บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการและเหตุผล

การค้นคว้าและการวิจัยเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนภายในเตาได้มีการพัฒนามานานแล้วเป็นที่ทราบกันดีว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตาเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ซึ่งการเผาไหม้เป็นปฏิกริยาการรวมตัวกันของเชื้อเพลิงกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งเกิดการลุกไหม้และปลดปล่อยความร้อนออกมา สำหรับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆคือ เชื้อเพลิงที่ได้จากการทับถมของซากพืชและซากสัตว์บริเวณใต้พื้นโลก (fossil fuel) ได้แก่ ถ่านหิน, น้ำมันเชื้อเพลิง, ก๊าซชนิดต่าง ๆ เชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวล (biomass) ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญเติบโตได้ เช่น ไม้, แกลบข้าว, ซังข้าวโพด เป็นต้น

ในการค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนภายในเตาจะต้องอาศัยศาสตร์ทางด้านการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) ซึ่งประกอบไปด้วยการถ่ายเทความร้อน ทั้ง 3 ชนิด คือ

1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (conduction)

2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (convection)

3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (Radiation)

อัตราการถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของเตา ชนิดของเชื้อเพลิง ที่ใช้และวิธีของการเผาไหม้ หากเราทราบถึงกลไกของการถ่ายเทความร้อนภายในเตา ก็สามารถที่จะออกแบบระบบเตา ที่มีประสิทธิภาพสูง สิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และสอดคล้องกับเงื่อนไขที่เราต้องการได้ รูปแบบของ

เตาโดยทั่ว ๆ ไปจะแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของการแผ่รังสีความร้อน (Radiation section) และส่วนของการพาความร้อน (Convection Section)

จากผลงานวิจัยก่อน ๆ เช่น Hottel.(1967)[9], K.H. Khalil (1978)[10] และ Evans (1972)[7]ได้สรุปไว้ว่า การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตาจะประกอบไปด้วย การถ่ายเทความร้อนเนื่องจากแผ่รังสีจากก๊าซร้อนประมาณ 70 - 80 เปอร์เซนต์ และการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาประมาณ 20 - 30 เปอร์เซนต์

ดังนั้นจะเห็นว่าการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีจากก๊าซร้อนนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนภายในระบบเตา และเป็นวัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

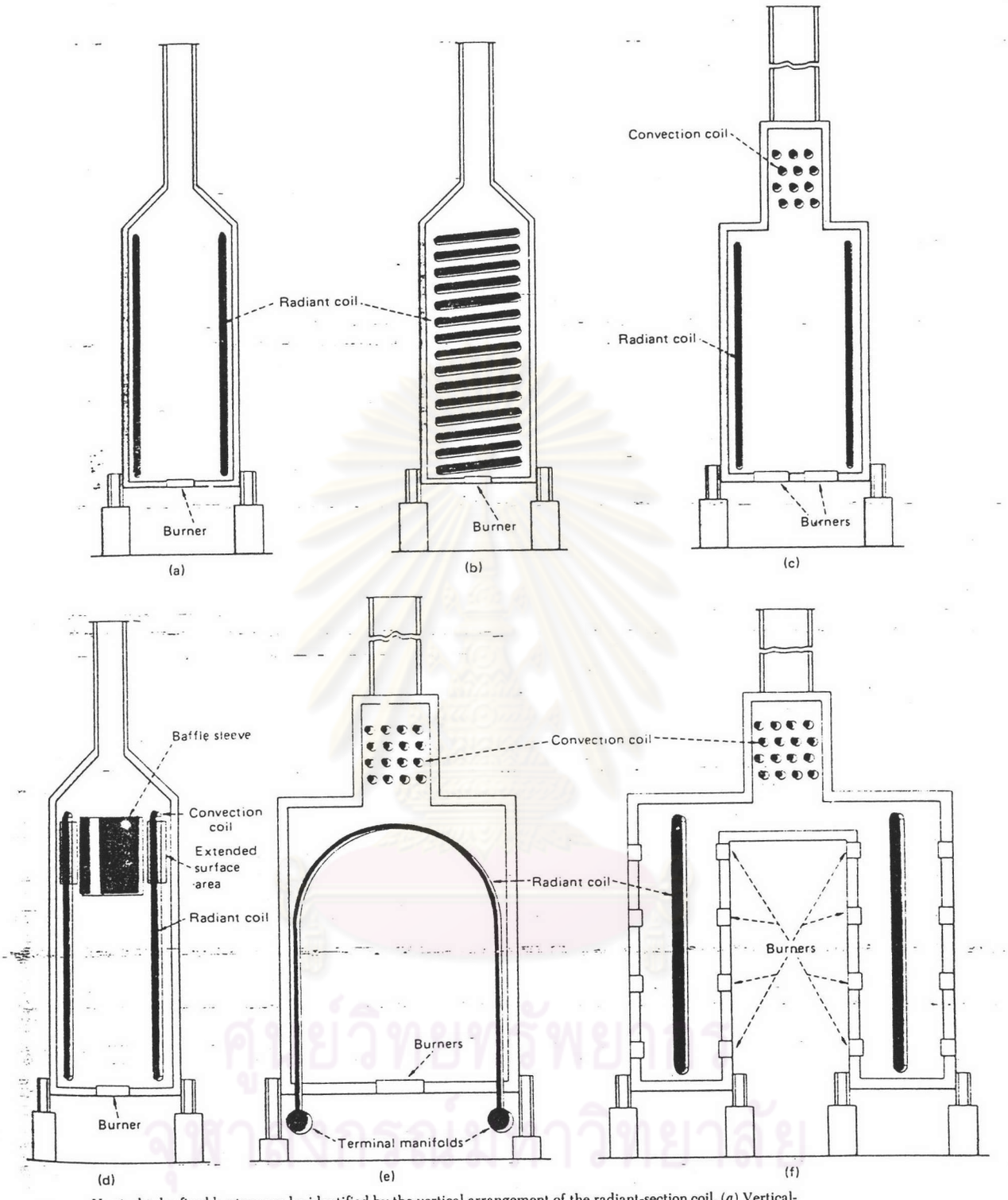
<u>ตัวอย่างอุปกรณ์ทางความร้อนที่ต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์เชิงความร้อน</u>

1 Fire Heater

Heater ซึ่งใช้กันมากในโรงกลั่นน้ำมัน Fire heater จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนของการแผ่รังสี (Rediant section) และส่วนของการพาความร้อน (Convection section)

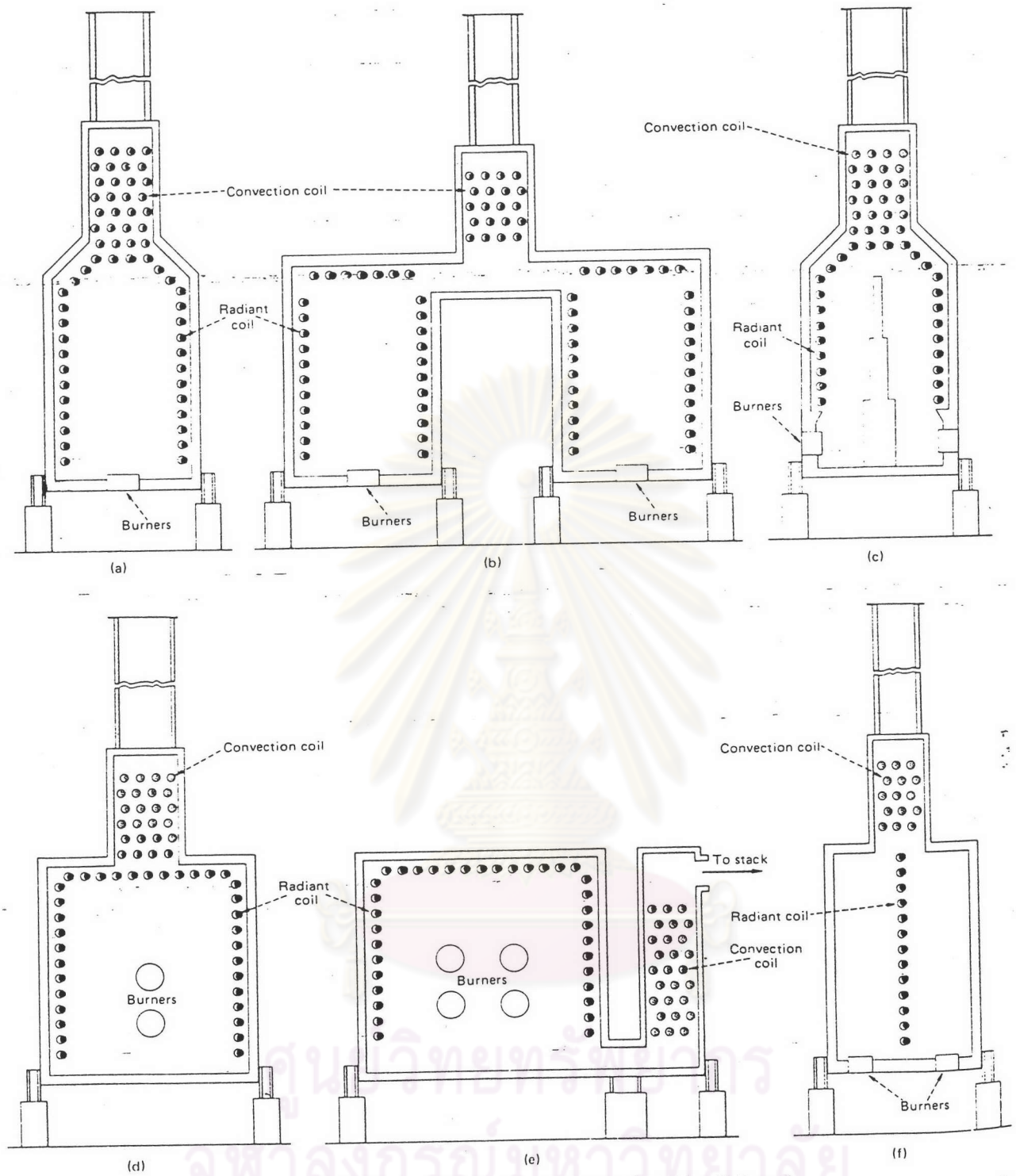
ลักษณะของ Fire heater จะแบ่งได้ตามลักษณะการจัดวางกลุ่มท่อภายในส่วนของการแผ่รังสี โดยที่ลักษณะการจัดวางกลุ่มท่อแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- การจัดวางกลุ่มท่อในแนวตั้ง ดังรูปที่ (1.1)
- การจัดวางกลุ่มท่อในแนวนอน ดังรูปที่ (1.2)



Vertical-tube-fired heaters can be identified by the vertical arrangement of the radiant-section coil. (*a*) Vertical-cylindrical; all radiant. (*b*) Vertical-cylindrical; helical coil. (*c*) Vertical-cylindrical, with cross-flow-convection section. (*d*) Vertical-cylindrical, with integral-convection section. (*e*) Arbor or wicket type. (*f*) Vertical-tube, single-row, double-fired. [*From* Chem. Eng., *100–101 (June 19, 1978).*]

รูปที่ (1.1) ลักษณะการจัดวางกลุ่มท่อในแนวตั้ง



Six basic designs used in horizontal-tube-fired heaters. Radiant-section coil is horizontal. (*a*) Cabin. (*b*) Two-cell box. (*c*) Cabin with dividing bridgewall. (*d*) End-fired box. (*e*) End-fired box, with side-mounted convection section. (*f*) Horizontal-tube, single-row, double-fired. [*From* Chem. Eng., *102–103 (June 19, 1978).*]

รูปที่ (1.2) ลักษณะการจัดวางกลุ่มท่อในแนวนอน

พิจารณาจากรูปที่ (1.1)

รูป a Fire Heater ชนิดที่มีเฉพาะส่วนของการแผ่รังสีอย่างเดียว (All radiant)

ลักษณะกลุ่มท่อจัดวางในแนวดิ่งตลอดผนังของห้องเผาไหม้ เปลวไฟจากหัวเผาจะพุ่งจากพื้นของ Heater ขึ้นไปในแนวดิ่ง Heater ดังกล่าวนี้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างต่ำ และมีประสิทธิภาพต่ำด้วย สำหรับภาระทางความร้อนที่ทำได้ประมาณ 0.5 ถึง 20 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป b Fire Heater ชนิดท่อเกลียว (Helical coil)

heater ลักษณะนี้จะมีท่อเป็นขดเกลียวตลอดผนังของห้องเผาไหม้ เปลวไฟจากหัวเผาจะพุ่งจากพื้นของ heater ขึ้นไปในแนวดิ่ง heater ชนิดนี้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างต่ำ มีประสิทธิภาพต่ำและภาระทางความร้อนใกล้เคียงกับกรณีแรก

รูป c Fire Heater ชนิดที่มีส่วนของการพาความร้อนประกอบเข้าด้วยกัน (with convection section)

heater ลักษณะนี้นอกจากจะมีกลุ่มท่อในแนวดิ่งที่ผนังของห้องเผาไหม้ซึ่งเป็นส่วนของก๊าซแผ่รังสีแล้ว ที่บริเวณเหนือห้องเผาไหม้จะมีกลุ่มท่อซึ่งวางในแนวนอน ส่วนนี้เรียกว่าส่วนของการพา (Convection section) เช่นกันเปลวไฟจากหัวเผาจะพุ่งจากพื้นขึ้นไปในแนวดิ่ง

heater ลักษณะนี้สร้างขึ้นเพื่อคำนึงถึงด้านเศรษฐศาสตร์เป็นสำคัญ ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพสูง ในการออกแบบก็ใช้พื้นที่น้อย ภาระทางความร้อนที่ทำได้อยู่ในช่วง 10 ถึง 20 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป d Fire Heater ชนิดที่มีส่วนของการพาความร้อนรวมอยู่ด้วย (Integral Convection)

heater ลักษณะนี้มีประสิทธิภาพปานกลาง ภาระทางความร้อนประมาณ 10 ถึง 100 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป e Fire Heater ชนิดวิคเก็ต (vicket)

heater ลักษณะนี้ ออกแบบเป็นพิเศษ โดยจัดท่าให้พื้นผิวของการแผ่รังสีมีลักษณะเป็นท่อรูปตัวยู นิยมใช้กันมากในโรงกลั่นน้ำมัน สำหรับภาระทางความร้อนที่ทำได้อยู่ในช่วง 50 ถึง 100 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป f Fire Heater ชนิดไฟคู่ (Double-Fired)

heater ลักษณะนี้ท่อในแนวตั้งในส่วนของการแผ่รังสีจัดให้มีแถวเดียวในแต่ละห้องเผาไหม้ (มักจะออกแบบให้มีห้องเผาไหม้ 2 ห้อง)

พิจารณาจากรูปที่ (1.2)

รูป a Fire Heater ชนิดคาบิน (cabin)

heater ลักษณะนี้ กลุ่มท่อในส่วนของการแผ่รังสีจะจัดวางให้อยู่ในแนวระดับโดยจะมีกลุ่มท่อ ในส่วนของการพาจะจัดวางให้อยู่ในแนวระดับเช่นกัน ซึ่งจะอยู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ สำหรับหัวเผาไฟอาจติดตั้งที่พื้นของ heater หรือติดตั้งรอบ ๆผนังของห้องเผาไหม้ก็ได้ แต่จะต้องให้หัวเผาไฟอยู่ต่ำกว่ากลุ่มท่อ heater ชนิดนี้เหมาะสมในแง่เศรษฐศาสตร์ มีประสิทธิภาพสูง ภาระทางความร้อนประมาณ 10 ถึง 100 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป b Fire Heater ชนิดกล่องคู่ (Two box)

heater ลักษณะนี้ จะแยกห้องเผาไหม้ เป็นสองส่วน หัวเผาไฟจะติดตั้งอยู่ที่พื้นของ heater ทั้งสองห้องเผาไหม้ heater ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง ภาระทางความร้อนอยู่ในช่วง 100 ถึง 250 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป c Heater ชนิดคาบินแต่มีผนังกั้น (Cabin with Dividing Bridge wall)

heater ลักษณะนี้กลุ่มท่อในส่วนของการแผ่รังสีจะจัดวางอยู่ในแนวระดับตลอดผนังของห้องเผาไหม้ สำหรับกลุ่มท่อของส่วนพาก็จะอยู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ จะมีผนังกั้นแบ่งระหว่างช่อง เพื่อที่จะสามารถควบคุมเปลวไฟในแต่ละช่องของห้องเผาไหม้ โดยหัวเผาไฟจะติดตั้งอยู่ที่ผนังของห้องเผาไหม้ของแต่ละช่วง ภาระทางความร้อนจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 100 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป d Fire Heater ชนิดกล่องไฟ (End-Fired Box)

Heater ลักษณะนี้ กลุ่มท่อในส่วนของการแผ่รังสีจะจัดวางให้อยู่ในแนวระดับตลอดผนังของห้องเผาไหม้และตลอดเพดานของ heater สำหรับกลุ่มท่อในแนวระดับของส่วนของการพาก็จะอยู่เหนือห้องเผาไหม้อีกชั้นหนึ่ง หัวเผาไฟของ heater ชนิดนี้จะติดตั้งอยู่ที่ตอนปลายของผนังเปลวไฟจะพุ่งออกจากหัวเผาไฟไปแนวระดับ ภาระทางความร้อนของ heater ชนิดนี้อยู่ในช่วง 5 ถึง 50 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

รูป e Fire Heater ชนิดกล่องไฟกับมีส่วนของการพาติดตั้งที่ด้านข้าง (Fired Box with Side-mounted Convection section)

Heater ลักษณะนี้จะมีกลุ่มท่อในส่วนของการแผ่รังสี ซึ่งจัดวางในแนวระดับตลอดผนัง และเพดานของห้องเผาไหม้ และจะมีกลุ่มในส่วนของการพา ซึ่งจัดวางในแนวระดับ ซึ่งจะติดตั้งที่ด้านข้างของห้องเผาไหม้ สำหรับหัวเผาไฟจะติดตั้งที่ปลายของผนังและเปลวไฟจะพุ่งออกจากหัวเผาไฟในแนวระดับ

heater ชนิดนี้เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีเกรดต่ำ ๆและมีความเข้มข้นสูง และมีราคาค่าก่อสร้างสูงภาระทางความร้อนประมาณ 50 ถึง 200 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

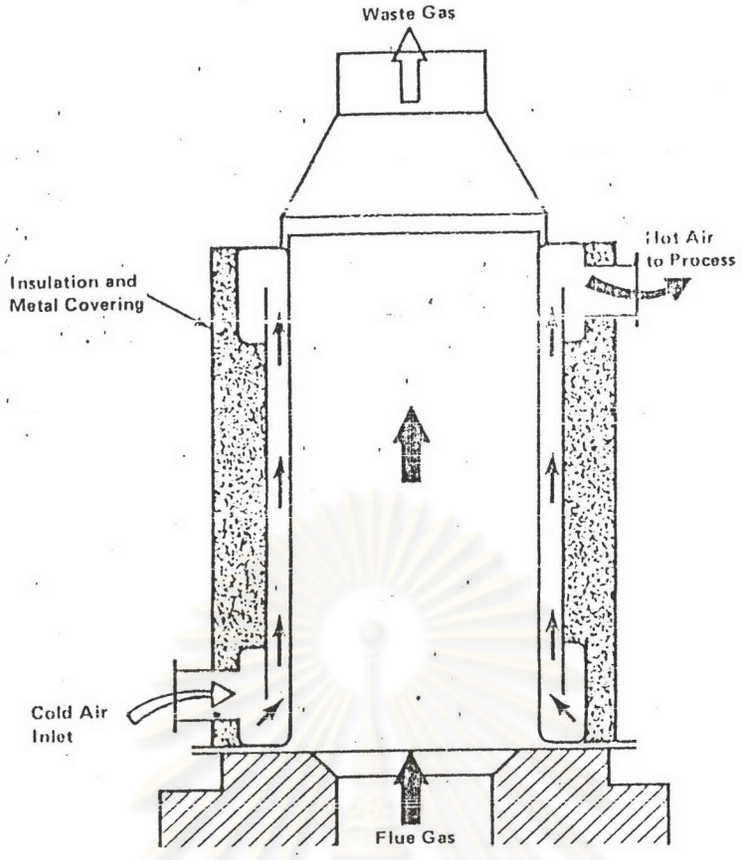
รูป f Heater ชนิดไฟคู่ (Double Fired)

