ภาคผนวก ช

ตัวอย่างการคำนวณค่าที่ใช้ในการทดลอง

ช.1 การคำนวณอัตราการป้อนเชื้อเพลิง (FR)

ช.1.1 Kerosene

อัตราการไหลเชื้อเพลิงเชิงปริมาตรวัด (Q) ได้เท่ากับ 9.1 cm^3/min

จากตารางสมบัติของเชื้อเพลิง Kerosene [$C_{11}H_{24}$] ได้ค่า Low Heating Value (LHV) และ Density (ρ) มีค่าเท่ากับ 44,532 kJ/kg และ 740 kg/m^3 ตามลำดับ

$$\dot{m} = \rho Q \tag{ช.1}$$
$$= (740\frac{kg}{m^3}) \times (\frac{9.1cm^3}{60s} \times \frac{m^3}{10^6\ cm^3})$$
$$= 1.12 \times 10^{-4}\ \frac{kg}{s}$$

$$FR = \dot{m} \times \rho Q \tag{ช.2}$$
$$= (1.06 \times 10^{-4}\ \frac{kg}{s}) \times (44,532\frac{kJ}{kg})$$
$$= 5kW$$

ช.1.2 LPG

อัตราการไหลเชื้อเพลิงเชิงมวลวัดได้เท่ากับ $1.09 \times 10^{-4}\ \frac{kg}{s}$

จากตารางสมบัติของเชื้อเพลิง LPG [0.6 C_4H_{10} + 0.4 C_3H_8] ได้ค่า LHV มีค่าเท่ากับ 45,988 kJ/kg

$$FR = (1.09 \times 10^{-4}\ \frac{kg}{s}) \times (44,532\frac{kJ}{kg})$$
$$= 5kW$$

ช.2 การคำนวณค่าอัตราส่วนสมมูล (Fuel Equivalence Ratio, Φ)

สมการ Stoichiometry ของเชื้อเพลิง Kerosene [$C_{11}H_{24}$]

$$C_{11}H_{24} + 17\left(O_2 + 3.76N_2\right) \rightarrow 11CO_2 + 12H_2O + 63.92N_2$$

$$(A/F)_{stoi} = \frac{m_{a,\,stoi}}{m_{f,\,stoi}} \qquad (ช.3)$$

$$= \frac{(17 \times 4.76 \times 29)}{(11 \times 12) + (24 \times 1)}$$

$$= 15.0428$$

สมการ Stoichiometry ของเชื้อเพลิง LPG [60% C_4H_{10} , 40% C_3H_8]

$$\left[0.6C_4H_{10} + 0.4C_3H_8\right] + 5.9\left[O_2 + 3.76N_2\right] \rightarrow 3.6CO_2 + 4.6H_2O + 22.18N_2$$

$$(A/F)_{stoi} = \frac{m_{a,\,stoi}}{m_{f,\,stoi}}$$

$$= \frac{(5.9 \times 4.76 \times 29)}{0.6[(4 \times 12) + (24 \times 1)] + 0.4[(3 \times 12) + (8 \times 1)]}$$

$$= 13.395$$

การที่จะบอกว่าสภาพการเผาไหม้ใช้อากาศมากน้อยจากทฤษฎีแค่ไหนจะบอกด้วยค่า Fuel Equivalence Ratio (Φ_{fuel})

$$\Phi_{fuel} = \frac{(A/F)_{stoi}}{(A/F)_{actual}} \qquad (ช.4)$$

ถ้า $\Phi_{fuel} = 1$ แสดงว่าการเผาไหม้มีสัดส่วนพอตามทฤษฎี (Stoichiometry)

ถ้า $\Phi_{fuel} > 1$ แสดงว่าการเผาไหม้มีอากาศในส่วนผสมน้อยกว่าทฤษฎี (Rich-mixture)

ถ้า $\Phi_{fuel} < 1$ แสดงว่ามีอากาศในส่วนผสมมากกว่าทฤษฎี (Lean-mixture)

แต่ในทางปฏิบัติ Φ_{fuel} จะขึ้นกับ $\%O_2$ ในไอเสีย ดังนั้นจึงคำนวณ Φ_{fuel} จากสมการ

$$\Phi_{fuel} = \frac{21 - \%O_2}{21} \qquad (ช.5)$$

โดยที่ $\%O_2$ นั้นได้จากเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

เมื่อ $\%O_2$ ได้จากเครื่องวิเคราะห์ไอเสียวัดได้เท่ากับ 11%

$$\Phi_{\text{fuel}} = \frac{21-11}{21}$$

$$= 0.47$$

ช.3 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนการแผ่รังสี (Absorption Coefficient, κ) และค่าความหนาเชิงแสง (Optical Thickness, τ)

กรณีที่กำหนดให้วัสดุพรุนมีเนื้อเป็นของแข็งทรงกลมเล็ก ๆ กระจายอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตร สามารถคำนวณหาค่า Absorption coefficient, κ จาก

$$\kappa = \xi n_{\text{P}} \pi \left(\frac{d_{\text{P}}}{2} \right)^2 \qquad \text{(ช.5)}$$

โดยที่ ξ คือค่า Emissivity ของวัสดุพรุน

n_{P} คือ จำนวนเม็ดวัสดุพรุนต่อ 1 หน่วยปริมาตร (particles/m^3)

d_{P} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดวัสดุพรุน (m)

ในกรณีที่วัสดุพรุนเป็นตาข่ายสแตนเลส สามารถหาค่า Absorption coefficient จาก

$$\kappa = \xi A_{\text{proj}} \qquad \text{(ช.6)}$$

โดยที่ A_{proj} คือ อัตราส่วนระหว่าง Projected area ต่อ 1 หน่วยปริมาตร (m^2/m^3)

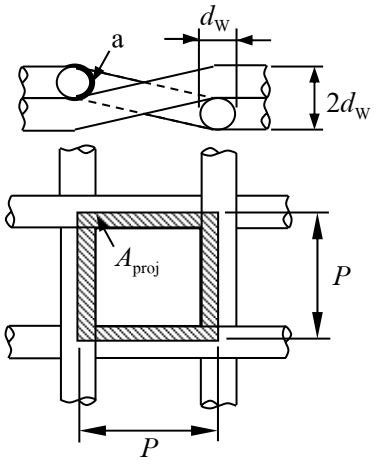
ทั้งสองกรณีสามารถหาค่า Optical thickness τ จาก

$$\tau_{\text{PM}} = \kappa_{\text{PM}} X_{\text{PM}} \qquad \text{(ช.7)}$$

โดยที่ κ คือ Absorption coefficient

X_{PM} คือ ความหนาของวัสดุพรุน

ช.3.1 การคำนวณหา Absorption coefficient ของวัสดุพรุนตาข่ายขนาด 100 mesh/inch^2 ที่ใช้เป็น Porous Burner (PB)



รูปที่ ช.1 ลักษณะของตาข่ายสแตนเลส

สัญลักษณ์ d_w คือ Diameter of wire (m)

P คือ Pitch (m)

วัสดุพรุนตาข่ายขนาด 100 mesh/inch^2

มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นลวด $d_w = 1.25\times10^{-4}$ m^2

$$100\frac{\text{mesh}}{\text{inch}}\times\frac{1\text{inch}}{25.4\text{mm}}\times\frac{1000\text{mm}}{1\text{m}} = 3{,}937 \quad \text{mesh/m}^2$$

$$P = \frac{1}{3{,}937}$$

$$= 2.54\times10^{-4}\ \text{m}$$

$$A_{proj} = \frac{P^2-(P-d_w)^2}{P^2\times2d_w} \qquad \text{(ช.8)}$$

$$= \frac{2P-d_w}{2P^2}$$

$$= \frac{2(2.54\times10^{-4})-(1.25\times10^{-4})}{2(2.54\times10^{-4})^2}$$

$$= 2{,}968.5 \quad \text{m}^2/\text{m}^3$$

วัสดุพรุนตาข่ายสแตนเลส มีค่า ξ เท่ากับ 0.59 (ใช้สมบัติของ Stainless steel เป็นตัวแทน)

ค่า Absorption coefficient: $\kappa_{PB} = \xi A_{proj}$ (ช.9)

$$= 0.59 \times 2{,}968.5$$

$$= 1750 \quad 1/m$$

ถ้าวัสดุพรุนตาข่ายแสตนเลสมีความหนา 70 mm

ค่า Optical thickness: $\tau_{PB} = \kappa_{PB} X_{PB}$ (ช.10)

$$= 1750 \times 0.07$$

$$= 122.5$$

หาค่า Volume fraction (FV): $FV = \frac{\forall_{porous}}{\forall_{total}}$; เมื่อ $\forall_{porous}$ คือปริมาตรวัสดุพรุน

$\forall_{total}$ คือปริมาตรทั้งหมด

$$= \frac{\pi\left(\frac{d_w}{2}\right)^2 \times P \times 2}{P^2 \times 2 d_w}$$

$$= \frac{\pi d_w}{4P} \quad \text{(ช.11)}$$

$$= \frac{\pi(1.25 \times 10^{-4})}{4(2.54 \times 10^{-4})}$$

$$= 0.39 \quad m^3/m^3$$

ค่าความพรุนของวัสดุพรุน (Porosity, ε) คือปริมาตรช่องว่าง $\forall_{void}$ ต่อปริมาตรทั้งหมด $\forall_{total}$

เนื่องจาก $\forall_{total} = \forall_{porous} + \forall_{void}$

ดังนั้น $\varepsilon = 1 - FV$ (ช.12)

หากคิดให้เนื้อวัสดุพรุนตาข่ายเป็นเสมือนเม็ดวัสดุพรุนกลม จะได้ว่า

$$FV = \frac{n_p \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d_p}{2}\right)^3}{\forall_{total}} \quad \text{(ช.13)}$$

$$0.39 = \frac{n_p \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d_p}{2}\right)^3}{\forall_{total}}$$

พื้นที่ผิวจริงของวัสดุพรุนต่อปริมาตรทั้งหมด (Real surface area per volume ratio, a)

$$a = \frac{2\pi d_{\mathrm{p}}}{P^2 \times 2d} \qquad \text{(ช.14)}$$

$$= \frac{\pi}{P} \qquad \mathrm{m^2/m^3}$$

$$= \frac{\pi}{2.54\times10^{-4}}$$

$$= 12{,}368.45 \qquad \mathrm{m^2/m^3}$$

หากคิดให้เนื้อวัสดุพรุนตาข่ายเป็นเสมือนเม็ดวัสดุพรุนกลมจะสามารถหา a ได้จาก

$$a = \frac{n_{\mathrm{P}} 4\pi\left(\frac{d_{\mathrm{p}}}{2}\right)^2}{\forall_{\mathrm{total}}} \qquad \text{(ช.15)}$$

$$12{,}368.45 = \frac{n_{\mathrm{P}} 4\pi\left(\frac{d_{\mathrm{p}}}{2}\right)^2}{\forall_{\mathrm{total}}}$$

นำสมการ (ช.13) หารด้วย (ช.15) จะได้

$$\frac{0.39}{12{,}368.45} = \frac{n_{\mathrm{P}} \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d_{\mathrm{p}}}{2}\right)^3}{n_{\mathrm{P}} 4\pi\left(\frac{d_{\mathrm{p}}}{2}\right)^2}$$

$$\frac{0.39}{12{,}368.45} = \frac{1}{3}\frac{d_{\mathrm{P}}}{2}$$

$$d_{\mathrm{P}} = 1.89\times10^{-4} \qquad \mathrm{m}$$

หาจำนวนอนุภาค n_{P} โดยการแทน d_{p} ลงใน (ช.13)

$$0.39 = \frac{n_{\mathrm{P}} \frac{4}{3}\pi\left(\frac{1.89\times10^{-4}}{2}\right)^3}{1}$$

$$n_{\mathrm{P}} = 1.1\times10^{11} \qquad \mathrm{particles/m^3}$$

ตารางที่ ช.1 สมบัติของตาข่ายสแตนเลส (Porous burner, PB)

Mesh /inch^2	d_W (mm)	P (mm)	κ_{PB} (1/m)	τ_{PB}	a (m^2/m^3)	ε	d_P (mm)	n_P (particles/m^3)
60	0.154	0.423	1,147	86	7,421.07	0.72	2.26×10^{-4}	4.61×10^{10}
80	0.154	0.317	1,420	106	9,894.76	0.63	2.24×10^{-4}	6.26×10^{10}
100	0.125	0.254	1,750	131	12,368.45	0.61	1.89×10^{-4}	1.1×10^{11}

ช.3.2 การคำนวณหา Absorption coefficient ของวัสดุพรุนเม็ดหินที่ใช้เป็น (Porous emitter, PE)

หาค่าความพรุนของวัสดุพรุนเม็ดหิน (Porosity, ε) ปริมาตรรวม ($\forall_{total}$) 200 cc โดยการอาศัยการแทนที่น้ำในช่องว่าง ได้ปริมาตรน้ำเท่ากับ 72.2 cc ($\forall_{void}$)

$$\varepsilon = \frac{72.2}{200} = 0.361$$

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดหินที่ทำการวัด (d) เท่ากับ 10 mm

