หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

<u>ประวัติการวิจัยและการพัฒนาการออกแบบห้องเผาไหม้</u>

1 Lobo และ Evan (1978)[7] ได้เสนอวิธีการคำนวณหาค่าดูดกลืนความร้อนภายในเตา ซึ่งแสดงไว้ในหนังสือ Process Heat transferของ D.K. Kern[11] เมื่อสมการสำหรับหาค่าการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อน (heat sink)ในรูปสมการเอมไพริคอล คือ

$$\frac{\sum Q}{\alpha A_{cp} f} = 0.173[(T_G/100)^4 - (T_c/100)^4] + 7(T_G - T_c) \qquad (2.1)$$

เมื่อ A = พื้นที่ผิวของท่อซึ่งเป็นตัวรับความร้อน, ft^2

A_{cp} = พื้นที่ผิวของตัวรับความร้อนเมื่อเทียบเท่ากับผนังราบ, ft^2

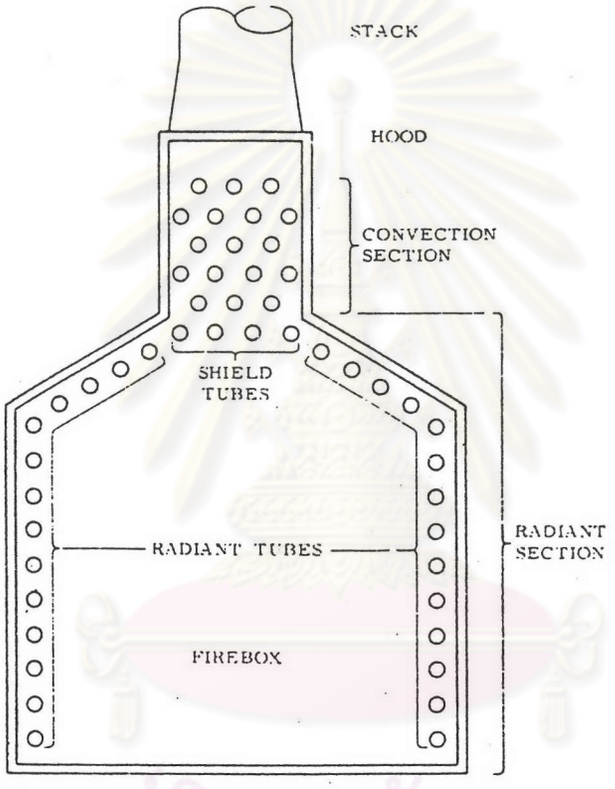
f = แฟคเตอร์การแลกเปลี่ยนความร้อนรวม ซึ่งเป็นตัวเลขไร้หน่วย

ΣQ = อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมต่อชั่วโมงจากก๊าซร้อนไปยัง

