

感应加热在锻造生产中的应用

机械工业第四设计研究院 (河南洛阳 471039) 王广成

1. 中频感应加热炉的特点和优点

感应加热工艺有其自身工艺特点, 现归纳如下:

(1) 适合大批量生产, 利于实现生产过程中的机械化和自动化。

(2) 适合加热品种少、截面范围相差小的坯料。对于截面范围相差大、品种多的坯料, 必须为炉子配备规格较多的感应圈, 生产过程中需频繁更换感应圈, 造成时间浪费。

(3) 适合节拍均衡的生产。生产节拍不均衡, 感应加热难以适应。

(4) 适合坯料截面规整的一火加热, 不适合变形后的二次加热。

(5) 感应加热设备的初次投资大。

感应加热与其他加热工艺相比, 又有许多优点, 其优点如下:

(1) 在锻造生产中采用中频感应加热时, 不产

生污染, 与普通的火焰炉相比, 炉子的热效率高。

(2) 工艺节能。中频加热比重油加热节能31.5%~54.3%, 比煤气加热节能5%~40%。

(3) 锻件的氧化烧损少, 中频加热锻件的氧化烧损仅为0.5%, 煤气炉加热的氧化烧损为2%, 燃煤炉达到3%, 中频加热工艺节能。

(4) 加热质量好, 可降低废品率1.5%, 提高生产率10%~30%, 延长模具寿命10%~15%。

(5) 长棒料直接加热后下料, 所需的下料力小, 可单独配备下料设备, 也可把下料机构设置在锻造主机上, 使得加热、下料、锻造三工序之间输送距离缩短, 真正做到趁热打铁。

(6) 与自动化程度高, 效率高的锻造主机配套, 实现锻造生产线的自动化, 能充分发挥锻造主机的生产能力。

感应加热与其他加热工艺优缺点比较见附表。

感应加热与其他加热工艺优缺点比较

项目	燃料类型 重油或 轻柴油炉	燃气加热炉		燃煤炉	中频加热炉
		天然气	城市煤气		
燃料热值	41 868kJ/kg	38 979kJ/m ³	32 238kJ/m ³	20 934kJ/kg·煤	3600kJ/kw·h
输送方式	汽车运至油库	管道运输	管道运输	汽车运至煤厂	导线输送
优点	快捷方便, 污染程度较煤炉低	快捷方便, 可达排放标准	快捷方便, 可达排放标准	投资少, 运输灵活, 可大量供应	无污染, 工作环境好
环保	有焦油, 烟尘需处理	干净	煤气站有污染	烟尘超标, 污染环境	无污染
缺点	原油需进口, 控制使用, 费用高	国家资源不富裕, 不便普及, 费用高	属于二次能源, 建设费用高, 周期长, 成本高	使用不当, 可导致污染环境	初次投资高
节能	重油雾化需加热, 雾化质量低时, 燃烧不完全, 热效率低。可预热空气节能	天然气能与空气完全混合, 充分燃烧, 热损失小, 节能。可预热空气、燃气节能	比燃煤节能, 可预热热空气、燃气节能	浪费能源, 可预热助燃空气节能	依据电磁感应, 集肤效应, 热传导原理加热毛坯, 炉子的效率最高
加热质量	较好	好	好	易氧化、脱碳、过热、过烧	最好
适用性	各种大、中、小自由锻和模锻车间	各种大、中、小自由锻和模锻车间	各种大型自由锻和模锻车间	小自由锻车间	大批大量生产的模锻车间

2. 中频感应加热工艺、设备发展趋势

(1) 在我国锻造行业新增的锻造生产线中, 特别是进口的大型锻造生产线, 由于设备价格昂贵, 自动化程度较高, 所配置的中频炉功率必须满足主机生产节拍

的需要, 才能发挥锻造主机的生产能力, 与原有国内同规格生产线相比, 所配炉子功率增大。我国近年新投产的两条125MN热模锻压力机生产线, 所配的中频炉功率分别为4000kW、3650kW, 新投产的PZS900型、允

许连续压力 128MN 的电动螺旋压力机, 所配的中频炉功率为 4200kW; 拟设计的 125MN 热模锻压力机曲轴、前轴生产线, 所配的中频炉功率为 7000kW。

(2) 对过去采用燃油、燃气加热锻件毛坯的方式, 也逐步更新为中频感应加热 (如第一拖拉机厂锻造公司的 10t 模锻锤, 原设计使用城市煤气, 配备大型转炉加热锻件毛坯, 现已更新为中频感应加热), 16t 模锻锤也准备淘汰煤气加热, 采用中频感应加热。

