

表 2 硬度模拟结果和实测结果比较

Table 2 Result comparison of hardness between simulation and actual measurement

牌号	模坯断面尺寸	等效直径 $\phi$ /mm	调质工艺	硬度计算值(HRC)/ 实测值(表面)	硬度计算值(HRC)/ 实测值心部
2311	250mm×1200mm	410	880℃油冷+580℃回火	34.3/34	32.5/30
2738	600mm×1200mm	800	880℃油冷+580℃回火	33.5/34	32.7/32

## 4 结论

(1) 利用数值模拟技术对模具钢模坯的热处理质量效应进行了定量评估,评估结果以及实测结果与其它文献资料基本一致。

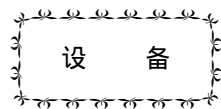
(2) 模坯尺寸愈大,其热处理质量效应愈明显,模坯实际回火处理温度偏离正常值的程度就越大。根据数值模拟可以解决不同尺寸模坯的材料选择及热处理的参数调整等问题。

(3) 2738 模具钢热处理质量效应远小于 2311 模具钢,是尺寸小于或等于  $\phi 1200$ mm 模坯的候选材料;而 2311 模具钢只能用于制作尺寸  $\leq \phi 425$ mm 的模具。

参考文献:

- [1] 宛 农,等.大断面塑料模具钢模块热处理的数值模拟[J].金属热处理,2003,28(9):45-48.
- [2] 荀毓闽,等.结构钢组织和性能的计算机预测[J].金属热处理学报,1997,18(1):45-49.

- [3] 王毛球,等.30Cr2MoVA 钢环形大锻件热处理组织和硬度的预测[J].大型铸锻件,2001,(4):10-15.
- [4] 赵振东.新钢种热处理工艺设计及力学性能预测[J].工程机械,1992,(7):29-33.
- [5] Buderus. DIN material No. ;1. 2311 ISO and DIN material No. ;1. 2738 ISO[EB/OL]. Online Heat-treatment Information at <http://www.wujii.com.tw/H.T.d.htm>.
- [6] Buderus. Buderus2311 ISO-BM. Buderus Plastic Die Steel [EB/OL]. Online introduction at <http://www.pck-buderus.com/default.asp?file=open.htm&des=left.htm&img=top.htm>.
- [7] Buderus. Buderus2738 ISO-BM. Buderus Plastic Die Steel [EB/OL]. Online introduction at <http://www.pck-buderus.com/default.asp?file=open.htm&des=left.htm&img=top.htm>.
- [8] Buderus. THRUHARD SUPREME HH. Buderus Plastic Die Steel [EB/OL]. Online introduction at <http://www.pck-buderus.com/default.asp?file=open.htm&des=left.htm&img=top.htm>.



## 客车轴承贝氏体等温淬火生产线

张 华(瓦房店轴承集团有限责任公司,辽宁 瓦房店 116300)

### Bainite Austempering Production Line for Passenger Wagon Bearing

ZHANG Hua(Wafangdian Bearing Group Co., Ltd., Wafangdian Liaoning 116300, China)

中图分类号: TG156.31 文献标识码: B 文章编号: 0254-6051(2004)09-0066-03

长期以来,我国铁路客车轴承一直采用 GCr15 钢马氏体淬火工艺。马氏体组织强度高,但韧性低,畸变量大。伴随着我国铁路客车的普遍提速, GCr15 钢马氏体淬火的组织性能已经不能满足要求,为进一步适应铁路运输事业的发展,采用新材料 GCr18Mo 钢贝氏体等温淬火工艺,以获得力学性能比马氏体更优越的贝氏体组织<sup>[1,2]</sup>。

我公司从 1994 年开始研制提速用的铁路客车轴承,1998 年利用箱式炉,在自制的盐浴中进行小批量等温淬火试生产,但出现产品质量不稳定、合格率低、工人工作环境差、劳动强度大、生产效率低、生产不安