T_G = อุณหภูมิของฟลูก๊าซที่ออกจากส่วนของการแผ่รังสี, R

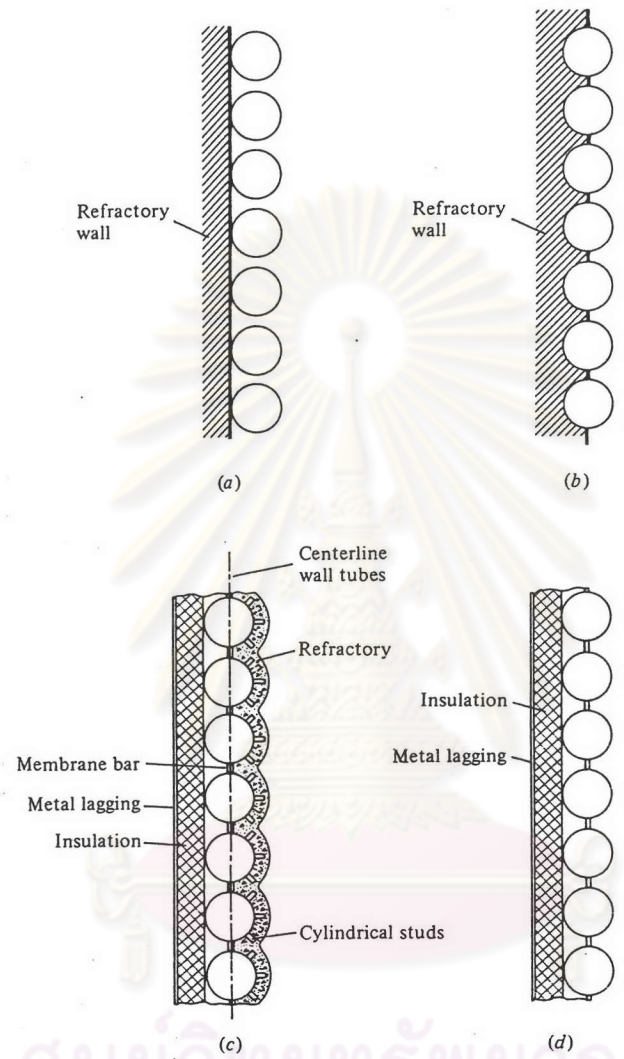
T_c = อุณหภูมิของผิวท่อ, R

$\alpha = \frac{A}{A_{CP}}$ = ค่าแฟคเตอร์ที่ลด A_{cp} เป็นพื้นที่ผิวรับความร้อนจริง ซึ่งเป็นตัวเลขไร้หน่วย



รูปที่(2.1) แสดงตัวอย่างภาพตัดของระบบเตา
ที่สามารถใช้ได้กับ สมการ(2.1)ที่มาของรูปจาก[7]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ (2.2) แสดงตำแหน่งการจัดวางผิวท่อรับความร้อนภายในเตาในลักษณะต่างๆกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าหากทำการสมดุลย์พลังงานเพื่อช่วยในการหาคำตอบของปัญหาการดูดกลืนความร้อน(heat absorption) ดังนั้นสมการสมดุลย์ความร้อนคือ

$$Q = Q_F + Q_A + Q_R - Q_w - Q_G \qquad (2.2)$$

เมื่อ Q = ภาระการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในส่วนของการแผ่รังสีภายในเตา,Btu/hr

Q_A = ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) จากอากาศที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้เมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่า 60 F,Btu/hr

Q_F = ความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิง(ใช้ค่าความร้อนต่ำ) ,Btu/hr

Q_G = ความร้อนที่ออกจากปล่องไฟโดยฟลูก๊าซ,Btu/hr

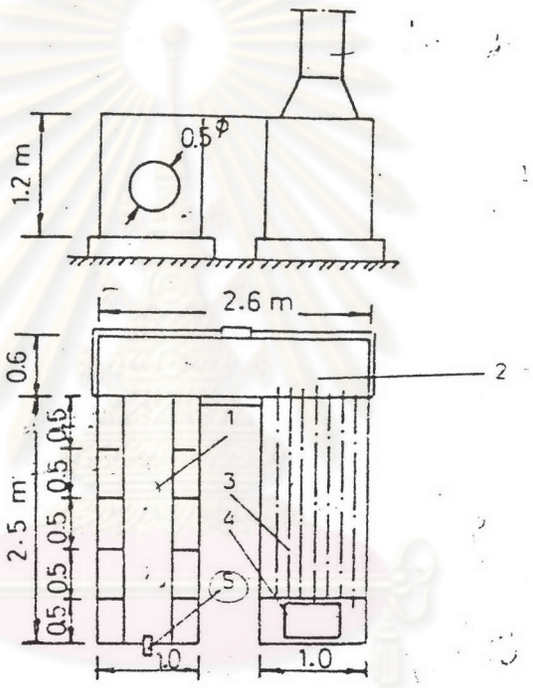
Q_R = ความร้อนสัมผัสที่อุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศของฟลูก๊าซที่หมุนเวียนมาใช้ใหม่,Btu/hr

Q_w = ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตา,Btu/hr (ประมาณ 1 ถึง 10 เปอร์เซนต์ของ Q_F) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาด, อุณหภูมิและรูปแบบของการก่อสร้างเตา

วิธีการคำนวณของ Lobo และ Evan ให้ค่าที่แม่นยำพอสมควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 K.H.Khalil, M.S. Abdel Salam และ A.f E1 Sotouh (1978)[10]ได้เสนอผลงานวิจัยเพื่อศึกษาขบวนการถ่ายเทความร้อนภายในเตาของหม้อน้ำ ซึ่งลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองคล้ายกับหม้อน้ำแบบหลอดไฟ (Fire tube boiler) และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันโซล่าลักษณะของเตาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ Radiation Calorimeters และส่วนของ Convection Calori meter รายละเอียดของส่วนทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2.3



1. ท่อไฟ หรือ Radiation Calorimeter
2. ผนังวัตถุทนไฟ
3. ท่อควัน หรือ Convective Calorimeter
4. ปล่องควัน
5. หัวเผา

รูปที่ 2.3 แสดงส่วน Working section ของอุปกรณ์ทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

K.H. Khalil, M.S. Abdel Salam ได้สร้างความสัมพันธ์ของสมการถ่ายเทความร้อนได้ดังนี้

$$q_{abs} = \sum_{n=1}^{n=5} q_r - q_e \qquad (2.3)$$

เมื่อ q_{abs} = ความร้อนสุทธิที่ถูกดูดกลืนไว้โดยท่อไฟ (flame tube)

q_r = ความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้โดยท่อไฟ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้โดย Radiation Calorimeters ทั้ง 5 ตัว

q_e = ความร้อนที่ได้รับจากแหล่งอื่นที่มีผลกระทบต่อ Radiation Calorimeter ตัวที่ 5

Σ = ผลรวมของความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้โดย Radiation Calorimeters ตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 5

เมื่อประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนของท่อไฟคือ อัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้โดยท่อไฟ และความร้อนทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิง ดังนั้น

$$\eta_{abs} = \frac{q_{abs}}{i} \qquad (2.4)$$

เมื่อ η_{abs} = ประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนของท่อไฟ

i = ความร้อนทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาจากเชื้อเพลิง

จากผลการทดลองของผู้วิจัยได้สรุปว่าผลของการแปรเปลี่ยนปริมาณอากาศส่วนเกินและอัตราการป้อนเชื้อเพลิงมีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อไฟรวมจนถึงประสิทธิภาพของเตาด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3 K.H. Khalil (1978)[10] ได้ทำการวิจัยศึกษาแฟคเตอร์ที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนในเตาชนิดท่อไฟ ของหม้อน้ำแบบหลอดไฟ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ศึกษาคือ น้ำมันโซล่า, น้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าซ ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในท่อไฟจะประกอบไปด้วย การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีจากก๊าซและเปลวไฟเป็นหลักคิดเป็นเปอร์เซนต์ถึง95เปอร์เซนต์ และการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากการพาประมาณ 5เปอร์เซนต์เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเดียวกัน เช่นกัน เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง ค่าการเปล่งรังสีของเปลวไฟจะมีค่าลดลง และความยาวของลำเปลวไฟก็จะลดลงด้วย

4 Mcadams(1954)[20]ได้เขียนรายงานการทดลองของ Hoyt C.Hottel[9]ซึ่งได้เสนอสมการเพื่อหาเชฟเฟคเตอร์ของการแผ่รังสี(Radiation shape factor) จากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อน (Heat sink) ดังนี้

$$f_{CG} = \frac{1}{\frac{1}{f_{CG}} + \frac{1}{\varepsilon_C} - 1} \qquad (2.5)$$

และ

$$\bar{f}_{CG} = \varepsilon_G[1 + \frac{A_r/A_C}{(1 + \frac{\varepsilon_G}{(1-\varepsilon_G)} * \frac{1}{F_{rc}})}] \qquad (2.6)$$

เมื่อ f_{CG} = เชฟแฟคเตอร์ของการแผ่รังสีจากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อน หรือแฟคเตอร์การแลกเปลี่ยนรวม

$\bar{f}_{CG}$ = สัดส่วนของการแผ่รังสีที่เปล่งออกมาจากผิววัตถุดำ A_c และถูกดูดกลืนไว้โดยก๊าซร้อน

F_{rc} = สัดส่วนของการแผ่รังสีจากผิววัตถุทนไฟ(Refractory wall) ไปยังผิวตัวรับความร้อน(Heat sink)หรือเชฟแฟคเตอร์

ε_C = ค่าการเปล่งรังสีของตัวรับความร้อน

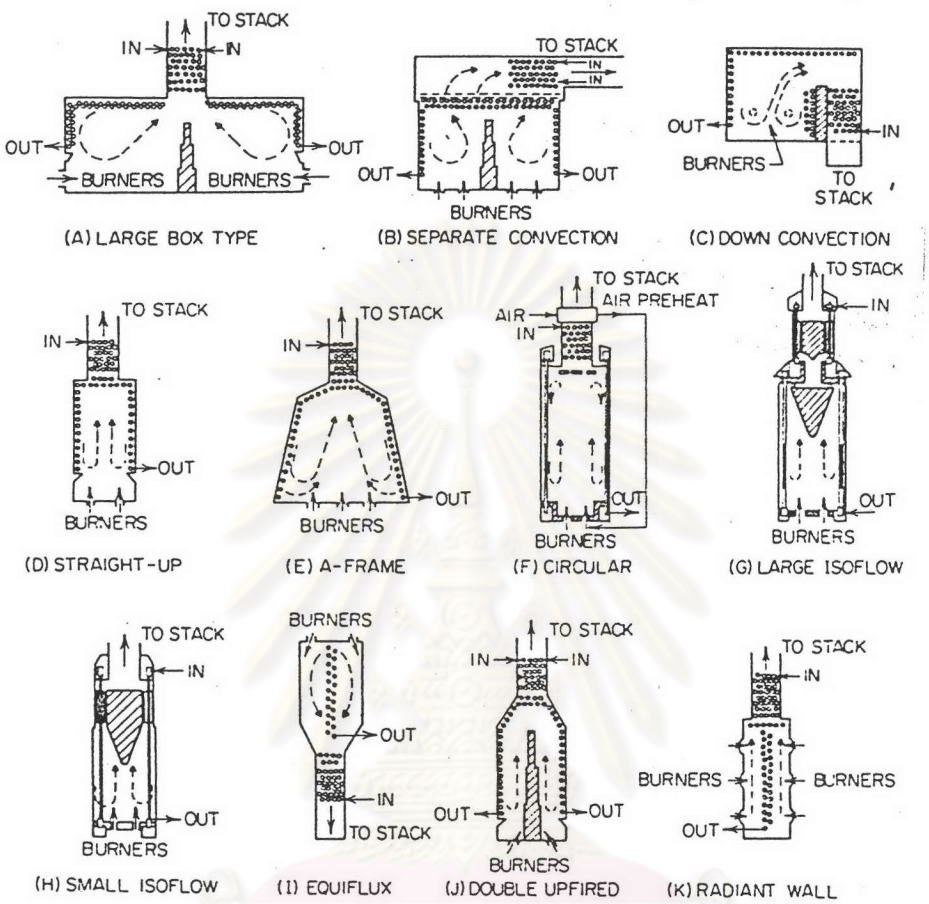
ε_G = ค่าการเปล่งรังสีของก๊าซร้อนซึ่งเกิดจากการเผาไหม้

A_c = พื้นผิวของตัวรับความร้อน

A_r = พื้นผิวของวัตถุทนไฟ

เชฟเฟคเตอร์ของการแผ่รังสีดังสมการที่ (2.9) ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อนใด ๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่นการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในเตาไปยังตัวรับความร้อนคือท่อน้ำ หรือผนังรับความร้อนที่อยู่ล้อมรอบตัวเตาเป็นต้น

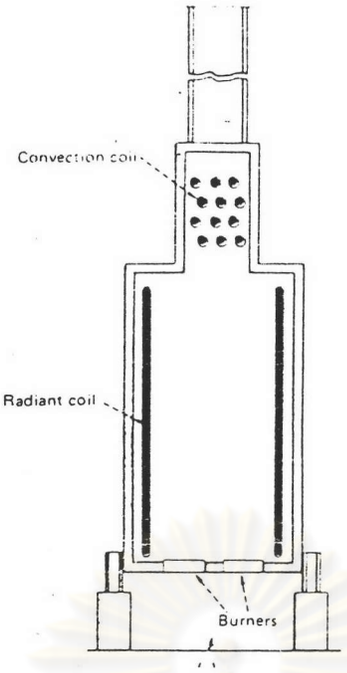
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่(2.5) แสดงระบบเตาลักษณะต่างๆที่สามารถใช้ได้กับสมการที่(2.5)และ(2.6)

5 H. Etherington และ G. Etherington (1960)[4] ได้เสนอสมการสำหรับคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบบังคับจากก๊าซร้อนภายในเตารูปทรงกระบอก, h_c ซึ่งมีหน่วยเป็น Btu/ft^2hrF คือ

$$h_c = 0.44\ V_o^{0.8} / D^{0.2} \qquad (2.7)$$



รูปที่(2.6)แสดงลักษณะภาพตัดของเตารูปทรงกระบอก

เมื่อ V_0 คือความเร็วของก๊าซร้อนมีหน่วยเป็น ฟุต/วินาที และ D_0 คือเส้นผ่าศูนย์กลางของเตาทรงกระบอกมีหน่วยเป็นฟุต

สมการดังกล่าว เมื่อสร้างเป็นแผนภูมิ ดังรูปที่ (ข.3) ในภาคผนวก (ข.3)

6 H. Etherington และ G. Etherington(1960)[4] ได้เขียนรายงานการทดลองของ Hoyt C. Hottel ซึ่งได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของก๊าซ h_{gr} (The coeffieient of gas radiation) ในรูปของแผนภูมิ ดังรูปที่ (ข.4)ในภาคผนวก (ข) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของก๊าซดังกล่าวเมื่อคูณด้วยผลต่างระหว่างอุณหภูมิของก๊าซร้อน และอุณหภูมิของตัวรับความร้อน ก็จะได้อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ดังแสดงตามสมการ

$$q_r = h_{gr}(t_1 - t_2) \qquad (2.8)$$

เมื่อ t_1 คืออุณหภูมิของก๊าซร้อน และ t_2 คืออุณหภูมิของตัวรับความร้อน