การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งกรณีใช้แหวนโลหะเป็นวัสดุพรุน
The study of heat transfer of solid fuel furnaces in the case of using a washer metal as a porous material

พันธวัจน์ สิงห์เฉลิม [1] ชัชวาลย์ สอนศิริ [2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันรัชต์ภาคย์
10310 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 21 ซอยนวศรี ถนน รามคำแหง 68
: ติดต่อ*E-mail :kulachati@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 089-164-7589, เบอร์โทรสาร 023196710

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันรัชต์ภาคย์
10310 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 21 ซอยนวศรี ถนน รามคำแหง 68
: ติดต่อ*E-mail :Chatchawan.sonsiri@windowslive.com, เบอร์โทรศัพท์ 085-253-7117, เบอร์โทรสาร 023196710

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการใช้วัสดุพรุนที่เป็นโลหะที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งเพื่อการผลิตน้ำร้อนโดยทั่วไป โดยการวิจัยนี้ ได้ใช้วัสดุพรุนที่เป็นแหวนโลหะที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ แหวนเหล็ก แหวนเหล็กชุบสังกะสี และ แหวนอลูมิเนียม ขนาดต่างๆ กัน 3 ขนาด ได้แก่ ขนาด 1/4 นิ้ว, 5/16 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด อีกทั้งยังมีราคาไม่สูงมาก มาใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ และกำหนดให้เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้ ถ่านกะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงแข็งในการทดลองด้วย

ในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งสู่น้ำร้อน ใน 4 กรณี คือ 1. ไม่ใช้วัสดุพรุนใดๆ 2. ใช้แหวนเหล็กธรรมดาเป็นวัสดุพรุน 3. ใช้แหวนเหล็กชุบสังกะสีเป็นวัสดุพรุน และ 4. ใช้แหวนอลูมิเนียมเป็นวัสดุพรุน ในการถ่ายเทความร้อนจากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งไปสู่น้ำร้อน โดยในแต่ละกรณีจะใช้แหวน 3 ขนาดในการทดลอง คือ ขนาด 1/4 นิ้ว, 5/16 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว เพื่อศึกษาว่า การถ่ายเทความร้อนในกรณีใด จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งไปสู่น้ำมีค่าสูงที่สุด

ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ในบรรดาวัสดุพรุนทั้งหมดในการทดลอง วัสดุพรุนที่ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ อันดับที่ 1 แหวนเหล็กธรรมดาขนาด 1/4 นิ้ว มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุด คือ 237.27 kJ/s อันดับที่ 2 แหวนเหล็กธรรมดาขนาด 5/16 นิ้ว มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน คือ 221.36 kJ/s และอันดับที่ 3 แหวนอลูมิเนียมขนาด 1/4 นิ้ว มีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน คือ 204.13 kJ/s ตามลำดับ

ซึ่งเมื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของโลหะที่ นำมาใช้เป็นวัสดุพรุนในการทดลอง พบว่า เหล็กมีค่าจุดหลอมเหลวและความหนาแน่นสูงกว่าวัสดุอลูมิเนียม ทำให้มีความทนทานในการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าอลูมิเนียม ในด้านคุณสมบัติทางมิติ พบว่า แหวนเหล็กขนาด 1/4 นิ้ว มีพื้นที่ผิวมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหวนเหล็กขนาดอื่นๆ เมื่อบรรจุในกล่องเหล็กที่ใช้ถ่ายเทความร้อนของ เตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง และเมื่อพิจารณา

แหวนเหล็กชนิดต่างๆ ก่อนและหลัง ทำการทดลอง พบว่า แหวนเหล็กชุบสังกะสี มี ความคงทนต่อการกัดกร่อนของความร้อนได้ดีที่สุด เนื่องจากแหวนสามารถคงสภาพเดิมได้มากที่สุดนั้นเอง
คำสำคัญ : เตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง, วัสดุพรุน, อัตราการถ่ายเทความร้อน

Abstract

This research article the objective is to study the effect of using metal porous materials on heat transfer of solid fuel furnaces for general hot water production. By this research has used a washer metal that is commonly used, namely steel washer, galvanized steel washer, and aluminum washer. 3 different sizes such as 1/4 inch, 5/16 inch and 3/8 inch used in this research experiment and require the solid fuel combustor used in this research to be used Coconut shell charcoal is a solid fuel in experiments as well.

In this experiment conducted a comparative study of the heat transfer rate of a solid fuel furnace into hot water in 4 cases: 1. Not using any porous materials 2. using ordinary steel washer as perforated materials 3. using galvanized steel washer as perforated materials and 4 .Using aluminum washer as perforated materials to transfer heat from a solid fuel furnace to hot water In each case and 3 washer sizes in the experiment are used, size 1/4 inch, 5/16 inch and 3/8 inch to study that In any case, heat transfer Will result in the highest rate of heat transfer from solid fuel furnaces to water.

From the results of the experiment, it was found that among all the porous materials in the experiment The top 3 porous material that gives the highest heat transfer rate is No. 1 is 1/4 inch ordinary steel washer with the highest heat transfer rate of 237.27 kJ / s, 2nd place, ordinary steel washer size 5/16. The heat transfer rate is 221.36 kJ / s and the third, 1/4 inch aluminum washer has a heat transfer rate of 204.13 kJ / s, respectively.

Which when studying the properties of the metal used as a porous material. In the experiment, it was found that iron has a higher melting point and density than aluminum materials. Making it more durable in heat transfer than aluminum in terms of dimensional properties, it is found that the 1/4 inch steel washer has the most surface area compared to other steel washer. When packed in a steel box that uses heat transfer of Solid fuel furnace and when considering various types of steel washer before and after the experiment, it was found that galvanized steel washer have the best corrosion resistance of heat. Because the washer can retain its original state
Keywords : Solid fuel combustor, Porous material, Heat transfer rate.

บทนำ

ในปัจจุบัน เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในครัวเรือนภาคเกษตรกรรมต่างๆ เพราะเป็นเตาเผาที่ใช้งานง่าย และเชื้อเพลิงที่ใช้ก็มีราคาถูกและมีอยู่มากมาย เช่น แกลบ ไม้ฟืน ถ่านไม้ หรือ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรอื่นๆ

ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลนี้ ได้มีการปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาการใช้งานให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นหนึ่งในวิธีการปรับปรุงนี้ก็ด้วยวิธีปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนจากเตาเผาสู่น้ำโดยการประยุกต์ใช้ วัสดุพรุน (Porous medium) ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของวัตถุที่สูงกว่าวัสดุทึบโดยทั่วไป ซึ่งยังผลให้การถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและทำให้การใช้งานเตาเผาประหยัดต้นทุนและใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุด อีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงได้มีงานวิจัยต่าง ๆ มากมายที่ศึกษาการใช้วัสดุพรุน มาใช้เป็นทางเลือกในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัย จึงได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ผลิตน้ำร้อน โดยใช้แหวนโลหะมาเป็นวัสดุพรุน ในการทดลอง เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุพรุนชนิดโลหะที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง และเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุพรุนชนิดต่างๆ ว่ามีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง มากหรือน้อยเพียงไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของวัสดุพรุนชนิดโลหะที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง
2. ศึกษาผลกระทบของชนิดและขนาดของวัสดุพรุนชนิดโลหะที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง

ขอบเขตของการศึกษา/วิจัย

1. ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง โดยกำหนดให้วัสดุพรุน เป็นแหวนโลหะ 3 ชนิด คือ 1. แหวนเหล็กธรรมดา 2. แหวนเหล็กชุบสังกะสี และ 3. แหวนอลูมิเนียม โดยแหวนโลหะแต่ละชนิด จะมี 3 ขนาดด้วยกันคือ 1. แหวนขนาดรูใน 1/4 นิ้ว 2. แหวนขนาดรูใน 5/16 นิ้ว และ 3. แหวนขนาดรูใน 3/8 นิ้ว
2. ทำการทดสอบโดยใช้เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ผลิตน้ำร้อนเป็นหลัก
3. ทำการทดสอบโดยใช้เชื้อเพลิงจากถ่านกะลามะพร้าวเป็นหลัก

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ทำการศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้
2. กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยนี้
3. ออกแบบและสร้างเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้ในการผลิตน้ำร้อนตามที่ได้กำหนดไว้

