

doi: 10.7690/bgzd.2014.06.010

## 弹射药筒局部热处理

闻国民, 杨国义, 牛俊杰, 魏军伟, 陈全明

(豫西集团河南江河机械有限责任公司技术部, 河南 鲁山 467337)

**摘要:** 针对弹射药筒局部热处理的质量性能要求, 对感应加热技术进行研究。基于加热时间、温度和升温速度对筒壁的影响, 从频率选择、感应器和工装设计 3 个方面进行分析, 得到频率、功率和时间参数。分析结果表明: 该方法使工件的抗拉强度、延伸率达到了要求, 产品性能稳定, 并能有效控制药筒口部的物理性能。

**关键词:** 弹射药筒; 黄铜薄壁; 局部感应加热

**中图分类号:** TJ410.3<sup>+</sup>6 **文献标志码:** A

## Local Thermal Treatment on Catapult Cartridge

Wen Guomin, Yang Guoyi, Niu Junjie, Wei Junwei, Chen Quanming

(Technology Department, Henan Jianghe Machinery Co., Ltd. of Yuxi Group, Lushan 467337, China)

**Abstract:** The technology of induction heating fusing had been researched in allusion to the demand of quality and property of the local thermal treatment on catapult cartridge. In view of the effect on cylinder wall about heating time, temperature and the rate of warming, parameter of frequency, temperature and time had been found according to the analysis in these three points including frequency selection, sensors and equipment design. Interrelated analyses concluded that these measures ensured the tensile strength and elongation, and made the performance stable. Also, physical properties of cartridge mouth had been controlled effectively.

**Keywords:** ejection cartridge; thin-wall brass; local induction heating

### 0 引言

黄铜材质加工的产品在不同行业使用较广泛。黄铜是含有不同比例的锌和部分锡、铅等成分组成的铜合金。由于锌、锡、铅的熔点远远低于铜, 对于黄铜材质加工的产品, 除了在熔炼过程中对工艺有严格的要求外, 在后续的热处理加工工序更要有合理的工艺。不同的加热方法、加热温度、加热时间等对产品性能起着关键的作用; 因此, 笔者对弹射药筒局部感应加热技术进行研究。

### 1 工艺要求

弹射装置使用的弹射药筒, 品种规格较多, 工件直径 20~35 mm、高度 30~100 mm、壁厚 0.4~0.5 mm, 材质为含有不同比例锌、锡、铅的黄铜, 要求对口部 7 mm 高度进行退火, 消除上道工序的加工应力, 退火后要求成分稳定, 热过渡区长度小于 7 mm, 各部位的性能不但要满足后续加工的要求, 对使用中装药工艺、爆炸推力、装机与发射等也有一定的影响<sup>[1-3]</sup>。

### 2 加热时间、温度、升温速度的影响

结合工艺要求, 由于工件壁厚较薄, 不同成分

的熔点差异较大; 所以, 整个退火过程对加热时间、温度的高低、升温速度等要严格控制。

加热温度低, 上道工序的加工应力不能消除, 性能不能满足产品要求。

加热温度高、时间长、升温速度快, 都会出现合金成分熔化析出现象, 造成产品脱锌(锡或铅)而烧损, 导致工件报废。

加热温度高、时间长, 还会造成过渡区长, 使其他部分的性能变化, 同时产生的氧化现象也较严重, 影响下道工序加工。

### 3 加热方案的选择

根据以上分析, 必须选择合适的加热方法、设计合理的工装, 保证产品质量与性能要求的同时, 尽可能提高生产效率。

热加工工艺加热的方法较多, 常采用的方法有燃烧介质加热、电阻丝加热、感应加热等。其中感应加热有以下特点: 加热速度快、氧化层薄、金属烧损少, 可以设计不同的工装只对工件局部加热, 配合时间自动控制, 控温精度高, 加热工件质量好, 生产效率高, 感应加热对周围环境不会造成污染。

感应加热是以工件一定深度内感应电流产生的

收稿日期: 2014-01-17; 修回日期: 2014-02-13

作者简介: 闻国民(1957—), 男, 河南人, 大专, 工程师, 从事非标设备设计研究。

温度, 将工件加热到工艺温度<sup>[4]</sup>。感应加热的温度、加热时间、升温速度等控制方便, 调整与控制反应快, 生产效率高; 因此, 对于黄铜薄壁工件, 采用感应加热可以达到理想的效果。

#### 4 设计应用

感应加热虽然在工件热处理工艺中被广泛使用, 但对工件材质为钢材加热时, 由于钢材导磁率高, 容易加热, 所以感应器的设计比较容易。而当工件为黄铜、壁薄(0.4~0.5 mm)时, 要求对口部7 mm 范围内进行局部加热, 其难度在于: 一是黄铜导磁率较低, 感应加热困难, 但铜传热速度快, 为了防止热过渡区过长, 就要求加热部位升温速度要快, 时间要短; 二是加热区温度要均匀, 到温后必须立即停止加热, 否则合金中低熔点金属析出会造成局部熔化。这就需要加热时间控制要准确, 设计的加热工装结构要合理。

因此, 频率的选择、功率的大小、时间的长短、感应器的尺寸等都需要认真计算。

##### 4.1 频率选择

为了提高生产效率, 保证质量, 通过多次认真分析计算, 根据电磁感应的深度计算<sup>[5]</sup>公式:

$$\Delta = 5030[\rho / (\mu f)]^{1/2}$$

式中:  $\rho$  为导体的电阻率,  $\Omega \cdot \text{cm}$ ;  $\mu$  为导体的相对导磁率, 对于非导磁材料  $\mu = 1$ ;  $f$  为电流频率, Hz。

选用频率为 50 kHz 的高频电源作为动力, 其特点为: 一是启动速度快, 从启动到满载输出大约只需 100~500 ms; 二是效率高, 额定负载的情况下, 效率可达 9%~90%; 三是空载损耗小, 一般只有 0.5%~1%; 四是时间可以设定, 自动化程度高, 容易实现各种动作的自动控制。

##### 4.2 感应器设计

按照工件尺寸, 设计感应器所用的参数为:

- 1) 平均比热:  $q = 113 \text{ K}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ;
- 2) 导热系数:  $\lambda = 0.908 \text{ K}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})$ ;
- 3) 0 °C 电阻率:  $\rho_0 = 1.6 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ; 400 °C 冷态电阻率:  $\rho_1 = 4.4 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ ; 900 °C 热态电阻率:  $\rho_r = 7.79 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

感应器是生产加工的主要部件, 与工件的配合间隙直接关系到生产效率和产品质量, 间隙大, 会造成加热时间长、热影响区长, 影响产品的质量及使用性能; 间隙小, 温度及时间不易控制, 集肤效

应会造成工件边沿升温过快而短时间熔化, 废品率高, 性能均匀一致性差<sup>[6]</sup>。

通过对材料和工艺的多次分析与试验, 采用边宽 5 mm 的方铜管制作成单匝感应线圈, 线圈内径与工件单边间隙 6 mm, 能较好地保证工件的表面感应电流均匀分配, 达到感应区性能稳定的目的, 这在工件加热时温度变色区的均匀程度上可以看出; 采用单匝感应减小了热过渡区长度, 制作简单, 能保证工件整体性能的稳定。

##### 4.3 工装设计

工装制作应考虑更换容易、加热温度稳定、产品定位准确可靠等问题。

为保证薄壁工件快速稳定加热, 电源采用了时间自动控制的可调装置, 在工装结构上设计成简单可靠、更换方便的电动旋转支座, 使工件在加热过程中匀速转动, 保证工件加热均匀。

##### 4.4 主要参数

根据工件尺寸与加热工艺, 选择的主要参数为:

- 1) 频率 50 kHz;
- 2) 功率 0~30 kW 连续可调;
- 3) 加热时间 0~100 s 连续可调(可精确 0.1 s);
- 4) 感应器内径大于工件直径 12 mm;
- 5) 工装转动速度 30~40 rad/min。

#### 5 结束语

笔者将高频感应加热应用于黄铜薄壁产品局部退火, 通过大批量生产使用, 并经过理化性能分析, 工件的抗拉强度、延伸率达到了产品要求, 产品性能稳定, 设备采用自动时间计时控制, 控温精度高, 调整方便, 不会出现低熔点金属析出烧损工件的现象, 生产效率高。

#### 参考文献:

- [1] 段爱梅. 一种热塑态真空振动装药工艺[J]. 兵工自动化, 2012, 31(4): 21-23.
- [2] 罗一鸣, 王浩, 蒋秋黎, 等. 熔铸炸药热爆炸临界工艺温度的计算方法[J]. 兵工自动化, 2012, 31(7): 42-44.
- [3] 李涛, 郑立评, 阎文, 等. 火炮复进机液量检测方法热力学分析[J]. 兵工自动化, 2012, 31(4): 71-74.
- [4] 张淑芳, 柳祥训, 蔡慰望, 译. 感应加热手册[S]. 北京: 国防工业出版社出版, 1985.
- [5] 潘天明. 工频和中频感应炉[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1983: 70-78.
- [6] 曹建伟, 傅林坚, 沈文杰, 等. 高频加热线圈台阶对区熔炉磁场的影响[J]. 机电工程, 2013, 30(11): 1397-1400.