

บทที่ 1

บทนำ

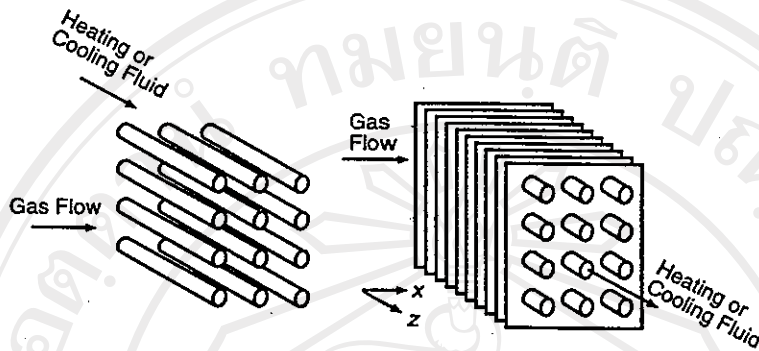
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา (ปี 2530 ถึง 2539) แหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 108 ขณะที่การนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมีอัตราเพิ่มขึ้นถึง ร้อยละ 269 (ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541) อีกทั้งในช่วงที่ผ่านมา ราคาของพลังงานชนิดต่างๆได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่ปริมาณสำรองลดลงไปเรื่อยๆ ประกอบกับในปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานในรูปแบบต่างๆในเชิงพาณิชย์สูงมาก คือประมาณร้อยละ 80 ของการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์รวมทั้งประเทศ (ปี 2539) ฉะนั้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

พลังงานความร้อนก็เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่ใช้กันมากในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับกระบวนการผลิต เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งจะสูญเสียไประหว่างกระบวนการผลิตเสมอ ซึ่งจะถูกล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ ตัวอย่างเช่น การใช้หม้อไอน้ำในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ จะมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปของพลังงานความร้อนที่ตกค้างในไอเสียที่หม้อไอน้ำส่งออกไปคิดเป็นปริมาณประมาณร้อยละ 15 ของพลังงานขาเข้าทั้งหมด (ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2541) ดังนั้นถ้าสามารถดึงเอาพลังงานที่สูญเสียไปเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง ก็จะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตอันจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

การดึงเอาซึ่งพลังงานที่สูญเสียกลับมาใช้ประโยชน์นั้นทำได้หลายรูปแบบ เช่น นำกลับมาอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำโดยใช้เครื่องอุ่นน้ำป้อน (Economizer) หรือนำมาอุ่นอากาศก่อนที่จะนำไปใช้ในการสันดาปโดยใช้เครื่องอุ่นอากาศ (Airpreheater) เครื่องอุ่นอากาศก็เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งมีหน้าที่ดึงเอาพลังงานความร้อนจากไอเสียที่หม้อไอน้ำส่งออกมาอุ่นอากาศให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ก่อนที่จะนำอากาศที่ร้อนไปใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยไอเสียที่หม้อไอน้ำส่งออกมาจะต้องมีอุณหภูมิสูงพอที่จะใช้งานได้ ลักษณะของการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศเป็นแบบการไหลตัดกันหรือตั้งฉาก

(Cross flow) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ ชนิดที่ของไหลด้านหนึ่งไหลแบบป้อนกัน อีกด้านหนึ่งไหลแบบไม่ป้อนกัน และ ชนิดที่ของไหลทั้งคู่ไหลแบบไม่ป้อนกัน ดังรูป 1.1



ชนิดที่ของไหลด้านหนึ่งไหลแบบป้อนกัน
อีกด้านหนึ่งไหลแบบไม่ป้อนกัน

ชนิดที่ของไหลทั้งคู่ไหลแบบไม่ป้อนกัน

รูป 1.1 แสดงลักษณะการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตัดกัน (19)

เทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon) ก็เป็นท่อความร้อนอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนได้สูง และกำลังได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สำคัญคือเป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนรูปแบบใหม่ที่มีค่าการนำความร้อนสูง สามารถทำงานได้โดยมีผลต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งให้ (Source) และแหล่งรับความร้อน (Sink) น้อยมาก การบำรุงรักษาทำได้ง่ายมีขนาดกระทัดรัด สามารถสร้างได้ง่าย โดยใช้ต้นทุนการสร้างต่ำ และข้อสำคัญคือไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

เมื่อพิจารณาท่อความร้อนที่สามารถนำความร้อนได้ในปริมาณที่สูงและไม่สูญเสียพลังงานในตัวเองมากนัก การนำเอาท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้ในเครื่องอุ่นอากาศนั้นจึงมีความเหมาะสมมากวิธีหนึ่ง โดยเราจะเรียกอุปกรณ์ที่รวมเอาอุปกรณ์ทั้งสองเข้าด้วยกันว่า "เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อน" (Heat pipe airpreheater) ซึ่งมีข้อดีคือ

ก. มีการรั่วของอากาศน้อยมาก

ข. มีความดันตกคร่อมที่ทางผ่านของก๊าซร้อนและอากาศต่ำ

ค. การติดตั้งและบำรุงรักษาทำได้ง่าย

ง. เป็นการเพิ่มระบบการดึงความร้อนกลับมาใช้งานอีก

จ. ประหยัดต้นทุนเนื่องจากการออกแบบที่สามารถยืดหยุ่นได้ โดยได้พิจารณาถึงองค์ประกอบ อาทิเช่น ความสะอาดของก๊าซร้อน ความดันตกคร่อมที่ต้องการ และพื้นที่ที่ต้องการ

ปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 8 - 13 ได้ติดตั้งเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในกระบวนการนี้จะมีปริมาณยิปซัมออกจากระบบเป็นอันมาก และยิปซัมที่ได้ยังมีความชื้นสูงอยู่ ประกอบกับที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะยังไม่มีเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อนใช้งานอยู่ ดังนั้น ถ้านำความร้อนที่ได้จากเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อนซึ่งแลกเปลี่ยนกับก๊าซร้อนก่อนที่จะออกจากปล่องของโรงไฟฟ้ามาใช้ในการอบแห้งยิปซัมได้ ก็จะเป็นการประหยัดพลังงานและเป็นการนำยิปซัมแห้งที่ได้จากการอบยิปซัมส่วนจะนำไปทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง ทั้งยังช่วยลดมลภาวะ ลดการจัดเก็บและการลำเลียงยิปซัมในโรงไฟฟ้าได้อีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อนโดยใช้ข้อมูลต่างๆที่ใกล้เคียงกับก๊าซร้อนก่อนที่จะออกจากปล่องของโรงไฟฟ้าและศึกษาถึงคุณลักษณะทางความร้อนของเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อน รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอุ่นอากาศประเภทนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายวงการนำไปใช้งานในการอบแห้งยิปซัมต่อไป

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทดลอง และการประยุกต์นำมาใช้ของเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อนสามารถสรุปและแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1.2.1 กลุ่มที่ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและทดลองเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อน

1.2.1.1 Huang et al.(22) ได้ศึกษาถึงความคุ้มค่าที่สุดในกาออกแบบเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อนสำหรับหม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้เสนอแนะแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความคุ้มค่าที่สุดในกาออกแบบเครื่องอุ่นอากาศแบบทอความร้อน

สำหรับหม้อไอน้ำ ทำให้สามารถเลือกขนาดโครงสร้างของเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนมาใช้ ซึ่งจะทำให้เครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนแสดงลักษณะที่ดีเลิศของความต้านทานการอุดตันของซีเมนต์และความต้านทานการกัดกร่อนที่อุณหภูมิต่ำ จากตัวอย่างการคำนวณโดยได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้มาใช้ในการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนกับหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 35.0 ตันต่อชั่วโมงและใช้ถ่านหินที่มีเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของกำมะถันสูง โดยใช้ที่อุณหภูมิร้อนที่เป็นที่อุณหภูมิร้อนและใช้น้ำเป็นสารทำงานจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งได้นำมาใช้แทนบริเวณชั้นที่อุณหภูมิต่ำของเครื่องอุ่นอากาศแบบเดิม โดยการเปรียบเทียบขนาดโครงสร้างของเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนจำนวน 2 ค่า ผลการคำนวณพบว่าสามารถประหยัดมูลค่าฟังก์ชันของอุปกรณ์ (Object function value) ต่อปีถึง 14.9 เปอร์เซ็นต์

1.2.1.2 Chen et al.(13) ได้ศึกษาถึงการทดลองเพื่อตรวจสอบการนำเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนมาใช้งานในโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงโดยได้กำหนดหัวข้อการทดสอบสมรรถนะประกอบไปด้วย การส่งถ่ายความร้อน การอุดตันของซีเมนต์ การกัดกร่อน การรั่วของอากาศและการควบคุมอุณหภูมิที่ผนังของที่อุณหภูมิร้อน ซึ่งได้ทำการทดลองใน 3 ลักษณะดังนี้

ก. การทดลองเพื่อตรวจสอบการนำเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนมาใช้งานในโรงไฟฟ้าที่หม้อไอน้ำใช้ถ่านหินที่มีกำมะถันมาบัดเป็นเชื้อเพลิง โดยมีปริมาณการไหลของก๊าซร้อนผ่านทางเลี้ยว (By - pass) เท่ากับ 130 ตันต่อชั่วโมง ภายหลังจากที่นำเข้ามาใช้งานมาประมาณ 5 ปี จึงได้ทำการทดสอบเป็นครั้งแรกพบว่าภายใต้อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ไม่ดีของหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินที่มีเปอร์เซ็นต์กำมะถันสูงมาบัดเป็นเชื้อเพลิงนั้นเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนยังคงทำงานได้เป็นอย่างดีและต่อเนื่อง อุณหภูมิที่ผนังของที่อุณหภูมิร้อนยังรักษาไว้ได้ในระดับที่สูง และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนโดยทั่วไปก็มีความต้านทานการไหลของก๊าซร้อนทั้งหมดน้อยกว่า 1/3 เท่า และภายใต้อุณหภูมิการถ่ายเทความร้อนที่เท่ากัน อุณหภูมิที่ผนังของที่อุณหภูมิร้อนจะสูงกว่าเครื่องอุ่นอากาศแบบที่อุณหภูมิร้อนโดยทั่วไปประมาณ 20 - 30 °C นอกจากนั้นยังมีการอุดตันของซีเมนต์น้อย ไม่มีการรั่วของอากาศและมีบริเวณที่ถูกกัดกร่อนเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามภายใต้อุณหภูมิของก๊าซร้อนอื่นๆมีความจำเป็นที่จะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเปื้อนเปรอะ (Contamination coefficient) ใหม่ด้วย

ข. การทดลองเพื่อตรวจสอบการนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรมของ เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงในหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 130 ตันต่อชั่วโมงของโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินมาบดเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนที่มีโครงสร้างแบบ Drawer-type และชุดท่อความร้อนได้ถูกทำให้เยี่ยงทำมุม 12 องศา กับแนวระดับ ภายหลังจากที่นำเข้าไปใช้มากกว่า 5 ปี เมื่อทำการทดสอบพบว่า มีประสิทธิภาพที่คงที่ ใช้งานได้และมีคุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิที่ผนังท่อเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นสิ่งที่ป้องกันการกัดกร่อนและการอุดตันของชี้ไถ่ มีการรั่วของอากาศน้อย ตลอดจนสามารถลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนขาออก ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำอีก 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันก็ลดการสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนของพัดลม ID. และ FD. ลงได้ถึง 1,000,000 kW.hr.ต่อปี ในส่วนของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ถึงแม้ว่ามูลค่าของการลงทุนสร้างเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนในครั้งแรกจะสูงกว่า เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อโดยทั่วไปถึง 300,000 หยวน แต่ผลกำไรทางเศรษฐศาสตร์โดยตรงที่ได้รับจากเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนมีมูลค่าปีละ 150,000 หยวน ดังนั้น สามารถคืนทุนได้ภายใน 2 ปี

ค. การทดลองเพื่อทดสอบการนำเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้งานในหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 670 ตันต่อชั่วโมงของโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่ง (ขนาดกำลังผลิตกระแสไฟฟ้า 200 MW) ที่ใช้ถ่านหินมาบดเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนที่มีโครงสร้างแบบ Drawer-type และชุดท่อความร้อนได้ถูก ทำให้เยี่ยงทำมุม 10 องศา กับแนวระดับ ซึ่งเป็นการประยุกต์นำท่อความร้อนมาใช้งานในโรงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ข้อดีหลักๆของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนเมื่อเทียบกับเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อโดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

- 1) มีการรั่วของอากาศน้อยมาก
- 2) มีความดันตกคร่อมที่ทางผ่านของก๊าซร้อนและอากาศต่ำ
- 3) ง่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา
- 4) ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว ทำให้ต้นทุนการเดินเครื่องที่ต่ำและมีอายุการใช้งานนาน
- 5) เป็นการเพิ่มระบบการดึงความร้อนกลับมาใช้งานอีก

6) ประหยัดต้นทุน เนื่องจากการออกแบบที่สามารถยืดหยุ่นได้ โดยได้พิจารณาถึงองค์ประกอบ อาทิเช่น ความสะอาดของก๊าซร้อน ความดันตกคร่อมที่ ต้องการ และพื้นที่ที่ต้องการ

7) ลดศักยภาพอันจะก่อให้เกิดการกัดกร่อนบริเวณส่วนปลายสุด (Cold- end) เนื่องจากพฤติกรรมทาง Isothermal ของท่อความร้อนและการส่งถ่ายความร้อน แบบการไหลสวนทางกันที่ใกล้เคียงกับอุดมคติซึ่งไม่มีบริเวณส่วนที่เย็น (Cold- corner) ภายใน เครื่อง

1.2.1.3 วิจิตร (7) ได้ศึกษาถึงการออกแบบและสร้างเครื่องอุ่นอากาศแบบ ท่อความร้อนสำหรับหม้อไอน้ำสำเร็จรูป ขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 1 ตัน ต่อชั่วโมง เมื่อนำเครื่อง อุ่นอากาศที่สร้างขึ้นมาทดสอบที่การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิขาเข้าไอลีเยที่ 100, 120, 160 และ 240°C อัตราการไหลของไอลีเยที่ 300, 500 และ $700 \text{ m}^3/\text{hr}$ อุณหภูมิขาเข้าของอากาศที่ 30, 40, 50 และ 60°C และอัตราการไหลของอากาศที่ 500 และ $700 \text{ m}^3/\text{hr}$ พบว่า ค่าประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 35 ถึง 65 สามารถดึงพลังงานความร้อน ที่สูญเสียไปกับไอลีเยได้วันละ 174 กิโลวัตต์ มีระยะเวลาก่อสร้างได้ภายใน 1,012 วัน หรือ ได้ค่า Internal rate of return (IRR) เท่ากับ 27.89 เปอร์เซ็นต์ และได้ความดันตกคร่อม เครื่องอุ่นอากาศที่ 7 Pa จึงสรุปได้ว่าเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนเหมาะสมที่จะนำมา ใช้งานในการดึงความร้อนที่สูญเสียจากหม้อไอน้ำสำเร็จรูป เนื่องจากสามารถคุ้มทุนได้ภายใน ระยะเวลานับวัน อัตราการตอบแทนสูง ความดันตกคร่อมต่ำ และมีค่าประสิทธิภาพสูง

1.2.1.4 ชাত্রีและสิทธิกร (2) ได้นำเอาท่อความร้อนที่ทำจากเหล็ก ทองแดง และอะลูมิเนียม มาทดสอบการป้องกันการกัดกร่อนที่ผิวภายนอกของท่อความร้อนโดยใช้ สี 3 ชนิดคือ Red - Oxide, Red- Lead และ Hi- Temp. ที่ความหนา 3 ระดับ นำไปใช้งานที่ อุณหภูมิก๊าซร้อนเฉลี่ย 225°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง เพื่อเพลิงที่ใช้คือ น้ำมันดีเซลผสม น้ำมันเตาเกรด เอ ในสัดส่วน 1 ต่อ 4 พบว่า การเคลือบสีที่ผิวภายนอกของท่อสามารถป้องกันการ กัดกร่อนได้แต่จะมีผลทำให้ค่าความต้านทานทางความร้อนสูงขึ้นและไม่มีผลต่อการ พอกตัวของเขม่า

1.2.1.5 ขวัญชัย (1) ได้ทำการทดสอบโดยการเคลือบอีนาเมล (Enamel) บริเวณผิวภายนอกของท่อความร้อนสำหรับเครื่องอุ่นน้ำป้อน แล้วนำไปใช้งานที่อุณหภูมิ ไอลีเยขาเข้า ประมาณ 215 ถึง 260°C และอุณหภูมิไอลีเยขาออก ประมาณ 150°C พบว่า

การเคลือบผิวท่อด้วยอิनाเมลสามารถช่วยป้องกันการกัดกร่อนที่ผิวภายนอกของท่อความร้อนได้ แต่ในทางเศรษฐศาสตร์ การเคลือบด้วยอิनाเมลยังมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาทำงานของท่อที่จะได้มากขึ้นเนื่องจากการเคลือบ และยังมีผลทำให้ค่าความต้านทานทางความร้อนสูงขึ้นอีกด้วย

1.2.1.6 Terdtoon (27) ได้ศึกษาถึงเครื่องอุ่นน้ำป้อนแบบเทอร์โมไฮฟอนสำหรับหม้อไอน้ำสำเร็จรูป โดยใช้ท่อความร้อนที่ทำจากท่อสแตนเลส ขนาด 25.7 มิลลิเมตร จำนวน 78 ท่อ มีน้ำเป็นสารทำงานที่อุณหภูมิของไอสเตีย 280°C และความเร็วของไอสเตีย 4.5 m/s พบว่า สำหรับทุกๆอุณหภูมิขาเข้าของไอสเตีย ($180, 220$ และ 260°C) ที่ค่าเรย์โนลด์ส์ นัมเบอร์ ด้านสวนควบแน่นเพิ่มขึ้นจาก 20 ถึง 110 จะทำให้ค่าประสิทธิผลของเครื่องอุ่นน้ำป้อนลดลงจาก 70 เปอร์เซ็นต์ เป็น 55 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 กลุ่มที่ศึกษาในการนำเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนมาประยุกต์ใช้งาน

1.2.2.1 Sun and Shyn (26) ได้ศึกษาถึงการดึงความร้อนสูญเสียกลับคืนมาโดยใช้เครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้งานกับ 3 กรณี ดังนี้

ก. นำไปใช้เป็นเครื่องดึงความร้อนกลับคืนมาแบบท่อความร้อนสำหรับหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 10.8 ตันต่อชั่วโมง ที่บริษัท A ซึ่งเป็นบริษัทผลิตรถยนต์โดยเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบก๊าซกับอากาศ เพื่อนำความร้อนจากก๊าซร้อนมาอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำท่อความร้อนแบบเทอร์โมไฮฟอนทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมและทองแดงมีครีปและใช้น้ำเป็นสารทำงาน ซึ่งในส่วนของทำระเหยของท่อความร้อนคือ ด้านก๊าซร้อนและสวนควบแน่นของท่อความร้อนคือ ด้านอากาศ จากผลการใช้งานสามารถลดอุณหภูมิขาออกของก๊าซร้อนจาก 250°C เหลือเพียง 116°C และอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากอุณหภูมิ 15°C ไปเป็น 161°C ทำให้ได้อัตราการประหยัดเชื้อเพลิงเท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำภายหลังการติดตั้งเครื่องดึงความร้อนกลับคืนมาแบบท่อความร้อนเพิ่มขึ้นถึง 3.6 เปอร์เซ็นต์

ข. นำไปใช้เป็นเครื่องดึงความร้อนกลับคืนมาแบบท่อความร้อนสำหรับเตาหลอมโลหะที่บริษัท B ซึ่งเป็นผู้ผลิตอุตสาหกรรมเหล็ก ท่อความร้อนเป็นแบบเทอร์โมไฮฟอนสองสถานะแบบปิด ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม มีครีปและใช้ Downtherm A เป็นสารทำงาน จากผลการใช้งานสามารถดึงความร้อนกลับคืนมาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 30 MW

และประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนมีประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดอุณหภูมิขาออกของก๊าซร้อนจาก 416°C เหลือเพียง 165°C และอุณหภูมิอากาศเข้าจากอุณหภูมิ 28°C ไปเป็น 165°C

ค. นำไปใช้เป็นเครื่องดึงความร้อนกลับคืนมาแบบท่อความร้อนสำหรับบริษัท C ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตอุตสาหกรรมทอผ้า ท่อความร้อนเป็นแบบเทอร์โมไฮฟอนสองสถานะแบบปิดทำด้วยทองแดง มีครีบบและใช้น้ำเป็นสารทำงาน จากผลการใช้งานสามารถดึงความร้อนกลับมาได้โดยเฉลี่ยประมาณ 192 MW. และได้ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนมีเท่ากับ 56 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดอุณหภูมิขาออกของก๊าซร้อนจาก 168°C เหลือเพียง 104°C และอุณหภูมิอากาศจากอุณหภูมิ 36°C ไปเป็น 116°C ซึ่งทั้งสามกรณีที่ถูกกล่าวมาข้างต้นได้บ่งชี้ว่า ราคาของการทำให้อากาศเข้ามาร้อนขึ้นนั้นสามารถลดลงได้อย่างมากเมื่อใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้ อีกทั้งยังมีลักษณะที่กระทัดรัด ขนาดของระบบที่สามารถยืดหยุ่นได้ง่ายในการเดินเครื่องและมีการบำรุงรักษาที่น้อยด้วย

1.2.2.2 Guo et al.(18) ได้ศึกษาถึงการประยุกต์นำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนมาใช้ในหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้า ซึ่งเครื่องอุณหภูมิอากาศแบบท่อความร้อนไม่เพียงแต่เป็นการนำความร้อนจากไอเสียก่อนออกจากปล่องมาใช้งาน เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานเท่านั้นแต่ยังสามารถนำมาใช้แทนเครื่องอุณหภูมิอากาศแบบท่อตามแนวตั้งแบบทั่วไปได้ด้วย ซึ่งมี ข้อดี ดังนี้

ก. ช่องอากาศและก๊าซร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน ถูกแยกจากกันโดยสิ้นเชิงโดยผนัง ดังนั้น จะไม่มีปัญหาการเกิดอากาศรั่ว

ข. ก๊าซร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนจะไหลตัดผ่านแผงท่อที่ผิวนอกของท่อ ด้วยเหตุนี้ความต้านทานการไหลและความเป็นไปได้ในการอุดตันจะมีความสามารถน้อยลง การที่มีอุณหภูมิที่ผิวของท่อความร้อนคงที่เป็นผลมาจากการไหลสวนทางกันของก๊าซร้อนและอากาศ ซึ่งมีการส่งถ่ายความร้อนที่ดีกว่า

ค. ในการออกแบบด้วยการปรับพื้นที่ผิวภายนอกของส่วนที่ทำระเหยและส่วนควบแน่นของท่อความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ผนังของท่อสามารถควบคุมให้สูงกว่าจุดน้ำค้าง (Dew - point) ดังนั้นจึงเป็นการรักษาผนังท่อให้พ้นจากการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริก

จากผลการใช้งานพบว่าเมื่อนำเครื่องอุณหอากาศแบบ Last stage of low- temperature section มาใช้กับหม้อไอน้ำขนาด 220 ตันต่อชั่วโมงใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นอีก 37.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถประหยัดน้ำมันได้ถึง 378 ตันต่อชั่วโมง โดยมีมูลค่าการก่อสร้างทั้งหมดเท่ากับ 238,000 หยวน ซึ่งจะคืนทุนได้ภายในเวลา 2 ปี และเมื่อนำมาใช้งานกับหม้อไอน้ำขนาดกำลังผลิตไอน้ำ 220 ตันต่อชั่วโมงที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงได้ให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นอีก 1.38 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างการนำมาประยุกต์ใช้งานจะเห็นได้ว่า การนำเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบมาให้แทนเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบทั่วไป มีความเหมาะสมทั้งในแง่ทางเศรษฐศาสตร์และการนำเทคโนโลยีมาใช้งาน ไม่ว่าหม้อไอน้ำนั้นจะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบไม่เพียงแต่สามารถป้องกันอากาศรั่วซึ่งเป็นข้อเสียอย่างมากของเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบทั่วไป ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อไอน้ำและมีความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย จากการศึกษาเอกสารต่างๆเหล่านี้ ทำให้สามารถคาดหมายได้ว่าเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบนี้จะศึกษานี้ น่าจะมีรูปร่างเป็นแบบเทอร์โมไซฟอน และน่าจะมีประสิทธิผลทางความร้อนประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ตลอดจนมีระยะความคุ้มค่าภายในเวลาประมาณ 2 ปี

1.3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบชนิดเทอร์โมไซฟอน

1.3.2 เพื่อทดสอบคุณลักษณะทางความร้อน และลักษณะการทำงานของเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบชนิดเทอร์โมไซฟอน โดยได้จำลองสภาพของข้อมูลต่างๆให้ใกล้เคียงกับก๊าซร้อนก่อนที่จะปล่อยออกจากปล่อง (Stack) ของโรงไฟฟ้า

1.3.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางวิศวกรรม ที่จะนำเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบไปประยุกต์ใช้งานในโรงไฟฟ้าต่อไป

1.3.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมที่จะสร้างระบบอบแห้งซีเมนต์ โดยการใช้ความร้อนที่ได้จากเครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบ

1.3.5 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องอุณหอากาศแบบที่ออกแบบ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 ได้ชุดจำลองของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่สามารถใช้ทดสอบกับข้อมูลของก๊าซร้อนก่อนจะออกจากปล่องของโรงไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี
- 1.4.2 มีความเข้าใจในหลักการ คุณลักษณะทางความร้อน และลักษณะการทำงานของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนมากยิ่งขึ้น
- 1.4.3 มีข้อมูลทางวิศวกรรมในการที่จะออกแบบสร้างระบบอบแห้งยิปซัม
- 1.4.4 สามารถประยุกต์หลักการทางวิศวกรรมเพื่อนำไปใช้งานในโรงไฟฟ้าต่อไป

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1.5.1 ออกแบบและสร้างเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่สามารถดึงความร้อนที่สูญเสียจากก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิ 170°C และได้อัตราการถ่ายเทความร้อนให้อากาศที่พัดผ่านประมาณ 50 kW ซึ่งคาดว่าจะสามารถอบแห้งยิปซัมได้ 500 กิโลกรัมต่อวันโดยสมมติว่าประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 0.6

1.5.2 ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่สร้างขึ้นโดยการจำลองสภาพของก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิ 170°C อุณหภูมิของก๊าซร้อนขาออกจากส่วนทำระเหยให้สูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อัตราการไหลของก๊าซร้อน $5400\text{ m}^3/\text{hr}$ และอัตราการไหลของอากาศ $2700\text{ m}^3/\text{hr}$

1.5.3 ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอุ่นอากาศแบบท่อความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอนที่สร้างขึ้นโดยการแปรค่าอุณหภูมิขาเข้าของก๊าซร้อนจาก 100 ถึง 180°C แปรค่าอัตราการไหลของก๊าซร้อนขาเข้าจาก 1800 ถึง $5400\text{ m}^3/\text{hr}$ แปรค่าอุณหภูมิขาเข้าของอากาศจาก 35 ถึง 95°C และแปรค่าอัตราการไหลของอากาศจาก 900 ถึง $2700\text{ m}^3/\text{hr}$

1.5.4 เสนอรูปแบบและข้อมูลจำเพาะของการอบแห้งยิปซัมที่เหมาะสมกับข้อมูลในข้อ 1.5.2 ได้