

熱計算書

※ 保温厚さを指定して放散熱量、表面温度を算出する ※

【計算条件】

内部温度 (θ_{si}) : 200°C 外気温度(周囲温度) (θ_a) : 20°C

表面熱伝達率 (h_{se}) : 12W/m²・K

保温材の内径 (D_i) : 200A (0.2163m)

[第1層] ロックウール保温帯 2号 30mm

熱伝導率: -20°C ≤ θ ≤ 100°C $0.036 + 1.74 \times 10^{-4} \cdot \theta$ (W/m・K)

熱伝導率: 100°C ≤ θ ≤ 600°C $0.0453 + 3.58 \times 10^{-5} \cdot \theta + 4.15 \times 10^{-7} \cdot \theta^2$ (W/m・K)

[第2層] セラミックファイバーブランケット 1号 50mm

熱伝導率: 100°C ≤ θ ≤ 1000°C $0.065 - 3 \times 10^{-5} \cdot \theta + 3.78 \times 10^{-7} \cdot \theta^2$ (W/m・K)

【計算過程】

この計算は、周囲温度と内部温度間の任意な温度を仮想表面温度として、
保温材の表面温度が一致するまでの反復計算を行い、以下はその収束値より記載する。
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) 122.2°C

[第2層] 表面温度 (θ_{se}) 28.7°C

第1層平均熱伝導率 λ_{m1}

$$\lambda_{m1} = 1 / (200.0 - 122.2) \cdot \int f(\theta) d\theta \quad f(\theta) : 122.2^\circ\text{C} \leq \theta \leq 200.0^\circ\text{C}$$
$$= 0.06205 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

第2層平均熱伝導率 λ_{m2}

$$\lambda_{m2} = 1 / (122.2 - 28.7) \cdot \int f(\theta) d\theta \quad f(\theta) : 28.7^\circ\text{C} \leq \theta \leq 122.2^\circ\text{C}$$
$$= 0.06516 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

放散熱量 (q_l) を求める

$$q_l = 2\pi (\theta_{si} - \theta_a) / [2 / (h_{se} \cdot D_n) + \sum \{\ln(D_n / D_{n-1}) / \lambda_{mn}\}] = 123.9 \text{ W/m}$$

境界温度を求める

$$\theta_1 = \theta_0 - q_l \times \ln(D_1 / D_0) / 2\pi \lambda_{m1}$$
$$= 122.2^\circ\text{C}$$

表面温度 (θ_{se}) を求める。

$$\theta_{se} = q_l / h_{se} \cdot D \cdot 2\pi + \theta_a$$
$$= 28.7^\circ\text{C}$$

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) = 0.06205 W/m・K 境界温度 = 122.2°C

[第2層] 平均熱伝導率 (λ_m) = 0.06516 W/m・K

放散熱量 (q_l) = 123.9 W/m

表面温度 (θ_{se}) = 28.7°C