(3) 增加生产线所配中频加热炉的功率, 提高生产线的产量, 以保证充分发挥锻造主机的生产能力。一汽原 125MN 热模锻压力机生产线, 原设计配置 3000kW 中频炉, 为了满足锻造主机生产的需要, 增加了中频炉的加热功率, 从 3000kW 增加到 3600kW, 现已改造为

6400kW。

(4) 改造原有的中频加热炉, 增加中频炉的自动化功能, 中频炉选用数控炉, 具有功率自动调节功能、自动测温功能、坯料温度分选功能, 以保证主机生产率, 保证坯料的加热质量, 提高模具寿命, 降低生产成本。

(5) 大型模锻锤配置中频加热炉。过去观点认为, 大型模锻锤振动大, 影响中频电源的寿命, 甚至造成中频电源的损坏, 随着近年来中频加热技术和元件质量的提高, 为大型模锻锤提供加热的中频炉, 已能满足生产的需要。中国重汽锻造厂在新增的 16t 电液模锻锤生产线上, 配置了 3000kW 中频炉, 投产至今已半年有余, 从没有因为锻锤生产中的振动而影响中频炉的正常工作。3000kW 中频炉平面布置见图 1。

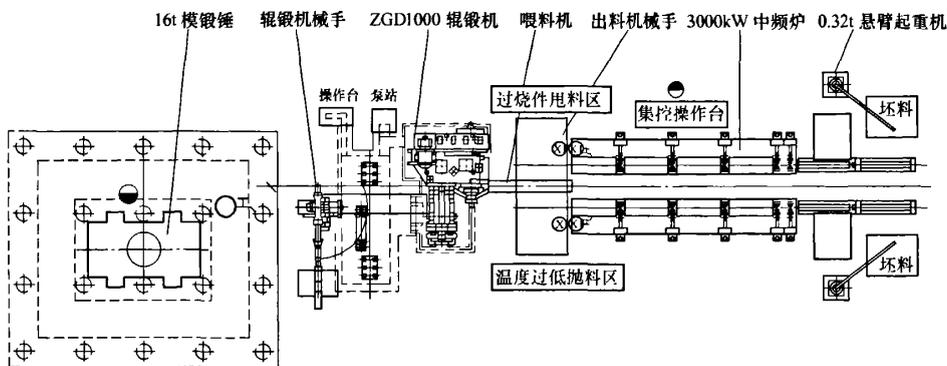


图 1 3000kW 中频炉平面布置

3. 中频加热炉功率的选择

要提高锻造生产线的生产率, 合理选择加热的功率很重要。一条先进的锻造生产线一般要生产几种锻件, 可能出现生产的锻件最大和最小坯料重量相差较大, 经验告诉我们, 在选择中频炉的加热功率时, 既不能按最大锻件坯料的生产率计算中频炉的加热功率, 也不能按最小锻件坯料生产率计算。尽管中频炉在加热过程中, 可根据锻件的生产节拍, 自动调整加热功率, 达到功率优化的效果, 但炉子的功率选择小了, 不能发挥锻造主机的生产能力; 炉子生产率选择过大, 虽说功率在生产过程中可以调整, 但设备的投资较大, 要统筹考虑生产线生产的所有锻件, 找出一个理想的代表产品, 按此代表产品的锻件毛坯重量和生产率计算炉子的功率。中频炉功率选择可按下列公式计算:

$$W = kP$$

式中 W ——炉子的功率, kW·h;

k ——系数, 一般取 0.36~0.45;

P ——锻件坯料小时加热重量, kg。

系数 k 的选择与被加热锻件坯料的直径, 以及坯料在炉子中的均温时间有关。被加热锻件坯料直径小, 均温时间短, 系数 k 取小值; 反之, 系数 k 取大值。

不同材料的加热能量曲线如图 2 所示。从图 2 中可以看出, 把铁从 20℃ 加热到 1200℃ 所需的热能为 230kW·h/t, 而 320kW·h/t 对感应圈来说是一种较好的实用值, 此时的热效率达到了 70%, 实际的数值还取决于感应圈的尺寸、加热棒料的尺寸、中频炉的频率, 以及被加热坯料的心部和表面的温差。对钢的锻造温度来说, 这一数值为 275~440kW·h/t。据调查, 加热锻件坯料直径为 $\phi 60 \sim \phi 80$ mm 时, 吨锻件坯料的耗电量为 360~380kW·h, 加热 $\phi 150$ mm 左右的曲轴、前轴锻件坯料时, 吨锻件坯料的耗电量应为 450kW·h。

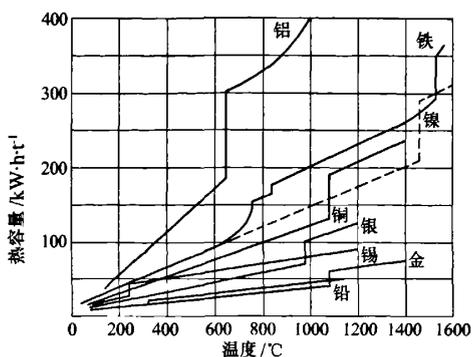


图2 不同材料的加热能量曲线

4. 合理的坯料保均温时间, 缩小坯料心部和表面的温差

坯料心部和表面的温差过大, 影响锻件的质量, 降

低模具的寿命。目前的测温仪仅能方便地测量坯料的表面温度, 而心部温度不易测量。为了保证心部和表面温差达到锻造工艺的要求, 大型中频炉的加热分为两个阶段: 第一阶段为加热段, 能量的主要消耗在这一阶段; 第二阶段为均温段, 使坯料心部和表面温度达到工艺要求, 保证坯料的加热质量。

图3为每小时加热16t坯料时炉子的加热曲线。从图中看出, 当坯料心部和表面温差约100℃时, 炉子进入均温阶段, 均温时间100s后, 达到坯料加热工艺要求的1260℃, 此时心部和表面温差约30℃。炉子采用双频加热, 加热段炉子的频率600Hz, 功率为两个3300kW; 均温段炉子的频率1000Hz, 功率500kW。

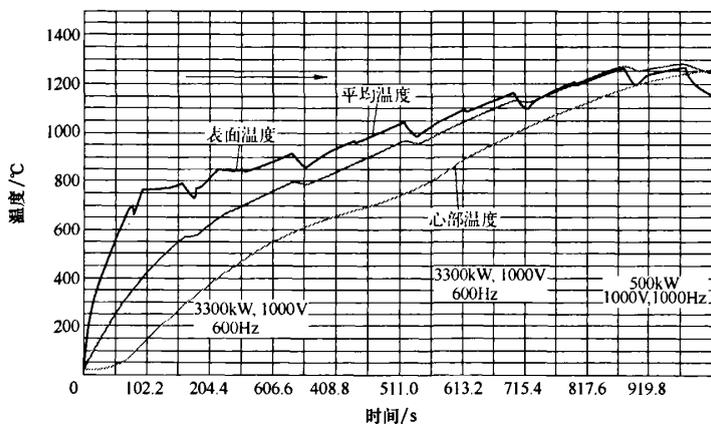


图3 16t/h 坯料炉子加热曲线

5. 炉子运行时的安全保护

做好炉子运行期间的安全保护, 是使炉子正常工作的重要措施。一台新的中频炉, 无论设备如何先进, 运行期间都必须做好安全保护, 它既包括电气的安全保护, 也包括机械部分的安全保护, 更重要的是电源、电容器、感应线圈的冷却水降温保护。为了节省水资源, 冷却水采用循环水。

中频炉对循环水的水质、压力和进出水温度有以下要求: 冷却水应透明、不浑浊、无沉淀, 必要时在进口处加装过滤器, 理论上应排除 > 0.3mm 的污粒, 达到物理上的纯净。

酸碱度 PH 值在 6~9 范围内。

硬度 ≤ 10 度 (每度为 1L 水中含 10mg 氧化钙)。

总固体含量不超过 250mg/L。

电导率不大于 600μs/cm。

进水温度为 5~35℃ (电源对应的冷却水温升为 8℃, 中频电容柜和感应炉对应的冷却水温升为 19℃)。

中频电源额定进水压力为 0.3MPa。

中频电容柜和感应炉 (共用进出水管) 额定进水压力为 0.4MPa。

生产中遇到突然停电, 或供水水泵遇到故障, 循环水不能正常供给时, 必需有应急水供应, 以保护感应圈不被烧毁。应急水供应一般有两种方式, 设置高位水箱和接入城市自来水。在循环水供水出现故障时, 应急水能迅速给感应圈供水。MW

(20090107)