

การศึกษาประสิทธิภาพอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวนในท่อ

อักรัตน์ พูลกระจ่าง^{1*} และ นพพร เปรมใจ²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำอากาศเย็น และหาประสิทธิภาพอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวนในท่อ การออกแบบชุดทดลองมีหัวป้อนลม จำนวน 6 หัว ขนาดท่อลมได้มาจากการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์ มีการทดลองเปรียบเทียบความยาวของท่อ ขนาด 300, 450 และ 600 mm เพื่อหาค่า อุณหภูมิของลมออกและระบายความร้อน อัตราการไหล ความเร็วลมออก และค่าประสิทธิภาพอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวนในท่อ ผลการวิจัย พบว่า ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm ความยาว 300 mm มีประสิทธิภาพและมีค่าความเย็นดีที่สุด เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอุณหภูมิทางออกจะลดลงและประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น โดยการทดลองแบบไม่ควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30 – 35 °C มีประสิทธิภาพเฉลี่ยประมาณ 55.32 % ที่อุณหภูมิทางออก 13.4 °C อัตราการไหล 6.5 m/s และอุณหภูมิการระบายความร้อน 33.46 °C ส่วนการควบคุมอุณหภูมิ 25 °C มีประสิทธิภาพ เฉลี่ยประมาณ 62.56 % ที่อุณหภูมิทางออก 9.73 °C อัตราการไหล 5.53 m/s และอุณหภูมิการระบายความร้อน 25.66 °C

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ, อากาศเย็น, อากาศหมุนวนในท่อ

¹ สาขาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: akkarat8@hotmail.com รับเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2554 ตอบรับเมื่อ 1 ธันวาคม 2554

A Study of Air Cooling Efficiency in Vortex Tube

Akkarat Poolkrajang^{1*} and Nopporn Preamjai²

Abstract

The purpose of this research was to study air cooling efficiency in vortex tube. For design, there were six heads to supply air to the system. The pipe size was calculated by thermodynamics relations and tested by comparing the length of the pipe 300, 450 and 600 mm to evaluate the temperature of outlet air and heat transfer, flow rate, outlet velocity and cooling efficiency in vortex tube respectively. The results showed that the aluminum tube, diameter 15 mm and length 300 mm, had the most efficiency and the best cooling. Furthermore, when the air pressure increased, the outlet temperature decreased while the efficiency increased. For uncontrolled environment temperature in the range 30-35 °C average cooling efficiency was 55.32%, outlet air temperature was 13.4 °C, flow rate was 6.5 m/s and other side temperature was 33.46 °C. For controlled surrounding temperature in the range 25 °C average cooling efficiency was 62.56 %, outlet air temperature was 9.73 °C, flow rate was 5.53 m / s and other side temperature was 25.66 °C.

Keywords: Efficiency, Air Cooling, Vortex Tube

¹ Mechanical Education Department, Faculty of Technical Education Rajamangala University of Thanyaburi

² Instructor Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering Rajamangala University of Thanyaburi

* Corresponding author, E-mail: akkarat8@hotmail.com Received 14 February 2011; Accepted 1 December 2011

1. บทนำ

การพัฒนาอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้น มีความต้องการอย่างมากที่จะลดต้นทุนการผลิต และต้องการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ เพื่อให้ได้ผลผลิตทางอุตสาหกรรมที่สูงขึ้นต่ออุปกรณ์ Vortex ก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจในปัจจุบันจึงได้มีการค้นคว้าศึกษาและออกแบบท่ออุปกรณ์ Vortex ที่มีประสิทธิภาพที่เทียบเท่ากับท่ออุปกรณ์ Vortex ที่มีการใช้ในปัจจุบัน แต่มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ ซึ่งโดยทั่วไปมีราคาค่อนข้างสูง และในการผลิตได้คำนึงถึงวัสดุที่มีอยู่ในประเทศ เช่น ใช้ท่อ PVC ท่อแดงเหล็ก อะลูมิเนียม ฯลฯ

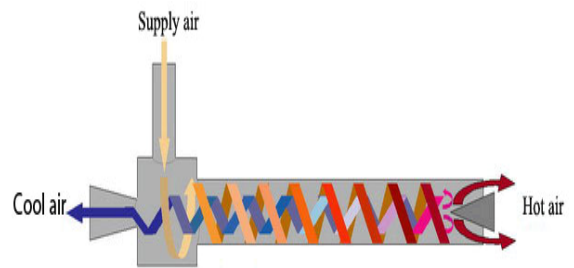
การทำอากาศเย็นโดยใช้ระบบอากาศหมุนวนในท่ออุปกรณ์ Vortex ใช้หลักการอัดอากาศให้มีความดันประมาณ 150 psi (10 bar) ปลดปล่อยผ่านท่อเล็กในแนวรัศมี ซึ่งทำให้อากาศหมุนวนภายในท่อทรงกระบอกในแนวเส้นสัมผัส ขณะที่อากาศหมุนวนในท่อทรงกระบอกนั้น อากาศที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของทรงกระบอก จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่อยู่ไกลออกไป โดยทางออกได้แยกเป็น 2 ทาง คือทางออกของอากาศร้อนและทางออกของอากาศเย็น โดยอากาศเย็นจะถูกนำมาใช้เพื่อระบายความร้อนในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น ระบายความร้อนในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล แทนที่น้ำหล่อเย็นในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น การทำอากาศเย็นจาก อากาศหมุนวนในท่ออุปกรณ์ Vortex มีข้อดีคือช่วยลดสาร CFC ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Green House Effect) ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในปัจจุบันอีกด้วย

การวิจัยครั้งนี้จึงมี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำอากาศเย็นและหาประสิทธิภาพของอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวนในท่อ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม โดยสามารถนำไปใช้งานในเครื่องจักรต่างๆได้ต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 หลักการทำงานของอากาศหมุนวน

หลักการทำงานของอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวนในท่อ คือ มีอากาศที่อัดให้มีความดันประมาณ 150 psi หรือ 10 bar ปลดปล่อยผ่านท่อเล็กในแนวรัศมี ซึ่งทำให้อากาศหมุนวนภายในท่อทรงกระบอกในแนวเส้นสัมผัส ขณะที่อากาศหมุนวนในท่อทรงกระบอกนั้น อากาศที่อยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของทรงกระบอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศที่อยู่ไกลออกไป โดยทางออกได้แยกเป็น 2 ทางดังรูปที่ 1 คือทางออกของอากาศร้อนและทางออกของอากาศเย็น ซึ่งได้แยกอากาศร้อนให้ออกทางปลายท่อ และมีอุปกรณ์ที่ทำให้อากาศไหลวนสะท้อนกลับมากขึ้น ทำให้อากาศเย็นถูกบังคับให้ไหลย้อนกลับไปทางออกอีกด้านหนึ่งของท่อทรงกระบอก ซึ่งเราสามารถนำอากาศร้อนและอากาศเย็นนำไปเป็นประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่างๆ [1,2]



รูปที่ 1 กระบวนการไหลวนด้วยอากาศหมุนวน

2.2 ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์

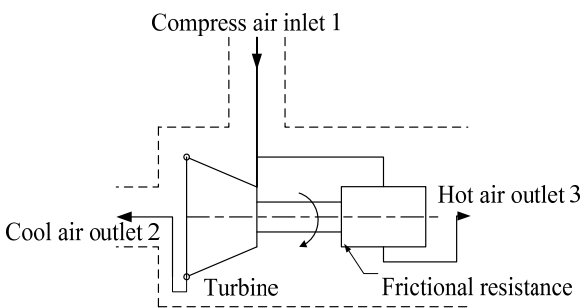
ข้อเท็จจริงทางเทอร์โมไดนามิกส์ต่อไปนี้จะอธิบายปรากฏการณ์ของท่ออุปกรณ์อากาศหมุนวน

1) เมื่ออากาศขยายตัวโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อน ไม่มีการทำงาน และมีการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจลน์น้อยมาก ซึ่งคือกระบวนการทอดลิ่ง (Throttling) เอนทัลปีจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือ เรียกว่ากระบวนการขยายตัวแบบเอนทัลปีคงที่ ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิจะลดลงเพียงเล็กน้อย แต่ความดันจะลดลงอย่างมาก ซึ่งปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า Joule-Thomson Effect

