บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

พลังงานเป็นปัจจัยในการผลิตที่สำคัญ โดยเฉพาะในการผลิตของภาคอุตสาหกรรมและบริการ นอกจากนั้นยังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานรูปแบบต่างๆในเชิงพาณิชย์สูงมาก คือประมาณร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์รวมทั้งประเทศ (ปี 2539) ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2530 – 2539) แหล่งผลิตพลังงานของประเทศมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 108 ขณะที่การนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมีอัตราเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 269 [10] ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีการใช้หม้อไอน้ำในขบวนการผลิต ซึ่งจะมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปแบบต่างๆ แต่ที่มีปริมาณสูญเสียมากที่สุดคือ สูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อนที่ตกค้างในไอเสียที่หม้อไอน้ำส่งออกไป คิดเป็นปริมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานขาเข้าทั้งหมด [10] หากเราสามารถดึงเอาพลังงานที่สูญเสียดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ได้ จะเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในขบวนการผลิตอันเป็นการช่วยลดต้นทุนและช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้

การนำเอาพลังงานสูญเสียกลับมาใช้ประโยชน์สำหรับระบบผลิตไอน้ำ สามารถทำได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น นำกลับมาอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยการนำเอาไอเสียจากหม้อไอน้ำผ่านไปที่อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) หรือ นำกลับมาอุ่นอากาศก่อนที่จะใช้ในการสันดาปโดยอาศัยเครื่องอุ่นอากาศ กระบวนการเหล่านี้คาดว่าจะสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 7 – 10 เปอร์เซ็นต์ [10]

อีโคโนไมเซอร์จะต้องอาศัยชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนระหว่างก๊าซร้อนและน้ำ ซึ่งชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีมากมายหลายประเภท เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและเปลือก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน ก็เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอีกประเภทหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากคุณสมบัติในการนำความร้อนสูง สามารถทำงานได้โดยที่ผลต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งให้ความร้อนและแหล่งรับความร้อนมีค่าน้อย มีขนาดกะทัดรัด การบำรุงรักษาทำได้ง่ายเนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ไม่ต้องใช้พลังงานเพื่อให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำงาน และมีความดันตกคร่อมต่ำ

เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าท่อความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำความร้อนได้ในปริมาณที่สูง และไม่สูญเสียพลังงานภายในตัวเองมากนัก ฉะนั้นการนำเอาท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้ในอีโคโนไมเซอร์นั้นมีความเหมาะสมมาก โดยจะเรียกอุปกรณ์ที่รวมเอาอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้เข้าด้วยกันว่า "อีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อน" (Heat Pipe Economizer)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาถึง การออกแบบ สร้างและทดสอบ อีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนสำหรับหม้อไอน้ำสำเร็จรูป โดยได้จำลองสภาพข้อมูลต่างๆด้านความร้อน ให้ใกล้เคียงกับค่าของไอเสียจากหม้อไอน้ำสำเร็จรูป ที่มีอยู่เพื่อศึกษาถึงลักษณะทางความร้อน ความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของอีโคโนไมเซอร์ประเภทนี้

1.2. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การศึกษาความสามารถในการทำงานของอีโคโนไมเซร์แบบท่อความร้อน

Bacanu et.al [11] ได้ทำการสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบผสมใช้สำหรับอุ่นน้ำและอากาศ ประกอบด้วยท่อเทอร์โมไซฟอน ยาว 2 เมตร จำนวน 2 แถว แต่ละแถวมี 16 ท่อ แบ่งเป็นส่วนทำระเหย 0.7 เมตร ส่วนควบแน่นสำหรับอากาศ 1.05 เมตร ส่วนควบแน่นสำหรับน้ำ 0.25 เมตร พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำจาก 0.601 ถึง 0.832 กิโลกรัมต่อวินาที จะทำให้ค่าความร้อนที่ได้เพิ่มจาก 15.7 ถึง 17 กิโลวัตต์ และค่าประสิทธิผลเพิ่มจาก 0.263 ถึง 0.277 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าตัวเลขเรย์โนลด์สด้านร้อนต่อด้านเย็นกับค่าประสิทธิผลพบว่าเมื่อค่าตัวเลขเรย์โนลด์สด้านร้อนต่อด้านเย็นเพิ่มขึ้นจาก 0.348 ถึง 0.467 ค่าประสิทธิผลจะลดลงจาก 0.277 ถึง 0.263

TerdToon [24] ได้ศึกษาถึงอีโคโนไมเซอร์แบบเทอร์โมไซฟอนสำหรับหม้อไอน้ำสำเร็จรูป โดยใช้ท่อความร้อนทำจากท่อสแตนเลส ขนาด 25.7 มิลลิเมตร จำนวน 78 ท่อ มีน้ำเป็นสารทำงานที่อุณหภูมิไอเสีย 280 °C และความเร็วไอเสีย 4.5 เมตรต่อวินาที พบว่าสำหรับทุก อุณหภูมิไอเสีย (280, 220 และ 260 °C) ที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส ด้านส่วนควบแน่นเพิ่มขึ้นจาก 20 ถึง 110 จะทำให้ประสิทธิผลของเครื่องอุ่นน้ำป้อนลดลงจาก 0.70 เป็น 0.55

พิชัย [9] ได้ทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนโดยใช้ท่อแก้ว จำนวน 243 แท่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร วางเรียงแบบเหลื่อม จำนวน 29 แถว ระยะห่างตามยาว 1.75 เซนติเมตร ตามขวาง 2 เซนติเมตร ขนาดเครื่อง 52×19×15 เซนติเมตร แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็น พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำร้อนขาเข้าจาก 50, 60, 70 และ 80 ^{o}C

จะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้นจาก 13 ถึง 40 กิโลวัตต์ และเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็นจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น

ทวีศักดิ์ [8] ได้ทำการศึกษาค่าอัตราส่วนตัวเลขเรย์โนลด์สด้านร้อนต่อด้านเย็น และตัวเลขหน่วยการถ่ายเทความร้อน ที่มีผลต่อค่าประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์ โดยปรับอัตราการไหลของไอเสียแล้ววัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆ พบว่าประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์มีค่าลดลงจาก 0.30 ถึง 0.15 ที่อัตราส่วนตัวเลขเรย์โนลด์สด้านร้อนต่อด้านเย็นจาก 0.5 ถึง 4 และประสิทธิผลของอีโคโนไมเซอร์เพิ่มขึ้นจาก 0.15 ถึง 0.30 ที่ตัวเลขหน่วยการถ่ายเทความร้อนจาก 1.2 ถึง 1.9

1.2.2 การศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิผลเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน

Dube *et.al* [13] ได้ทำการนำท่อความร้อนไปสร้างเครื่องอุ่นอากาศจำลองเพื่อทดสอบค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อน พบว่าค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศชนิดนี้จะมีค่าขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ คือ ชนิด ขนาด คุณสมบัติของวัสดุและมุมเอียงของท่อความร้อน ชนิดและปริมาณของสารทำงานภายในท่อ การจัดวางและจำนวนของท่อความร้อน โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำท่อความร้อนคือ ท่อทองแดงและท่อเหล็ก ซึ่งท่อทองแดงจะให้ค่าประสิทธิผลสูงกว่าท่อเหล็กที่สภาวะเดียวกันประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์แต่มีข้อจำกัดคือท่อทองแดงไม่นิยมนำมาใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 200^{o}C ดังนั้นสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 200^{o}C จึงนิยมใช้ท่อความร้อนชนิดท่อเหล็กมากกว่าแม้ว่าค่าประสิทธิผลจะต่ำกว่าทองแดงก็ตาม

วิจิตร [6] ทดสอบเครื่องอุ่นอากาศสำหรับหม้อไอน้ำขนาด 1 ตันได้ผลดังนี้

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถดึงความร้อนจากไอเสียของหม้อไอน้ำมาให้กับ อากาศก่อนสันดาป ค่าความร้อนที่ดึงกลับ 12.5 กิโลวัตต์ ค่าประสิทธิผล 0.45 ที่อุณหภูมิไอเสีย 231^{o}C อุณหภูมิอากาศ 30^{o}C อัตราการไหลของไอเสียและอากาศ 692.72 m^{3}/hr สามารถลดอุณหภูมิไอเสียให้เหลือเพียง 141.2^{o}C และเพิ่มอุณหภูมิของอากาศได้เป็น 85.4^{o}C ที่ความดันตกคร่อม 7 Pa

เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของไอเสียเพิ่มขึ้นจาก 200 เป็น 240^{o}C จะทำให้อุณหภูมิขาออกของไอเสียและอากาศเพิ่มขึ้นจาก 112.4 เป็น 135.4 และจาก 85.1 เป็น 105.2^{o}C ตามลำดับ ค่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มจาก 11.96 เป็น 16.25 กิโลวัตต์ และค่าประสิทธิผลเพิ่มจาก 0.51 เป็น 0.66

เมื่ออัตราการไหลของไอเสียเพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 700 m^{3}/hr อุณหภูมิขาออกของไอเสียและอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 110 เป็น 117.7 และจาก 82.7 เป็น 89.7^{o}C ตามลำดับ ค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้เพิ่มจาก 11.34 เป็น 13.88 กิโลวัตต์ แต่ค่าประสิทธิผลลดลงจาก 0.64 เป็น 0.56

เมื่ออุณหภูมิขาเข้าของอากาศเพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 60°C อุณหภูมิขาออกของไอเสียและอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 135.3 เป็น 138.2 และจาก 110.5 เป็น 116°C แต่ค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้ลดลงจาก 12.39 เป็น 11.58 กิโลวัตต์ และค่าประสิทธิผลลดลงจาก 0.56 เป็น 0.53

เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 700 m^3/hr อุณหภูมิขาออกของไอเสียและอากาศจะลดลงจาก 133.1 เป็น 127.6 และ 102 เป็น 96.1°C แต่ค่าความร้อนที่ถ่ายเทได้เพิ่มจาก 11.56 เป็น 15.17 กิโลวัตต์ และค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นอากาศเพิ่มจาก 0.47 เป็น 0.61

เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับหม้อไอน้ำสำเร็จรูปขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 1 ตันต่อชั่วโมงเพราะให้อัตราผลตอบแทนที่สูง (27 เปอร์เซ็นต์) และระยะเวลาคืนทุนสั้น (1,000 วัน)

1.2.3 การศึกษาการป้องกันการกัดกร่อนสำหรับท่อความร้อน

ชาตรีและสิทธิกร [2] ได้นำเอาท่อความร้อนที่ทำจากวัสดุเหล็ก ทองแดง และอลูมิเนียมมาทดสอบการป้องกันการกัดกร่อนที่ผิวภายนอกของท่อความร้อนโดยใช้สี 3 ชนิดคือ Red-Oxide, Red-Lead และ Hi-Temp. ที่ความหนาสามความหนา นำไปใช้งานที่อุณหภูมิไอเสียเฉลี่ย 225°C เป็นเวลา 1,000 ชั่วโมง เชื้อเพลิงที่ใช้คือน้ำมันดีเซลผสมกับน้ำมันเตาเกรด เอ ในสัดส่วน 1 ต่อ 4 พบว่าการเคลือบสีที่ผิวภายนอกของท่อสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้แต่จะมีผลทำให้ค่าความต้านทานทางความร้อนสูงขึ้น และไม่มีผลต่อการพอกตัวของเขม่า

ปิยะนันท์ [5] ได้ทำการศึกษาการกัดกร่อนภายในท่อเทอร์โมไซฟอน ที่ทำจากอะลูมิเนียม ทองแดง เหล็กชนิดผิวภายในเรียบ และทองแดงกับสเตนเลสชนิดที่ผิวภายในเป็นร่องแบบเกลียว ทำการป้องกันการกัดกร่อนด้วยการเผาท่อที่อุณหภูมิ 550°C ที่เวลาต่างๆ เติมสารยับยั้ง (Na_2HPO_4) ลงในสารทำงานที่ความเข้มข้นต่างๆ หรือรวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน ทำการทดสอบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 4,000 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิใช้งาน 150, 250 และ 350°C พบว่าวัสดุที่เหมาะสมสำหรับทำเป็นเทอร์โมไซฟอนคือท่อทองแดงที่ผิวภายในเป็นร่อง และมีการป้องกันการกัดกร่อนคือ เติมสารยับยั้ง Na_2HPO_4 ลงในสารทำงานที่ความเข้มข้น 20 ppm

ขวัญชัย [1] ทำการทดสอบโดยการเคลือบอินาเมล (Enamel) บริเวณผิวภายนอกของท่อความร้อนสำหรับอีโคโนไมเซอร์แล้วนำไปใช้งานที่อุณหภูมิไอเสียขาเข้าประมาณ 215 ถึง 260°C และอุณหภูมิไอเสียขาออกประมาณ 150°C คิดอายุการใช้งานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ 20 ปี พบว่าการเคลือบผิวท่อด้วยอินาเมลสามารถใช้ป้องกันการกัดกร่อนที่ผิวภายนอกของท่อความร้อนได้ คือเมื่อเคลือบอินาเมล 1 ชั้น (190 ไมครอน) การกัดกร่อนของท่อเหล็กที่เคลือบอินาเมลจะมีค่า 0.091 มิลลิเมตร สำหรับท่อที่ไม่เคลือบจะมีการกัดกร่อนประมาณ 1.09 มิลลิเมตร แต่ผนังท่อยัง

คงเหลือความหนาอยู่ 1.58 มิลลิเมตร และมีค่าใช้จ่ายต่อปีของอีโคโนไมเซอร์เป็น 13,176.72 บาท ทั้งนี้เป็นเพราะการเคลือบอินาเมลในปัจจุบันยังมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาทำงานของท่อที่จะได้มากขึ้นเนื่องจากการเคลือบ และยังมีผลทำให้ค่าความต้านทานทางความร้อนสูงขึ้นอีกด้วย

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อออกแบบและสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน ที่เหมาะสมกับหม้อไอน้ำสำเร็จรูปขนาด 1 ตัน

1.3.2 เพื่อออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถใช้ในการคำนวณและออกแบบอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน

1.3.3 เพื่อศึกษาลักษณะทางความร้อนของ อีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน

1.3.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ของการนำอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนมาใช้ในอุตสาหกรรม

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการคำนวณและออกแบบอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนได้

1.4.2 มีชุดจำลองของอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน ที่สามารถใช้ทดสอบกับข้อมูลของไอเสียจากหม้อไอน้ำสำเร็จรูปได้

1.4.3 มีความเข้าใจในหลักการ ลักษณะทางความร้อน และลักษณะการทำงานของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อน

1.4.4 ได้เครื่องมือที่สามารถดึงเอาความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสียจากหม้อไอน้ำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆกัน

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 ออกแบบและสร้างอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน ที่สามารถดึงความร้อนที่สูญเสียจากหม้อไอน้ำสำเร็จรูปใช้งานจริงขนาดไม่เกิน 1 ตันต่อชั่วโมง มาใช้อุ่นน้ำโดยคำนึงถึง

ก. อุณหภูมิขาออกของก๊าซร้อนสูงกว่า 110°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิน้ำค้าง

ข. อุณหภูมิของน้ำที่อุ่นแล้วไม่เกิน 100°C

1.5.2 ทดสอบสมรรถนะของอีโคโนไมเซอร์แบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่สร้างขึ้นโดยแปรค่าต่างๆ ดังนี้

ก. อุณหภูมิก๊าซร้อนขาเข้า 100 ถึง 240 °C

ข. อัตราการไหลก๊าซร้อนขาเข้า 400 ถึง 700 m^3/hr

ค. อุณหภูมิน้ำขาเข้า 15 ถึง 45 °C

ง. อัตราการไหลน้ำขาเข้า 0.156 ถึง 0.72 m^3/hr

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University