

# แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายพฤติกรรมการเผาไหม้ของละอองเชื้อเพลิง เหลวภายในเตาเผาที่มีการส่งเสริมการเผาไหม้ด้วยวัสดุพรุน

Mathematical Model for Prediction of Combustion Phenomena of Liquid Fuel  
Spray within Porous Medium Burner

บุญยฤทธิ ประสาทแก้ว  
Boonrit Prasartkaew

## บทคัดย่อ

ในเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่มีใช้อยู่ทั่วไป ละอองเชื้อเพลิงเหลวที่ถูกฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ต้องใช้เวลาในการระเหยกลายเป็นไอผสมกับอากาศแล้วจึงเกิดการเผาไหม้ ห้องเผาไหม้มีขนาดค่อนข้างใหญ่จึงเกิดความคิดที่จะออกแบบเตาเผาไหม้แบบใหม่โดยการนำวัสดุพรุนมาประยุกต์ใช้ ซึ่งในระบบการเผาไหม้แบบใหม่นี้ วัสดุพรุนจะทำให้เกิดการหมุนเวียนพลังงานความร้อนจากไอเสียไปสู่ไอดีโดยการนำและการแผ่รังสีความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความแม่นยำในการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแก้สมการจึงทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากแบบจำลองและการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้น้ำมันก๊าดเป็นเชื้อเพลิง การระเหยและการเผาไหม้แบบ self-sustaining premixed combustion สามารถเกิดขึ้นได้ภายในวัสดุพรุน ซึ่งผลการคำนวณที่ได้สอดคล้องเป็นอย่างดีกับผลการศึกษาจากการทดลอง และพบว่าค่าความหนาเชิงแสง ความเร็วไอดี ขนาด

เริ่มต้นของละอองเชื้อเพลิง และ ความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุพรุน ทั้งหมดเป็นตัวแปรสำคัญและจากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบกรณีเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่มีและไม่มีการติดตั้งวัสดุพรุน พบว่า เตาเผาไหม้ที่มีการติดตั้งวัสดุพรุนให้อุณหภูมิที่สูงกว่า ใช้ระยะทางในการระเหยสั้นกว่า จึงสามารถออกแบบเตาเผาไหม้ขนาดเล็กกว่าได้

คำสำคัญ : วัสดุพรุน / เชื้อเพลิงเหลว / การเผาไหม้

## Abstract

In a conventional burner, droplets are injected into the chamber must have sufficient time for evaporating, mixing with air and burning. For this reason, the burner must be large. This is an idea for designing a new type of burner, by installing the porous medium inside the burner. In this combustion system, the energy recirculation from reaction zone

to preheating zone will take place by the porous medium. Comparing the computation results with the available experimental results validated the model. Results show that, for kerosene fuel, the evaporation and self-sustaining premixed combustion can occur inside the porous medium. The computation results agree well with the available experimental results. Furthermore the dominating parameters such as optical thickness, mixture velocity, initial size of droplet and thermal conductivity of porous medium are the most important for this system. Comparative study shows that the combustion within porous medium has many advantages over conventional burner such as higher maximum temperature higher combustion intensity and shorter evaporation distance which allows a more compact burner design.

Keywords : Porous Medium/Liquid Fuel/Combustion

## 1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเศรษฐกิจตกต่ำได้ส่งผลให้เกือบทุกประเทศมีการแข่งขันทางด้านต่าง ๆ มากขึ้นเพื่อความอยู่รอดของประเทศ สิ่งที่ควรพิจารณาคือ การลดต้นทุนการผลิตและการใช้พลังงานให้คุ้มค่าเพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติซึ่งกำลังลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยังคงคำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะอีกด้วย จึงเกิดแนวคิดที่ว่า ทำอย่างไรจึงจะเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม ยานพาหนะ อุปกรณ์ที่ใช้ในการหุงต้ม เป็นต้น ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศน้อยที่สุด เทคนิคที่ตีแย้มอย่างหนึ่งที่ได้รับการสนใจอยู่ในปัจจุบันก็คือ การส่งเสริมการเผาไหม้โดยการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุน ซึ่งได้มีการพัฒนามานับสิบปีแล้วโดย [1] [2] และ [3] ได้ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สในวัสดุพรุนพบว่าในระบบการเผาไหม้ดังกล่าวเมื่อ

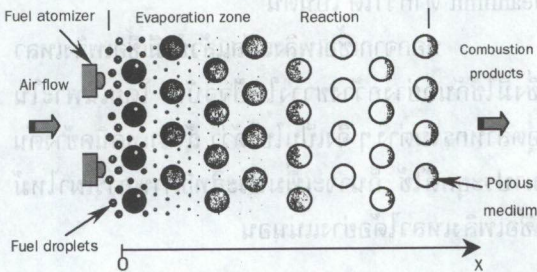
ให้อุณหภูมิที่มีค่าความร้อนต่ำมากไหลเข้าไปในวัสดุพรุนที่ดูดกลืน (absorb) เอนทาลปีของไอเสียนร้อนส่วนหนึ่งไว้จะก่อให้เกิดการอุ่นไอดีด้วยการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุนทำให้อุณหภูมิของแก๊สสูงขึ้นก่อนการเผาไหม้ อย่างมีประสิทธิภาพจึงเห็นได้ว่าวัสดุพรุนเป็นตัวทำให้เกิดการหมุนเวียนพลังงาน (Energy recirculation) ในระบบดังนั้นการเผาไหม้ในระบบนี้จึงมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเผาไหม้ทั่วไปคือ มีอุณหภูมิสูงกว่า adiabatic flame temperature ให้ค่า burning speed และ volumetric energy release rate ที่สูงกว่า สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงและให้ค่า leanlimit ต่ำกว่าได้ เป็นต้น

นอกจากเชื้อเพลิงแก๊สแล้วยังมีเชื้อเพลิงเหลวซึ่งมีใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเป็นไปได้ว่า ถ้านำเทคนิคข้างต้นมาประยุกต์ใช้ ก็น่าจะเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวได้อย่างแน่นอน

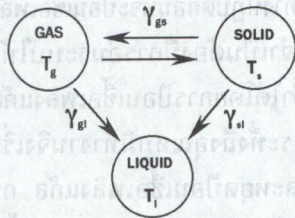
## 2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในทางปฏิบัติก่อนที่จะป้อนเชื้อเพลิงเหลวเข้าสู่ห้องเผาไหม้จำเป็นต้องมีการอุ่นระบบให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น อาจทำได้โดยการป้อนเชื้อเพลิงแก๊สเข้าสู่ห้องเผาไหม้จนกระทั่งถึงอุณหภูมิทำงานจึงเริ่มป้อนเชื้อเพลิงเหลวและหยุดป้อนเชื้อเพลิงแก๊ส การเผาไหม้อย่างต่อเนื่องด้วยตัวเองก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองทางกายภาพของระบบที่พิจารณาสารูปที่ 2 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่าง แก๊ส ของเหลว และของแข็ง ที่เกิดขึ้นในระบบ เมื่อละอองเชื้อเพลิงเหลว (Fuel droplets) ถูกฉีดด้วยหัวฉีดเชื้อเพลิง (Fuel atomizer) แล้วเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับอากาศ เข้าสู่วัสดุพรุน (Porous medium) ในบริเวณ evaporation zone อากาศได้รับความร้อนจากของแข็งโดยการพา (ดูรูปที่ 2 ประกอบ) ซึ่งของแข็งมีอุณหภูมิสูงกว่าแก๊สเนื่องจากของแข็งมีการนำและการแผ่รังสีความร้อนมาจาก reaction zone ทำให้อุณหภูมิของแก๊สบริเวณนี้สูงขึ้น ในขณะที่ละอองเชื้อเพลิงเหลวจะได้รับความร้อนทั้งจากแก๊สและจากของแข็ง จน

อุณหภูมิของของเหลวสูงถึงอุณหภูมิจุดเดือดจึงเริ่มระเหยเป็นไอผสมกับอากาศเป็นไอที่ติดไฟได้ จนกระทั่งเข้าสู่ reaction zone ณ ที่นี้ไอที่ถูกอุ่นจนถึง ignition temperature จนเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ อุณหภูมิของแก๊สจะสูงจึงถ่ายเทความร้อนบางส่วนให้ของแข็ง ก่อนไหลออกสู่ภายนอกขณะเดียวกันของแข็งก็ถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีและการนำส่วนทิศทางการไหลของไอดีไปทางด้าน upstream ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยและอุ่นไอดีให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นในบริเวณ evaporation zone เป็นวัฏจักรเช่นนี้อย่างต่อเนื่องหากการเผาไหม้ยังดำเนินต่อไป



รูปที่ 1 แบบจำลองทางกายภาพ (Physical model)



รูปที่ 2 การถ่ายเทความร้อนระหว่างสถานะ

3. สมการที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 สมการอนุรักษ์พลังงานสำหรับ gas phase

$$\left( \begin{array}{l} \epsilon \frac{\partial}{\partial t} [(c_s \rho_s + c_{vpr} \rho_{vpr}) T_g] \\ + \frac{\partial}{\partial x} [(c_s \rho_s + c_{vpr} \rho_{vpr}) u_0 T_g] \end{array} \right) = \left( \begin{array}{l} \lambda \frac{\partial T_g}{\partial x} + \gamma_{gs} (T_s - T_g) \\ - (1-\alpha)(1-\delta) \gamma_{gl} (T_g - T_l) \\ + H_c W - (1-\alpha) \delta M_f \& L \end{array} \right) \quad (1)$$

เมื่อ  $\rho_{vpr} \equiv \rho_{10} - \rho_f$  และ

$$\delta = \begin{cases} 0, & \text{for } T_1 < T_{sat} \\ 1, & \text{for } T_1 < T_{sat}, \text{ and } T_g \geq T_{sat} \end{cases}$$

3.2 สมการพลังงานสำหรับ solid phase

$$c_s (1-\epsilon) \rho_s \frac{\partial T_s}{\partial t} = \left( \begin{array}{l} -\gamma_{gs} (T_s - T_g) + \alpha (1-\delta) \gamma_{gl} (T_l - T_s) \\ + (1-\epsilon)^2 \lambda \frac{\partial T_s}{\partial x} - \frac{\partial q_r}{\partial x} - \alpha \delta M_f \& L \end{array} \right) \quad (2)$$

เมื่อ Radiation term  $\frac{\partial q_r}{\partial x}$  หาได้จากสมการที่ (8)

3.3 สมการพลังงานสำหรับ liquid phase

$$\epsilon c_l \frac{\partial}{\partial t} [\rho_l T_l] + c_l \frac{\partial}{\partial x} [\rho_l u_0 T_l] = \left( \begin{array}{l} (1-\alpha)(1-\delta) \gamma_{gl} (T_g - T_l) \\ - \alpha (1-\delta) \gamma_{gl} (T_l - T_g) \end{array} \right) \quad (3)$$

3.4 สมการอนุรักษ์มวลสำหรับ liquid phase

$$\epsilon \frac{\partial \rho_l}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [\rho_l u_0] = -\delta M_f \& \quad (4)$$

3.5 สมการอนุรักษ์มวลสำหรับ fuel vapor

$$\epsilon \frac{\partial \rho_v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [\rho_v u_0] = \delta M_f \& - W \quad (5)$$

เมื่อ (M&f) และ (W) หาได้จาก

$$M_f \& = \frac{(1-\alpha) \gamma_{gl} (T_g - T_{sat}) + \alpha \gamma_{sat} (T_g - T_{sat})}{L + c_l (T_g - T_{sat})} \quad (6)$$

$$W = \rho_v A_{exp} \left( -\frac{E}{R_g - T_g} \right) \quad (7)$$

3.6 Divergence of net radiative heat flux

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{q_r}{\tau} \right) = -2\pi K \left( \begin{array}{l} I_{0E_2}(\tau) + I_{1E_2}(\tau_c - \tau) - 2I_b(\tau) \\ + \int_{I_b}^{\tau_c} I_b(\tau') E_1(\tau - \tau') d\tau' \end{array} \right) \quad (8)$$

ซึ่ง  $\tau'$  คือ dummy variable of integration  $E_n(\tau')$  คือ exponential integral function และ

$$\int_{I_b}^{\tau_c} I_b(\tau') E_1(|\tau - \tau'|) d\tau' = \left( \begin{array}{l} \int_{I_b}^{\tau_c} I_b(\tau') E_1(\tau - \tau') d\tau' \\ + \int_{I_b}^{\tau_c} I_b(\tau') E_1(\tau' - \tau) d\tau' \end{array} \right) \quad (9)$$

3.7 Radiative heat flux

$$q_r(\tau) = q_r^+(\tau) + q_r^-(\tau) \quad (10)$$

$$q_r^+(\tau) = -2\pi [I_{0E_3}(\tau) + \int_0^{\tau} I_b(\tau') E_2(\tau - \tau') d\tau'] \quad (11)$$

$$q_r^-(\tau) = -2\pi [I_{1E_3}(\tau_c - \tau) + \int_{\tau}^{\tau_c} I_b(\tau') E_2(\tau' - \tau) d\tau'] \quad (12)$$

โดยที่

$$I_b = \frac{\sigma T^4}{\pi}$$

กำหนด initial conditions และ boundary conditions ดังนี้

$$T_g(x,0) = T_0, \quad T_s(x,0) = T_{ip}(x), \quad T_l(x,0) = T_0,$$

$$\rho_f(x,0) = \rho_0, \quad \rho_v(x,0) = 0, \quad T_l(0,t) = T_0,$$

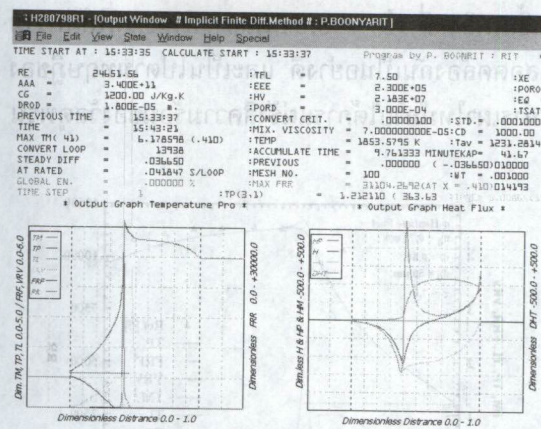
$$\rho_f(0,t) = \rho_0, \quad \rho_v(0,t) = 0, \quad T_g(0,t) = T_0,$$

$$-\lambda \frac{\partial T_g(x,t)}{\partial x} = 0, \quad (1-\epsilon) \lambda_s \frac{\partial T_s(x,t)}{\partial x} = 0,$$

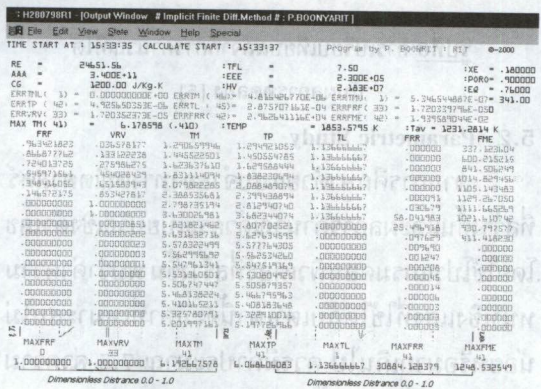
$$-(1-\epsilon) \lambda_s \frac{\partial T_s(0,t)}{\partial x} = h_s [T_g(0,t) - T_s(0,t)] \quad (13)$$

4. ขั้นตอนและวิธีแก้สมการ

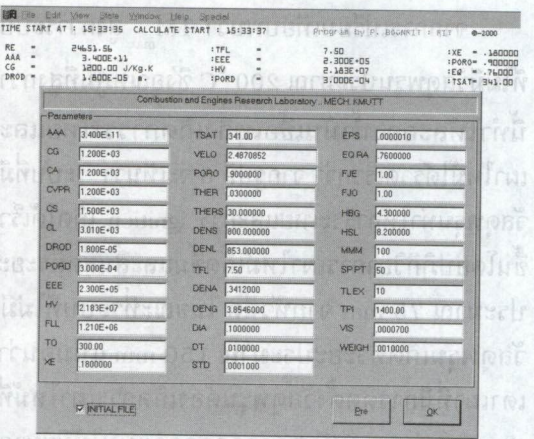
หลังจากสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และได้สมการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดพร้อมทั้งเปลี่ยนรูปให้เป็นสมการไร้มิติเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการแก้สมการซึ่งเริ่มด้วยการใช้ระเบียบวิธี finite different ในการจัดรูปสมการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองให้อยู่ในรูป finite difference equation เพื่อให้ง่ายต่อการแก้สมการด้วยวิธีคำนวณซ้ำ (Iterative procedure) ผลลัพธ์ที่คำนวณได้กำหนดด้วยค่าความผิดพลาดไม่เกิน  $1 \times 10^{-6}$  จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน 91 (FORTRAN 91) เพื่อใช้ในการแก้สมการดังกล่าว ซึ่งโปรแกรมที่เขียนนี้สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้โดยง่าย มีการแสดงผลการคำนวณซึ่งแสดงถึงสภาวะต่างๆ ของเตาเผาที่เวลาใด ๆ ทั้งในรูปของกราฟ และตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 3 4 และ 5



รูปที่ 4 ผลการคำนวณที่เวลาใด ๆ ในรูปกราฟ



รูปที่ 5 ผลการคำนวณที่เวลาใด ๆ ในรูปตัวเลข



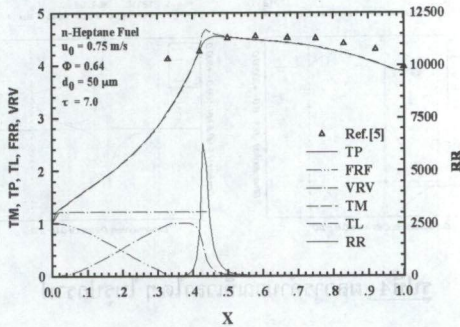
รูปที่ 3 การแก้ไข Input Parameters ที่ใช้ในการคำนวณ

5. ผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับผลการทดลองของ [5] เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 6 โดยการทดลองได้ศึกษาถึงการเผาไหม้ของละอองเชื้อเพลิงเหลวที่มีขนาดเริ่มต้น 50  $\mu\text{m}$  ที่เกิดภายใน magnesia stabilized zirconia burner วัสดุพูนที่ใช้มีลักษณะเป็นแผ่น หลายแผ่น มี pore size ต่างกันคือ 4 และ 10 ppcm โดยทำการทดลองที่ค่า  $x_c = 0.15$   $m u_0 = 0.75$  m/s และค่า  $\Phi$  อยู่ระหว่าง 0.57-0.67 รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับผลการทดลอง พบว่าเมื่อใช้ heptane ( $C_7H_{16}$ ) เป็น

เชื้อเพลิง ที่  $\Phi = 0.64$  ผลการคำนวณที่ได้มีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดี และเป็นไปตามทฤษฎีของการเผาไหม้ภายใต้การแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพอรุน



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลจากการคำนวณที่ได้กับผลการทดลอง [5]

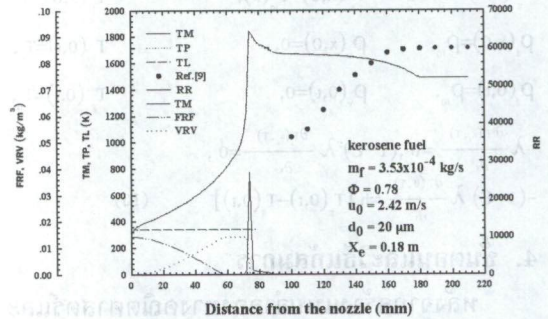
5.2 Parametric Study

จากการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น พบว่าค่าความหนาเชิงแสงที่ใช้ได้กับเตาเผาจะมีค่าที่เหมาะสมไม่น้อยหรือมากเกินไป ควรมีค่าประมาณ 7.5 ค่าความเร็วของไอที่เตาเผาทำงานได้อยู่ในช่วงประมาณ 0.1 - 0.225 m/s ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.2 m/s จากการศึกษายังพบว่าขนาดเริ่มต้นของละอองเชื้อเพลิงเหลวที่สามารถใช้ได้กับเตาเผาที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ด้วยวัสดุพอรุนนี้ควรมีขนาดเล็กกว่า 25  $\mu\text{m}$  ความจริงการออกแบบเตาเผาที่ต้องการให้เชื้อเพลิงเหลวเกิดการระเหยและเผาไหม้ภายในวัสดุพอรุนนอกจากจะศึกษาถึงอิทธิพลของ radiation properties ของวัสดุพอรุนแล้วค่า physical properties เช่น thermal conductivity ซึ่งเป็นค่าที่มีบทบาทสำคัญมากสำหรับของแข็งก็จำเป็นต้องถูกพิจารณาด้วย จากการศึกษาก็เห็นได้ว่าวัสดุพอรุนที่จะนำมาใช้กับเตาเผานี้ควรมีค่า  $\lambda_s$  ต่ำๆ

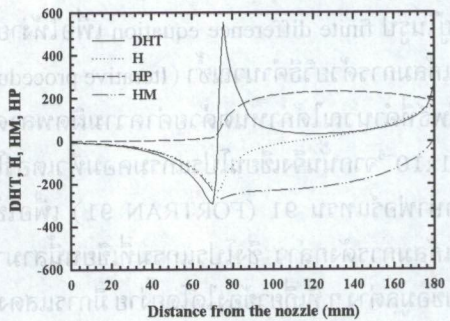
5.3 Comparative Study

รูปที่ 7 และ 8 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างทางความร้อนของระบบที่มีและไม่มีสาร

ติดตั้งวัสดุพอรุนภายในห้องเผาไหม้ โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีมีวัสดุพอรุนกับผลการทดลองของ [7]



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบระบบที่มีและไม่มีวัสดุพอรุนในห้องเผาไหม้



รูปที่ 8 ค่า DHT H HP และ HM

จากการเปรียบเทียบพบว่า  $T_{max}$  สูงกว่าระบบที่ไม่มีวัสดุพอรุนประมาณ 200 °C ซึ่งอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ทำให้ละอองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการระเหยและเผาไหม้ได้รวดเร็วกว่า จากรูปที่ 8 จะเห็นว่า ระบบที่มีวัสดุพอรุนทำให้การระเหยและการ ignition เกิดได้เร็วขึ้นโดยปฏิกิริยาการเผาไหม้เกิดขึ้นและสิ้นสุดที่ระยะประมาณ 75 mm จากหัวฉีด ในขณะที่ระบบที่ไม่มีวัสดุพอรุนเกิดที่ระยะประมาณ 150 mm แน่แน่นอนว่าเตาเผาที่มีการติดตั้งวัสดุพอรุนต้องเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่าและยังสามารถถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดกว่าได้อีกด้วย

## 6. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ถึงการระเหยและการเผาไหม้ของละอองเชื้อเพลิงเหลว ภายในวัสดุพรุน พบว่าผลที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ในทุกกรณีมีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเผาไหม้ภายใต้การแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุน และสอดคล้องกับผลการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทดลองที่หามาได้เป็นอย่างดี

การเผาไหม้แบบpremixed combustion ของน้ำมันเชื้อเพลิงเหลวที่เกิดขึ้นภายในวัสดุพรุน ขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบต่างๆ กันระหว่างสถานะทั้งสาม จากการศึกษาพบว่า ค่าความหนาเชิงแสงของวัสดุพรุน และค่าความเร็วของไอดี ต้องมีค่าที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่วนขนาดเริ่มต้นของละอองเชื้อเพลิง และความสามารถในการนำความร้อนของของแข็ง ควรมีค่าต่ำ ๆ ซึ่งในทางปฏิบัติจะมีข้อจำกัดเนื่องจากหัวฉีดเชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ทำวัสดุพรุนตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นตัวแปรที่สำคัญสำหรับการเผาไหม้แบบ self-sustaining combustion ของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในเตาเผาที่มีการส่งเสริมการระเหยและการเผาไหม้ด้วยการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุน

จากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบกรณีเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวที่มีและไม่มีการติดตั้งวัสดุพรุน พบว่าเมื่อเตาเผาที่มีการติดตั้งวัสดุพรุน อุณหภูมิสูงสุดที่ได้สูงกว่าใช้ระยะทางในการระเหยสั้นกว่า นำมาซึ่งการเผาไหม้ที่รุนแรงและสมบูรณ์กว่าและสามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดกว่าได้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Yoshizawa, Y., Sasaki, K., and Echigo, R. 1988. "Analytical Study of Structure of Radiation Controlled Flame". Internal Journal Heat and Mass Transfer. 31, (2), 311-319.
- [2] Sathe, S. B., Peck, R. E., and Tong, T.W. 1990. "A Numerical Analysis of Heat Transfer and Combustion in Porous Radiant Burners". International Journal Heat and Mass

Transfer. 33, (6), 1331-1338.

- [3] K. Hanamura, R. Echigo and S. Zhdanok. 1993. "Superadiabatic combustion in a porous medium". Int. J. Heat Mass Transfer 36. 3201-3209.
- [4] Chung-Jen Tseng and John R.Howell. 1996. "Combustion of Liquid Fuels in a Porous Radiant Burner". Combustion Science and Technology. Vol.112, PP.141-161.
- [5] Michele Kaplan, Matthew J. Hall. 1995. "The Combustion of Liquid Fuels within a Porous Media Radiant Burner". Experimental Thermal and Fluid Science 1995. 11:13-20.
- [6] Martynenko, V., Echigo, R., and Yashida, H. 1997. "Numerical Simulation of Self-sustaining Premixed Combustion with Simultaneous Evaporation of Fuel Droplets in nert Porous Medium". The Collection Papers of Ryozyo Echigo, Vol. 2.
- [7] Rafal J. Somek, Ritsu Dobashi, and Toshisuke Hirano. 2000. "Effect of Turbulence on Vaporization, Mixing, and Combustion of Liquid-fuel Sprays". Combustion and Flame 120, 479-491.

### ประวัติผู้เขียนบทความ

อาจารย์บุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว :

สำเร็จ วศ.บ. และ วศ.ม. (เครื่องกล) เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เคยได้รับทุนไปฝึกอบรมและดูงานด้าน Instrumentation และ Power Engineering จาก NAIT ประเทศแคนาดา และด้าน Computer Integrated Manufacturing (CIM) ณ ประเทศอิสราเอล งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่และที่น่าสนใจคือ การระเหยและการเผาไหม้ของละอองเชื้อเพลิงเหลวในวัสดุพรุน และ เตาเผาประสิทธิภาพสูง