



中频加热温度闭环控制技术

西安海德信电气有限公司

(西安 710016)

徐 伟

中油管道防腐工程有限责任公司

(河北廊坊 102800)

张宏义 于宏波

在锻造、热处理、管道加热设备中,中频感应加热成套设备,以其加热速度快、无污染、易于控制等优点,成为许多工业生产厂家的首选设备,目前国内中频设备性能已接近国际先进水平。而加热设备温度控制技术,则与国际先进水平相距甚远,控温水平的落后,已成为制约产品质量的瓶颈,尤其在军品锻件、出口锻件生产中显得尤其突出。海德信电气有限公司在多年中频设备的开发、研究经验的基础上,致力于温控技术的攻关,针对锻造生产而建立的数学模型应用于最新推出的 HDX—XX 系列温度控制柜,已使温度闭环控制系统的开发取得突破。

1. 影响加热温度的主要因素

中频成套设备的出厂都有其完整的设计,如频率选择、功率、节拍计算等等,因此设备在正常工作情况下,生产的产品会有良好的一致性,而影响产品的因素(见图 1)主要有以下几方面:



图 1 影响加热温度的主要因素

(1) 仪表精度 在操作中,指针式表盘精度不高,刻度较大,即使同一人操作每次功率设定也会有偏差,如汽车连杆生产线采用 500kW 设备加热,人为设定功率即使有 2% 误差,从仪表指针上也很难察觉,而温度的偏差达到 24℃。

(2) 测温偏差 一般的锻造环境比较恶劣,对测温影响较大,如油烟、粉尘、氧化皮等。

(3) 设备调整 中频设备在长期使用中,会有参数偏离现象,尤其是中频补偿电容器,其补偿量会有所衰减,其结果是电压不变的情况下电流相对减小。

(4) 网压波动 电网电压波动,是产品质量不稳定最常见的原因,现场网压波动 5%,温度偏差将达到 60℃。

2. 温度闭环控制系统组成

温度闭环控制系统由微控器、中频数控单元、程序执行单元、测温单元 4 部分组成(见图 2)。

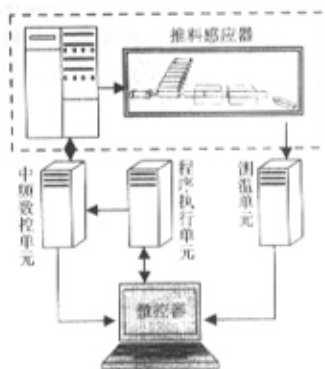


图 2 温度闭环控制系统组成

3. 温度闭环原理

工作原理是以工件规格、感应器功率、设定温度建立模型(见图 3),设定工艺参数,进行自我调节控温。所谓闭环,即当测得坯料实际温度高于设定范围时,中频电源将会自动降低输出功率;反之当温度低于设定范围时,电源将自动升高输出功率,使加热温度始终保持在规定的范围内,防止工件发生过热或温度不够现象。

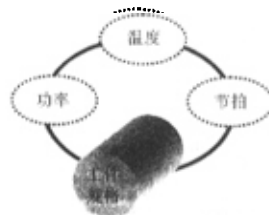


图 3 温度闭环模型

(下转第 43 页)



表 2 碳化物带状组织和液析组织的合格级别

类 别	碳化物带状组织	碳化物液析组织
≤30mm 退火材	2.5	1
>30~60mm 退火材	3	2
≤60mm 不退火材	3.5	2.5
>60mm 退火及不退火材	3.5	3

在许多失效分析的场所，碳化物带状组织及液析组织的危害是被大家所认同的。

非金属夹杂、碳化物带状组织及碳化物液析组织的更详细的说明、照片，都可以参考 YB9—1968 及有关文献。

4. 淬回火托氏体组织及网状碳化物的鉴别

淬回火托氏体组织的出现，在实际工作中比较罕见，对此没有多少经验提出。

网状碳化物的鉴别是标准中涉及的一个检测项目，其要点在于检测时应当在工件的横截面进行，同时，样品腐蚀时需要深些。检测可以放在淬回火马氏体检测完毕后直接加深腐蚀进行，与碳化物带状分布及液析的检查同时进行。

检测时，根据标准中的第四级别图（碳化物网状组织）及球化退火技术要求中的级别要求进行。

5. 金相样品制备过程中的事项

由于不同的检测项目需要在工件的不同截面上

进行，实际工作中应当在轴、圈套样品制备的取样、镶嵌阶段提前准备，根据检测的要求制备不同截面的试样。

对于滚动体，例如滚珠检测时，应当保证一定的数量，随机取样、检测 3~6 个，以保证检测的准确性、代表性。

不仅是显微组织检查在 GCr15 钢的金相组织检查中非常重要，利用眼睛的宏观观察在样品检验中也具有重要的作用。当整个观察腐蚀面，如深浅不均匀，通常有问题；均匀而偏浅，也需要关注（很可能整体过热）；均匀而偏深，一般是合格的。样品表面如果出现细丝状的感觉，通常伴随着碳化物的带状形貌。

通过宏观观察，可选出特别需要关注的样品，为后续进一步的显微组织观察指出关注的方向。

6. 总结

（1）根据国内原材料生产的现状问题，非金属夹杂物分布以及碳化物的带状分布、液析的控制标准都应当在实际工作中有所体现，以保证产品质量。

（2）如何判定马氏体的级别，单纯依靠标准上的图谱是不够的，必须对理论有一定的了解、分析，再结合详细的图谱才能有效地鉴定。

(20030908)

（上接第 40 页）

4. 数控理论的应用

从温度闭环模型分析，“温度”、“节拍”、“工件规格”都有精确的数字表述，因此要实现精确温度闭环控制，必须引入“数控电源”概念，即实现电源数字化精确控制、数字化功率设定。以发动机连杆生产为例，可以得出以下工艺表格。现场温度测量数据如图 4 所示。

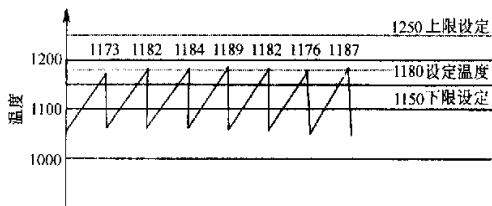


图 4 现场温度测量数据

工件直径/mm	工件长度/mm	加热温度/℃	加热节拍/s	电源功率/kW
65	188	1180	15	458

5. 结语

（1）通过对中频温控技术的攻关取得的成果，已成功应用在汽车连杆、核电管道加热热处理生产中，并收到了良好的效果，在连杆生产中控温精度可以达到 $\pm 15^\circ\text{C}$ 。

（2）HDX—XX 系列中频温度控制柜的问世，标志着我国中频产品正在向高精度方面发展，标志着国内设备完全可以达到温度闭环控制成套化。

（3）温度闭环控制的人工智能化是我们攻关的下一课题，相信，随着研究的深入会进一步缩小与进口设备的差距。

(20031008)