จำนวนเม็ดหิน (n_p) ในปริมาตร 500 cc เท่ากับ 240 เม็ด

หาค่า Volume fraction (FV) จากสมการ (ช.12)

$$\begin{aligned} FV &= 1-\varepsilon \\ &= 1-0.361 \\ &= 0.639 \end{aligned}$$

แทนค่า FV ลงในสมการ (ช.13) จะได้

$$0.639 = \frac{n_p \frac{4}{3}\pi\left(\frac{0.01}{2}\right)^3}{\forall_{total}} \qquad \text{(ช.16)}$$

พื้นที่ผิวจริงของวัสดุพรุนต่อปริมาตรทั้งหมด (Real surface area per volume ratio, a)

จากสมการที่ (ช.15) จะได้ $$a = \frac{240\times4\pi\left(\frac{0.01}{2}\right)^2}{200\times10^{-6}}$$

$$= 377.1429 \qquad m^2/m^3$$

แทนค่า a กลับลงในสมการ (ช.15) จะได้

$$377.1429 = \frac{n_{\mathrm{P}} 4\pi\left(\frac{d_{\mathrm{p}}}{2}\right)^2}{\forall_{\mathrm{total}}} \qquad \text{(ช.17)}$$

นำสมการ (ช.17) มาหารสมการ (ช.16) จะได้

$$\frac{1}{3}\frac{d_{\mathrm{P}}}{2} = 3.040\times10^{-3}$$

$$d_{\mathrm{P}} = 0.010166 \qquad \mathrm{m}$$

แทนค่า d_{P} ลงในสมการ (ช.16) เพื่อหาค่า n_{P}

$$0.639 = \frac{n_{\mathrm{p}}\frac{4}{3}\pi\left(\frac{0.010166}{2}\right)^3}{200\times10^{-6}}$$

$$n_{\mathrm{p}} = 1161151.273 \qquad \mathrm{particles/m^3}$$

วัสดุพรุนเม็ดหินมีค่า ξ เท่ากับ 0.75 (ใช้สมบัติของ Brick เป็นตัวแทน)
จะสามารถหาค่า Absorption coefficient, κ_{PE} ได้จาก

$$\kappa_{\mathrm{PE}} = \xi n_{\mathrm{P}}\pi\left(\frac{d_{\mathrm{P}}}{2}\right)^2$$

$$= 0.75\times1161151.273\times\pi\left(\frac{0.010166}{2}\right)^2$$

$$= 13.48 \qquad 1/\mathrm{m}$$

กรณีความหนาของชั้นวัสดุพรุน PE เท่ากับ 160 mm
Optical thicknessของวัสดุพรุน PE

$$\tau_{\mathrm{PE}} = \kappa_{\mathrm{PE}} X_{\mathrm{PE}}$$

$$= 13.48\times0.160$$

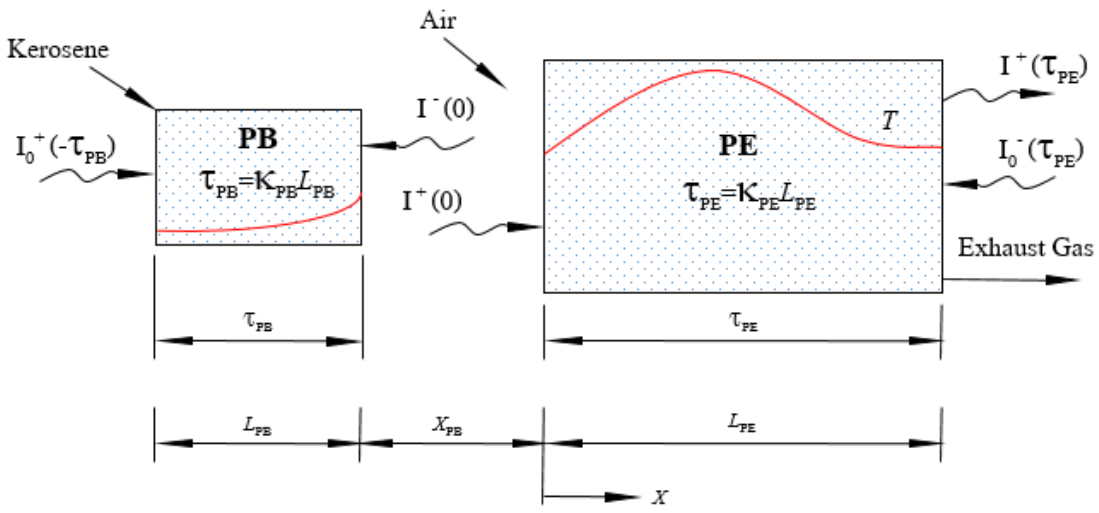
$$= 11.31429$$

ตารางที่ ช.2 สมบัติวัสดุพรุนเม็ดหิน (Porous Emitter, PE)