全等诸多问题。为适应大批量生产的需要,于 1999 年底引进北京爱协林公司设计制造的轴承套圈贝氏体等温淬火生产线,并于 2000 年 5 月验收投产,经过 3 年多的生产表明,该设备运行可靠,产品质量稳定。

## 1 轴承套圈贝氏体等温淬火生产线及工艺

### 1.1 生产线工艺流程

图 1 为贝氏体等温淬火生产线示意图,整个生产线由上料台、转底式加热炉、淬火盐槽、等温盐槽、清洗机和控制系统等组成。其工艺流程为:上料→加热→盐浴淬火→工件入转换台→上等温槽升降台→等温槽等温→上等温槽升降台→转移入风冷室→入浸洗槽→入喷淋室→入烘干室→冷却→卸料台。

### 1.2 热处理工艺

NJ3226X1/01 轴承套圈的热处理工艺见图 2。

作者简介:张 华(1970.6—),女,辽宁瓦房店人,工程师,主要从事热处理工艺、技术改造等工作。联系电话:13840866829

收稿日期:2004-01-06

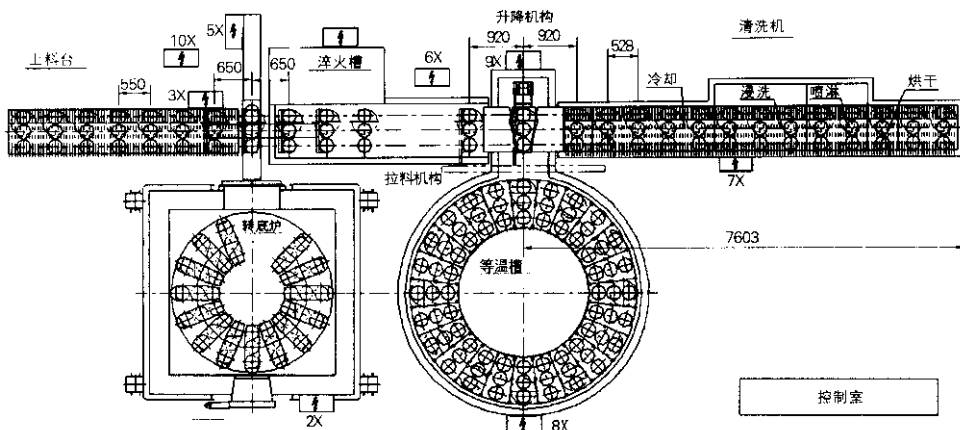


图 1 贝氏体等温淬火生产线

Fig. 1 Schematic of the bainite austempering production line

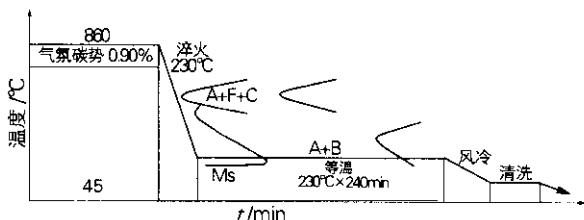


图 2 NJ3226X1/01 轴承套圈贝氏体等温淬火工艺

Fig. 2 The bainite austempering process of the NJ3226X1/01 bearing

(1) 加热 在 RDE<sub>s</sub>-270 转底式加热炉内进行加热,加热温度 860℃,加热时间为 45min,气氛的碳势为 0.90%。采用辐射管电加热,炉温由 3 根热电偶控制,1 根主控,1 根对超温进行监控,1 根对安全温度进行监控;炉内气氛为氮+甲醇+丙烷,碳势由氧探头、碳控仪和供气系统控制;炉顶装有循环风扇,以确保炉温和碳势的均匀;转底由配有变频调速器的齿轮减速电机驱动,可方便地实现不同加热时间的工艺要求;装出料门有火帘和点火装置,以保证安全开启炉门,减少空气进入炉内。

(2) 淬火 GCr18Mo 钢的 Ms 点为 200℃左右,经试验后选择在 230℃左右等温淬火可获得较好的效果。工件在炉内加热到 860℃,取出后被转移到淬火槽淬火,淬火盐浴温度为 230℃左右,淬火时间为 2min 左右。淬火槽主要由隔热盐浴槽、升降装置、平移转移小车、后升降台、加热装置、冷却装置等部分组成,淬火槽的温控装置保证温度波动<5℃。淬火冷却盐和等温盐由 50%NaNO<sub>2</sub> 和 50%KNO<sub>3</sub> 组成(质量分数)。

(3) 等温 工件从淬火槽内取出后转移到等温槽,等温温度 230℃,等温时间 4h。圆形等温槽内有 72 个托盘,最多可放置 216 个轴承套圈,等温槽的温度波动为 2℃。淬火槽和等温槽分开,可显著减少淬火的温度波动对等温温度的影响,确保等温时贝氏体转变的质量。

万方数据

(4) 清洗 工件从等温槽等温后温度较高,必须经风冷降低温度后才能入水清洗,以防止水冷时产生畸变或开裂。工件经过风冷后,被推到后清洗机的辊棒上,经浸洗、喷淋、烘干再从卸料台卸料。

## 2 热处理质量检查结果

从 2000 年生产线运行至今,已生产了 20 个品种,套圈 10 万套,随机抽取产品检测,检测结果如下:

(1) 硬度 采用洛氏硬度计测量,随机抽取一批产品内、外圈各 20 件,每件在打字面上沿圆周每隔 120°测 1 点,共测 3 点,技术要求硬度范围为 58~62HRC。检测结果为同一套圈硬度均匀性<1HRC,同一批套圈硬度均匀性<3HRC,硬度稳定性<1HRC。

(2) 金相组织 经等温淬火后,组织为下贝氏体或下贝氏体和马氏体的混合组织,以及均匀分布的残留碳化物和少量残留奥氏体,按 JB/T 1255-1991《高碳铬轴承钢热处理技术条件》标准第 5 级别图评定 2~3 级(1~3 级为合格组织)。

(3) 套圈畸变 等温处理后轴承尺寸变化见下表 1,轴承套圈等温淬火后呈胀大趋势,膨胀量为 0.475~0.630mm,膨胀量小于原工艺马氏体淬火件。

表 1 贝氏体等温淬火后的畸变量(mm)

Table 1 Distortion of the austempered bearings(mm)

序号	等温淬火前 外径尺寸偏差	平均	等温淬火后 外径尺寸偏差	平均	平均膨胀量
01	+0.37~+0.48	+0.425	+0.81~+0.99	+0.900	+0.475
02	+0.40~+0.44	+0.420	+0.78~+1.09	+0.935	+0.515
03	+0.38~+0.44	+0.395	+0.80~+1.05	+0.925	+0.530
04	+0.44~+0.42	+0.430	+1.04~+1.08	+1.060	+0.630

(4) 残余应力与残留奥氏体 残余应力与残留奥氏体测试结果表明,轴承零件等温淬火后,表面呈压应力状态,达-1100MPa 左右,对提高轴承寿命非常有

# 大型设备电加热法整体热处理

贺智民(中国石化集团第四建设公司 金属结构厂,天津 300270)

## Bulk Heat Treatment of Large-Scale Equipment with Electric Heating Method

HE Zhi-min(Metals Structure Works of the Fourth Construction Company of SINOPEC, Tianjin 300270, China)

中图分类号: TG155.1 文献标识码: B 文章编号: 0254-6051(2004)09-0068-02

大型化工设备或压力容器的整体热处理可分为炉内整体热处理和炉外整体热处理两大类。前者需要比较大的加热炉窑,且炉窑尺寸固定不变;后者采用在被处理的设备内部放置加热组件,外部包覆保温材料,但热处理效果不如前者。

我公司研制开发的组装式电阻炉,可根据热处理工件大小改变炉体尺寸且可任意拆迁,解决了大型设备因无法装入炉子或无法运输而不能进行炉内整体热处理这一难题,实现了大型设备现场整体热处理。利用该套技术已对长岭、武汉、锦州等炼油厂的焦炭塔(主体材质 15CrMoR+0Cr13Al)、惠州华德公司的  $1 \times 10^5 \text{ m}^3$  原油储罐及其它大型容器进行了分段整体热处理。经硬度及焊接试板力学性能检验,完全符合设计要求和规范,并得到了有关部门的认可。现以张家口巴克一杜尔换热器有限公司的两台除氧器的炉内整体热处理为例,将该电阻炉的情况简述如下。

### 1 热处理工件介绍

张家口巴克一杜尔换热器有限公司两台除氧器外形尺寸为  $\phi 4060 \text{ mm} \times 19430 \text{ mm}$ ,高度为 4500mm,壳体厚度 30mm,材质为 16MnR 钢板,单台重量约为 75t。考虑到运输问题,决定在施工现场进行焊后消除应力热处理。

### 2 热处理设备

(1) 热处理炉的搭设 组装式电阻炉是由单块

炉体板采用专用卡扣拼装而成。每块炉体板的尺寸为  $1500 \text{ mm} \times 920 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚)。根据除氧器规格,炉体尺寸设计为:  $19870 \text{ mm} \times 4720 \text{ mm} \times 4600 \text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

炉底铺设:在制造车间水泥地面上铺设两层硅酸铝耐火纤维毡(两层厚度为 100mm)作为保温层。保温层的接头处应错开 150mm 铺设,以避免热量流失。炉体在保温层上拼装。

(2) 加热器及热电偶的布置 根据工件重量及炉膛大小计算出热处理所需电功率为 1700kW。选用 HRD 型远红外电阻带式加热器,主要技术参数为:电压 220V,功率 10kW,外形尺寸:  $1000 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$ 。所需加热器数量为 170 块。加热器在炉内布置得合适与否,直接影响炉温的均匀性,从而影响工件的加热质量。将加热器分 3 层挂在炉体内壁上。沿炉体长度方向每侧挂 68 块,宽度方向每侧挂 17 块。加热器具体分布见图 1。8 支热电偶沿除氧器 1/2 高度处均匀分布在其外表面上,长度方向每侧 3 支,两端封头各 1 支。焊接试板固定于除氧器上同炉热处理。热电偶分布见图 2。

(3) 控温设备 采用 DWK-C 型计算机温控仪自动控温,并自动打印出控温曲线。共需要 5 台计算机温控仪,每台温控仪最大功率为 360kW。

### 3 热处理工艺

热处理工艺曲线如图 3 所示。400℃ 以下不控制升温 and 降温速度。升降温过程中要求各热电偶之间的温差不大于 80℃。

作者简介:贺智民(1966.03—),男,湖南邵东人,工程师,学士,主要从事热处理工艺及设备的研究与生产。联系电话:022-63862647 E-mail:hezhimin6603@163.com

收稿日期:2004-05-12

益;残留奥氏体量 $<5\%$ (vol),有利于提高轴承零件的尺寸稳定性和精度。

(5) 软点及裂纹检查 套圈经贝氏体淬火,喷砂处理后,经酸洗检查,没有发现质量问题。

### 3 结语

(1) 利用经试验后确定的贝氏体等温淬火工艺,对轴承套圈进行贝氏体等温淬火处理后,对其硬度、金相组织、残余应力、畸变等的检测表明,各项指标都优于马氏体轴承。

(2) 在该生产线上已经生产了 10 万套铁路提速客车贝氏体轴承,经装车使用证明各项指标都达到了要求。经 3 年多的运行表明,轴承套圈贝氏体等温淬火生产线设计合理,自动化程度高,运行可靠,质量稳定。

参考文献:

- [1] 张增岐,等. 贝氏体等温淬火及其在轴承上的应用[J]. 材料热处理学报,2002,23(1):57-61.
- [2] 刘耀中,等. 我国轴承热处理设备的发展与“十五”需求[J]. 金属热处理,2003,28(1):15-19.