

大型锻件的热处理工艺

卢银德^{1,2}

(1. 西安交通大学 能动学院, 陕西 西安 710049; 2. 山东省潍坊生建集团热处理厂, 山东 潍坊 261011)

摘要:研究了大型锻件的热处理工艺, 根据大型锻件的特点, 优化了工艺参数, 取得了显著经济效益。

关键词:大型锻件; 热处理

中图分类号: TG162.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 0254-6051(2004)04-0047-03

Heat Treatment of Large-Size Forged Parts

LU Yin-de^{1,2}

(1. School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710049, China;

2. Heat Treatment Workshop, Shandong Weifang Shengjian Group, Weifang Shandong 261011, China)

Abstract: The heat treatment process of large-size forged parts were researched in this paper. According to the speciality of large-size forged parts, the process parameters were optimized and remarkable economic results were achieved.

Key words: large-size forged parts; heat treatment

大型锻件是指用 1000t 或更大吨位水压机生产的锻件^[1]。随着大型锻件的尺寸和重量的增加, 热处理时有效厚度也随之发生变化。由于截面的增大, 不可避免地存在成分偏析、非金属夹杂、显微空隙等冶金缺陷, 再加上相变潜热的影响, 在加热和冷却过程中产生的应力较大, 极易引起工件的畸变和开裂, 本文对大型锻件的热处理工艺参数进行了优化, 并取得了显著经济效益。

1 大型锻件加热工艺

1.1 正火和淬火的加热

大型锻件特别是合金钢锻件, 在加热方式上应采用阶梯升温方式加热。有关资料表明^[2], 大型锻件在 350℃~500℃ 以及 600℃~800℃ 时工件表面与心部存在最大温差, 差值在 300℃~400℃ 左右。因此采用在 450℃ 与 650℃ 保温一段时间, 然后再升温的加热方法是比较合适的。大型锻件正火和淬火加热温度的选择, 理论上与小型锻件是一致的^[3], 应取理论加热温

度的上限, 以保证偏析区也能达到相应的正火或淬火温度, 使工件充分奥氏体化。表 1 为几种常用钢种的正火、淬火加热温度。

表 1 钢的正火、淬火加热温度(℃)

Table 1 Temperature of normalizing and quenching of steels(℃)

钢材牌号	Ac ₃ (A _{cm})	正火加热温度	淬火加热温度
35	802	860~890	850~880
45	780	840~870	830~860
40Cr	782	850~870	840~870
35CrMo	800	840~860	820~850
42CrMo	780	850~860	830~860
45CrMo	770	850~870	830~850
3Cr13	930	—	1030~1050

装炉温度≤400℃, 并在 450℃ 保持一定时间, 以进一步减小锻件在蓝脆温度范围(250℃~350℃)^[2]内的温差。在 450℃ 保温之前由于锻件温度低, 仍处于线弹性状态, 如果表面与心部温差引起的热应力过大, 可导致锻件在加热过程中早期开裂。因此, 保温前加热速度一般控制在 30℃/h~70℃/h; 450℃ 保温后可适当加快升温速度但不能超过 100℃/h~150℃/h。当锻件经过 650℃ 保温后, 心部与表面还可能存在温差, 但由于锻件处于塑性状态, 尤其是当锻件加热到临界点温度以上时, 相变超塑性伴随产生, 因而导致开裂的可能性极小, 此时可按设备功率升温。均温时间^[2]

作者简介: 卢银德(1971.04—), 男, 山东潍坊人, 工程师, 硕士生, 主要从事热处理技术及工艺设计工作, 已发表论文 13 篇, 曾获科技进步奖 20 余项。联系电话: 0536-8181228

收稿日期: 2003-12-09

- [6] 刘志儒, 等. 稀土低温高浓度渗碳工艺及其在 20Cr2Ni4A 钢上的应用[J]. 金属热处理, 1994, 19(11): 15.
- [7] 朱法义, 等. 20Cr2Ni4A 钢稀土渗碳的组织与齿轮的接触疲劳强度[J]. 金属热处理学报, 1994, 15(4): 31.
- [8] 朱法义, 等. 稀土化学热处理的新进展[J]. 金属热处理, 1995, 20(1): 14.
- [9] 单永昕, 等. 稀土高浓度渗碳在推土机齿轮上的应用[J]. 金属热处理, 1996, 21(7): 21.

- [10] 机械工业职业技能鉴定指导中心. 热处理工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 185.
- [11] 刘 胜. 浅谈连续式渗碳炉予处理炉的作用[J]. 机械工人, 2001, (7): 23.
- [12] 孙宝兴. STL 连续式渗碳自动线的特点及应用[J]. 金属热处理, 1993, 18(9): 25.
- [13] 内滕武志. 渗碳淬火实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985: 124, 125.