2) หากการขยายตัวดังกล่าวมีการทำงานผ่านตัวต้านทาน เอนทัลปีก็จะลดลงเท่ากับปริมาณงานที่ทำ และกรณีนี้ อุณหภูมิของอากาศก็จะลดลงมากด้วย

3) งานสูงสุดที่จะเกิดจากการขยายตัวแบบไม่ถ่ายเทความร้อนระหว่างช่วงความดันหนึ่งๆของอากาศ หรือก๊าซอื่นๆ จะเกิดขึ้นได้ ถ้าการขยายตัวเป็นแบบย้อนกลับได้ กระบวนการขยายตัวลักษณะนี้เอนโทรปีจะมีค่าคงที่ (Isentropic process)

สำหรับกระบวนการที่เกิดขึ้นในท่ออุปกรณ์วอเทกซ์เป็นทฤษฎีของ F.C. Fulton [1,2] อธิบายได้ดังต่อไปนี้ อากาศที่ขยายตัวผ่านหัวฉีด จะมีความเร็วใกล้ความเร็วเสียงเมื่อเข้าสู่ภายในท่อผลจากความหนืดและผลอื่นๆ ทำให้ความเร็วเชิงมุมมีค่าคงที่ ความเร็วเชิงเส้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรัศมี การเคลื่อนที่ลักษณะนี้จัดเป็นลมวนแบบบังคับ (Forced Vortex) เมื่อความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรัศมีดังกล่าวโมเมนตัมเชิงมุม ของอากาศที่มีอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางท่อมักลดลง และเกิดแรงบิดให้อากาศที่อยู่นอกออกไปเคลื่อนที่วนไปตามผนังท่อ ดังนั้นอากาศภายในท่อที่แกนกลาง (ซึ่งให้งาน) จะมีอุณหภูมิลดลง ส่วนอากาศที่อยู่ภายนอก (ซึ่งรับงาน) มีอุณหภูมิสูงขึ้น อากาศร้อนก็จะออกจากท่อชั้นนอก ส่วนอากาศเย็นจะออกจากท่อที่แกนกลาง (ดังแสดงรูปที่ 1)



รูปที่ 2 แนวคิดที่ใช้อธิบายการทำงานของท่อลมวน

จากรูปที่ 2 อากาศเข้าสู่กั้นทาง compress air inlet 1 ทำให้ได้งานออกมาที่เพลลา เอนทัลปีของอากาศส่วนนี้มีค่าลดลงเมื่อออกจากกั้นทางจึงมีอุณหภูมิต่ำและผ่านออกจากท่อทางออกด้านซ้าย อากาศที่เหลืออีกส่วนหนึ่งไหลเข้าสู่ตัวด้านทานชนิดความฝืด (Frictional resistance) ทำให้ความดันลดลง ตัวด้านทานจะเปลี่ยนงานเพลลาที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นความร้อน และกระจายสู่อากาศทำให้เอนทัลปีสูงขึ้นกลายเป็นอากาศร้อนออกจากท่อทางออกด้าน hot air outlet 3

2.3 ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Cooling Efficiency)

ประสิทธิภาพการทำความเย็นสามารถคำนวณได้ดังนี้ [1]

$$\eta = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in}} \times 100 \tag{1}$$

โดยที่ :

η คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็น (%)

T_{in} คือ อุณหภูมิลมเข้า ช่องที่ 1 ($^{\circ}C$)

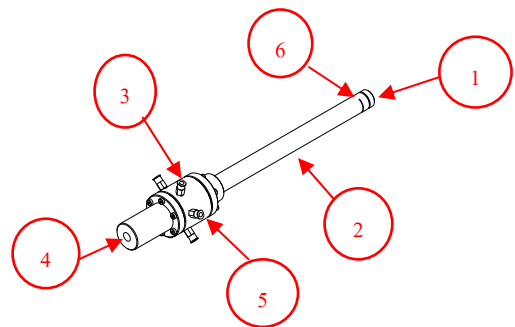
T_{out} คือ อุณหภูมิทางออกของลมเย็น ช่องที่ 2 ($^{\circ}C$)

3. การออกแบบงานวิจัย

ในส่วนของารออกแบบในรายละเอียดต่างๆ สามารถที่จะแบ่งส่วนของการออกแบบเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 การออกแบบโครงสร้าง

สำหรับชุดทดลองการทำความเย็นแบบลมหมุนนี้ จะมีส่วนของท่อพีวีซีและอะลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบสำคัญ เนื่องจากต้องการเก็บรักษาความเย็นของลมภายในท่อ[3-6] ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยใช้วัสดุใหม่ๆ แทนเหล็ก ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างชุดทดลองทำความเย็นแบบลมหมุน โดยใช้วัสดุท่อพีวีซีและอะลูมิเนียม มาใช้ในการออกแบบชุดทดลองทำความเย็นแบบลมหมุน ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างชุดทดลองทำความเย็นแบบลมหมุน

หมายเลข 1 คือ แท่งเรียว (TAPER)

หมายเลข 2 คือ ท่อ

หมายเลข 3 คือ หัวกะโหลกลมเย็นออก

หมายเลข 4 คือ รูลมเย็นออก

หมายเลข 5 คือ ข้อต่อ

หมายเลข 6 คือ ครอบปลายลมร้อนออก

3.2 การออกแบบชุดทดลอง

คุณสมบัติของอากาศที่ใช้ในการออกแบบ มีสมมุติฐานดังนี้
 ความดันอากาศที่แหล่งจ่ายลม $P_0 = 2 \text{ bar}$
 อุณหภูมิอากาศที่แหล่งจ่ายลม $T_0 = 25^\circ\text{C} = 25+273=298 \text{ K}$
 ค่าคงที่ของอากาศ $R = 0.287 \text{ kJ/kg.K}$

จำนวนหัวฉีดที่จะสร้างนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำให้เกิดการหมุนวนได้ดีมากหรือน้อย จากผลการวิจัย[3-8] พบว่า จำนวนหัวฉีดที่สามารถทำให้การหมุนของอากาศมีสภาพเป็นวงกลมได้ดีนั้นจะต้องมีอย่างน้อย 3 หัวฉีดขึ้นไป ในที่นี่ได้ทำการเลือกหัวฉีดจำนวน 6 หัวเพื่อทำให้การหมุนของอากาศเป็นวงกลมตามพื้นที่หน้าตัดท่อ ดังรูปที่ 4 ซึ่งยังไม่มีสร้างและทดลองเก็บข้อมูลมาก่อน และชุดทดลองการทำลมเย็นแบบลมหมุนวนที่ประกอบเสร็จ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 โครงสร้างชุดทดลองทำความเย็นแบบลมหมุนวน



รูปที่ 5 ชุดทดลองการทำลมเย็นแบบลมหมุนวน

4. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการทดลองนั้นสามารถแสดงขั้นตอนได้ดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

- 1) ถังอัดลม เพื่อใช้จ่ายลมแรงดันสูง
- 2) เครื่องวัดความเร็วลม
- 3) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
- 4) ท่อทำความเย็นแบบลมหมุนวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm ความยาว 300 mm 450 mm และ 600 mm

4.2 วิธีการทดลองสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) ทดสอบในพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งอุณหภูมิอากาศจะมีค่าอยู่ในช่วง $30-35^\circ\text{C}$
- 2) ทดสอบในพื้นที่ที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งอุณหภูมิอากาศจะมีค่า 26°C

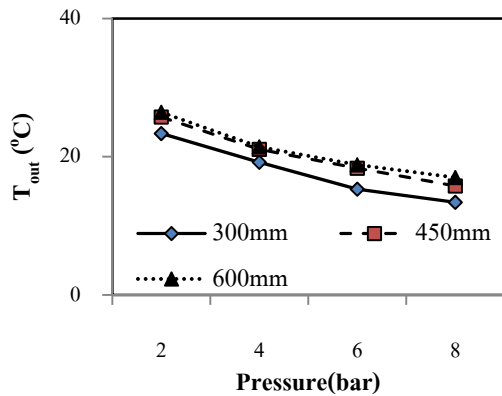
4.3. การบันทึกผลการทดลอง

- 1) ตรวจสอบความพร้อมของชุดทดลอง
- 2) นำท่อแต่ละขนาดตามลำดับสวมเข้ากับแท่งเรียว (TAPER) ทั้งสองด้าน
- 3) นำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิตั้งที่อุณหภูมิห้องและทั้งสองด้านของท่อและให้อยู่ในตำแหน่งที่สัมผัสกับลม
- 4) เปิดลมจากถังอัดลมที่วาล์วล้อลม
- 5) ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความเร็วลม เป็นต้น
- 6) เมื่อถึงลมหยุดจ่ายลม ทำการสรุปผลการทดลอง และเริ่มเก็บค่าใหม่ต่อไป จนเสร็จ

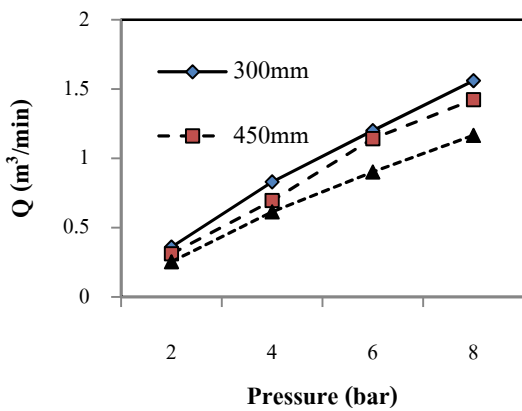
5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดสอบในพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ $30-35^\circ\text{C}$

รูปที่ 6 เปรียบเทียบผลการทดลองอุณหภูมิทางออกของลมเย็นในพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิ 30°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีการลดอุณหภูมิได้ดีกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600 mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะลดลงตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 13.4°C

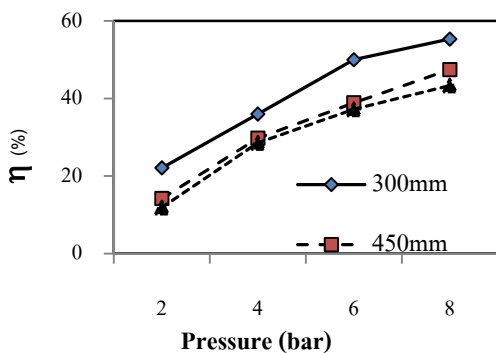


รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็นที่ความยาวท่อขนาด 300 mm, 450 mm และ 600 mm



รูปที่ 7 เปรียบเทียบอัตราการไหลที่ความยาวท่อขนาด 300 mm, 450 mm และ 600 mm

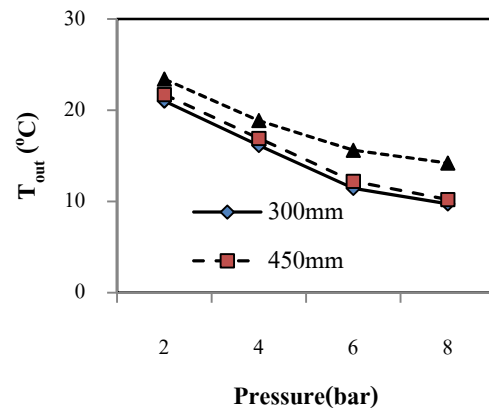
รูปที่ 7 เปรียบเทียบผลการทดลองอัตราการไหลในพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิ 30°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีอัตราการไหลดีกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600 mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ย 1.8 L/min



รูปที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 300 mm 450 mm และ 600 mm

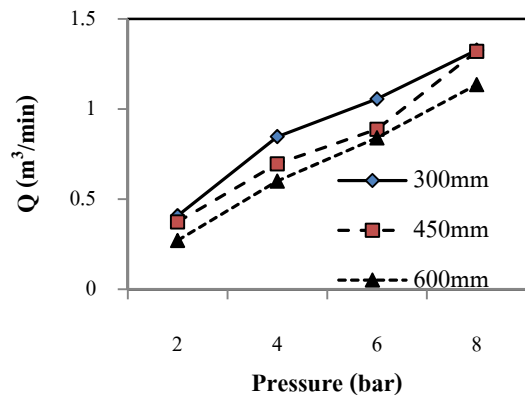
รูปที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 300 mm 450 mm และ 600 mm ในพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิที่ 30°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีประสิทธิภาพสูงกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600 mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 55.32 %

