บทที่ 1
บทนำ

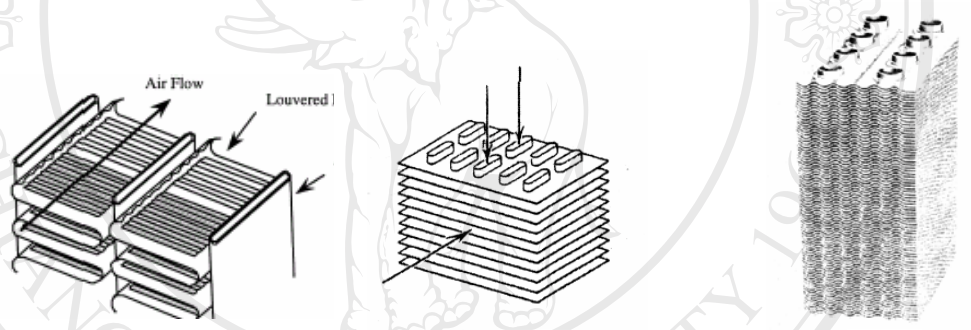
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งในปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องนำเข้าพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ จากต่างประเทศ เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ราคาของพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ดังนั้นการประหยัดพลังงานในกระบวนการต่าง ๆ ทั้งในภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง การบริการ รวมทั้งในอาคารบ้านเรือนและสำนักงานต่าง ๆ จึงได้รับความสนใจมากขึ้น โดยที่รัฐบาลพยายามส่งเสริมนโยบายด้านพลังงานอย่างเต็มที่ เนื่องจากเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยได้มีการรณรงค์ให้มีการลดการใช้พลังงานในประเทศ การประหยัดพลังงาน และการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า วิธีการประหยัดพลังงานสามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่ง่ายและมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดคือการตรวจตราดูแล (House keeping) ตัวอย่างเช่น การตรวจตราดูแลฉนวนที่ใช้ ถ้าเสื่อมสภาพก็เปลี่ยนใหม่ การตรวจสอบและแก้ไขรอยรั่วในท่อน้ำ นอกจากนี้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความร้อนทิ้งยังมีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้จะใช้เวลาปรับแต่งแก้ไขระบบไม่มากนักและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นที่นิยมในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีที่เห็นผลได้จริง และยังใช้ระยะเวลาคืนทุนน้อยอีกด้วย (ทนงเกียรติ, 2539)

การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายรูปแบบอาทิเช่น ใช้เป็นแหล่งความร้อนในการอุ่นวัสดุ (Material preheating) อุ่นอากาศ (Air preheating) หรืออุ่นเชื้อเพลิง (Fuel preheating) ก่อนที่จะใช้ในกระบวนการผลิตหรือการสันดาป ซึ่งกระบวนการเหล่านี้คาดว่าจะประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 7-10 (Hewitt, 1994) อุปกรณ์หลักในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ซึ่งสามารถจำแนกได้หลายประเภท ได้แก่ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง ของเหลว-แก๊ส, ของเหลว-ของเหลว, แก๊ส-แก๊ส (แบ่งตามตามลักษณะของของไหลแลกเปลี่ยนความร้อน) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่เกิดการเปลี่ยนเฟสของของเหลวเช่น อีแวปปอเรเตอร์, คอนเดนเซอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(แบ่งตามประเภทที่มีการเปลี่ยนแปลงเฟสในของเหลว) และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามกัน, ไหลสวนทางกัน, และไหลตั้งฉากกัน (แบ่งตามทิศทางการไหลของของเหลว) เป็นต้น (ทนงเกียรติ, 2539) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์โดยมีของไหลที่อุณหภูมิสูงถ่ายเทความร้อนให้ของไหลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าววิศวกรควรคำนึงถึงอัตราส่วนของพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนต่อปริมาตรที่จะต้องมีค่าสูง และมีราคาถูก ซึ่งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้มักเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบติดครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน โดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีบ (Finned-tube heat exchanger) จะมีลักษณะของครีบหลายแบบ เช่น แบบแผ่นเรียบ (Plate-fin) แบบหยัก (Wavy-fin) และแบบเกล็ด (Louver-fin) ซึ่งครีบดังกล่าวจะเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนแต่ใช้ปริมาตรในการจัดเก็บน้อย



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ติดครีบแบบต่างๆ , (ก) ครีบแบบมีบานเกล็ด [Springer and Thole, 1998] , (ข) ครีบแบบแผ่นเรียบ [Fraas, 1989], (ค) ครีบแบบหยัก [Fraas, 1989]

จากการทดสอบหาค่าสมรรถนะของการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบติดครีบ 3 แบบคือ แบบแผ่นเรียบ แบบแผ่นหยัก และแบบบานเกล็ด ของ Yan and Sheen (2000) พบว่า ที่ตัวเลขเรย์โนลดส์เท่ากัน ครีบแบบบานเกล็ดจะมีค่าความเสียดทาน (f -factor) และค่าการถ่ายเทความร้อน (j-factor) มากกว่าแผ่นเรียบ และเมื่อเปรียบเทียบขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่รับภาระความร้อนเท่า ๆ กัน พบว่าการใช้ครีบแบบบานเกล็ด สามารถลดขนาดพื้นที่ได้ถึง 40 % เมื่อเทียบกับการใช้ครีบแบบแผ่นเรียบ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัดที่ใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด โดยส่วนมากนิยมออกแบบให้รับการถ่ายเทความร้อนจากหรือแก่ก๊าซที่ถูกบังคับให้ไหลผ่านด้านติดครีบ อาทิเช่น ใช้เป็นหม้อน้ำระบายความร้อนจากเครื่องยนต์ และเครื่องคอนเดนเซอร์ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

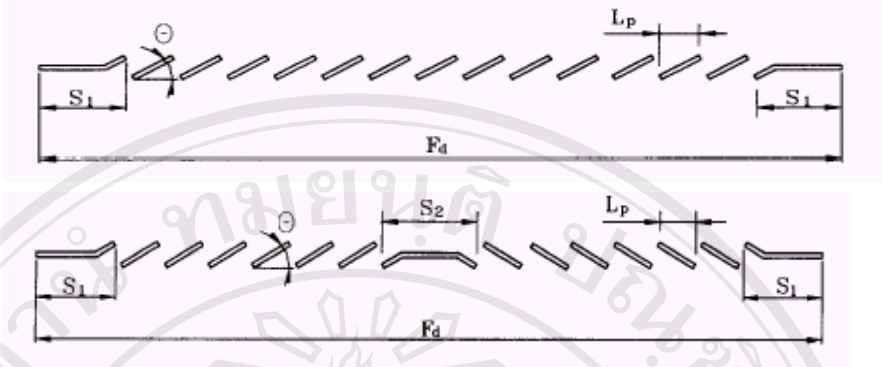
เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น จากจุดเด่นของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ดที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้น แต่มีความดันตกคร่อมสูงเนื่องจากขนาดที่กะทัดรัด ทำให้ช่องการไหลของอากาศค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นในงานวิจัยที่ผ่านมาจะมุ่งเน้นในการศึกษาและออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงและมีความดันตกคร่อมต่ำ ซึ่งการไหลและการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบบังคับ แต่การศึกษาปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของแบบครีบเกล็ดกับอากาศร้อนที่ลอยตัวแบบธรรมชาติ ยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน ทั้งที่อากาศร้อนที่ทิ้งจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีทั้งแบบบังคับ และแบบธรรมชาติ

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

Chang และ Wang (1997) ได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายสมรรถนะการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีครีบระบายความร้อนแบบเกล็ดทั้งหมด 91 ตัวอย่างซึ่งมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันไป เช่น มุมเกล็ด ความกว้างและความยาวเกล็ด ระยะห่างระหว่างเกล็ด ความยาวครีบ และระยะห่างระหว่างครีบ พบว่าสามารถทำนายสมรรถนะโดยมีความถูกต้องสอดคล้องกับค่าจากการทดลองในช่วง $\pm 15\%$ และในปี 1999 Chang และคณะได้ทำการศึกษาขยายผลจากงานวิจัยเดิม โดยทำการทำนายค่าความเสียดทานของครีบระบายความร้อนทั้ง 91 ตัวอย่าง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งผลที่ได้พบว่าสามารถทำนายค่าความเสียดทาน โดยมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลองในช่วง $\pm 15\%$ เช่นกัน และผลที่ได้ยังพบว่าค่าความเสียดทานจะมีค่าลดลงหากตัวเลขเรย์โนลดส์ของการไหลมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยทั้งสองที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะส่งผลกระทบต่อสภาพการถ่ายเทความร้อนและค่าความเสียดทานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และในงานของ Yan และ Sheen (1999) ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีครีบหลาย ๆ แบบ พบว่าที่ความเร็วอากาศขาเข้าเท่ากันความดันตกคร่อมจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนแถวของท่อที่เพิ่มขึ้น และถ้าระยะห่างระหว่างครีบเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเสียดทานเพิ่มขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของครีบแบบบานเกล็ด [Chang and Wang,1997]

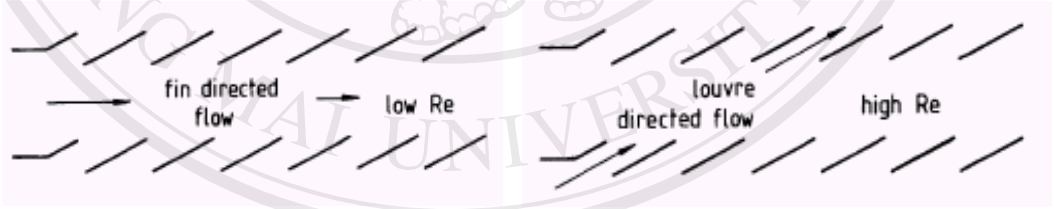
1.2.2 การทดสอบครีบแบบเกล็ด

จากการทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น ต่อมาได้มีการศึกษาลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยในงานวิจัยของ Zhangand และ Tafti (2002) พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการไหลของอากาศผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ดโดยเฉพาะที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำ ๆ คือ มุมเอียงเกล็ด ระยะห่างระหว่างครีบและความหนาของเกล็ด ซึ่งสามารถสรุปการทดลองได้ว่า ประสิทธิภาพการไหลจะสูงขึ้นเมื่อตัวเลขเรย์โนลดส์และมุมเอียงเกล็ดเพิ่มขึ้น และระยะห่างระหว่างครีบและความหนาของเกล็ดลดลง เมื่อประสิทธิภาพการไหลเพิ่มขึ้นนั่นหมายถึงการถ่ายเทความร้อนจะดีขึ้นด้วยเนื่องจากการไหลของอากาศจะเป็นการไหลตามแนวเกล็ดซึ่งเกล็ดจะมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากขึ้น ในการศึกษาสภาพการไหลของอากาศแบบ 2 มิติที่ไหลผ่านครีบระบายความร้อนแบบเกล็ดของ Springer และ Thole (1997) ได้ใช้แบบจำลองทางพลศาสตร์ของการไหลคำนวณหาค่าความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆบนครีบ โดยลักษณะของครีบระบายความร้อนแบบเกล็ดที่ใช้มีมุมเกล็ดเท่ากับ 27 องศา ความหนาครีบ 2.3 มิลลิเมตร จำนวนเกล็ด 17 เกล็ดและมีอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างครีบ (Fin pitch) กับระยะห่างระหว่างเกล็ด (Louver pitch) เท่ากับ 0.76 เมื่อพิจารณาจากผลการคำนวณ พบว่าการไหลผ่านครีบระบายความร้อนแบบเกล็ดที่มีจำนวนแถวครีบเท่ากับ 19 แถว จะเป็นการไหลที่มีทิศทางแบบตามแนวเกล็ด (Louver Direct) และเป็นการไหลแบบเชิงคาบ ณ ตัวเลขเรย์โนลดส์ (อ้างอิงกับระยะห่างระหว่างเกล็ด) เท่ากับ 230 450 และ1016 ทั้งนี้ที่ตัวเลขเรย์โนลดส์เท่ากับ 230 ชั้นขอบเขตการไหลบริเวณขอบด้านหน้าของเกล็ดด้านล่าง(Downstream) จะหนากว่าชั้นขอบเขตการไหลที่เกล็ดด้านบน(Upstream) ส่งผลให้ด้านบนของเกล็ดสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า ส่วนที่ตัวเลขเรย์โนลดส์เท่ากับ 1016 ชั้นขอบเขตการไหลจะมีความหนาเท่ากันทั้งด้านบนและด้านล่างของเกล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเท่ากันทั้ง 2 ด้าน และการถ่ายเทความร้อนที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ 1016 จะมากกว่าที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ 230

ในการศึกษาของ Davenport (1980) พบว่า ณ. การไหลที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำๆ บริเวณเกล็ดของครีบจะมีชั้นขอบเขตการไหล (Boundary Layer) ที่มีความหนามากทำให้ช่องว่างระหว่างเกล็ดถูกกั้นโดยชั้นขอบเขตการไหล ส่งผลให้การไหลของอากาศจะถูกบังคับให้ไหลไปตามแนวแกนช่องว่างระหว่างครีบ หรือที่เรียกว่าการไหลตามแนวท่อ (Duct Direct) ดังในรูปที่ 1.3ก และจากการศึกษาของ Achaichia และ Cowell (1988) ซึ่งได้ใช้ทฤษฎีของ Davenport สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสภาพการไหลของอากาศ ซึ่งพบว่าที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำกว่า 40 การไหลของอากาศจะเป็นการไหลตามแนวท่อ ส่วนการไหลอีกรูปแบบหนึ่งคือการไหลที่มีทิศทางไปตามแนวเกล็ดของครีบ (Louver Direct) ดังในรูปที่ 1.3ข ซึ่งจะพบในการไหลที่มีตัวเลขเรย์โนลดส์สูงๆ จากรูปที่ 1.3 เมื่อพิจารณาการไหลตามแนวท่อจะเห็นได้ว่า พื้นที่ของครีบเกล็ดที่สัมผัสกับอากาศที่ไหลผ่านจะมีเพียงบริเวณด้านขอบบนและล่างของเกล็ดเท่านั้น ซึ่งเมื่อเทียบกับการไหลตามแนวเกล็ดจะเห็นว่ามีพื้นที่สัมผัสกับอากาศมากกว่าการไหลตามแนวท่อทำให้มีการถ่ายความร้อนที่ดีกว่า นอกจากนั้นความหนาที่หนามากของชั้นขอบเขตการไหลที่เกล็ดในการไหลตามแนวท่อ ยังส่งผลให้สภาพการถ่ายเทความร้อนด้อยกว่าการไหลตามแนวเกล็ดซึ่งมีชั้นขอบเขตการไหลที่บางกว่า



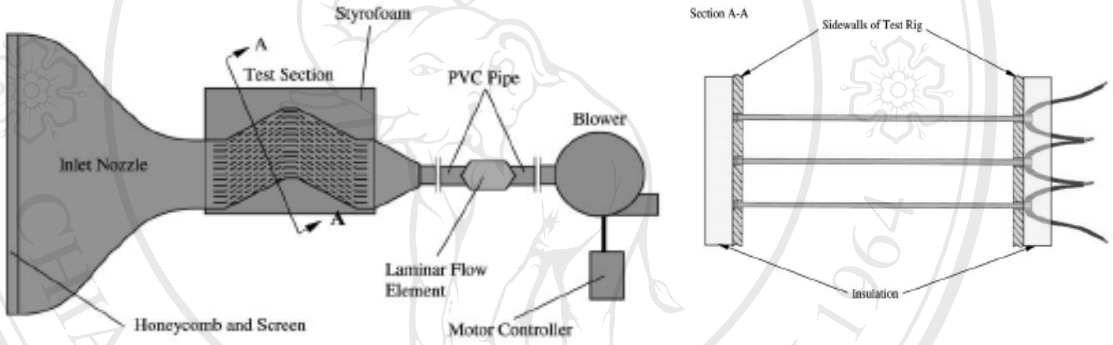
ก) ข)

รูปที่ 1.3 แสดงการไหลผ่านครีบแบบเกล็ดในลักษณะ ก) การไหลตามแนวท่อแบบ Duct Direct และ ข) การไหลตามแนวเกล็ดของครีบแบบ Louver Direct (Achaichia and Cowell)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปแบบการไหลนอกจากจะขึ้นอยู่กับตัวเลขเรย์โนลดส์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรทางกายภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วย เช่น ระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด มุมเอียงเกล็ด และความยาวของเกล็ด โดยงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) ได้นำเสนอการทดลองขยายขนาดของครีบแบบบานเกล็ดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ด ในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การทดลอง และการใช้จำลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาผลของตัวแปรทางกายภาพของครีบเกล็ด และเปรียบเทียบการใช้อุณหภูมิอ้างอิงต่างๆ ซึ่ง

ขนาดที่ใช้คือ 1:20 ของต้นแบบต่อแบบจำลอง โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระยะห่างระหว่างครีบต่อระยะห่างระหว่างเล็ด และมุมเอียงเกล็ด เพื่อหาค่า jโคเบิร์น แฟกเตอร์ และเปรียบเทียบการหาค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ ในกรณีที่ใช้อุณหภูมิอ้างอิงต่างกัน คือ adiabatic temperature และ bulk flow temperature นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสนามการไหลและสนามความร้อนของชุดทดลองอีกด้วย ซึ่งชุดทดลองดังกล่าวแสดงในรูปที่ 1.5 จากการทดลองพบว่าที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ 230 มุมเอียงเกล็ดเท่ากับ 27 องศา และอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างครีบกับระยะห่างระหว่างเกล็ดเท่ากับ 1.52 จะให้ค่า jโคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงที่สุด เมื่อใช้อุณหภูมิอ้างอิงคือ bulk flow temperature เนื่องจากที่ค่าเรย์โนลดส์ต่ำจะเกิดกระแสหมุนวนทำให้เวลาแลกเปลี่ยนความร้อนมากขึ้น และพบว่าการขยายขนาดไม่มีผลต่อชั้นขอบเขตการไหลที่เกิดบริเวณเกล็ด



(ก) (ข)

รูปที่ 1.6 ก) และ ข) ชุดทดลองและภาคตัดขวางในงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าจากลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบต่างๆ ส่งผลให้ลักษณะการไหลของอากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผลกระทบต่อความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วย

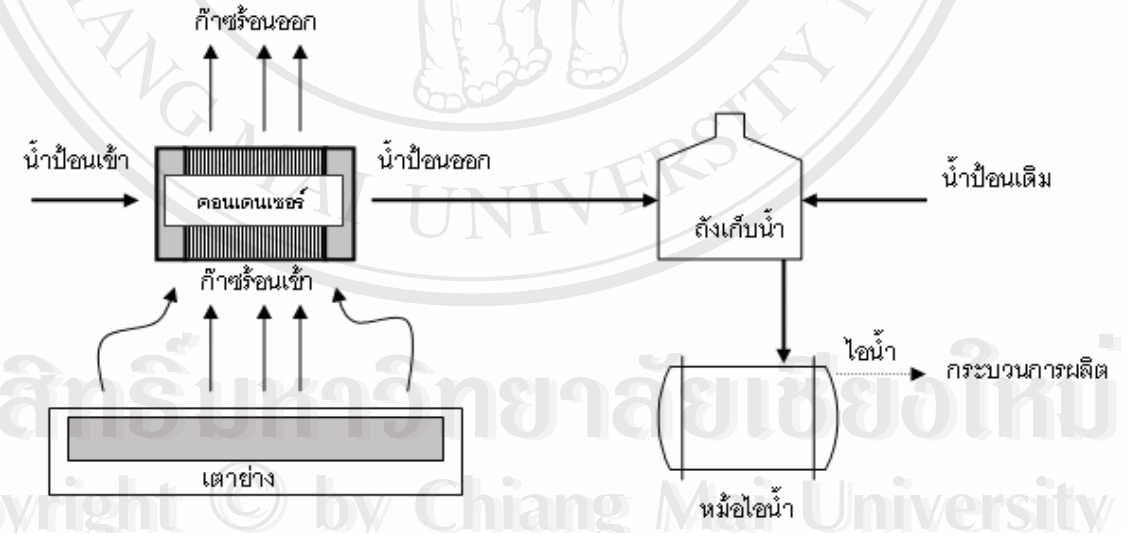
อย่างไรก็ตามการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น จะเป็นการศึกษาลักษณะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ดและครีบเกล็ดที่มีอากาศเป็นของไหลหนึ่งในสองชนิดที่ไหลผ่าน โดยมีลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบบังคับ (Force Convection) ที่มีตัวเลขเรย์โนลดส์สูง ในขณะที่ความร้อนทิ้งในงานอุตสาหกรรมบางส่วนถูกพาออกไปทิ้ง โดยการไหลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิหรือความหนาแน่น (Free หรือ Natural Convection) ในลักษณะของแรงลอยตัว โดยการไหลประเภทนี้มิได้มีตัวเลขเรย์โนลดส์เป็นตัวเลขไร้มิติกำหนดสภาพการไหล แต่หากมีตัวเลขกราชอร์ฟซึ่งเป็นตัวแปรไร้มิติที่ขึ้นกับอุณหภูมิเป็นตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แปรกำหนดสภาพการไหลแทน นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพที่จะเป็นตัวกำหนดลักษณะการถ่ายเทความร้อนไม่ว่าจะเป็น ระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงเกล็ด มิได้มีการศึกษาปรากฏในงานวิจัยอื่นใดมาก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้ศึกษาหาตัวแปรในรูปตัวแปรไร้มิติ ที่มีผลต่อการไหลและการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติ ผ่านครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด โดยผู้วิจัยจะได้ศึกษาผลกระทบที่มาจากตัวแปรลักษณะทางกายภาพของครีบคือ อัตราส่วนระยะห่างระยะระหว่างครีบกับระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงเกล็ด ทั้งนี้เพื่อหาลักษณะทางกายภาพของครีบที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่ลอยตัวผ่านเข้ามาแบบธรรมชาติในลำดับต่อไป

1.2.2 การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

ในการศึกษาการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับการพาความร้อนแบบธรรมชาติไม่ค่อยปรากฏในงานวิจัยที่ผ่านมามากนัก ทั้งที่ความร้อนทิ้งจากอุตสาหกรรมมีทั้งแบบบังคับและแบบธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามได้มีการประยุกต์ใช้และทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนร้อนขนาดกะทัดในกรณีการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่เกิดจากการการลอยตัวของอากาศจากผลต่างของความหนาแน่นของอากาศดังจะได้กล่าวต่อไป



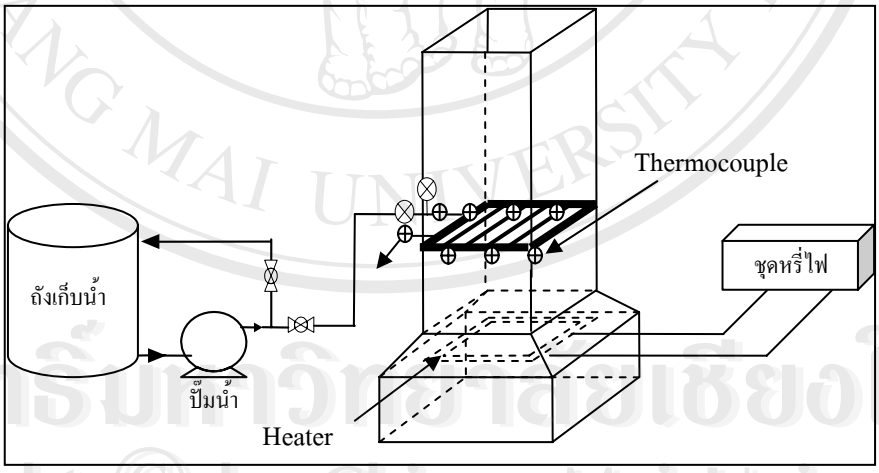
รูปที่ 1.4 แสดงชุดทดสอบระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยใช้คอนเดนเซอร์รถยนต์ [เจนจิรา 2545]

จากงานวิจัยของ เจนจิรา (2545) ได้ออกแบบและสร้างระบบนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้คอนเดนเซอร์รถยนต์เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อนและความเป็นไปได้ในด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบ ซึ่งเป็นการใช้คอนเดนเซอร์รถยนต์กลับทิศทางโดยนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการเผาไหม้ของก๊าซหุงต้มในรูปของก๊าซร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 120 – 140 °C ที่ลอยตัวขึ้นอย่างธรรมชาติในกระบวนการย่างขนม ให้ความร้อนแก่น้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำที่อัตราการไหล 21 ลิตร/นาที ซึ่งชุดทดสอบเป็นดังรูปที่ 4 ผลจากการทดสอบพบว่า ที่น้ำป้อนเข้า 30°C อัตราการไหล 21 ลิตร/นาที ได้น้ำร้อนที่ออกจากระบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 81°C และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และประสิทธิผลของคอนเดนเซอร์รถยนต์ที่ใช้ในระบบมีค่าประมาณ 1.32 kW/K และ 0.55 ตามลำดับ ในช่วงอัตราการไหลของน้ำร้อน 12 – 24 ลิตร/นาที เนื่องจากก๊าซร้อนที่ลอยตัวมีความเร็วต่ำ (0.14 m/s จากการทดสอบ) จึงทำให้ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าการไหลของก๊าซร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นการไหลแบบตามแนวท่อ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีสภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะได้สร้างชุดทดลองเพื่อเพิ่ม-ลดตัวแปรที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของครีบได้แก่ ระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงของเกล็ด โดยคาดหวังว่าจะสามารถเปลี่ยนการไหลตามแนวท่อให้เป็นการไหลตาแนวเกล็ดได้ ซึ่งจะส่งผลให้สภาพการถ่ายเทความร้อนของครีบเกล็ดมากขึ้นด้วย



รูปที่ 1.5 ชุดทดลองผลกระทบจากมุมเอียงตัวที่มีผลต่อการไหลและการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด (ปฏิภาณ , 2547)

จากงานวิจัยของเจนจิรา (2545) ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความที่ใช้ในงานวิจัยของเจนจิรา (2545) โดยจากการศึกษาหาผลกระทบจากมุมเอียงตัวที่มีผลต่อการไหลและการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติผ่านอุปกรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แลกเปลี่ยนความร้อนแบบที่ใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด (ปฏิภาณ, 2547) เพื่อศึกษาหามุมในการจัดวางอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดกะทัดรัดที่ใช้ครีบระบายความร้อนแบบเกล็ด ที่มีต่อประสิทธิผลในการรับความร้อนจากอากาศร้อนที่ลอยตัวอย่างธรรมชาติพบว่าการเพิ่มมุมเอียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเพิ่มค่าประสิทธิผลในการถ่ายเทความร้อนได้ แต่ต้องเอียงด้วยมุมที่เหมาะสมจึงจะมีประสิทธิผลในการถ่ายเทความร้อนสูงสุด โดยมุมที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของครีบระบายความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งในกรณีที่ทำการศึกษานี้มุมที่เหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนคือมุมเอียง 10 องศา ที่มุมเอียงตัว 10 องศา อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงสุดโดยเพิ่มขึ้น 29 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับกรณีที่ไม่มีการเอียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนที่มุมเอียงตัว 20 และ 30 องศา ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้น 15 และ 8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เทียบกับกรณีที่ไม่มีการเอียงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเช่นกัน ในงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) พบว่าหากเอียงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นมุม 10 องศา จะทำให้อากาศร้อนไหลไปตามแนวเกล็ดมากขึ้นและจะให้ค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงที่สุด แต่ในงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) นี้ลักษณะทางกายภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น ระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงเกล็ดเป็นต้นไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าหากสามารถปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวนี้ได้ จะส่งผลต่อลักษณะการไหลและค่า j โคเบิร์น แฟกเตอร์ อย่างไรบ้าง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้ขนายขนาดครีบเกล็ดภายในคอนเดนเซอร์รถยนต์ที่ใช้ในงานวิจัยปฏิภาณ (2547) เพื่อหาศึกษาผลกระทบของลักษณะทางกายภาพของครีบเกล็ดที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านพบว่าลักษณะทางกายภาพจะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป และในงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของครีบเกล็ดที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ด ซึ่งตัวแปรที่งานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.1

จากตารางที่ 1.1 จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาทั้งหมดล้วนแล้วแต่เป็นการทดสอบหาตัวแปรที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ดที่ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงในกรณีการพาความร้อนแบบบังคับทั้งสิ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะได้ทดลองหาตัวแปรที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสำหรับการนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนใช้กรณีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าตัวแปรทางกายภาพของครีบเกล็ดที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนของงานวิจัยที่ผ่านมา

ตัวแปรที่ศึกษา	ผลที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อน	ลักษณะของการพาความร้อน
L_p/F_p และ θ (Ralp และ Webb, 1991)	เมื่อเพิ่ม Lp/Fpและ θ จะทำให้ประสิทธิภาพการไหลเพิ่มขึ้น	แบบบังคับ
F_p/L_p, F_t, และ θ (Zhang และ Tafti, 2002)	เมื่อลด F_p/L_p , F_t และเพิ่ม θ ประสิทธิภาพการไหลจะเพิ่มขึ้น	แบบบังคับ
F_p/L_p และ θ (Lyman และคณะ, 2002)	เมื่อเพิ่ม F_p/L_p และ θ จะทำให้ค่า j โคเบิร์นแฟกเตอร์สูงขึ้นที่ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำ	แบบบังคับ
F_p/L_p และ θ (Aoki และคณะ, 1989)	เมื่อลด F_p/L_p และเพิ่ม θ จะทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนสูงขึ้น	แบบบังคับ

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อศึกษาผลของ ระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมเอียงเกล็ด ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของครีบแบบเกล็ดกับอากาศร้อนที่ลอยตัวแบบธรรมชาติ ณ ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำ ๆ

1.3.2 เพื่อหาจุดเหมาะสมของตัวแปรในข้อ 1 ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ดที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศร้อนที่ลอยตัวอย่างธรรมชาติ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 แบบจำลองที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้จะมีความคล้ายคลึงกันทางเรขาคณิตกับครีบแบบบานเกล็ดในคอนเดนเซอร์รถยนต์ที่ปรากฏในงานวิจัยของเจนจิรา (2545) แล้วจะทำการปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด และมุมของเกล็ด เพื่อศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อนของครีบดังกล่าว

1.4.2 ไม่คิดถึงผลกระทบของวัสดุที่ใช้ทำครีบหรือท่อหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและของไหลชนิดที่สองที่นำมารับความร้อนจากครีบ

1.4.3 ความเร็วของอากาศร้อนที่ลอยผ่านครีบ จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.1 – 1.2 เมตรต่อวินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.4 ความร้อนที่ถ่ายเทจากครีบเกล็ดจะถูกนำไปอุ่นน้ำ

1.5 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1.5.1 ทราบระยะห่างระหว่างครีบ ระยะห่างระหว่างเกล็ด มุมเอียงเกล็ด และความยาวเกล็ดที่ทำให้ค่าการ ถ่ายเทความร้อนของครีบแบบเกล็ดที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศร้อนที่ลอยมาปะทะ ณ ตัวเลขเรย์โนลดส์ต่ำ ๆ มีค่ามากที่สุด

1.5.2 ทราบจุดเหมาะสมของตัวแปรในข้อ 1 ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบเกล็ดที่ให้ค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศร้อนที่ลอยตัวอย่างธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved