

透热用感应器设计计算软件有关参数选择说明

1. "步进式"与"周期式"的选择

透热感应器在设计时尽量选用"步进式",这种方式运行时总效率可高达 55~70%,且对中频电源运行波动量很小。选用"周期式"按热态时 $\mu=1$ 计算,此时运行总效率只能达到 30~40%。如果工件直径很小时,总效率将更低,这种加热方式对中频电源运行参数波动大,有时还要考虑配置功率因素自动补偿装置,对设备投资费用及运行费用都将增加。

2. "T"工件表面终温的选择

- 锻造时,一般根据用户要求来确定 T 数值,T 数值范围在 1100~1250℃之间,小直径工件取低值,大直径工件取高值。
- 蓝脆或热脆下料时 T 值= T_1+T_2 , T₁ 值为工艺要求下料时温度, T₂ 值为感应器出料口棒料的温度传送至剪切模具处的降温温度值。
- 金属热处理时 T 值= T_1+T_2 , 此时 T₁ 值为按常规电阻炉或可燃气体加热炉规定的热处理温度值, T₂ 值为感应电炉快速加热时的调整值(一般取 50~100℃)。

3. 线圈层数"N"的选择

磁性钢材在居里点以上或有色金属感应加热时,必须选取 N=1,磁性钢材在居里点以下感应加热时,可以取 N>1(一般 N≤3)。

4. 生产率"G"的选择

一般透热炉的生产率 G 按如下公式计算:

$$G = \frac{3600 \times g}{s} \text{ (Kg/H)}$$

s——节拍,单位"秒"

g——单件重量,单位"公斤"

5. 最大径向温差"T6"的选择

一般工件锻造时,应选择 T₆=80~100℃

蓝脆或热脆下料时,由于感应器出料口至剪切模具处一般有一段距离(约 0.5~1.0 米之间)可用于均温,故可取 T₆=60~120℃(小直径的棒料对应 T₆ 值可大些)。

金属热处理时,一般可取 T₆≤50℃

工件用于挤压穿孔时,对温差要求较严,一般可取 T₆≤35℃

6. 计算频率"F"的选择

按屏幕显示的最佳频率 F₀ 或标准频率 F₁ 选取计算频率 F,在满足心表温差的情况下可取 F 略大于 F₀,此时总效率较高,有时为了对比两种不同频率下的方案,可以计算两次进行对比,以便选取最佳方案。一般中频计算频率(F)按设备额定频率(F_H)的 95% 选取,即 F=0.95F_H,若为中频发电机组时,则应按该设备实际频率来选取 F 值。

7. 工件最小加热总长度"L2"选择

- 按第 5 项选定的 T₆ 值,从屏幕上选取对应的 L₂(cm)值,实际输入计算机的值,应大于或等于屏幕上给出的 L₂ 值,并还应考虑下列因素: L₁(线圈长度,单位 cm)=L₂+K₀×(0.4~0.8)×D₁,式中 D₁ 为线圈内径,单位 cm;式中 K₀=0,适用于 760℃以下磁性材料加热,不考虑端部补偿;式中 K₀=1 适用于 760℃以上步进式加热,只考虑一端的补偿;式中 K₀=2 适用于 760℃以上周期式加热或有色金属加热,考虑两端的补偿。

一般标准炉型 L₁ 尺寸如下:

$$L1=35+N0 \times 40 \quad (\text{cm})$$

$N0$ 为 0~6 整数,当 $L1>275$ (即 $N0>6$)时,应考虑设计成 2 台感应电炉并联运行。

b) 如计算结果得出的 $L1$ 符合下式:(式中 $A0$ 为绝缘修正系数)

实际选用的铜管宽度 $H(\text{mm}) \times W(\text{匝数})=10 \times A0 \times L1$ 则可不再计算,否则需重新调整 $L1$ 及 $L2$ 值再作一次计算。

8. 铜管壁厚"B2"的选择

屏幕输出 $M1$ 及 $1.57M1(\text{cm})$ 值,选取 $B2$ 值,应介于两者之间较为合理,若小于 $M1$ 值则铜损增加,若大于 $1.57M1$ 则浪费铜材。

9. 绝缘修正系数"A0"的选择

初次计算时 $A0$ 可选择 0.85,待计算结果得出后,计算出实际 $A0$ 值:

$$A0 = \frac{\text{实际选用铜管宽度 } H(\text{mm}) \times W(\text{匝数})}{10 \times L1(\text{cm})}$$

下次计算时按实际 $A0$ 值输入计算,此时得出的结果更为精确。

10. 铜管等效厚度"B3"的计算

屏幕上输出许多种铜管的规格,括弧内数字即为 $B3$ 值,可直接选用,若屏幕上没有的铜管, $B3$ 值可按下列下式计算:

$$B3 = \frac{\text{铜管外尺寸截面积} - \text{流水截面积}(\text{mm}^2)}{10 \times \text{铜管宽度 } H(\text{mm})} (\text{cm})$$

11. 线圈内径"D1"的选择

$D1=D2$ (工件直径 cm) + 空气间隙(一般取 0.5~1.0 cm) + 水冷导轨尺寸(1.2~1.6 cm)^① + 耐火套两边总厚度(cm)^② + 硅酸铝棉厚度($2 \times 0.5\text{cm}$) + 玻璃丝带厚度($2 \times 0.25\text{cm}$)

注: ① $D2 \leq 4\text{cm}$ 时可以不安装水冷导轨。

如选用凹炉衬,水冷导轨尺寸可取 0.6~0.8 cm 。

② 磁性材料在 800 °C 以内加热时,可不用耐火套,选用 $\delta = 2 \sim 3\text{mm}$ 开口不锈钢管作炉衬。

③ 磁性材料居里点以上加热或有色金属加热时,一般应控制 $D1/D2 \leq 2$,否则总效率将快速下降。

磁性材料居里点以下加热时,可取 $D1/D2 \leq 3$,总效率仍将很高。

12. 感应器线圈长度"L1"的选择

屏幕上显示出 $L1$ 数值是按第 7 项 a)中的 $L1$ 公式计算出的结果值,考虑标准炉型 $L1$ 尺寸,作少量调整后输入 $L1$ 数值。

13. 感应器电压"U"的选择

一般可按下式计算: $U=U_H - 5\%U_H=0.95U_H$

U_H ——电源设备的额定输出电压(伏)

14. 计算结果分析

a) 一般先给定 U 值即可得出匝数 W ,铜管宽度 H ,电容值 C 及选用电容器的型号,台数。

$$A0 = \frac{H \times W}{10 \times L1}$$

若选用铜管宽度与 $H(\text{mm})$ 相差较大,则实际的匝间绝缘修正系数 $A0$ 必须按此实际数值输入计算机。

若计算出的铜管宽度 H 数值太小时,没法选取此种铜管,则下次计算时必须将 $L2$ 值适当增加。

若计算得出的铜管宽度 H 值较大时,可以采用两根铜管并联绕制的方法。

b) 有时用户要求将两种直径接近(一般相差 5~10 mm)的工件共用一台感应电炉,则先

按直径较大的设计感应电炉,此时生产率为 G_1 ,在 $U=U_1=0.95U_H$ 值下计算出匝数 W_1 。再用上列感应炉参数来核对较小工件直径时,其生产率 G_2 应取 $0.9G_1$ 左右,输入电压 U 时应使 $U=U_2=W_1 \times U_0$, (W_1 为计算大直径工件下的感应器匝数, U_0 为计算小直径工件下的每匝伏特数),将 $U=U_2$ 值输入,得出小直径工件下的计算结果。

- c) 感应器由中频淬火变压器二次侧供电时,一般中频变压器的二次额定电压为 50 伏及 100 伏两种,考虑中频变压器在额定电流下的阻抗压降为 30% 左右,故设计时采用的中频电压 $U_2 \leq 35$ 伏(对应 $U_{2H}=50$ 伏时)或 $U_2 \leq 70$ 伏(对应 $U_{2H}=100$ 伏时),用 $U=U_2$ 值输入计算机时,由于 U_2 值很小,固须补偿的电容量 C_2 很大,而实际电容器 C_1 是与中频变压器一次侧并联的(指并联逆变器时),此时若电容器 C_1 上的电压为 U_1 值,则 C_1 值按下式计算得出:

$$C_1 = \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \times C_2 \quad (C_1 \text{ 及 } C_2 \text{ 单位均为微法})$$

设中频变压器空载励磁电流为 $20\%I_H$,则

$$\left(\frac{1000 \times S_H \times 0.2}{U_H} \right) \times \frac{U_1}{U_H} = U_1 \times 2\pi F \times C_0 \times 10^{-6}$$

$$C_0 = \frac{10^8 \times S_H}{\pi F \times U_H^2} (\mu F)$$

式中: S_H ——中频变压器的额定容量(KVA)

U_H ——中频变压器一次侧额定电压(V)

F ——运行频率(HZ)

C_0 ——补偿中频变压器空载励磁电流所需之电容器(μF)

故总的中频变压器初级并联补偿电容值 $C=C_1+C_0$ (μF)

- d) 计算结果中, P_2 为热损耗功率, P_3 为电损耗功率,总损耗功率为 P_2+P_3 ,炉体水冷回路的数目应按下列三个因素来确定其数量:
- i) 进出水温差值,一般进水温度按 $30^\circ C$,出水温度按 $55^\circ C$ (软化水可按 $60 \sim 65^\circ C$ 设计);
 - ii) 总损耗功率 P_2+P_3 ;
 - iii) 所选用铜管水流截面积大小。
- e) 感应电炉线圈电流 I 在空载时(炉内无料)与负载时(炉内满料)相差数值不大,故其电损耗功率 P_3 可当作与空炉损耗功率接近,可提供给设备调试人员参考用。
线圈电流 I 数值的大小可提供给炉体设计人员选择母排宽度用(确定母排是否需水冷),母排厚度应 $\geq 1.57M_1$

15. S_9 (平方毫米) 为铜管管孔流水面积, 双管并绕时 S_9 仍为单根铜管管孔流水面积。
16. V (立方米 / 时) 为感应炉所需之冷却水。
17. S_8 (水路数) 为感应炉所需之总冷却水路数, 不包括电容器、导轨、及中频变压器所需之水路。
18. B_7 (CM)为线圈径向铜管外直径处距引出线之间的最小距离, 为使分布电感值小, 设计时尽可能取较小值。
19. W_0 为由于引出线分布电感影响, 而所需减少之匝数。
20. 感应器线圈设计时,分布电感对设计参数的影响。

感应器线圈设计时,应尽量减少线圈分布电感数值,否则将增大设计电感值,影响设计参数及运行数据。要减少分布电感值,必须使线圈进出线之间所包容的面积尽可能小,若

感应器是由若干个线圈串联而成,更应注意配线时使其总包容面积为最小,在频率较高时分布电感的影响比频率较低时更为严重。

21. 工件截面为正方形的坯料透热用感应器的计算(居里点以上温度)

此种工件仍可使用 EIII 文件(即圆柱形工件,居里点以上),使用前应先将正方形工件等效为圆柱形工件,等效原则如下:

- a) 将正方形四边边长之总和与圆柱形直径 D_2 之圆周长度相等,即可求出工件等效直径 D_2 ;
- b) 按正方形工件之重量与生产节拍计算出生产率(kg/h);
- c) 线圈等效内径 D_1 等于 D_2 加两倍正方形工件与正方形线圈之间的间隙,其它计算与圆柱形工件完全相同,计算出的结果即为正方形工件及线圈的感应透热炉数据。

22. 工件为钢管的感应透热炉的设计计算(居里点以上温度)

仍可使用 EIII 文件,使用前应先按下列公式计算出此钢管的最佳频率

$$F_0 = \frac{44 \times 10^6 \cdot \rho_2}{(R_2 - \tau_2) \cdot \tau_2} \text{ (Hz)}$$

式中: ρ_2 为金属的电阻率 ($\Omega \cdot \text{cm}$)

R_2 为管材的外半径 (cm)

τ_2 为管材的厚度 (cm)

由上列公式计算出的 F_0 来选取计算频率 F ,输入计算机(此时用 EIII 文件中计算得出之 F_0 及径向温差 T_6 可不考虑),一般钢管的径向温差均可达到要求,可不再计算;其它计算与圆柱形工件完全相同,计算出的结果即为钢管感应透热炉的数据。

23. 钢管低温加热 (0 ~ 760 度) 时, 在选定频率 F 后可用 4 号文件计算, 或选用几种频率计算, 将计算结果进行对比, 选用最优方案下的频率及计算数据。
24. 用 4 号文件进行计算及调试前, 感应器内必须先放入冷料 (760 度以内, 即居里点以下); 在生产结束前先放入试验用料。总之不允许空炉进行调试和生产。