凭经验目测决定,锻件表面温度均匀一致并和炉墙颜色相同时为止,工艺不做要求。均温结束即开始保温,保温时间可根据公式(1)计算。

$$t = \alpha \cdot K \cdot D \quad (1)$$

式中 t 为加热时间(min); α 为加热系数(min/mm),碳素结构钢与低合金结构钢取 0.40~0.50,中、高合金钢取 0.50~0.60; K 是装炉系数; D 是工件有效加热厚度(mm)。

1.2 回火加热

锻件在回火装炉的初始阶段,表面温度回升,心部温度进一步降低,以完成心部过冷奥氏体完全转变。入炉温度应 $<400^{\circ}\text{C}$,并且在 400°C 左右保温一段时间。为保证锻件表面与心部温差较小且无较大的应力,升温速度不应超过 $30^{\circ}\text{C}/\text{h} \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。回火工艺过程的温度较淬火的温度低($<650^{\circ}\text{C}$),所以均温时间难以用目测确定,因此回火工艺规程中没有规定均温时间,而是适当延长保温时间。回火保温时间也可按公式(1)计算,其中碳素钢、低合金钢 α 为1.0~1.5,高、中合金钢为1.2~1.7;工件有效厚度每100mm回火保温时间不能少于4h。表2为几种典型工件在特

表2 典型工件回火温度与硬度关系

Table 2 Relation of temper temperature and hardness for typical work piece

材料牌号	工件名称	硬度	回火温度/ $^{\circ}\text{C}$
45	曲轴	220HB~250HB	540~610
3Cr13	液缸体	250HB~290HB	580~600
	液缸体	241HB~275HB	590~630
	液缸体	283HB~323HB	560~580
40Cr	曲轴	28HRC~32HRC	540~560
	曲轴	241HB~285HB	600~620
35CrMo	曲轴	201HB~269HB	560~600
42CrMo	传动轴	262HB~302HB	550~570
45CrMo	传动轴	262HB~302HB	560~580

表3 两种淬火冷却介质的冷却性能对比

Table 3 Comparison of two kinds of quenching medium

冷却介质	使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	最大冷速/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$	特性温度/ $^{\circ}\text{C}$	平均冷速/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ ($100^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$)	适用范围
水	20~40	770	260	200	低中碳钢
15%CaCl ₂	20~65	1850	630	60	低中碳钢、低合金结构钢

2.2 回火冷却工艺

一般在 400°C 以上的冷却速度应控制在 $50^{\circ}\text{C}/\text{h} \sim 5^{\circ}\text{C}/\text{h}$,对于40Cr、3Cr13等钢具有明显可逆回火脆性的材料,该方法将使其冲击韧性显著降低,因此,在回火冷却时应考虑以下两点:①对无高温回火脆性的材料,如45、35CrMo、42CrMo、45CrMo钢等,采用随炉冷却或空冷的缓慢冷却方式。②对具有高温回火脆性的材料,如40Cr、3Cr13、Cr12钢等,在低温回火($\leq$

定技术要求下的回火温度与硬度的对应关系。

2 大型锻件的冷却工艺

2.1 正火和淬火冷却工艺

大型锻件正火冷却通常采用空冷、不同部位采用强力风冷或先进行短时间喷雾冷却后再采用强力风冷的冷却方式。针对大型锻件的材料及要求,淬火冷却分别采用油冷、水冷、水-油双介质等冷却方法。①油冷:3号锭子油,该介质的技术参数是运动粘度(50°C)为: $17 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s} \sim 23 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$,闪点为 170°C ,凝点为 -15°C ,淬火温度范围为 $-15^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ 。为了缓解运动粘度大的缺点,可以安装冷却循环装置和加热装置。冷却时间按公式(2)计算: $\tau = \alpha \cdot D$ (2) 式中 τ 为冷却时间(s), D 为工件有效厚度(mm), α 为系数(s/mm),对45CrMo、3Cr13钢 α 一般为9~13。②水冷:针对大型锻件水冷淬火后工件存在硬度不足的问题,采用15%的CaCl₂水溶液取代以前使用的自来水,并且安装冷却循环装置。两种冷却介质的性能指标见表3。由表3可见,15%的CaCl₂水溶液与水相比,具有使用温度区间宽,最大冷速大,特性温度高, $100^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 的平均冷速小和适用范围广的优点。冷却时间按公式(2)计算,其中 α 为1.5~2。③水-油双介质冷却:对于40Cr、35CrMo、42CrMo等淬透性差和淬透性中等的低合金结构钢大型锻件,由于单纯的油冷淬火已不能满足设计要求,而采用水冷工件开裂的倾向较大,在没有专用淬火液条件下,采用水-油双介质淬火冷却工艺,冷却时间按公式(2)计算,其中水冷 α 为1~2,油冷 α 为7~10。在具体操作时应注意以下几点:水冷淬火之前要有较短时间的预冷,以减小热应力,使工件畸变和开裂倾向减小,而且还可以增加大型锻件的淬硬层,提高零件的综合力学性能^[4];严格控制水油转换时的空冷时间,不宜超过20s。

400°C)后仍可采用炉冷或空冷等缓慢冷却方式,但在高温回火($\geq 450^{\circ}\text{C}$)后必须采用水冷或油冷等冷却较快的方式进行冷却,以避免出现回火脆性,为了进一步消除由于回火冷却带来的应力,然后补充进行一次 400°C 左右的去除内应力退火。

3 生产应用效果

采用新的热处理工艺方法对曲轴、液缸体、传动轴、连杆等大型锻件的处理结果见表4~6。

表 4 大型锻件的淬火结果

Table 4 Quenching results of large-size forging parts

零件名称	材料	实测硬度 (HRC)	要求硬度 (HRC)	实测与技术要 求的金相组织
曲轴	45	52	>42	马氏体
	35CrMo	45		
	40Cr	44		
液缸体	3Cr13	48,49	>42	
传动轴	35CrMo	45	>42	
	42CrMo	47		
	45CrMo	49		

表 5 大型锻件的正火结果

Table 5 Normalizing results of large-size forging parts

零件名称	实测硬度(HB)	要求硬度(HB)	实测与技术要求的 金相组织
45 钢曲轴	191	162~217	珠光体 + 铁素体
35 钢连杆	162, 175	140~217	

表 6 大型锻件的调质结果

Table 6 Quenching and tempering results of large-size forging parts

零件名称	材料	实测硬度 (HB)	要求硬度 (HB)	实测与技术要求的 金相组织
曲轴	45	240, 225	220~250	回火索氏体
	35CrMo	254, 236	207~269	
	40Cr	262, 275	245~285	
液缸体	3Cr13	275, 285	250~290	
	35CrMo	280, 298	262~302	
传动轴	42CrMo	275, 298	262~302	
	45CrMo	280, 275	262~302	

从表 4~6 可以看出,经新工艺处理后,硬度、金相组织完全达到了设计要求,尤其是大型锻件在淬火时,由于存在诸多不利因素的影响,很难达到既不发生畸变、开裂等热处理缺陷,又要提高其淬透深度,从而最大限度地挖掘材料的潜能的目的,采用新工艺后,成功地解决了大型锻件淬火硬度不足的问题,其中 4M45.02-01 压缩机曲轴,有效加热直径 $D = 340\text{mm}$,淬火后表面硬度可达到 50HRC 以上,综合力学性能明显提高。

4 经济效益

采用新的热处理工艺方法,一年处理大型锻件 500t 左右,可创产值 100 余万元,如果将曲轴、液缸体、传动轴、连杆等关键件由于质量不过关造成的三包损失计算在内,一年可为集团节约费用 1000 余万元。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会热处理专业学会《热处理手册》编委会. 热处理手册(第 2 卷)[M]. 北京:机械工业出版社,1994:315.
- [2] 东北重型机械学院,等. 大锻件热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1974:85-92.
- [3] 卢银德. 45 钢外锥体的热处理工艺[J]. 金属热处理, 2002, 27(11):49-50.
- [4] 王广生,等. 金属热处理缺陷分析及案例[M]. 北京:机械工业出版社,1997:61-62.

影响扩散的新因素

倪宏昕¹, 单丽云², 倪振尧²

(1. 徐州工程学院 机电系, 江苏 徐州 221008; 2. 中国矿业大学 材料科学与工程系, 江苏 徐州 221008)

摘要:在进行工件渗硼试验中,发现了一种反常现象。渗碳后再进行渗硼,虽然工件表面含碳量大为增加,但渗硼速度不但不减,反而显著增大。此后又发现低温氮碳共渗亦能提高钢件的渗硼速度,更可贵的是氮碳共渗不仅能提高渗硼速度,而且还可以显著提高钢件渗金属的速度。

关键词:扩散;预渗碳;预氮碳共渗;渗硼;渗金属

中图分类号: TG11.6; TG156.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-6051(2004)04-0049-03

A New Factor Influencing Diffusion

NI Hong-xin¹, SHAN Li-yun², NI Zhen-yao²

(1. Department of Mechano-Electronic Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu 221008, China;

2. Department of Materials Science and Engineering, China Mining University, Xuzhou Jiangsu 221008, China)

Abstract: An abnormal phenomenon was found in our experiments. Although the pre-carburized steels are provided with higher carbon content in the surface layer, the rate of boronizing is increased greatly. After that, we found that pre-nitrocarburizing could also promote the rate of boronizing for various steels. Further more the pre-nitrocarburizing can raise not only the rate of boronizing but also the rate of diffusion metallizing.

Key words: diffusion; pre-carburizing; pre-nitrocarburizing; boronizing; diffusion metallizing

作者简介:倪宏昕(1957.9),男,河南人,副教授,系主任,主要从事化学热处理研究及教学工作,发表论文 10 余篇,曾获得江苏省科技进步二等奖。联系电话:0516-3888430

收稿日期: 2003-11-25

扩散是物质世界的一种自然现象,它与材料科学尤其与化学热处理有重要关系。化学热处理的基本过程是分解、吸收和扩散 3 个环节,其处理速度由