บทที่ 4

แบบจำลองสำหรับการหาอุณหภูมิของชิ้นงาน

เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงนั้นไม่สามารถวัดค่าอุณหภูมิของชิ้นงานในแต่ละตำแหน่งของเตาเผาได้ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญต่อความบิดเบี้ยวของชิ้นงาน โดยการจำลองเพื่อหาอุณหภูมิของชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนการเผาหรือให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ได้นำหลักการของการถ่ายเทความร้อนโดยใช้หลักการของแผ่รังสีมาอธิบายเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองและสภาวะขอบเขตที่นำมาคำนวณ

4.1 การคำนวณหาค่าอุณหภูมิของชิ้นงานในระหว่างขั้นตอนการเผา

สมมติฐาน

4.1.1 อุณหภูมิของชิ้นงานในแต่ละชั้นเป็นค่าเดียวกัน

4.1.2 อุณหภูมิภายในเตามีค่าเท่ากัน

4.1.3 ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน

โดย $Q^k{}_{convection} = 0$ เนื่องจากภายในเตาเป็นสูญญากาศ

กำหนดให้ $Q^k{}_i$ = พลังงานความร้อนที่ชิ้นงานได้รับ

$$Q^k{}_i = Qconvection + Qradiation \tag{1}$$

$$Q^k{}_i = \rho.Cp.V\Delta Ti \tag{2}$$

$$Q^k{}_{convection} = h.A.((T^k{}_{fur})^4 - (T^k{}_i)^4)\Delta t \tag{3}$$

$$Q^k{}_{radiation} = \varepsilon.\sigma.F.A.((T^k{}_{fur})^4 - (T^k{}_i)^4)\Delta t \tag{4}$$

รวมสมการที่ (1) ถึง (4)

สมดุลพลังงานบนตัวชิ้นงาน

$$T^{k+1}{}_{i} = T^{k}{}_{i} + \frac{\Delta t.A}{\rho.Cp.V}[h.(T^{k}{}_{fur} - T^{k}{}_{i}) + \sigma.\varepsilon.F.((T^{k}{}_{fur})^{4} - (T^{k}{}_{i})^{4}] \qquad (5)$$

ตัดเทอมในส่วนของการพาความร้อนออก

$$\frac{\Delta t.A}{\rho.Cp.V}[h.(T^{k}{}_{fur} - T^{k}{}_{i}) = 0$$

จะได้

$$T^{k+1}{}_{i} = T^{k}{}_{i} + \frac{\Delta t.A}{\rho.Cp.V}[\sigma.\varepsilon.F.((T^{k}{}_{fur})^{4} - (T^{k}{}_{i})^{4}] \qquad (6)$$

ย้ายข้างสมการ

$$T^{k+1}{}_{i} - T^{k}{}_{i} = \frac{\Delta t.A}{\rho.Cp.V}[\sigma.\varepsilon.F.((T^{k}{}_{fur})^{4} - (T^{k}{}_{i})^{4}] \qquad (7)$$

หารตลอดด้วย Δt

$$\frac{T^{k+1}{}_{i} - T^{k}{}_{i}}{\Delta t} = \frac{A}{\rho.Cp.V}[\sigma.\varepsilon.F.((T^{k}{}_{fur})^{4} - (T^{k}{}_{i})^{4}]$$

$$\frac{d(T)_{i}}{dt} = \frac{A}{\rho.Cp.V}[\sigma.\varepsilon.F.((T^{k}{}_{fur}(t))^{4} - (T^{k}{}_{i}(t))^{4}] \qquad (8)$$

4.2 การคำนวณหาค่าอุณหภูมิของชิ้นงานในขั้นตอนการชุบชิ้นงานลงในของเหลว

สมมติฐาน

4.2.1 ค่าการนำความร้อนมีค่าสูงมาก (k)

4.2.2 ความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละชั้นมีค่าน้อยมาก ($\Delta T \rightarrow 0$)

4.2.3 อุณหภูมิของชิ้นงานเท่ากันทุกชั้น

กรณีเหล็กร้อนอุณหภูมิ 840 °C จุ่มลงในน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 80 °C

สมดุลพลังงานบนตัวชิ้นงาน

$Q^{k}{}_{in}$ = พลังงานความร้อนที่ชิ้นงานได้รับ

$Q_{out} = Qconvection$ = พลังงานที่ถูกถ่ายเทออกไปโดยการพาความร้อนด้วยน้ำมัน

$$Q^{k}{}_{in} = \rho VC_p \frac{dT}{dt} \quad (9)$$

$$Q_{out} = hA(T - T_\alpha)$$

$$Q^{k}{}_{in} = Q^{k}{}_{out}$$

$$\rho VC_p \frac{dT}{dt} = -hA(T - T\alpha) \quad (10)$$

$$\theta(t) = T(t) - T_\alpha \ ; \ T_\alpha = 80°C \quad (11)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{hA\theta}{\rho VC_p} \quad (12)$$

$$\int \frac{d\theta}{\theta} = \int \frac{-hA}{\rho VC_p} dt \quad (13)$$

โดย อินทิกรัล ตั้งแต่ $\theta_0 \rightarrow \theta$ และ $t_0 \rightarrow t$

$$ln(\frac{\theta}{\theta_0}) = -\frac{hA}{\rho VC}.t \quad (14)$$

$$\theta = \theta_o \, exp(-\frac{hA}{\rho VC_p}.t) \quad (15)$$

$$T(t) - T_\alpha = (T_{(0)} - T_\alpha)e^{-t/\tau} \quad (16)$$

$\frac{1}{\tau} = \frac{hA}{\rho VC_p} =$ ค่าคงที่ (Time constant)

โดยมีสภาวะขอบเขตดังนี้

$T_{(o)} = 840°C, T_\alpha = 80°C$

$t =$ เวลาที่ใช้ในการชุบชิ้นงานลงในน้ำมัน (นาที)

จากนั้นแทนค่า t ลงในสมการที่ 16 เพื่อหาอุณหภูมิของชิ้นงาน $T(t)$ ก็จะสามารถหาอุณหภูมิของชิ้นงานภายหลังการชุบชิ้นงานลงในน้ำมัน ที่อุณหภูมิของสารชุบ(น้ำมัน) ต่างๆ ได้