

表面处理技术产生残余拉应力和裂纹的机理进行深入研究并提出具体解决方案。

(2) 加强对等离子表面处理工艺参数、材料性能以及表面状况等对处理后表面层性能影响的研究,探索最优化工艺参数,发展成熟设备与工艺。

(3) 材料在远离平衡的状态下,其微观组织结构形成、演化机理及规律研究。

(4) 发展等离子表面处理质量的在线监控技术。

参考文献:

- [1] 赵文珍. 材料表面工程导论[M]. 西安:西安交通大学出版社,1998:10-12.
- [2] Saunders S R J, Nicholls J R. Coatings and surface treatment for high temperature oxidation resistance[J]. Mater. Sci. Technol, 1985, (5): 780-805.
- [3] 金佑民, 樊友三. 低温等离子体物理基础[M]. 北京:清华大学出版社,1983:20-26.
- [4] 黄拿灿, 王桂棠, 胡社军, 等. 等离子表面改性技术及其在模具中的应用[J]. 金属热处理, 1998, 23(7): 30-33.
- [5] Mattox Donald M. Ion plating past, present and future[J]. Surface and Coatings Technology, 2000, 133-134: 517-521.
- [6] 徐新乐. 多弧离子镀技术的发展及应用[J]. 新技术新工艺, 1995, (6): 42-43.
- [7] Li Sheng, Wang Yukui, Wu Enxi, et al. Microstructures and mechanical properties of Ti(C,N) film deposited by PEMSIP[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 1999, 9(2): 347-351.
- [8] 夏立芳. 材料的等离子体基离子注入表面改性[J]. 材料热处理学报, 2001, 22(1): 42-45.
- [9] 汤宝寅, 王松雁, 曾照明, 等. 9Cr18 轴承钢的金属离子加

氮离子复合注入处理新工艺[J]. 中国表面工程, 2000, 13(4): 24-28.

- [10] Sudarshan T S, 范玉殿译. 表面改性技术工程师指南[M]. 北京:清华大学出版社, 1992: 297.
- [11] 刘如伟, 等. 1986~1995年国内外离子轰击表面化学热处理文献分布分析[J]. 表面技术, 1996(5): 1-4.
- [12] 古良伟. 铝型材挤压模具氮化处理的几个问题的研究[J]. 模具技术, 1997, (5): 22-27.
- [13] 赵力东, Erich L, 李新. 热喷涂技术的新发展[J]. 中国表面工程, 2003, (3): 5-7.
- [14] 张东辉, 郝勇超. 国内外等离子喷涂设备现状及发展趋势[J]. 航空制造技术, 2003, 7(1): 23-24.
- [15] 师昌绪, 徐滨士, 张平, 等. 21世纪表面工程的发展趋势[J]. 中国表面工程, 2001, 14(1): 2-7.
- [16] Guilemany J M, Fernandez J, Delgado J, et al. Effects of thickness coating on the electrochemical behaviour of thermal spray Cr₃C₂-NiCr coatings[J]. Surface and Coatings Technology, 2002, 153: 107-113.
- [17] 李惠琪, 李惠东, 吴玉萍, 等. 气缸套等离子多元共渗[J]. 金属热处理, 1998, (23) 25-26.
- [18] 吴玉萍, 李惠琪. 常压弧光等离子体 B-Si-Re 三元共渗研究[J]. 机械工程材料, 2000, 24(8): 22-24.
- [19] Gerasimov M V, Nikolaev V A, Scherbakov A N. Microplasma oxidation of metals and alloys[J]. Metallurgist, 1994, 38(7-8): 179.
- [20] 宋希剑, 秦东. 铸造高硅铝合金表面微弧氧化陶瓷涂层的耐磨性[J]. 材料保护, 2000, 33(4): 51-52.
- [21] 张欣宇, 石玉龙. 等离子体微弧氧化技术及其应用[J]. 青岛化工学院学报, 2002, 23(1): 69-73.

国内外轴承热处理装备现状及展望

张 伟(洛阳工业高等专科学校 材料系, 河南 洛阳 471003)

摘要:论述了国内外轴承零件退火、淬火回火、渗碳和感应加热等热处理装备的开发、应用现状和成果,提出了国内轴承热处理装备技术水平与工业发达国家之间的差距以及国内外轴承热处理装备今后的发展趋势。

关键词:退火;淬火回火;渗碳;感应加热;现状;差距;趋势

中图分类号: TG162. 71 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-6051(2004)07-0009-05

Current Situation and Prospects of Bearing Heat Treatment Equipment at Home and Abroad

ZHANG Wei (Department of Materials Engineering, Luoyang College of Technology, Luoyang Henan 471003, China)

Abstract: The development and current application situation as well as achievements of heat treatment equipment in annealing, quenching and tempering, carburization and induction heating of bearing parts at home and abroad were discussed. The gap between China and the developed industrial countries in this field was pointed out, and the future developing trend of bearing heat treatment equipments at home and abroad was also described.

Key words: annealing; quenching and tempering; carburization; induction heating; present situation; gap; trend

轴承生产属大规模批量生产,其热处理装备应具有自动化连续作业的特点。国外轴承热处理装备经过数十年的发展,已普遍采用自动化程度高、可控气氛加热、自动模压淬火、自动测量畸变分选等先进设备,而

我国的轴承热处理装备在 20 世纪 80 年代以前绝大多数是前苏联生产的老设备,自动化程度低,密封性差,不能实现保护加热,工艺性差;热效率低,环境污染严重。为改变热处理装备落后的状况,自“六五”以来,行业内分别采用引进、消化吸收和自主开发相结合的办法,新增和改造成功了大量具有国际 20 世纪 80 年代水平的热处理装备,使我国轴承热处理装备水平明显提高,但与工业发达国家相比,仍有较大差距。

1 工业发达国家轴承热处理装备应用现状

目前,工业发达国家的热处理装备已普遍采用微机控制的自动化生产线,其中 95% 以上的淬火炉、退火炉、渗碳炉等已实现可控气氛加热,模压淬火、等温淬火、分级淬火等设备已普遍采用,淬火炉的热效率 > 55%,工件平均能耗 < 450kW·h/t,微机控制技术已广泛应用于热处理的程序控制、数据存贮和管理等方面^[1~6]。总体发展趋势是洁净热处理、精密热处理、节能热处理、少氧化热处理和自动化热处理等^[5~8]。

1.1 轴承毛坯退火设备

工业发达国家的轴承毛坯退火技术是随着节能、节材和毛坯精锻技术的发展而发展的。由于锻坯精度的提高,毛坯尺寸留量下降,普通退火技术已不能满足要求,因此已研究开发并普遍采用了保护气氛等温球化退火工艺和设备。如日本的 NTN 和 NSK、瑞典 SKF、原西德 FAG 等轴承生产集团都采用效率极高的保护气氛辊底式连续等温退火炉,个别厂家采用保护气氛双层辊底式或推杆式等温退火炉,其主要特点是保温区和等温区温度均匀性好(± 5),退火周期比连续退火(24h)缩短一半以上,能耗减少 50%,毛坯退火后基本无氧化脱碳层(0.03mm),组织为球化组织,硬度均匀性好(同批硬度散差 1.5HRB,同件硬度差 0.5HRB),设备的传动系统、温控、气氛均由计算机控制,自动化程度高^[1,2,4~6]。此外,感应加热快速球化退火炉及超声波退火设备在工业发达国家也应用较广。

1.2 轴承零件淬火回火设备

轴承零件的淬火回火是轴承热处理的关键工序,各国都非常重视淬火回火设备的更新改造。到目前为

止,工业发达国家除单件大型轴承零件的淬火回火外,已全部采用自动化程度较高的可控气氛生产线,实现自动上料、淬火前后自动清洗、烘干和回火,并根据产品质量的不同要求,采用模压、等温和分级淬火设备,配备有自动测量畸变或尺寸选别机和金相组织、硬度自动检测仪^[3~6]。炉型主要是网带炉、铸链炉、辊底炉、滚筒炉和震底炉等生产线,其特点是:温度均匀性好,淬火炉 ± 10 ,回火炉 ± 6 ;热效率高,淬火炉为 55%~78%,回火炉为 35%~60%;炉壳温升小,淬火炉 45,回火炉 30;能耗低,淬火炉为 200kW·h/t~400kW·h/t,回火炉为 100kW·h/t~190kW·h/t;淬火后工件氧化脱碳层少(0.03mm);采用模压淬火、等温淬火和分级淬火后工件畸变小,一般 0.2mm;表面颜色光洁均匀。

1.3 轴承零件的渗碳热处理设备

大批量生产的中小型轴承套圈多数采用震底炉或网带炉生产线渗碳,大中型轴承套圈采用推杆式炉、辊底炉生产线渗碳;中批量、多品种套圈一般在真空炉或多用炉生产线渗碳;大型或特大型套圈在大型井式气体渗碳炉上渗碳;精密轴承零件采用真空炉处理;碳氮共渗在震底炉或无马弗网带炉生产线上进行^[2~6]。所用渗碳气氛多为吸热式气氛、氨基气氛或直生式气氛。无论是连续式还是周期式渗碳炉,其程序、温度、气氛碳势均采用可编程序逻辑控制器(PLC)配合计算机进行管理,炉温采用 PID 调节,气氛采用氧势调节、露点调节或多参数调节仪调节。渗碳件碳含量控制精度达 $\pm 0.05\%$ C,渗碳层深度控制精度达 $\pm 0.1\text{mm}$ ^[4~6]。

对于易畸变套圈的渗碳淬火,多采用压模淬火(3~4 工位,自动化)或垂直升降淬火,油温可控,使套圈畸变量比普通渗碳淬火减小 1/3~1/2^[4,6]。

1.4 轴承零件感应加热设备

原西德 FAG 公司、前苏联的部分轴承厂等采用感应加热设备对 $\phi 12.7\text{mm} \sim \phi 44.24\text{mm}$ 的钢球、 $\phi 15\text{mm} \sim \phi 21\text{mm}$ 的滚子和 $< \phi 150\text{mm}$ 的套圈进行中频感应加热。日本 NTN 株式会社的某些套圈采用中频感应快速加热,然后进入输送带炉中保温。感应加热生产线一般由自动上料机构、导向机构、感应淬火炉、淬火油槽、喷淋式清洗机和感应回火炉等组成,自动化程度高,加热时间可缩短 2/3,节能 50% 以上^[4,6,10]。

2 我国轴承热处理装备应用现状

2.1 轴承毛坯退火设备

近几年,国内轴承毛坯退火设备开发和更新改造相当迅速,已成功开发推杆式等温球化退火炉系列化产品并在行业推广应用,原有的推杆式普通球化退火

作者简介:张 伟(1957—),男,河南济源人,高级工程师,西安理工大学博士研究生,主要从事轴承材料及热处理工艺装备研究开发工作,已发表论文 14 篇。联系电话:0379-4909996 E-mail:weizhang57@yahoo.com.cn

收稿日期:2004-03-11

炉通过在等温区末段加上强冷降温装置,已有 70% 改为等温球化退火,使退火周期缩短 50%,热效率提高 40% 以上,退火件合格率提高 20%^[9~12]。目前大中型轴承厂多采用这类设备,代表着国内先进水平。中小型轴承厂目前仍以箱式、台车式、井式、罩式电炉作为退火主要设备。

杭州某电炉厂最近又开发了油(气)-电复合加热辊底式退火炉,该炉型前期用油(气)火焰快速加热,中后期保温或等温段电加热,克服了推杆炉前期升温慢,周期长,能耗大,工件氧化脱碳严重的缺点,节电 12%~39%,很有推广价值^[13]。韶关精锻厂和大连钢厂分别采用引进和中外合作各制造了一台具有国际 20 世纪 80 年代先进水平的氮保护辊棒式连续等温退火炉,不仅退火周期缩短 50%,能耗小,炉温均匀性 $\pm 5^\circ\text{C}$,硬度均匀性好,而且实现了无氧化脱碳退火,设备的传动系统、温控、气氛均由计算机控制,自动化和控制精度高。

2.2 电阻炉淬火回火设备

自 1985 年以来,行业先后引进了 60 多台(条)热处理生产线,如保护气氛铸链炉、滚筒炉、辊底炉生产线等。这些设备自动化程度高,结构合理,密封性好,

能耗低,可实现保护加热。这些设备的引进,使热处理装备水平上了新的台阶。如洛阳轴承厂引进的保护气氛辊底炉淬火回火生产线采用轻质组合炉衬,散热损失小;工件直接摆放在辊棒上加热,无需反复加热冷却的料盘(筐),能耗低;采用升降台式淬火,比普通淬火畸变量减少 1/3~1/2;淬火工件氧化脱碳层 0.03mm^[14]。

轴承行业在引进国外先进设备的同时,也引进了部分先进技术,以加快引进设备的国产化工作。目前,铸链式、网带式、震底式、滚筒式保护气氛加热淬火回火等生产线已开发成功并在行业内逐步推广应用。工件淬火后氧化脱碳层由原来的 0.06mm~0.10mm 降到 0.03mm 以下,硬度差由原来的同批 2HRC 降到 1.5HRC,同件 1.5HRC 降到 1HRC,可压缩磨削留量 1/3~1/2,提高磨工效率 15%~22%^[9,14~17]。到目前为止,行业内已拥有保护气氛热处理生产线 160 余台(条),保护气氛覆盖面已达 40% 以上。大中型轴承厂多采用这类设备,中小型轴承厂目前仍以箱式、井式炉作为淬火回火主要设备。新增设备与原有老设备主要性能对比见表 1。由表 1 可以看出,新增设备的炉内温差、炉壳温升和用电单耗都明显低于原有设备。

表 1 新增设备与原有老设备主要性能对比

Table 1 The main specifications of newly introduced equipments comparing with the original old equipment

原有设备	功率/kW	炉内温差/	炉壳温升/	可比单耗/kW h/t	新进设备	功率/kW	炉内温差/	炉壳温升/	可比单耗/kW h/t
输送带炉	220	± 15	65	435.5	铸链炉	154	± 10.0	50	289.5
鼓形炉	70	± 13	61	420.7	马弗炉	162.5	± 8.5	42	381.1
鼓形炉	30	± 12	60	395.3	滚筒炉	60	± 9.0	40	317.3
辊底炉	220	± 14	57	363.1	辊底炉	232.2	± 10.0	50	272.4
推杆式炉	140	± 12	58	768.3	推盘炉	240	± 9.0	52	380.1

2.3 轴承零件渗碳设备

近几年,部分轴承厂已将计算机应用于渗碳控制,使温度、时间、碳势保持最优的工艺条件,返修率下降近 40%,渗碳周期缩短 35% 以上,节电 30%~50%^[9,10]。同时,个别轴承厂还从国外引进或国内购置了推杆炉、震底炉、滚筒炉或多用炉渗碳淬火回火生产线等。如西北轴承厂、襄樊轴承厂等单位引进的推盘式渗碳淬火回火生产线和多用炉渗碳淬火回火生产线,其特点是工艺、气氛、传动系统均由计算机控制,设备运行稳定可靠,故障率低,生产效率高。推盘炉线采用 3 工位自动化压模淬火,压模淬火铁路货车轴承,其畸变控制在 $< 0.15\text{mm}$ 。多用炉线采用工件垂直升降、淬火油温可控、改善油循环等措施,使套圈畸变量比普通淬火减少 30%~50%^[9,18]。

2.4 感应加热淬火回火设备

洛阳轴承厂早在 20 世纪 60 年代就与机械科学研

究院、洛阳轴承研究所等单位合作,成功开发出 308 轴承套圈中频感应加热淬火、工频回火自动线,并稳定运行至今 30 年无大修。与电阻炉相比,生产能力可提高 3 倍,节电 50% 左右,工件淬火后氧化脱碳层 $< 0.06\text{mm}$,畸变量减少 30%~70%^[9~10]。但由于感应加热设备一次性投资大,影响了它的推广应用。近几年行业内虽也开发成功了铁路轴承套圈中频感应加热等温淬火生产线和半自动压模淬火生产线等^[19~20],但推广应用进展缓慢。

2.5 模压淬火设备

轴承套圈的淬火畸变是影响热处理产品质量的重要因素之一。为减少淬火畸变,国内轴承行业已成功开发了与中频感应加热炉和辊底炉生产线配套的半自动模压淬火设备,同时,个别厂还引进了少量辊底炉、推盘炉压模淬火生产线,淬火后套圈畸变量可减少 30%~50%,磨削留量可减少 1/3~1/2,磨工效率可

提高 30% 以上^[9,10,18]。如哈尔滨轴承厂引进的保护气氛辊棒炉模压淬火回火生产线,适合生产 $\phi 150\text{mm} \sim \phi 500\text{mm}$ 的套圈。全过程动作、温控、气氛控制均由计算机控制。不同产品可更换相应的模具,基本无氧化脱碳,畸变量 $< 0.15\text{mm}$ 。运行稳定可靠。但目前国内压模淬火设备还很少,只在少数引进线和大型渗碳轴承淬火时采用。

2.6 贝氏低等温淬火工艺及设备

采用贝氏体淬火是提高受冲击载荷条件下工作的铁路、轧机、冶金、矿山等轴承寿命的有效途径,已被国内外所公认。国内从 20 世纪 80 年代初开始研究贝氏体淬火技术,目前铁路客车轴承的贝氏体淬火工艺及周期式盐浴等温淬火设备已研制成功并推广应用。哈尔滨、瓦房店、洛阳及浦镇等轴承厂购置了转底炉贝氏体等温淬火生产线,其主要特点是无需反复加热冷却的料盘(筐),工件转移全靠机械手自动操作;炉底可正反转、速度可调;淬火平台可上下调整升降。全线运行、温控、气控、故障报警、管理系统等全部采用计算机控制,运行稳定可靠。贝氏体淬火后,工件氧化脱碳层 $< 0.04\text{mm}$,畸变量减少 30% ~ 50%,尺寸稳定性好,表面形成残余压应力,不易产生磨削裂纹,轴承寿命提高 30% ~ 70%^[21~23]。

3 国内外轴承热处理装备水平分析

国内轴承热处理装备经十多年的研究开发和更新改造,整体水平上了新的台阶,但与工业发达国家相比,其差距仍然较大。国内轴承热处理装备落后主要体现在:机械化和自动程度低,工人劳动强度大;炉子密封性差,很少能实现可控气氛加热,淬火工件氧化脱碳严重;淬火系统落后,升降台淬火、模压淬火很少采用,淬火后套圈畸变大;淬火后多数无二次冷却,工件淬火后残留奥氏体含量多,尺寸稳定性差;淬火炉和淬火油槽结构不合理,淬火工件磕碰严重;普遍采用一段式清洗机,工件清洗效果差,加热时易产生油烟,空气污染大;淬火炉和回火炉保温性差,热效率低,能耗大。加热元件布置不合理,炉温均匀性差;淬火油温多数不可调节,淬火工件质量不稳定;

电控、温控和气控系统落后,很少采用微机、可编程序控制器和可控硅 PID 调节技术,控制精度低,设备故障率高。

4 国内外轴承热处理装备发展趋势

随着国内外轴承工业的发展,对轴承零件热处理及其装备水平的要求越来越高,热处理装备的更新换代日益加快。综观国内外轴承热处理装备技术的发展

趋势,主要体现在清洁热处理、精密热处理、节能热处理、少无氧化热处理和机械化、自动化热处理等方面^[6~8,24~26]。

4.1 清洁热处理

淬火回火前后采用冷、热、烘干 3 段式清洗机,提高工件清洗效果,减少加热时油烟的污染,清洗机增设油水分离装置,及时回收废油,减少清洗液的排放污染;淬火槽增设油搅拌装置,使淬火时油烟的蒸发降到最低限度;采用氨基气氛或其他气氛,使其充分燃烧,减少废气污染。

4.2 精密热处理

提高炉温、炉气均匀性,减少淬火件硬度差,稳定热处理产品质量;采用升降台淬火、模压淬火,分级或等温淬火,减少套圈的淬火畸变;采用 PC 机、可编程序控制器及可控硅 PID 调节技术以及氧势调节仪、露点调节仪或多参数调节仪,提高热处理设备的动作、温度和气氛控制精度,提高产品质量;开发推广自动测量畸变或尺寸选别机和金相组织、硬度自动检测仪,实现在线控制,稳定产品质量。

4.3 节能热处理

提高炉子的保温性和密封性,提高热效率,降低单耗;合理选择炉型,推广节能炉型结构;充分利用余热,减少能源消耗。

4.4 少无氧化热处理

实现炉内气氛可控化,推广可控气氛热处理;推广真空热处理技术,尤其是低压渗碳、离子渗碳和高压气淬技术。

4.5 机械化、自动化热处理

开发推广热处理生产线,提高自动化程度;开发技术先进、质量稳定的基础件,满足热处理设备自动化的需要,提高设备运行的稳定性和可靠性;采用 PC 机、可编程序控制器及可控硅 PID 调节技术,实现动作、温度和碳势的自动控制。

5 结语

国外轴承热处理装备通过不断的开发、更新和改造,已基本实现机械化、自动化热处理、清洁热处理、精密热处理、节能热处理和少无氧化热处理。而国内轴承热处理装备技术水平近几年虽有较大提高,但全行业发展很不平衡,中大型企业装备水平较高,而小企业仍比较落后,与工业发达国家的差距仍然较大,可以说,当前国内轴承热处理装备现状是先进与落后并存,但整体水平是落后的,仍需全行业共同努力,加快新装备的开发应用步伐,以满足轴承生产的需要。

参考文献:

- [1] 戎宗义. 国内外加热炉和热处理炉的现状和节能技术[J]. 特殊钢, 1999, 20(5): 35-39.
- [2] 樊东黎. 欧洲热处理技术现状[J]. 真空, 2002, 28(12): 21-28.
- [3] 高桥庸夫. 日本热处理装备的发展动向[J]. 热处理, 2000, 15(3): 25-29.
- [4] 机电部轴承科技情报网. 机电部基础产品司访日轴承研修团研修报告[R]. 洛阳: 1991: 9-45.
- [5] 樊东黎. 对美国和日本进行热处理专业化生产考察的梗概[J]. 金属热处理, 1999, 24(8): 37-40.
- [6] 王振华, 等. 国内外轴承热处理装备概况及发展方向[J]. 轴承工厂设计, 1990, 12(1): 43-46.
- [7] Heat Treating Society, ASM International. Report of the Heat-treating Technology Roadmap Workshop [R]. Materials Park, Ohio, April 1997.
- [8] ASM Heat treating Society's 1999 Research & Development plan[R]. Materials Park, Ohio, June 1998.
- [9] 张伟. 我国轴承热处理装备现状和展望[A]. 中国机械工程学会热处理分会第七次全国热处理大会论文集[C]. 北京: 中国机械工程学会热处理分会, 1999, 394-400.
- [10] 杨乃文. 轴承热处理节能[A]. 中国轴承协会材料热处理分会第二届年会论文集[C]. 洛阳: 中国轴承协会材料热处理分会, 1994, 278-285.
- [11] 刘平安. RJ T-345 推杆式退火炉的设计[J]. 工业加热, 1996, (2): 44-46.
- [12] 任凤章, 等. 连续退火炉的改造与工艺调试[J]. 轴承, 2000, (4): 17-18.
- [13] 韩志根, 等. 辊底式快速等温球化连续退火炉及其工艺[J]. 轴承, 2002, (3): 20-21.
- [14] 刘廷文, 等. 铸链炉、辊底炉生产线技术总结报告[R]. 洛阳: 洛阳轴承厂, 1989.
- [15] 彭安中, 等. 悬臂滚筒炉热处理生产线的设计与开发[J]. 轴承, 1994, (10): 35-38.
- [16] 高春福. 滚筒炉热处理生产线结构和热处理工艺[A]. 中国轴承协会材料热处理分会第一届热处理设备年会论文集[C]. 洛阳: 中国轴承协会材料热处理分会, 1990, 10.
- [17] 杨继淳. 氨基气氛铸链炉热处理生产线[A]. 中国轴承协会材料热处理分会第二届年会论文集[C]. 洛阳: 中国轴承协会材料热处理分会, 1994, 301-313.
- [18] 王振化, 等. 轴承行业引进国外热处理设备概况[A]. 中国轴承协会材料热处理分会第三届轴承热处理年会论文集[C]. 洛阳: 中国轴承协会材料热处理分会, 1997: 132-151.
- [19] 宋光顺, 等. 铁路客车轴承套圈中频感应加热等温淬火生产线[J]. 轴承, 2002, (5): 12-15.
- [20] 杜素梅. 简易贝氏体等温淬火生产线[J]. 轴承, 2002, (7): 21-22.
- [21] 费明节. 贝氏体等温淬火生产线在轴承套圈上的应用[J]. 金属热处理, 2001, 26(10): 30-32.
- [22] 江涛, 等. GCr15 钢贝氏体淬火及其在铁路轴承上的应用[J]. 轴承, 1994, (4): 12-15.
- [23] 张增歧, 等. 高碳铬轴承钢贝氏体等温淬火[J]. 材料热处理学报, 2002, 23(1): 57-60.
- [24] FAN Dong-Li. Present Situation and Prospect of Heat Treatment in China [R]. Technical Report in First Asian Symposium for Heat Treatment, Beijing: Chinese Heat treating Society, 1998.
- [25] 樊东黎. 先进热处理生产技术的重点发展领域[J]. 金属热处理, 2001, 26(9): 5-9.
- [26] 范崇慧, 等. 轴承工业热处理工艺装备“九五”发展 2010 年远景目标纲要[R]. 洛阳: 中国轴承协会材料热处理分会, 1997: 1-15.

我国热镀锌机组连续退火技术的现状与展望

边 军, 张福波, 刘相华, 王国栋 (东北大学 轧制技术及连轧自动化国家重点实验室, 辽宁 沈阳 110004)

摘要: 阐述了热镀锌机组连续退火技术的历史、现状及发展。通过我国目前几大热镀锌机组的生产情况与国外先进水平的对比分析, 找出了差距, 总结出了选择热镀锌的连续退火炉必须从多方面考虑, 以适应市场需求。

关键词: 热镀锌; 连续退火; 工艺; 设备

中图分类号: TG174. 443 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-6051(2004)07-0013-04

Continuous Annealing Technology for Hot-dip Galvanization in China

BIAN Jun, ZHANG Fu-bo, LIU Xiang-hua, WANG Guo-dong

(State Key Laboratory of Rolling and Automation, Northeastern University, Shenyang Liaoning 110004, China)

Abstract: The history, present situation and development of hot-dip galvanizing annealing system were presented. By comparison of the production situation in some large steelworks at home with the advanced technology abroad, gaps between them seem to be obvious. It is necessary for selecting the continuous annealing furnace for galvanizing from various aspects so as to meet the market demands.

Key words: hot-dip galvanizing; continuous annealing; process; equipment