

现代高频技术的三种发展模式

无锡电炉有限责任公司 (江苏 214161) 张就坤 杨 俊

高频加热技术是使金属物体自身发热,瞬间达到所需温度的方法。即在规定时间内,物体的温升对于设备来说,就是单位时间内它给工件的能量被吸收了多少;对于电源参数来说,就是功率、电流、电压改变了多少,如何改变。这种改变必须根据工艺要求,设定为程序化,并且这个过程是可控的,这就是高频电源技术。这几个要素的排列与组合就是高频加热技术。它可以整体加热,更主要的是可以实现局部加热,这是一种加热方式的革命,更是一种节约电能的加热技术。

1. 金属性能的改变需要不同的高频技术

(1) 表面硬度由加热温度决定,而加热温度由设备功率决定,设备功率由电压、电流所决定,因此功率大小会直接影响金属表面硬度。故选择什么样的电源功率比会直接影响金属表面硬度,当然金属表面硬度也与化学成分、冷却速度、冷却介质有关。

(2) 淬硬层深度基本上由电源工作频率决定,大致包含多深、多宽及什么样的形状,当然也与感应器的结构形状相关。

(3) 影响金相组织的因素最主要取决于何种类型的高频电源,如电子管高频电源(瓦特型高频电源)、并联式IGBT固态电源(安培型高频电源)、串联式IGBT固态电源(伏特型高频电源)。实践告诉我们,不同的加热速度决定了不同的金相组织。

2. 高频技术的优势

(1) 表面淬火 可以替代渗碳、调质和氮化等工艺。

(2) 局部淬火 能够实现仅对工件的局部进

行热处理。

(3) 节能热处理 相比渗碳、氮化、调质具有极大优势,特别当淬火部位与整体质量之差越大时,优势越明显。

(4) 快速热处理 单次加热最短时间为0.5s,并可实现在线加工。

(5) 清洁热处理 所用淬火冷却介质一般为水或含添加剂的水溶液,工作环境好。

(6) 便于机械化及自动化 大批量生产时可配备上下料机构、数控技术、程序控制、人机对话、温度监控、能量控制和机械手操作等。

3. 高频技术的发展前景

现代感应加热技术正得到广泛应用。从传统的高频热处理(金属的局部或整体淬火、退火、回火、正火),高频焊接(各种金属制品钎焊、刀具/刀片/锯片/锯齿的焊接、钢管/铜管焊接,以及同种异种金属焊接)与高频介质加热(瓶口热封、牙膏皮热封、粉末涂装、医疗器械和五金工具包装等)等三大领域,拓展为热成形(整体锻打、局部锻打、热锻、热轧等透热工艺),以及金属和稀有金属熔炼(黄金、锗提纯)等其他应用(蒸发镀膜、热配合、金属植入塑料、单晶硅生长等)。

4. 高频技术三种发展模式的联系与区别

感应加热电源是实现感应加热技术的关键设备之一。按功率器件与振荡方式来分,可分为电子管高频电源(瓦特型)和晶体管(IGBT)感应加热电源,其中IGBT感应加热电源可分为并联型和串联型两种。

(1) 瓦特型高频电源 工作原理如图1所示,又称电子管高频电源,是功率调节型电源。首先

经三相晶闸管调压供电给阳极变压器，再经高压硅（堆）整流输出直流高压给真空管高频振荡器，产生高频电流，使高频负载在很短的时间内被加热到很高的温度，从而完成热处理。

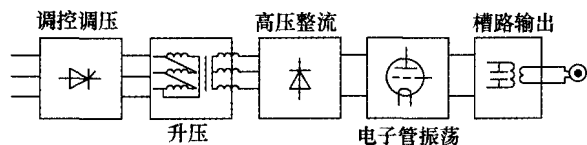


图1 瓦特型电源工作原理示意

优势：在高频率，甚至超高频率、大功率方面有较宽广的适应性。在可靠性、稳定性与便捷性方面具有一定优势；加上“调压—整流—振荡—负载”的一机化设计与新型元器件的采用，使其仍被广泛使用。

劣势：由于出现年代较早，其能耗大，体积大，属于高压设备，且效率偏低（最多只能达到70%），所以在某些领域已被IGBT固态电源替代，但用户可根据客观条件与需求进行选用。

(2) 安培型高频电源 工作原理如图2所示，又称并联式IGBT晶体管式高频电源，是电压调节型电源。它采用并联逆变器，L、R和C并联。首先经过三相全控整流得到整流直流电压，经过平波电抗器供给连续的不间断的电流，进入逆变桥，逆变桥由四组IGBT模块组成，完成单桥逆变，由逆变桥向负载部分提供能量。

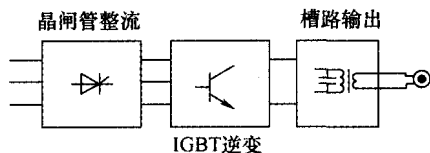


图2 安培型电源工作原理示意

优势：采用谐振开关控制，大大降低了IGBT的开关损耗，且能实现自动跟踪谐振频率，大批量的工件处理一致性好，容易操作。

劣势：调节输出功率的方式比较单一。当待处理工件外形变化较大时，为达到最佳阻抗匹配的效果，需要调整输出变压器的匝比。

(3) 伏特型高频电源 工作原理如图3所示，又称串联式IGBT固态高频电源，是频率调节型电源。它采用串联逆变器，L、R和C串联。首先经过三相不控整流得到整流直流电压，经过平波电抗器

供给连续的不间断的电流，进入逆变桥，其由四组IGBT模块组成，完成单桥逆变，并由逆变桥向负载部分提供能量。

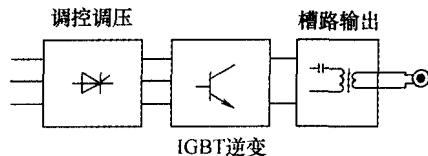


图3 伏特型电源工作原理示意

优势：因工作模式的关系，设备的功率因数高，对电网干扰小，相对更节电、节水。电源损耗小，起动容易，适用于频繁起动工作的感应加热装置中。

劣势：由于工作原理的固有缺陷，在某些情况下会造成少见的电源保护困难。

5. 高频技术三种发展模式的选择与应用

(1) 瓦特型高频电源的工作频率为30~500kHz，主要用于比较精密的工件，如高速轴承、非标工件、空心法兰轴等细小工件，以及薄壁工件的表面淬火、内孔淬火等。

(2) 安培型高频电源的工作频率8~100kHz，主要用于齿轮高频感应淬火，台阶轴、花键轴和光轴等轴类工件的表面淬火，以及不锈钢管在线光亮退火等。

(3) 伏特型高频电源的工作频率1~50kHz，适用于多种金属件的全锻造，轧制前的端部或全部透热，贵重金属熔炼，以及标准件热锻等。

6. 不同高频技术的试验结果

试件名称：混凝土臂架管；试件长度：3.5m；管内径：125mm；材料：45Mn2；数量：20根；使用电源：瓦特型高频电源（GGC150-1，频率为100kHz）和伏特型高频电源（GGQC150-0.2，频率为20kHz）；加热时间：13min；淬火移动速度：3mm/s；耗电：瓦特型27kW·h/件，伏特型9kW·h/件；硬度：瓦特型58.2HRC，伏特型58.1HRC；淬硬深度：瓦特型1.8mm，伏特型1.8mm；金相组织：如图4、图5所示。

送检样品经抛光腐蚀后显微镜下400倍观察，瓦特型试件组织为隐针状马氏体及碳化物颗粒；伏特型试件内壁组织为索氏体，外壁侧为网状铁素体+珠光体。