Heater ลักษณะนี้ กลุ่มท่อของส่วนการแผ่รังสี ซึ่งจัดวางในแนวระดับเพียงแถวเดียว สำหรับเปลวไฟจะพุ่งออกจากห้องเผาในแนวดิ่ง โดยที่หัวเผาจะติดตั้งอยู่พื้นของ heater ทั้ง 2 ข้าง ทำให้การกระจายของความร้อนตลอดพื้นผิวของท่อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอภาระทางความร้อนจะอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 ล้านบีทียู/ชั่วโมง

3 Recuperators

Recuperator จัดเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ซึ่งอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลร้อนกับของไหลเย็น รูปแบบของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ ดังแสดงในรูปที่ (1.3) รูปที่ (1.4) และรูปที่ (1.5)

รูปที่ (1.3) Recuperators ชนิดแผ่รังสี (Radiation Type Recuperator) Recuperator ชนิดนี้จะประกอบไปด้วยท่อโลหะยาว 2 ท่อซ้อนกันอยู่

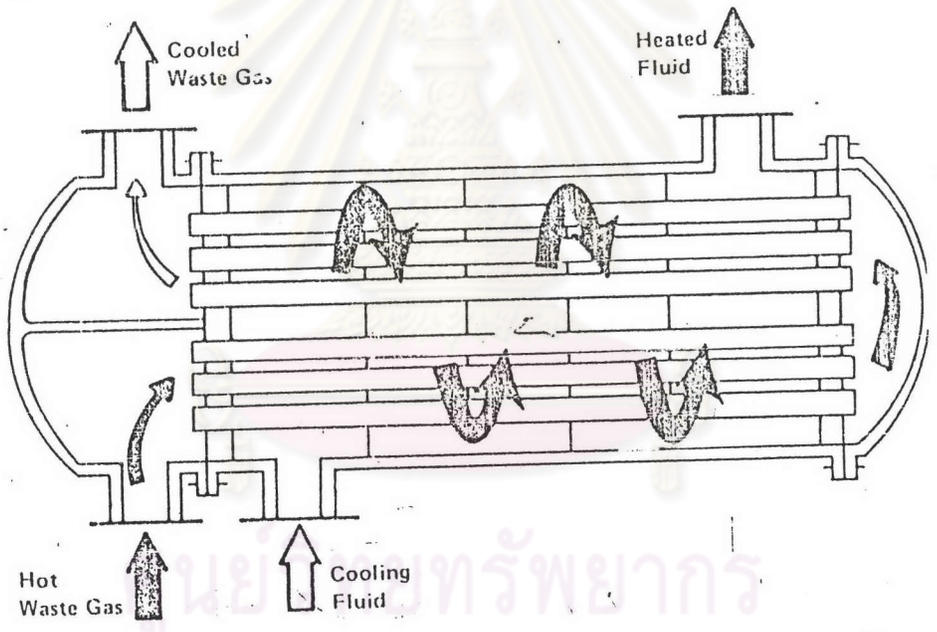


รูปที่ (1.3) Recuperator ชนิดแผ่รังสี

ที่ผิวด้านในของท่อโลหะจะมีก๊าซร้อน หรือก๊าซไอเสีย ไหลผ่าน และบริเวณวงแหวนด้านนอกก็จะมีอากาศจากบรรยากาศ (หรืออาจจะเป็นของไหลชนิดอื่น) อากาศที่ผ่าน Recuperator แล้วก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกลายเป็นอากาศร้อน เพื่อนำไปเผาไหม้กับเชื้อเพลิงในหัวเผา ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดพลังงานได้หนทางหนึ่ง ตัวอย่างการใช้ Recuperator ที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่นการนำความร้อนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตของเตาหลอม (melting Furnace) มาอุ่นอากาศให้ร้อนเพื่อนำไปอบแห้งเชื้อเพลิง หรือนำเอาอากาศร้อน ดังกล่าวไปเผาไหม้กับเชื้อเพลิงโดยตรง เป็นต้น

Recuperator ดังกล่าวนี้อาศัยกลไกของการถ่ายเทความร้อนดังนี้คือ จะมีการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังผนังด้านในของท่อโลหะโดยการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวจะเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอากาศหรือของไหลเย็นที่อยู่ในวงแหวนจะได้รับอิทธิพลจากการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการพาเป็นหลัก

รูปที่ (1.4) Recuperator ชนิดพาความร้อน (Convective Type Recuperator) Recuperator ชนิดนี้ ก๊าซร้อนจะไหลในท่อเล็ก ๆ ส่วนอากาศหรือของไหลเย็นที่ต้องการทำให้ร้อนขึ้นจะไหลอยู่บริเวณรอบนอกของกลุ่มท่อเล็ก ๆ ซึ่งกลุ่มท่อดังกล่าวจะมีเปลือกหุ้มประกอบอยู่ดังรูป

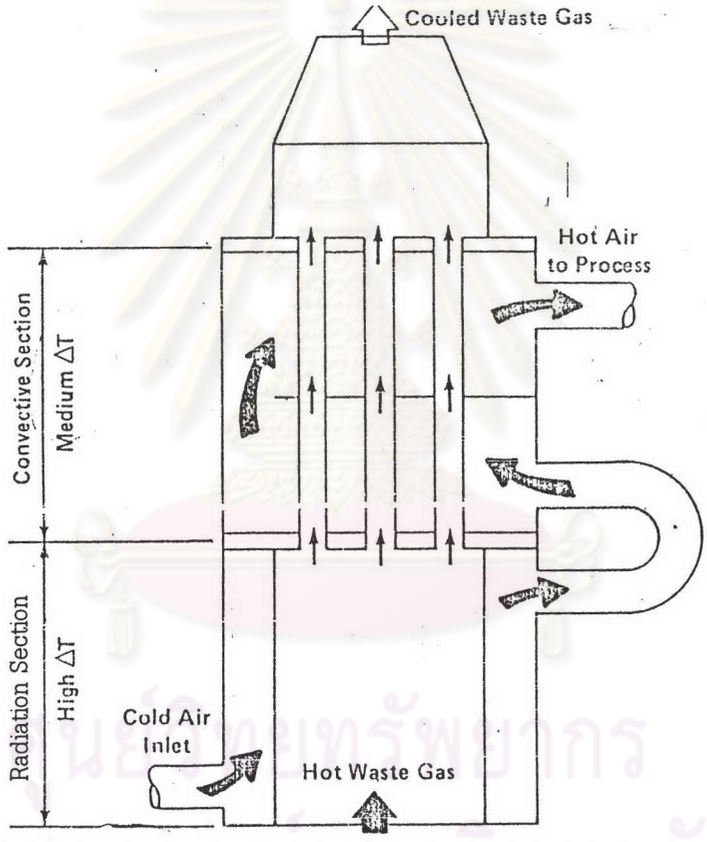


รูปที่ (1.4) Recuperator ชนิดพาความร้อน

Recuperator ในลักษณะนี้โดยทั่วไปแล้วจะมีประสิทธภาพสูงกว่า Recuperator แบบแผ่รังสี ทั้งนี้เพราะมีพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนมากกว่านั่นเอง และยังสามารถจัดวางกลุ่มท่อได้หลายลักษณะและออกแบบให้ก๊าซสามารถไหลได้หลายกลับด้วย

รูปที่ (1.5) Recuperator ชนิดรวมกันทั้งแบบการแผ่รังสี และการพา (Combined Radiation and Convective type Recuperator)

Recuperatorชนิดนี้ ออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้สูง โดยระบบจะประกอบด้วยส่วนของการแผ่รังสี และส่วนของการพา ส่วนของการแผ่รังสีจะเป็นส่วนที่มีสภาวะการทำงานที่อุณหภูมิสูง ก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิสูง เมื่อผ่านส่วนนี้แล้วอุณหภูมิจะลดลงแล้วจึงค่อยผ่านไปยังส่วนของการพา Recuperator ชนิดดังกล่าวนี้จึงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าแบบอื่น



รูปที่ (1.5) Recuperator ชนิดรวมกันทั้งแบบการแผ่รังสี และการพา

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจะเห็นว่าถ้าหากเราเข้าใจถึงกลไกของการถ่ายเทความร้อนภายในระบบใด ๆ ก็สามารถที่จะออกแบบระบบนั้นให้มีประสิทธิภาพสูง สิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และสอดคล้องกับเงื่อนไขที่เราต้องการ

จะเห็นว่าในการออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อนในงานวิศวกรรมที่สมบูรณ์แบบนั้น ใช่ว่าจะสำคัญแต่เฉพาะเรื่องของสมรรถนะเท่านั้น ความประหยัดก็เป็นเรื่องสำคัญที่ไม่ยิ่งหย่อนกว่าเรื่องของสมรรถนะเลย บทบาทของการออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อนนี้นับวันก็ยิ่งทวีความสำคัญมากขึ้นทุกที และเมื่อไม่นานมานี้ วิศวกรต่างได้ประสบกับปัญหาวิกฤติการทางด้านพลังงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงได้พยายามที่จะออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ซึ่งไม่เพียงแต่ว่าจะต้องคำนึงถึงด้านการวิเคราะห์เชิงความร้อนและความประหยัดในการลงทุนเท่านั้นแต่ยังต้องคำนึงถึงผลตอบแทนทางด้านพลังงานที่จะได้รับคืน จากการใช้งานอีกด้วย ดังนั้นในด้านเศรษฐศาสตร์จึงต้องคำนึงถึงจำนวนพลังงานที่สามารถจัดหา และวัตถุที่จะต้องใช้อีกด้วย

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1 ศึกษาและออกแบบสร้างระบบเตาชนิดท่อไฟ

2 ศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ตำแหน่งความลึกต่างๆของท่อไฟ

3 ศึกษาระบบเตาชนิดท่อไฟ เพื่อหาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซไปยังตัวรับความร้อน และอุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ตำแหน่งความลึกต่าง ๆ ของท่อไฟ โดยมีตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ

3.1 อุณหภูมิของผนังท่อไฟ

3.2 ปริมาณอากาศส่วนเกิน

3.3 ตำแหน่งความลึกของท่อไฟ

4 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลที่ได้จากการทดลองเพื่อตรวจสอบสมการที่ใช้เป็นแบบจำลอง

ขอบเขตของการวิจัย

1 สร้างเครื่องมือทดลอง เพื่อทำการทดลองหาอัตราการถ่ายเทความร้อนก๊าซร้อนไปตัวรับความร้อน ในที่นี้คือผนังของท่อไฟ และหาอุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ตำแหน่งความลึกต่าง ๆของท่อ

2 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีจากตำราวิชาการ และเอกสารต่าง ๆ

2 ศึกษาและสร้างสมการเพื่อเป็นแบบจำลองของระบบที่จะทำการศึกษา

3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วย ในการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4 ออกแบบและสร้างเครื่องมือทดลองเพื่อศึกษาระบบโดยการทดลอง

5 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

6 สรุปผลการวิจัย

7 จัดพิมพ์ฉบับวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

1 ทำให้ทราบถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนจากก๊าซร้อนไปยังตัวรับความร้อน และอุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ตำแหน่งความลึกต่าง ๆ ของท่อไฟ

2 ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการควบคุมอัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิของก๊าซร้อนภายในท่อไฟ

3 เครื่องมือทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาและวิจัยระบบที่ใกล้เคียงได้อีก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย