传输机构、电气控制系统、计算机工艺工况控制系统 6 个单元。

加热炉由预热区入口、预热区、加热区、电加热辐射管、炉衬、炉盖、尾端防护罩、网带式传输机构组成。加热区分三段:加热、透烧和保温。双偶双表控温和报警监测。

等温炉由均温区、保温区、电加热辐射管、炉衬、炉盖、尾端防护罩、循环风扇、网带式传输机构组成。双偶双表控温和报警监测。

炉底用优质保温砖,炉壳内侧面粘贴高铝复合纤维板,向内至炉膛表面,以及炉口、顶盖、端罩,砌挂硅酸铝纤维针刺毯。

电加热元件材质选用 0Cr23Al6Nb 耐高温铁合金。结构选用裸露的螺旋电辐射管,在优质的刚玉陶瓷管外侧套螺旋式电热丝。热量直接辐射到炉膛内,经久耐用。对称的炉侧绝缘刚玉陶瓷套管直插式安装在两侧,更换维修便捷。

冷却室由预(先缓)冷区、急冷区、炉衬、壳体、风箱及风道(导风装置)、网带式传输机构组成。两区段结构,红外仪测温监视工件温度。

网带式传输机构由网带、电机-减速器、主动链轮、被动链轮、支撑托辊等部件构成。

2.3 工艺控制

生产线具有精确、稳定的温度控制。

晶闸管调功率和无触点触发控制,适用于阻性负载;双偶(K型热电偶)双表监控;主控仪表有自整定,控温精度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,高于行业标准;通讯功能,可与计算机进行通讯,能接受写入和读出数据;偏差报警功能,因仪表之外原因导致执行中出现超出设定温度的偏差,可给出声、光报警指示;监控仪表具有温度指示和报警功能,给出超温报警,根据执行的工艺,超出温度设定上限,有声、光报警,并切断主回路的供电。

生产线具有完整可靠的电气自动控制、安全连锁、报警等功能,工况控制有可编程控制器统一编程固化,可靠稳定,还有便于现场调整处理的分站控制盒配合,使操作便捷,能够现场处理操作事宜。

由可编程控制器实现基本控制、显示、报警功能;现场控制操作包括 1 个在操作室的控制台和 3 个分站控制盒;控制台上程序运行工况图,包括设备大体结构示意图、网带电机启动指示灯、控制冷却风机启动的指示灯、风扇电机启动指示灯、控制冷却的

指示灯、分操作站急停和调整指示灯；分操作站位于相应的网带运行时便于观察的生产线前端、中部和末端。只对观察部位的网带进行调整，包括急停和调整；程序运行中网带意外停止的报警，有铃声和光提示，并能中断运行并使程序处于保持状态；

生产线采用工业控制计算机与可编程控制器、智能数字温度控制仪表、控制网带无级调速的变频器等主要仪器仪表的通讯连接。

网带式等温正火生产线有计算机集中控制系统（工艺控制）的软件界面，该界面是典型的 Windows 图形化界面。功能包括工况显示、工艺温度参数模拟器曲线显示、工艺控制、工艺设置、工艺的零件属性设置、工艺数值/曲线/报警历史记录、设备属性、打印、操作级别密码设限等。实现等温正火工况与工艺参数的显示和控制。可保证稳定的产品质量。同时具有多品种少无间断的生产工艺选择和更改工艺参数等便捷而简单的操作。操控内容包括产品编码、工艺编号、温度段、附注说明等，温度偏差的报警设定；显示内容有：过程参数的数值、曲线、报警、对选项的控温点等，便于观察和操作；记录内容有：设备特征、作业时间、执行工艺编码、产品编号、温度、曲线，并能存储；可打印记录的数据和显示的各个界面。

从现场生产来讲，锻件等温正火网带式生产线具备良好的工艺可控性，采用工况与工艺的计算机集中控制系统，使工艺更改容易、工艺稳定、重现性好、操作便捷等特征。通过工艺试验，易于获得较理想的工艺数据。可以简单调用存储的工艺，随时完成要求的生产任务，也可随时调整工艺。

3 结论及进一步的工作

从现场调试和用户反馈意见表明，生产线投产后和该公司原有的 1 台推杆式等温正火生产线的比较，获得了更满意的产品质量。网带式（输送带式的一种）等温正火生产线对较小尺寸规格的产品，能获得更小散差硬度值，满足预期的工艺性能和生产效果。但是还有下列各项有待进一步改进：

(1) 控制冷却的区段布置。柔性调整与控制使等温正火所需的控冷更稳定，工艺易于调整和呈现规律性，实现配置上的刚柔（风冷强度和网带速度）更协调。

(2) 控制冷却与前后二单元的“联”接设计，实现更好的控冷段调整分布和等温调温。

(3) 增强计算机工艺控制功能，改进仪表选型，增强双偶双表的通讯和对比监测能力。

对确定工艺参数，在 1993“合金渗碳钢齿轮坯等温正火工艺参数计算系统”一文中^[5,9]提出的设想，有待于将理论和经验的公式进行适合工艺要求和设备设计的转化。

网带式等温正火生产线如同其它网带式热处理炉，在同类工艺热处理设备中，耗能较大，但可以通过传输机构及炉体构造的改进，降低网带式生产线的等温正火处理的能耗。

参 考 文 献

- [1] 刘云旭,朱启惠,孙宝兴等.合金渗碳钢锻件等温正火的研究[J].金属热处理,1995(12):14-17,45.
- [2] 王 璟,胡长海,刘宜春.20CrMnTi 钢的等温正火工艺试验[J].吉林工学院学报,16,1995(3):36-40.
- [3] 朱启惠,刘 澄,刘云旭.合金渗碳钢件锻造余热等温正火生产线工艺设计理论的研究[J].吉林工学院学报,16,1995(3):8-13.
- [4] 刘云旭,朱启惠.金属热处理工艺节能的探讨[J].吉林工学院学报,16,1995(3):57-62.
- [5] 刘云旭,朱启惠.低中碳合金钢等温正火生产线的专家系统内含[J].吉林工学院学报,17,1996(4):1-4.
- [6] 刘云旭.合金渗碳钢件预先热处理的研究[J].汽车工艺与材料,1997(8):12-15.
- [7] 刘云旭,朱启惠.两种合金渗碳钢等温正火工艺的研究[J].吉林工学院学报,18,1997(9):9-13.
- [8] 云旭,朱启惠,刘 澄.珠光体非调质钢存在的问题及对策[J].金属热处理,1998(7):18-20.
- [9] 朱启惠,刘云旭,刘 萍.合金渗碳钢件锻造余热等温正火工艺的计算机专家系统[J].金属热处理,1998(8):1-2.
- [10] 刘云旭.低碳合金钢中带状组织的成因,危害和消除[J].金属热处理,2000(12):1-3.
- [11] 刘云旭,王柏树,王汇波.锻件显微组织和力学性能精确控制的工艺及设备[J].金属热处理,2003(4):53-56.
- [12] 刘云旭,王 淮,季长涛等.正火—影响渗碳齿轮热处理畸变的一个重要因素[J].金属热处理,2005(3):46-49.
- [13] 潘利忠.IPSEN 连续等温正火炉及其应用[J].热处理,2001:32-33.
- [14] 田荣华.变速箱零件毛坯等温正火工艺试验与应用[J].金属热处理,2002(6):40-43.
- [15] 马森林,吕景林.齿轮锻坯等温正火预处理工艺方法探讨[J].热处理,2003(4):46-49,52.
- [16] 陈国民.渗碳齿轮毛坯的预备热处理—等温正火[J].机械工人(热加工),2004(11):9-10,48.
- [17] 谢飞,牟宗山.汽车齿轮毛坯的等温正火处理[J].机械工人(热加工),2005(6):27-28,30.
- [18] 赵新卫,程智真,陆春来等.推杆式燃气等温正火生产线设计及应用[J].金属热处理,2005(7):88-90.