5.2 ผลการทดสอบในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ 26°C



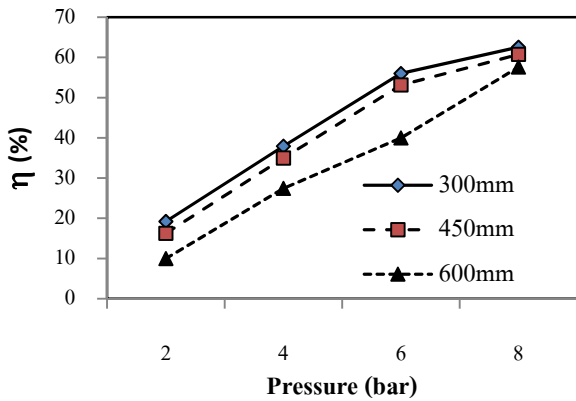
รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลอุณหภูมิทางออกของลมเย็นที่ความยาวท่อขนาด 300 mm 450 mm และ 600 mm

รูปที่ 9 เปรียบเทียบผลการทดลองอุณหภูมิทางออกของลมเย็น ในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิ 26°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีการลดอุณหภูมิได้ดีกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอุณหภูมิจะลดลงตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 9.73°C



รูปที่ 10 เปรียบเทียบอัตราการไหลที่ความยาวท่อขนาด 300 mm 450 mm และ 600 mm

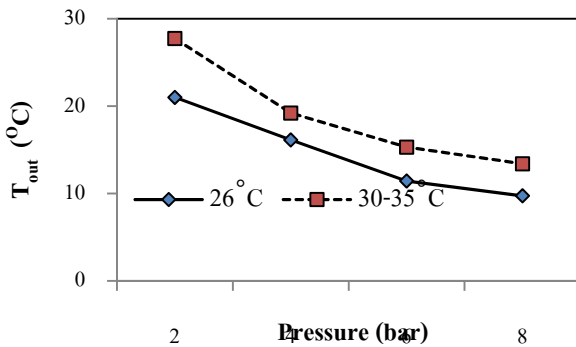
รูปที่ 10 เปรียบเทียบอัตราการไหล ในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิ 26°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีอัตราการไหลดีกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600 mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ย 1.4 L/min



รูปที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 300 mm, 450 mm และ 600 mm

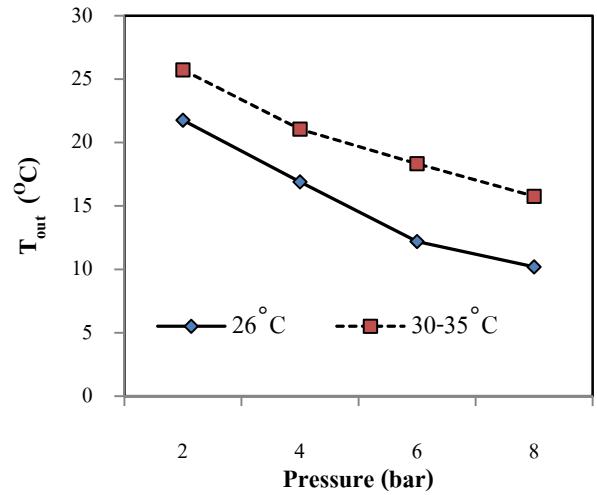
รูปที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิ 26°C ปรากฏว่าท่อความยาวขนาด 300 mm มีประสิทธิภาพสูงกว่าท่อความยาวขนาด 450 mm และ 600 mm เมื่อความดันเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 62.56 %

5.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของอากาศเย็นจากการทดสอบในพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ 30-35°C กับทดสอบในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ 26°C



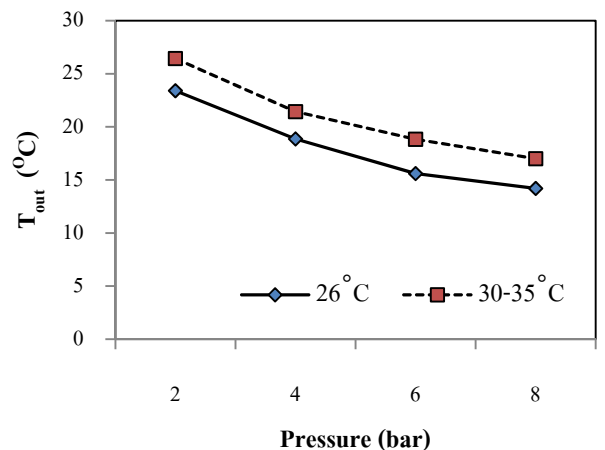
รูปที่ 12 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็นที่ความยาวท่อขนาด 300 mm

รูปที่ 12 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็น ระหว่าง 30-35 °C กับ 26 °C ที่ความยาวท่อขนาด 300 mm ปรากฏว่าเส้นกราฟของอุณหภูมิไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ที่ควบคุมอุณหภูมิจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศ



รูปที่ 13 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็นที่ความยาวท่อขนาด 450 mm

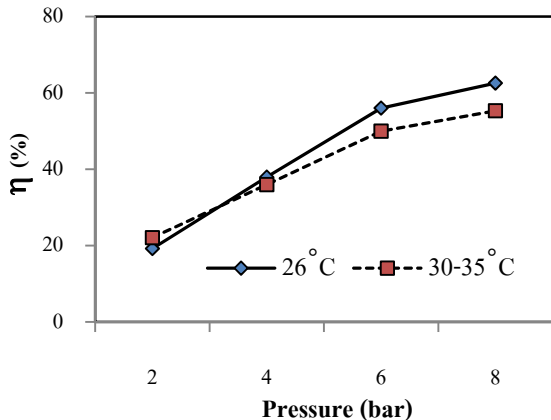
รูปที่ 13 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็น ระหว่าง 30-35°C กับ 26°C ของความยาวท่อขนาด 450 mm ปรากฏว่าเส้นกราฟของอุณหภูมิไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ที่ควบคุมอุณหภูมิจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 14 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็นที่ความยาวท่อขนาด 600 mm

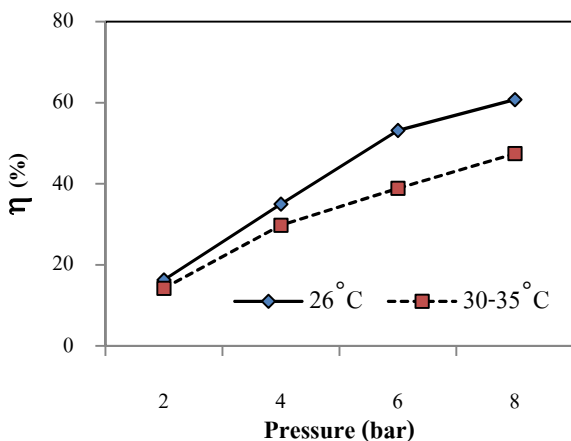
รูปที่ 14 เปรียบเทียบอุณหภูมิทางออกของลมเย็น ระหว่าง 30-35°C กับ 26°C ที่ความยาวท่อขนาด 600 mm ปรากฏว่า เส้นกราฟของอุณหภูมิไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

5.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จากการทดสอบในพื้นที่ ไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ 30 -35°C กับทดสอบในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศซึ่งจะมีค่าอุณหภูมิ 26°C



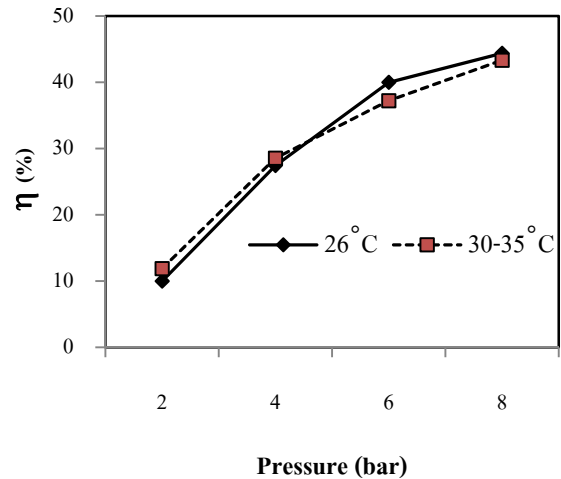
รูปที่ 15 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 300 mm

รูปที่ 15 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพ ระหว่าง 30-35°C กับ 26°C ที่ความยาวท่อขนาด 300 mm ปรากฏว่า เส้นกราฟของประสิทธิภาพไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิจจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 16 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 450 mm

รูปที่ 16 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพ ระหว่าง 30-35°C กับ 26°C ที่ความยาวท่อขนาด 450 mm ปรากฏว่า เส้นกราฟของประสิทธิภาพไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิจจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 17 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพที่ความยาวท่อขนาด 600 mm

รูปที่ 17 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพ ระหว่าง 30-35 °C กับ 26 °C ที่ความยาวท่อขนาด 600 mm ปรากฏว่า เส้นกราฟของประสิทธิภาพไปทางเดียวกัน โดยพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิจจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากทดลองหาประสิทธิภาพอากาศเย็นแบบอากาศหมุนวน ในท่อ โดยนำท่ออะลูมิเนียมที่มีความยาวไม่เท่ากันมาทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพ โดยสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1) ท่อที่ใช้ในการทดลอง พบว่า ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm ความยาว 300 mm มีประสิทธิภาพมากกว่าท่อ 450mm และ 600mm

2) ท่ออะลูมิเนียมขนาดความยาว 300 mm มีประสิทธิภาพที่พื้นที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ 30-35°C มีอุณหภูมิอุณหภูมิต่อออกของลมเย็น (T_{out}) ที่ 13.4°C มีค่าประสิทธิภาพ 55.32 % มีอัตราการไหล 6.5 m/s มีอุณหภูมิการระบายความร้อน 33.46°C

3) ท่ออะลูมิเนียมขนาดความยาว 300 mm มีประสิทธิภาพที่พื้นที่ควบคุมอุณหภูมิ 26°C มีอุณหภูมิทางออกของลมเย็น (T_{out}) ที่ 9.73°C มีค่าประสิทธิภาพ 62.56% มีอัตราการไหลลม 5.53 m/s มีอุณหภูมิการระบายความร้อน 25.66°C

สรุปจากการทดลองได้ว่าท่อ 300 mm มีประสิทธิภาพดีกว่าท่อ 450 mm และท่อ 600 mm นอกจากนี้สำหรับในการวิจัยครั้งต่อไปนั้นสามารถทำเพิ่มเติมได้โดยการศึกษาและปรับปรุงโครงสร้างภายในเพื่อให้ลมมีความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ซึ่งได้แก่ จำนวนหัวฉีด และมุมของแท่งรีเวท เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Pariyapanjang, “Experimental Study of a Vortex Cooling Device”, Master Thesis, Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, 2000. (in Thai)
- [2] P. Singbua, P. Sata and S. Thammasang, “Study of Thermodynamics Effectiveness of the Vortex tube”, Bachelor Thesis, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Thailand, 2007. (in Thai)
- [3] S. Eiamsa-ard and P. Promvong, “Review of Ranque-Hilsch effects in vortex tubes”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12, 2008, pp. 1822-1842.
- [4] M. H. Saidi and M. S. Valipour, “Experimental modeling of vortex tube refrigerator”, *Applied Thermal Engineering*, 23, 2003, pp. 1971-1980.
- [5] Y. Xue and M. Arjomandi, “The effect of vortex angle on the efficiency of the Ranque–Hilsch vortex tube”, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 33, 2008, pp. 54–57.
- [6] C.M. Gao, K.J. Bosschaart, J.C.H. Zeegers and A.T.A.M. de Waele, “Experimental study on a simple Ranque–Hilsch vortex tube”, *Cryogenics*, 45, 2005, pp. 173–183.
- [7] U. Behera, P.J. Paul, S. Kasthuriengen, R. Karunanithi, S.N. Ram and K. Dinesh, S. Jacob “CFD analysis and experimental investigations towards optimizing the parameters of Ranque-Hilsch vortex tube”, *International Heat and Mass Transfer*, 48, 2005, pp. 1961-1973.
- [8] Y.A. Cengel and M.A. Boles, “Thermodynamics 6th Ed.”, McGraw-Hill, 6th Ed. 2007.