$\forall_{total}$ (cc)	$\forall_{void}$ (cc)	N (เม็ด)	d (mm)	ε	a (m^2/m^3)	d_P (mm)	n_P (m)	κ_{PE} (1/m)	τ_{PE}
200	180.5	240	10	0.361	273.91	10.16	1,161,151	70.71	11.31

หมายเหตุ ในการทดลองกรณีติดตั้ง Porous emitter (PE).ใช้ก้อนหินขนาด d = 10 mm

ช.4 ตัวอย่างผลการคำนวณฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ ช.2 แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับคำนวณฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน

การประเมินหาค่าฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อนเพื่อทราบถึงปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีที่หมุนเวียนมาช่วยในการระเหยของเชื้อเพลิงเหลวใน PB รูปที่ ช.2 แสดงแบบจำลองของระบบอย่างง่ายประกอบด้วยวัสดุพรุน PB และ PE ที่มีการแผ่รังสีระหว่างวัสดุพรุนทั้งสอง ภายใน PB และ PE มีโครงสร้างของอุณหภูมิซึ่งได้จากการวัดในการทดลองโดยมีสมมติฐานในการพิจารณาที่สำคัญดังนี้

สมมติฐาน

1. พิจารณาเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างวัสดุพรุนแบบ 1 มิติ
2. ระบบที่พิจารณาในแต่ละจุดให้ถือว่าอยู่ในสภาวะ Local thermal equilibrium
3. ไม่คิดการแผ่รังสีความร้อนและการดูดซับความร้อนของแก๊สเนื่องจากมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับของแข็ง
4. ให้สมบัติเชิงฟิสิกส์ของของแข็งมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยใช้ค่าที่อุณหภูมิเฉลี่ย

พิจารณาที่ $\tau = 0$ ได้

$$q_r^{\,n}(0) = q_r^{\,+}(0) - q_r^{\,-}(0)$$

หรือ

$$q_r^{\,n}(0) = 2\pi[I^+(0) - I^-(0)] \qquad \text{(ช.18)}$$

เมื่อ

$$2\pi[I^+(0)] = 2\pi\left[I_0^{\,+}(-\tau_{PB})E_3(\tau_{PB}) + \int_{-\tau_{PB}}^{0} I_b[T(-\tau')]E_2(-\tau')d\tau' \right] \qquad \text{(ช.19)}$$

$$2\pi[I^-(0)] = 2\pi\left[I_0^{\,-}(\tau_{PE})E_3(\tau_{PE}) + \int_{0}^{\tau_{PE}} I_b[T(\tau')]E_2(\tau_{PE} - \tau')d\tau' \right] \qquad \text{(ช.20)}$$

โดยที่ τ' คือ Dummy variable of integration, $E_n(\tau)$ คือ Exponential integral function

$$I_0^{\,+}(-\tau_{PB}) = I_0^{\,-}(\tau_{PE}) = \frac{\sigma T_\infty^{\,4}}{\pi}$$

จากสมการที่ (ช.19) และ (ช.20) พบว่าสามารถคำนวณหาค่า $I^+(0)$ และ $I^-(0)$ ได้ทันทีจากอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลองเพราะ $I_b = \frac{\sigma T_\infty^{\,4}}{\pi}$ เมื่อ T คือ T ที่วัดได้จากการทดลองและนำไปทำเป็น Continuous Function เพื่อใช้ในการคำนวณ

เพื่อความสะดวกในการแก้สมการในการหาคำตอบจึงจัดสมการให้อยู่ในเทอมไร้หน่วยโดยกำหนดกลุ่มตัวแปรไร้หน่วยดังนี้คือ

$$\theta_S = \frac{T_S}{T_\infty}$$

$$J = \frac{\pi I_0}{\sigma T_\infty{}^4}$$

$$H = \frac{q_r}{4\sigma T_\infty{}^4}$$

ดังนั้นสมการ (ช.19) และ (ช.20) จึงเขียนให้อยู่ในเทอมไร้หน่วยได้ดังนี้

$$H^+(0) = \frac{1}{2}\left[J^+(-\tau_{PB})E_3(\tau_{PB}) + \int_{-\tau_{PB}}^{0} \theta_s{}^4(\tau')E_2(\tau')d\tau' \right] \quad \text{(ช.21)}$$

$$H^-(0) = \frac{1}{2}\left[J^-(\tau_{PE})E_3(\tau_{PE}) + \int_{0}^{\tau_{PE}} \theta_s{}^4(\tau')E_2(\tau_{PE} - \tau')d\tau' \right] \quad \text{(ช.22)}$$

ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่าฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อนสุทธิ (Net-Radiative Heat Flux) ที่ผิว PE ($\tau = \tau_{PE}$)

$$\begin{aligned} q_r{}^n(\tau_{PE}) &= q_r{}^+(\tau_{PE}) - q_r{}^-(\tau_{PE}) \\ &= 2\pi[I^+(\tau_{PE}) - I^-(\tau_{PE})] \end{aligned} \quad \text{(ช.23)}$$

สามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปความเข้มของการแผ่รังสีได้ดังสมการ

$$2\pi[I^+(\tau_{PE})] = 2\pi\left[[I_0{}^+(-\tau_{PB})E_3(\tau_{PB}) + \int_{-\tau_{PB}}^{0} I_b[T(\tau')]E_2(\tau')d\tau']E_3(\tau_{PE}) \right.$$

$$\left. + \int_{0}^{\tau_{PE}} I_b[T(\tau')]E_2(\tau_{PE} - \tau')d\tau' \right] \quad \text{(ช.24)}$$

$$2\pi\left[I_0{}^-(\tau_{PE}) \right] = 2\pi\left[I_0{}^+(-\tau_{PB}) \right] = 2\pi\left[\frac{\sigma T_\infty{}^4}{\pi} \right] \quad \text{(ช.25)}$$

สามารถจัดสมการ (ช.24) และ (ช.25) ให้อยู่ในเทอมไร้หน่วยได้ดังสมการ (ช.26) และ (ช.27)

$$H^{+}(\tau_{PE}) = \frac{1}{2}\left[[J^{+}(-\tau_{PB})E_3(\tau_{PB}) + \int_{-\tau_{PB}}^{0} \theta_s{}^4(\tau')E_2(\tau')d\tau']E_3(\tau_{PE}) \right.$$

$$\left. + \int_{0}^{\tau_{PE}} \theta_s{}^4(\tau')E_2(\tau_{PE} - \tau')d\tau' \right] \qquad \text{(ช.26)}$$

$$H^{-}(\tau_{PE}) = J^{-}(\tau_{PE}) \qquad \text{(ช.27)}$$

และจากฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อนสุทธิสามารถนำไปคำนวณประสิทธิภาพของการแผ่รังสีได้เช่นกัน โดยสมการ (ช.28) เป็นการหาประสิทธิภาพของการแผ่รังสีกลับมายังวัสดุพรุน PB (η_{pre})และสมการ (ช.29) เป็นการหาประสิทธิภาพของการแผ่รังสีของวัสดุพรุน PE (η_{rad})

$$\eta_{pre} = \frac{Q_r{}^n(0)}{FR} \times 100 \qquad \text{(ช.28)}$$

$$\eta_{rad} = \frac{Q_r{}^n(\tau_{PE})}{FR} \times 100 \qquad \text{(ช.29)}$$

เมื่อ

$$Q_r{}^n(0) = \left| q_r{}^n(0) \right| A_{PB} \qquad \text{(ช.30)}$$

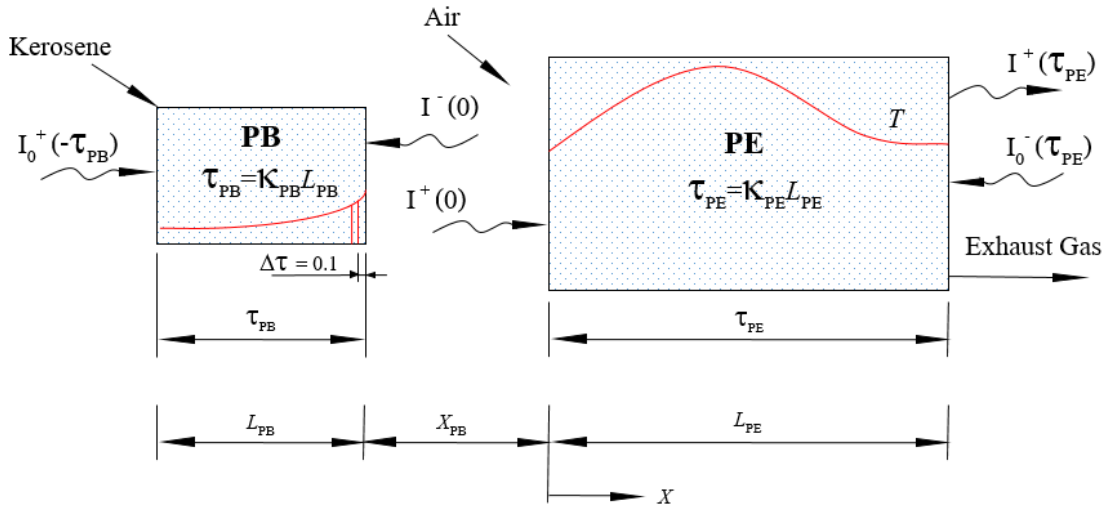
$$Q_r{}^n(\tau_{PE}) = \left| q_r{}^n(\tau_{PE}) \right| A_{PE} \qquad \text{(ช.31)}$$

โดยที่ A_{PB} และ A_{PE} คือพื้นที่หน้าตัดของ PB และ PE ตามลำดับ

เมื่อกำหนดให้ $\Delta\tau$ เท่ากับ 0.1

ที่เงื่อนไขการทดลองเชื้อเพลิง Kerosene, FR = 5.00 kW, Φ = 0.39 , X_{PB} = 0 mm ได้ผลดังนี้

ที่ τ=0 ได้



รูปที่ ช.3 แบบจำลองของระบบเพื่อคำนวณฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน (τ=0)

ตารางที่ ช.3 ตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณ (τ=0)

Quantity	Values
$J^+(-\tau_{PB})$	1.0
$E_3(\tau_{PB})$	5.02×10^{-56}
$\int_{-\tau_{PB}}^{0} \theta_s^4(\tau')E_2(\tau')d\tau'$	28.09
$J^-(\tau_{PE})$	1.0
$E_3(\tau_{PE})$	8.64×10^{-7}
$\int_{0}^{\tau_{PE}} \theta_s^4(\tau')E_2(\tau_{PE}-\tau')d\tau'$	134.53

แทนค่าในตารางที่ ช.3 ลงในสมการที่ (ช.21), (ช.22) และจาก (ช.18) จะได้

$$H^{+}(0)=\frac{1}{2}\left[(1.0)\left(5.02\times10^{-56}\right)+28.09\right]$$

$$=14.05$$

$$H^{-}(0)=\frac{1}{2}\left[(1.0)\left(8.64\times10^{-7}\right)+134.53\right]$$

$$=67.27$$

$$H^{n}(0)=\left|14.05-67.27\right|$$

$$=53.22$$

$$q_{r}^{\ n}(0)=4\sigma T_{\infty}^{\ 4}H^{n}(0)$$

$$=4\left(5.67\times10^{-8}\frac{W}{m^{2}K^{4}}\right)(308K)^{4}(53.22)$$

$$=109{,}139.02\qquad\frac{W}{m^{2}}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_{r}^{\ n}=\left(109{,}139.02\frac{W}{m^{2}}\right)\times\left(0.00810732m^{2}\right)=884.82\ W$

$$q_{r}^{\ +}(0)=4\sigma T_{\infty}^{\ 4}H^{+}(0)$$

$$=(4)\left(5.67\times10^{-8}\frac{W}{m^{2}}\right)\left(308^{4}K^{4}\right)(14.05)$$

$$=28{,}797.26\qquad\frac{W}{m^{2}}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_{r}^{\ +}=\left(28{,}797.26\frac{W}{m^{2}}\right)\times\left(0.00810732m^{2}\right)=233.47\ W$

$$q_{r}^{\ -}(0)=4\sigma T_{\infty}^{\ 4}H^{-}(0)$$

$$=(4)\left(5.6699\times10^{-8}\frac{W}{m^{2}}\right)\left(308^{4}K^{4}\right)(67.27)$$

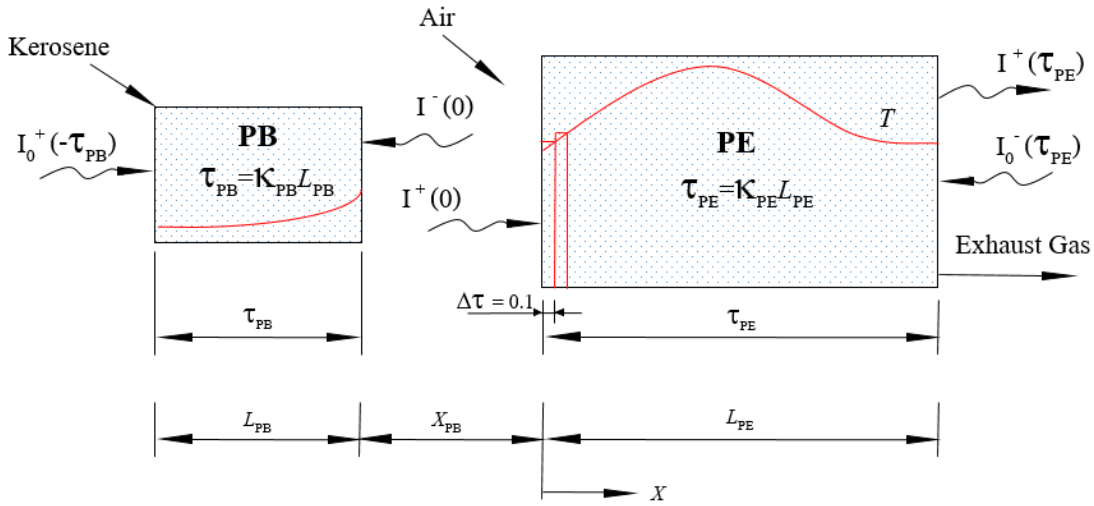
$$=137{,}936.27\qquad\frac{W}{m^{2}}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_{r}^{\ -}=\left(137{,}936.27\frac{W}{m^{2}}\right)\times\left(0.00810732m^{2}\right)=112.99\ W$

เมื่อกำหนดให้ $\Delta\tau$ เท่ากับ 0.1

ที่เงื่อนไขการทดลองเชื้อเพลิง Kerosene, FR = 5.00 kW, Φ = 0.39 , X_{PB} = 0 mm ได้ผลดังนี้

ที่ $\tau=\tau_{PE}$ ได้



รูปที่ ช.4 แบบจำลองของระบบเพื่อคำนวณฟลักซ์การแผ่รังสีความร้อน ($\tau=\tau_{PE}$)

ตารางที่ ช.4 ตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณ ($\tau=\tau_{PE}$)

Quantity	Values
$J^+(-\tau_{PB})$	1.0
$E_3(\tau_{PB})$	5.02×10^{-56}
$\int_{-\tau_{PB}}^{0} \theta_s^4(\tau')E_2(\tau')d\tau'$	28.09
$J^-(\tau_{PE})$	1.0
$E_3(\tau_{PE})$	8.64×10^{-7}
$\int_{0}^{\tau_{PE}} \theta_s^4(\tau')E_2(\tau_{PE}-\tau')d\tau'$	134.53

แทนค่าในตารางที่ ช.4 ลงในสมการที่ (ช.26), (ช.27) และจาก (ช.18) จะได้

$$H^{+}(\tau_{PE}) = \frac{1}{2}\left\{\left[(1.0)\left(5.02\times10^{-56}\right)+28.09\right]\left(8.64\times10^{-7}\right)+134.53\right\}$$

$$= 67.27$$

$$H^{-}(\tau_{PE}) = 1$$

$$H^{n}(\tau_{PE}) = \left|67.27-1\right|$$

$$= 66.27$$

$$q_r^{\,n}(\tau_{PE}) = 4\sigma T_\infty^{\,4} H^{n}(\tau_{PE})$$

$$= 4\left(5.67\times10^{-8}\frac{W}{m^2K^4}\right)(308K)^4(66.27)$$

$$= 135{,}885.73 \quad \frac{W}{m^2}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_r^{\,n} = \left(135{,}885.73\frac{W}{m^2}\right)\times\left(3.63\times10^{-6}\,m^2\right) = 493.49 \quad W$

$$q_r^{\,+}(\tau_{PE}) = 4\sigma T_\infty^{\,4} H^{+}(\tau_{PE})$$

$$= (4)\left(5.6699\times10^{-8}\frac{W}{m^2}\right)\left(308^4\,K^4\right)(67.27)$$

$$= 137{,}936.30 \quad \frac{W}{m^2}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_r^{\,+} = \left(137{,}936.30\frac{W}{m^2}\right)\times\left(0.003631681m^2\right) = 500.94\ W$

$$q_r^{\,-}(\tau_{PE}) = 4\sigma T_\infty^{\,4} H^{-}(\tau_{PE})$$

$$= (4)\left(5.6699\times10^{-8}\frac{W}{m^2}\right)\left(308^4\,K^4\right)(1)$$

$$= 2{,}040.98 \quad \frac{W}{m^2}$$

คิดเป็นปริมาณความร้อน $Q_r^{\,-} = \left(2{,}040.98\frac{W}{m^2}\right)\times\left(0.003631681m^2\right) = 7.41\ W$