

※ 保温厚さを指定して放散熱量、表面温度を算出する。[表面熱伝達率(h_{se})算出 ※

【 計算条件 】

内部温度(θ_i):183°C 外気温度(θ_a):20°C

管径(D_i):100A

強制対流

風速:3 m/秒

水平管

表面材料の放射率(ε):0.3

[第1層] セラミックファイバーブランケット1号 25mm

熱伝導率: $100^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1000^\circ\text{C}$ $0.065 - 3 \times 10^{-5} \cdot \theta + 3.78 \times 10^{-7} \cdot \theta^2$ (W/m·K)

[第2層] けい酸カルシウム保温板(筒)1号-13 25mm

熱伝導率: $0^\circ\text{C} \leq \theta \leq 300^\circ\text{C}$ $0.0407 + 1.28 \times 10^{-4} \cdot \theta$ (W/m·K)

熱伝導率: $300^\circ\text{C} \leq \theta \leq 800^\circ\text{C}$ $0.0555 + 2.05 \times 10^{-5} \cdot \theta + 1.93 \times 10^{-7} \cdot \theta^2$ (W/m·K)

【 計算過程 】

各層の境界温度を次の様に仮定して各層保温材の平均熱伝導率(λ_m)を求める。

[第1層] 境界温度(θ_1) 107.7°C

[第2層] 境界温度(θ_2) 表面温度(θ_{se}) 31.3°C

第1層平均熱伝導率 λ_1

$$\lambda_1 = 1 / (183.0 - 107.7) \cdot \int f(\theta) d\theta \quad f(\theta): 107.7^\circ\text{C} \leq \theta \leq 183.0^\circ\text{C}$$
$$= 0.06881 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

第2層平均熱伝導率 λ_2

$$\lambda_2 = 1 / (107.7 - 31.3) \cdot \int f(\theta) d\theta \quad f(\theta): 31.3^\circ\text{C} \leq \theta \leq 107.7^\circ\text{C}$$
$$= 0.0496 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

ふく射熱伝達率(h_r)

$$h_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left[\left\{ \frac{273.15 + \theta_{se}}{100} \right\}^4 - \left\{ \frac{273.15 + \theta_a}{100} \right\}^4 \right] / (\theta_{se} - \theta_a)$$

ε :放射率

σ :ステファン・ホルツマン定数($5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)

$$= 1.82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

対流による熱伝達率(h_{cv})

強制対流

水平管

$$h_{cv} = 1.19 (\Delta \theta / D)^{0.25} \times \{ (W_i + 0.348) / 0.348 \}^{0.5}$$

($\Delta \theta$ は表面と周囲温度との温度差 $^{\circ}\text{C}$ D は管外径 m W_i は風速 m/sec)

$$=9.95 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

表面熱伝達率(h_{se})

$$h_{se}=h_r+h_{cv}$$

$$=11.77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

放散熱量(q_1)を求める

$$q_1=2\pi(\theta_i-\theta_a)/[2/(h_{se}\cdot D_n)+\sum\{\ln(D_n/D_{n-1})/\lambda_n\}]=89.7 \text{ W/m}$$

境界温度を求める

$$\theta_1=\theta_0-q_1\times\ln(D_1/D_0)/2\pi\lambda_1$$

$$=107.7^{\circ}\text{C}$$

表面温度(θ_{se})を求める。

$$\theta_{se}=q_1/h_{se}\cdot D/2\pi+\theta_a$$

$$=31.3^{\circ}\text{C}$$

よって当初の各層境界温度の仮定値は正しいと証明される。

【 計算結果 】

[第1層]平均熱伝導率(λ_m)=0.06881 $\text{W/m}\cdot\text{K}$ 境界温度=107.7 $^{\circ}\text{C}$

[第2層]平均熱伝導率(λ_m)=0.0496 $\text{W/m}\cdot\text{K}$

ふく射熱伝達率(h_r)=1.82 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

対流による熱伝達率(h_{cv})=9.95 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

表面熱伝達率(h_{se})= h_r+h_{cv} =11.77 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$

放散熱量(q_1)=89.7 W/m

表面温度(θ_{se})=31.3 $^{\circ}\text{C}$