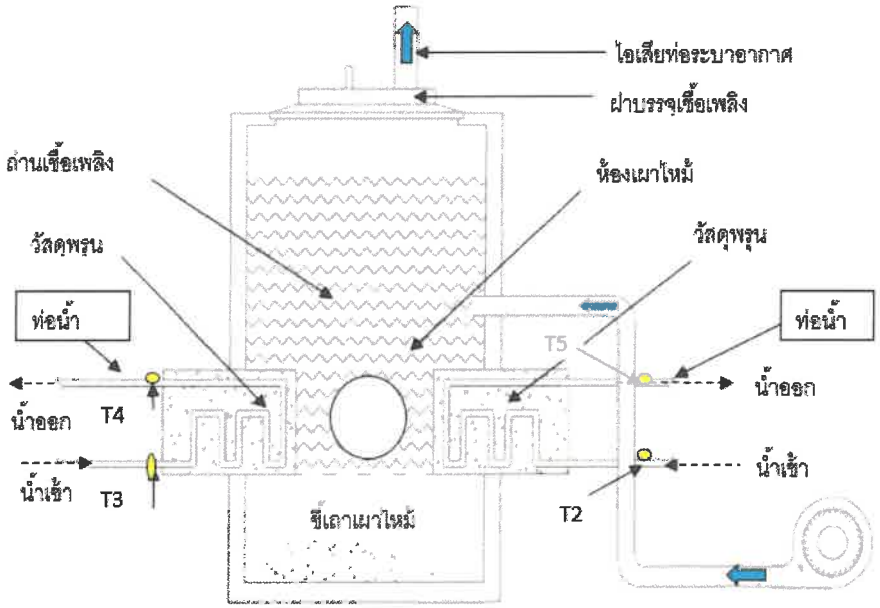
4. กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต้องการในการวิจัยนี้
5. ทำการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าที่ต้องการ
6. นำข้อมูลพารามิเตอร์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาคำนวณค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน
7. ทำการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนในกรณีการใช้วัสดุพรุนชนิดและขนาดต่างๆ กัน
8. สรุปและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ภาพที่ 1 และ 2 แสดง รูปภาพจริงและส่วนประกอบต่างๆ โดยสังเขป ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนในการวิจัยนี้ โดยส่วนประกอบหลัก ๆ ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งนี้ ประกอบด้วย ตัวเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel furnace) ซึ่งเป็นส่วนกำเนิดความร้อน, ถังเก็บน้ำร้อน (Hot water tank) ขนาด 200 ลิตร ซึ่งเป็นถังใช้เก็บน้ำร้อนที่ผ่านท่อทางภายในเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง, ปั๊มน้ำร้อน (Hot Water pump) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหมุนเวียนน้ำในระบบ, พัดลมดูดอากาศ (Air blower) ทำหน้าที่เป่าอากาศให้กับห้องเผาไหม้ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง, อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ (Rotameter) และอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิ (Thermocouple temp scale 50-110 C) ของน้ำที่ไหลผ่านเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ที่ตำแหน่งต่างๆ

โดยหลักการทำงานของชุดทดลองนี้ คือ เมื่อถ่านกะลามะพร้าวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งในการทดสอบเกิดลุกไหม้อย่างดีแล้วในห้องเผาไหม้ โดยมีพัดลมดูดอากาศ เป็นอุปกรณ์ ช่วยป้อนอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องเผาไหม้และถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ ให้กับกลุ่มท่อน้ำที่อยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของห้องเผาไหม้ ซึ่งภายในกลุ่มท่อน้ำจะมีน้ำหมุนเวียนอยู่ภายในท่อเพื่อรับพลังงานความร้อนจากห้องเผาไหม้ของเตาเผา โดยมีปั๊มน้ำเป็นตัวหมุนเวียนน้ำในระบบจากถังเก็บน้ำด้านล่างเข้าสู่กลุ่มท่อเพื่อรับพลังงานความร้อนจากห้องเผาไหม้ของเตาเผา จนมีอุณหภูมิน้ำสูงขึ้นและจะไหลเวียนกลับไปสู่ ถังเก็บน้ำทางด้านบน และปั๊มน้ำนี้จะสูบน้ำจากด้านล่างของถังเก็บน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามายังเตาเผาเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับห้องเผาไหม้ของเตาเผาเป็นวัฏจักรไปเรื่อย ๆ

ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งโดยสังเขป

ในการวัดอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกจากกลุ่มท่อที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับห้องเผาไหม้ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ดังรูปที่ 2 จะทำการวัดอุณหภูมิน้ำเข้าที่ตำแหน่ง T2 และ T3 และวัดค่าของอุณหภูมิน้ำออกที่ตำแหน่ง T4 และ T5 ซึ่งเป็นทางเข้าสู่กล่องบรรจุวัสดุพรุนในการทดลองนี้ เพื่อนำค่าอุณหภูมิที่ได้ไปคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งในการทดลองนี้ จะทำการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง โดยใช้วัสดุพรุนทั้ง 3 ชนิด คือ .1แหวนเหล็กธรรมดา 2 .3 แหวนเหล็กชุบสังกะสี และ .แหวนอลูมิเนียม โดยแต่ละชนิดจะใช้แหวนโลหะชนิดละ 3 ขนาด คือ1/4 นิ้ว, แบบ ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9 นิ้ว รวมทั้งหมดเป็น 8/3 นิ้ว และ 16/5 3 ถึงรูปที่ 12

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 1/4 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 5/16 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

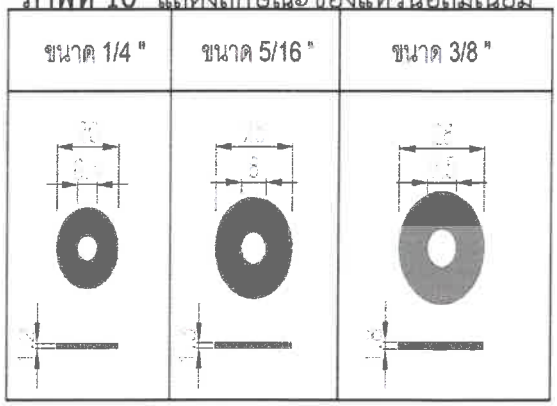
ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กชุบสังกะสี ขนาด 1/4 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กชุบสังกะสีขนาด 5/16 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะของแหวนเหล็กชุบสังกะสี ขนาด 3/8 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของแหวนอลูมิเนียม ขนาด 1/4 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของแหวนอลูมิเนียม



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะของแหวนอลูมิเนียม ขนาด 3/8 นิ้ว ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ก่อนและหลัง การทดลอง

ภาพที่ 12 แสดงรายละเอียดของแหวนโลหะ ขนาดต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

โดยการวิจัยนี้ จะกำหนดปริมาณของถ่านกะลามะพร้าวที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็ง ในการทดลองแต่ละครั้ง ในปริมาณเท่า ๆ กัน คือครั้งละ 30 kg และทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิน้ำ ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ทุก ๆ 15 นาทีจนครบเวลา 3 ชั่วโมง และวัดปริมาณน้ำที่ใช้น้ำระบบหมุนเวียนของระบบน้ำร้อนมีค่า 1.58 กิโลกรัมต่อวินาที คงที่ตลอดการทดลอง หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมด มาคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนในกรณี ต่างๆ ของวัสดุพรุนที่ใช้ต่อไป

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะภายในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง โดยใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 700 – 800 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองครั้งละ 180 นาที ในปริมาณเชื้อเพลิง ครั้งละ 30 kg เท่าๆ กัน

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะภายในกล่องโลหะที่ใช้บรรจุวัสดุพรุนในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งด้านในของกล่องโลหะนี้จะมีกลุ่มท่อทางน้ำร้อนที่ทำการถ่ายเทความร้อนจากห้องเผาไหม้ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งไปสู่น้ำร้อนที่กำหนดไว้ โดยกล่องดังกล่าวจะติดตั้งอยู่ทั้งสองด้าน ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง

ภาพที่ 13 แสดงสภาพภายในเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ขณะที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะภายในของกล่องโลหะที่ใช้สำหรับบรรจุวัสดุพรุนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติต่างๆ ของโลหะที่ใช้เป็นวัสดุพรุนในการทดลองครั้งนี้ [4] , [5]

วัสดุ	จุดหลอมเหลว (K)	ρ (kg/m^2)	c_p (j/kg.k)	K (W/m.K)
เหล็ก (Carbon steel)	1,810	7,870	447	60.5
เหล็ก (Carbon steel) ชุบสังกะสี	1,810	7,870	447	60.5
อลูมิเนียม	993	2,702	903	237

หมายเหตุ: คุณสมบัติของวัสดุที่ 300 องศาเคลวิน (K)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ สามารถที่จะคำนวณได้จากสมการ (1) ดังนี้ คือ

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_{w,o} - T_{w,i}) \quad (1)$$

เมื่อ $\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนที่น้ำได้รับจากเตาเผา (kW)

$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg • K) มีค่าเท่ากับ 1.8723 kJ/kg.K [3]

$T_{w,o}$ คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ออกจากเตาเผา (เซลเซียส, C)

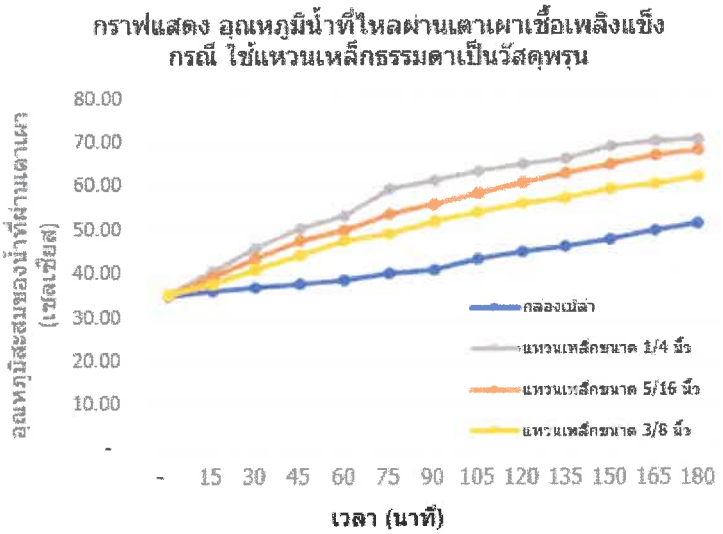
$T_{w,i}$ คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เขาสู่เตาเผา (เซลเซียส, C)

ผลการวิจัย

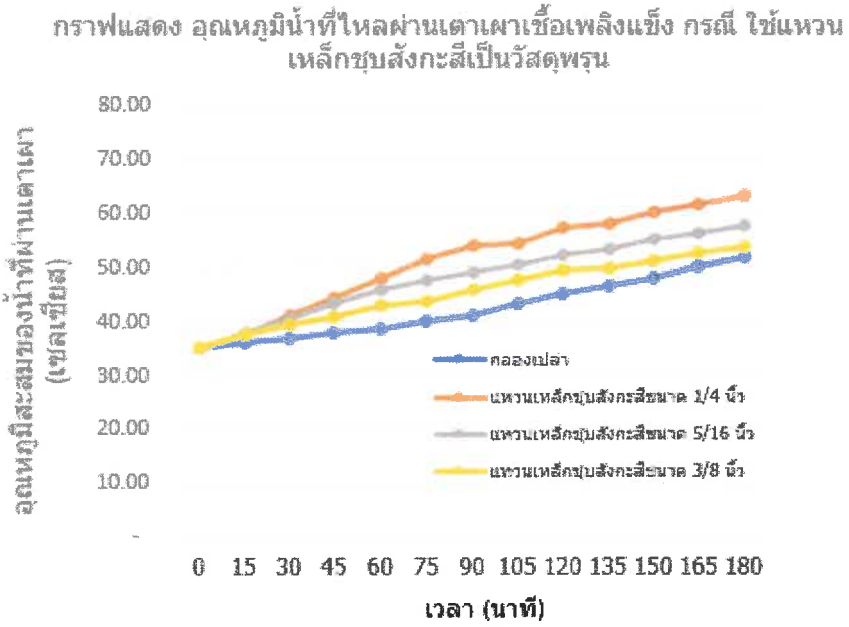
ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์อิทธิพลของวัสดุพรุนที่มีต่อ อัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน โดยทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) จากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งไปสู่น้ำ ในแต่ละกรณีของการใช้วัสดุพรุนที่เป็นแหวนโลหะชนิดและขนาดต่างกัน ซึ่งสามารถหาได้จาก ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำที่ผ่านเข้าและออก จากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่กำหนดไว้ ในการทดลองครั้งนี้ ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

จากภาพที่ 15 ถึง ภาพที่ 17 แสดง ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย ของน้ำที่ผ่าน เข้าและออก จากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ที่ได้จากการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำ ทั้ง 3 กรณีคือ 1. วัสดุพรุนเป็นแหวนเหล็กธรรมดา 2. วัสดุพรุนเป็นเหล็กชุบสังกะสี และ 3. วัสดุพรุนเป็นอลูมิเนียม โดยแต่ละวัสดุจะใช้แหวนที่แตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 1/4 นิ้ว , 5/16 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว

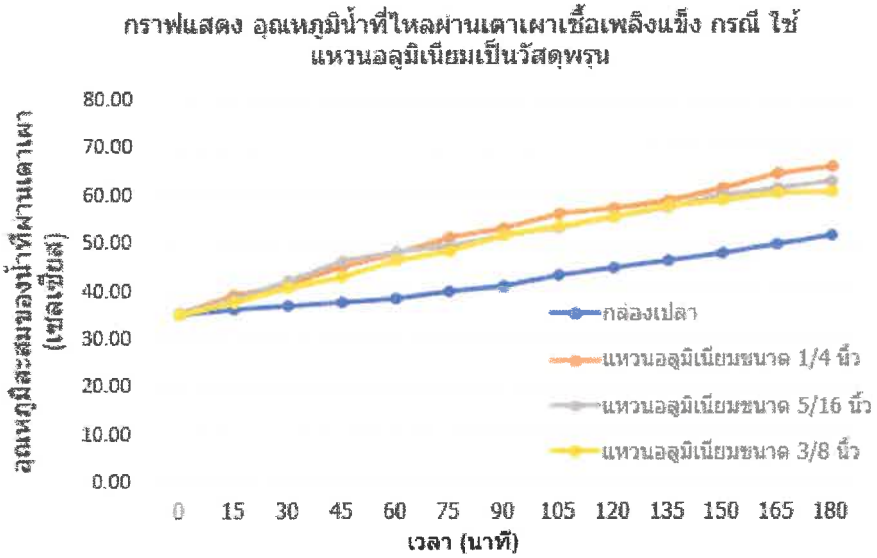
โดยการวิจัยนี้ จะทำการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิของน้ำใน ทุก ๆ 15 นาที ตั้งแต่แรก เป็นเวลา 180 นาทีโดยจะใช้ค่าอุณหภูมิน้ำแบบสะสมตลอดการวิจัย และนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่า อัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ต่อไป



ภาพที่ 15 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ณ เวลาต่างๆ กรณี ใช้แหวนเหล็กธรรมดาขนาดต่างๆ เป็นวัสดุพรุน



ภาพที่ 16 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ณ เวลาต่างๆ กรณี ใช้แหวนเหล็กชุบสังกะสีขนาดต่างๆ เป็นวัสดุพรุน



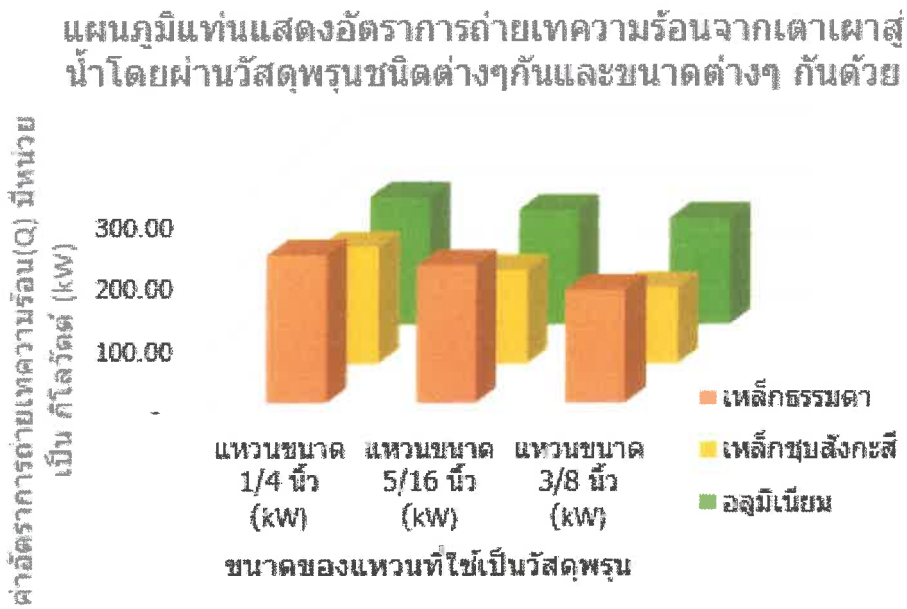
ภาพที่ 17 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ณ เวลาต่างๆ กรณี ใช้แหวนอลูมิเนียมขนาดต่างๆ เป็นวัสดุพรุน

หลังจากได้ค่าอุณหภูมิของน้ำที่ผ่าน เข้า-ออก เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ที่ได้จากการเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งสู่น้ำร้อน ดังสมการที่ (1) ต่อไป โดยกำหนดให้อัตราการอัตราการไหลเชิงมวล ($\dot{m}$) ของน้ำมีค่า 1.58 kg/s ซึ่งหาได้จากอัตราการไหลของน้ำ ($\dot{V}$) ที่วัดได้จากเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Rotameter) ที่ติดตั้งไว้

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของแหวนโลหะที่ใช้เป็นวัสดุพรุนชนิดและขนาดต่างๆ กัน

อัตราการถ่ายเทความร้อน ของแหวนโลหะที่ใช้เป็นวัสดุพรุนชนิดและขนาดต่างๆ กัน			
แหวนโลหะขนาดต่างๆ กัน	**แหวนขนาด 1/4 นิ้ว (kW)**	**แหวนขนาด 5/16 นิ้ว (kW)**	**แหวนขนาด 3/8 นิ้ว (kW)**
เหล็กธรรมดา	237.27	221.36	181.60
เหล็กชุบสังกะสี	186.90	149.79	121.95
อลูมิเนียม	204.13	184.25	170.33

ดังนั้น จาก ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทร้อน ($\dot{Q}$) จากเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งสู่น้ำ ของวัสดุพรุนทั้ง 3 ชนิด คือ 1. แหวนเหล็กธรรมดา 2. แหวนเหล็กชุมสังกะสี และ 3. แหวนอลูมิเนียม ชนิดละ 3 ขนาด คือ 1. ขนาด 1/4 นิ้ว 2. ขนาด 5/16 นิ้ว และ 3. ขนาด 3/8 นิ้ว ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว พบว่า ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ที่ได้จากการใช้แหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 1/4 นิ้ว เป็นวัสดุพรุน จะให้ อัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ที่ดีที่สุด คือ 237.27 kW ลำดับรองลงมา คือ แหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 5/16 นิ้ว (221.36 kW) และ แหวนอลูมิเนียม ขนาด 1/4 นิ้ว (204.13 kW) ตามลำดับ



ภาพที่ 18 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุพรุนชนิดต่างๆ กัน และขนาดต่างๆ กัน จากการทดลองครั้งนี้

อภิปรายผลการวิจัย

จากทดลองนี้ เมื่อพิจารณาเฉพาะความสัมพันธ์ของอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) กับพื้นที่ผิวของแหวนโลหะขนาดต่างๆ ที่ใช้เป็นวัสดุพรุน ในตารางที่ 2 ในการทดลองนี้ พบว่า แหวนขนาด 1/4 นิ้ว ของวัสดุทุกๆ ชนิดจะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) มากกว่าแหวนขนาดอื่นๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่ผิวของแหวนแต่ละขนาด ดังตารางที่ 3 พบว่า แหวนขนาด 1/4 นิ้ว มีพื้นที่ผิวมากกว่า พื้นที่ผิวของแหวนโลหะขนาด 5/16 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ซึ่งมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า เมื่อใส่ในกล่องโลหะใน ภาพที่ 14 ซึ่งเป็นกล่องโลหะขนาดเดียวกัน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ผิวโดยรวมของแหวนโลหะขนาดต่างๆ ที่ใช้เป็นวัสดุพรุนในการบรรจุลงในกล่องโลหะแต่ละครั้งในการทดลองครั้งนี้

ขนาดของแหวนโลหะ	แหวนโลหะขนาด 1/4 นิ้ว (m^2)	แหวนโลหะขนาด 5/16 นิ้ว (m^2)	แหวนโลหะขนาด 3/8 นิ้ว (m^2)
พื้นที่ผิวของแหวนโลหะขนาดต่างๆ	1.440	1.333	0.879

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนโดยใช้แหวนโลหะชนิดต่างๆ กันและขนาดต่างๆ กัน เป็นวัสดุพรุน ซึ่งผลของการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1. จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่า แหวนโลหะที่ใช้เป็นวัสดุพรุน มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำอย่างมีนัย สังเกตได้จากกราฟการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำ ในภาพที่ 15 ถึง ภาพที่ 17 จะเห็นได้ว่ากราฟของอุณหภูมิน้ำ ในกรณี เมื่อไม่มีวัสดุพรุนจะมีอุณหภูมิน้ำที่ต่ำกว่าเมื่อมีวัสดุพรุน ทุกๆ กราฟ

2. จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุ พบว่า จากการทดลอง แหวนโลหะที่ทำจากเหล็กธรรมดาจะให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งได้สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โลหะชนิดอื่นๆ ในการทดลอง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติต่างๆ ในตารางที่ 1 พบว่า เหล็กมีคุณสมบัติ มีค่า ความหนาแน่น และจุดหลอมเหลวที่สูงกว่า อลูมิเนียม แต่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (C_p) และ ค่าคงที่การนำความร้อน (K) ที่ต่ำกว่า ดังนั้น เหล็กจึงมีความทนทานต่อความร้อนสูงๆ ได้ดีกว่า อลูมิเนียม แต่ให้การนำความร้อนที่น้อยกว่า อลูมิเนียม ซึ่งผลการทดลองที่ได้อาจจะย้อนแย้งกับค่าที่แสดงในตารางที่ 1 จึงควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนยิ่งขึ้นต่อไป

3. จากการวิเคราะห์คุณสมบัติในด้านมิติของแหวนโลหะที่นำมาใช้เป็นวัสดุพรุน ดังตารางที่ 3 พบว่า แหวนโลหะขนาด 1/4 นิ้ว มีพื้นที่ผิวมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหวนขนาดอื่นๆ เมื่อบรรจุในกล่องโลหะดังภาพที่ 14 และจากผลการทดลองในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 18 พบว่า แหวนโลหะขนาด 1/4 นิ้ว จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแหวนโลหะขนาดอื่นๆ แม้จะเป็นวัสดุที่แตกต่างกัน ดังนั้น พื้นที่ผิวของวัสดุพรุนจึงมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) ของวัสดุพรุนด้วย

4. จากการวิเคราะห์ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงวัสดุและคุณสมบัติเชิงมิติของแหวนโลหะที่นำมาใช้เป็นวัสดุพรุน พบว่า แหวนเหล็กธรรมดา ขนาด 1/4 นิ้วที่นำมาใช้เป็นวัสดุพรุน ให้ค่า อัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) มากที่สุด ซึ่งก็มีผลต่อ ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งอีกด้วย เนื่องจาก ค่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งนั้น จะแปรผันตามอัตราการถ่ายเทความร้อน ($\dot{Q}$) และเป็นสัดส่วนกับปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งมีค่าเท่ากันตลอดทั้งการทดลอง เนื่องจากใช้ปริมาณถ่านกะลามะพร้าวที่เท่ากันและระยะเวลาในการทดลองที่เท่ากันด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยครั้งต่อไป ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยควรขยายขอบเขตของงานวิจัยออกไป โดยใช้วัสดุพรุนชนิดอื่นๆ ที่มีความหลากหลายมากขึ้นและมีขนาดที่แตกต่างกันมากขึ้น เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจของวัสดุพรุนชนิดโลหะที่มีต่อการถ่ายเทความร้อน ของเตาเผาให้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ทางสถาบันรัชต์ภาคย์ รวมถึงคณาจารย์และนักศึกษาของทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมให้การทำงานทั้งส่งเสริมและสนับสนุน การวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงขอขอบคุณแหล่งข้อมูล ทั้งเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ และสื่อทางอิเล็กทรอนิกส์ ต่างๆ บนอินเตอร์เน็ต ที่ทางผู้วิจัยและคณะได้ใช้เป็นประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย

รายการอ้างอิง

[1] ชิตมงคล พงษ์สิงห์ (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้วัสดุพรุน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] บัญชา พุทธากูล และ บุณย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว (2558). เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งแบบที่มีวัสดุพรุน , การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[3] พงษ์เจต พรหมวงศ์ (2542). การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] ผ่องศรี ศิวราศักดิ์ (2558). การถ่ายโอนความร้อน, ISBN: 978-974-06-8372-8, กรุงเทพฯ.

[5] นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย (2533). การถ่ายเทความร้อน, ISBN: 974-570-707-4, กรุงเทพฯ.