

环保型轴承钢球淬火油槽温度调节系统的设计

王力, 张盼盼

滕州中华源金属有限公司 山东滕州 277599

摘要: 热处理工艺中淬火冷却介质的冷却性能直接决定了工件的内在质量, 控制着零件的变形程度。淬火冷却介质的温度控制多以被动式方式处理, 或加装冷却塔来降温, 采用冷却塔式又因噪声大常常难以满足环保要求, 因此设计一款环保型低噪声的淬火油槽淬火油温度控制系统用于控制淬火油温度, 对减少油气挥发, 减小原有设备噪声, 解决距居民区较近企业因噪声而产生不利于企业发展的问題就显得十分必要。

关键词: 钢球; 淬火油槽; 温度控制; 环保节能

The design of environmental protection bearing steel ball quenching oil tank temperature control system

WANG Li, ZHANG Panpan

Tengzhou China Source Metal Co., Ltd., Tengzhou 277599, Shandong, China

Abstract: In heat treatment processes, the cooling performance of the quenching medium directly determines the internal quality of the workpiece and controls the degree of deformation of the parts. The temperature control of quenching media is often handled passively or by installing cooling towers for temperature reduction. However, cooling towers frequently fail to meet environmental requirements due to their high noise levels. Therefore, it is essential to design an environmentally friendly, low-noise quenching oil temperature control system for quenching oil tanks. This system aims to regulate the temperature of the quenching oil, reduce oil vapor emissions, decrease the noise of existing equipment, and address the challenges faced by businesses located near residential areas due to noise, which can adversely affect their operations.

Keywords: steel ball; quenching oil tank; temperature control; environmental protection

1 序言

热处理工艺是各种机械产品制造的一个重要技术环节, 热处理工件质量的优劣直接关系到各类机械产品的使用性能及寿命。热处理工艺过程中的加热与冷却同等重要, 而以往只是片面强调对加热过程的控制。近年来, 通过监测生产全过程质量控制, 逐渐认识到对加热后淬火冷却介质冷却特性的

控制, 对于保证工件的内在质量和控制零件变形具有同等重要的作用^[1]。

很多企业采用单一淬火油经油泵将底部热油吸出, 再从顶部流入淬火槽降温的方式来控制淬火冷却介质的温度(见图1), 或者加冷却水管环形分布在淬火油槽内, 循环冷水降温, 但在实际生产应用过程中效果并不理想; 而采用冷却塔降温效果好,

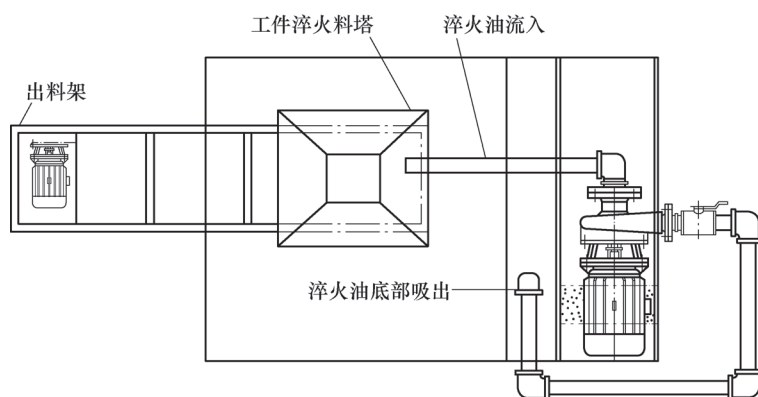


图1 原轴承钢球淬火油槽结构

但在人口密集且非工业区内又因噪声而影响周围环境。现在因城市的发展即城镇化进程的加快，很多原先非居住区逐渐变为居住区，给原有的企业带来了很大的环保压力。因此，设计一个实用的、有效的且利于环境的（主要是噪声污染）淬火冷却介质温度调节系统，对一些因社会发展而暂时不能迁移入园的企业起到了很好的过渡作用。

2 温度调节系统设计要求

淬火工序是将工件加热到指定的相变温度区域内保温后，通过淬火冷却介质快速冷却，使工件获得使用要求的硬度和强度^[2]。而淬火冷却介质的冷却性能直接影响工件冷却相变过程和工件冷却后生成的组织，从而影响工件的使用性能。连续生产后，淬火冷却介质在工件淬火过程中吸收了大量的热能，致使淬火冷却介质的温度逐渐升高，如果控制不当，则不仅使工件淬火质量下降，还能因其温度过高而产生热蒸汽，不利于环保甚至因温度过高存在起火的安全隐患。在设备长时间运行后，产生大量热量传递给淬火油，造成淬火油温度升高，淬火油浓度变稀，使淬火油蒸发速度越来越快，导致淬火油损耗加大，淬火效果变差^[3, 4]。同时，淬火油长时间处于高温状态还会造成老化，使其淬火效能降低^[5]。因此，拥有一款实用、有效的淬火冷却介质温度调节系统是十分必要的。

在生产过程中，轴承钢球（GCr15）在淬火炉中加热到830~850℃，保温40~60min后进行快速淬火^[6]，工艺如图2所示。淬火冷却介质选用快速淬火油，淬火油温度控制在40~60℃，油温在此区间波动不超过5℃时，工件在入油淬火后具有较好的硬度和强度，产品的质量均匀度也较好。因此，如何

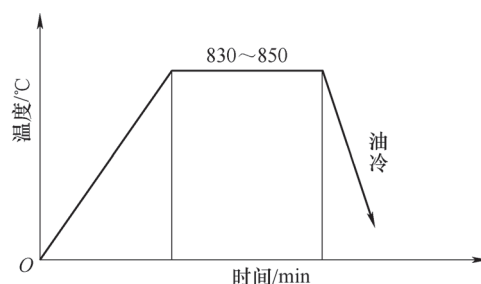


图2 快速淬火工艺

有效地控制淬火油在淬火过程中温度的升高，对工件质量的提升起到了重要的作用。

3 淬火油槽温度调节系统结构设计

为保证控温系统在工件淬火过程中对淬火油有效降温，使淬火油油温始终在最佳的工作温度40~60℃之间，使油槽上、中、下层油温波动≤5℃，以保证淬火时具有最佳的淬火效果，基于此，对原有淬火油槽进行改进，并增设了淬火油温度检测与控制、U形降温模块和降温水槽等结构，如图3所示。所设计的淬火油槽温度调节系统，增加了降温水槽及冷却水循环机构、油温检测控制系统和淬火油槽降温模块。淬火油槽加装外部循环降温模块，主要为降低水泵或油泵产生的噪声而设计，加装模块后，其对周围环境的影响完全能达到GB 3096—2008《声环境质量标准》的要求，即噪声<50dB。

3.1 淬火油槽结构的改进

工件在加热淬火时，油槽上部首先接触工件，温度较高，在入油过程中，由于工件体积和重量等不同，入油落底的速度也不同，所以油槽上、中、下部对降温淬火所吸收的热量也就不同^[3, 7]，而中部和底部淬火油的温度往往较高。根据实际使用中

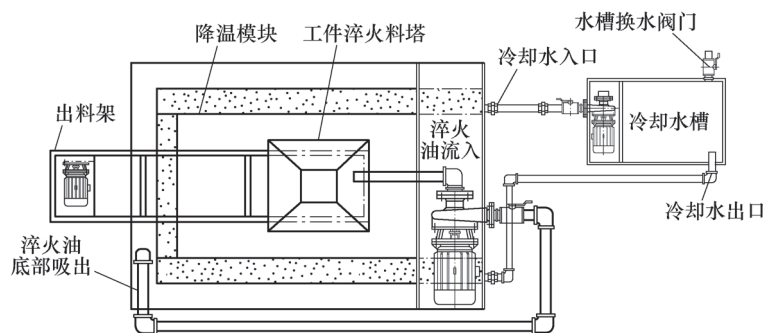


图3 改进后的淬火油槽温度调节系统结构

淬火油槽油温分布的特点，对淬火油槽结构进行优化设计。改进后油槽降温模块结构如图4所示。从图4可看出，改进后的油槽降温模块结构主要包括基本结构改进，淬火油槽增加U形板式水路降温模块，降温模块外接降温水槽，水槽里的冷水经泵循环流经降温模块；模块靠近槽体侧面加开流速调节孔，使油流过侧面降温模块降温，圆形调节孔口增加流速调节板，通过调节杆上下移动来调节圆孔的大小，从而调节淬火油流经降温模块的流量，以达到调节油温的目的，流速调节杆中部和下部单独调节，用以分别控制中部和下部的油温。油泵进油管设置在两侧隔离区底部，淬火油经油泵吸出流经降温模块降温后，在油槽顶部流入油槽淬火料塔。

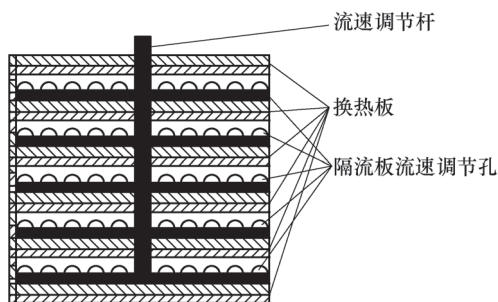


图4 油槽降温模块

3.2 外置循环降温水槽和淬火冷却介质温度检测系统

增加降温水槽，水槽冷却水连接到槽体降温模块，通过泵循环水流入起到降温的作用。油温检测与自动控制系统如图5所示，从图5可看出，在淬火油槽中部（SP1）和底部（SP2）分别增设油温检测装置，当油温升高到工艺控制温度之上时，主动开启水路循环，调节中部和下部侧面圆孔的淬火油流速调节杆，通过控制淬火油流经换热板的速度来进一步调节油温。

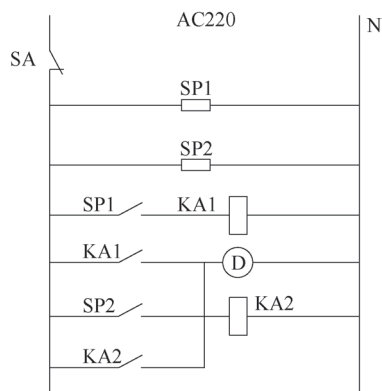


图5 油温检测与自动控制原理

4 分析与讨论

在生产过程中，对改进前后的淬火油槽从淬火冷却介质温度的均匀度、淬火过程中的噪声等方面进行了对比测试。设定的条件为：均使用公司生产90kW滚筒式淬火炉（见图6），在连续生产10炉直径为20mm的轴承钢球后进行测试，结果见表1。



图6 90kW滚筒式淬火炉

从表1的对比结果可知，本文所设计的温度调节系统具有降温 and 环保效果好、投入费用小、设备噪声低及不会给周围环境造成不利影响等优点。

表1 环保型淬火油槽温度控制系统与现有降温方式的对比

项 目		增加循环水降温	塔式风冷降温	环保型温度调节系统
费用/万元		2.0	3.5（设备购置成本）	5.0（设备购置和改造成本）
油槽淬火冷却介质 温度/℃	上部	50.8	47.5	45.2
	中部	58.1	50.2	46.5
	下部	65.5	53.1	48.3
油温均匀度（%）		77.5	89.5	93.6
使用噪声/dB		（1m处）37~45	（1m处）78~83	（1m处）39~46
不足		油温高低不能检测，淬 火后硬度波动范围较大	噪声较高，油在冷却过程 中容易吸入粉尘等而受到污 染	冷却水需经常更换，浪费水资 源

注：1. 因测试3种设备不是同一厂家使用的产品，且每家工艺也有些差别，所以测试的结果具有一定的参考作用。

2. 油温均匀度计算式为： $[1 - (\text{最大温度} - \text{最小温度}) / \text{最大温度}] \times 100\%$ 。

5 产品性能验证

将改进后淬火油槽在实际生产过程中使用所得的产品性能与传统方式的增加油槽储油量降温 and 冷却塔式风冷降温所得到的产品性能，从淬火后产品硬度和淬火效果上进行对比，具体数据见表2。从表2可知，本文提供的改进措施切实可行。

表2 产品检测数据对比

项 目	增加油槽容积 (3m³) 降温	塔式风冷降温	环保型温度 调节系统
产品直径/mm	20	20	20
硬度HRC	60~76	65~72	64~70
淬火效果	一般	均匀度较好	均匀度较好

6 结束语

本文设计的环保型淬火油槽、淬火油温度控制系统通过增加降温模块及温度检测配合外置冷却水循环机构，有效降低了淬火油温度升高，减少了油气挥发，降低了原有设备噪声高的不利因素，稳定了淬火油的淬火性能，具有操作简便、噪声低、性价比高和节能环保的特性，值得推广。

参考文献：

[1] 宋锴，陈志宏. 淬火介质冷却性能的测定方法[J]. 机械传动，2007（1）：86-89.
[2] 王小增，杨久红，曾辉. 大型轴承钢球热处理过程中瞬态温度和应力分布[J]. 热加工工艺，2012，41（20）：199-203.

[3] 何嘉生，鲍文铨. 螺旋板式换热器在淬火油池上的应用[J]. 金属热处理，1986（9）：58-59.
[4] 张克俭，聂晓霖，郝学志，等. PAG淬火液使用中的变化规律[J]. 金属热处理，1999（5）：41-43.
[5] 王忠诚，王东. 热处理常见缺陷分析与对策[M]. 2版. 北京：化学工业出版社，2012.
[6] 王秉铨，姜生远，王秋. 工业炉设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[7] 孙克钧，戚辉，李善文. 大型套圈淬火油槽冷却装置的改进[J]. 轴承，2010（1）：19-20.

MW 20241220

（上接第43页）

钛合金锻件组织及性能的影响[J]. 航空制造技术，2019，62（19）：47-52.
[12] 王宁，贾蔚菊，毛小南，等. 热处理对IMI834钛合金组织及拉伸性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程，2022，51（8）：3077-3088.
[13] 吴欢，赵永庆，葛鹏，等. β稳定元素对钛合金α强化行为的影响[J]. 稀有金属材料与工程，2012，41（5）：805-810.
[14] TORSTER F, ANDRES C, LÜTJERING G, et al. Correlation between texture and high temperature mechanical properties of the titanium alloy IMI 834[J]. Zeitschrift Fuer Metallkunde, 1999，90（3）：174-181.

MW 20241210