

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก

Parametric Analysis of Thermoacoustic Refrigerators

ชาญณรงค์ วันทา¹ และ เกียรติกร อัครมาศบันลือ^{2,*}

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนพหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

*E-mail: kriengkrai.a@ku.ac.th, โทรศัพท์: 02942-8555 ต่อ 1803, โทรสาร: 02579-4576

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการทดลองและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่ ความถี่เรโซแนนซ์ กำลังของคลื่นเสียงที่ป้อนให้กับระบบ คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สร้างสแต็กและตำแหน่งของสแต็กภายในท่อเรโซแนนซ์ เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกขนาด 5.5 วัตต์ได้ถูกจัดสร้างขึ้นเพื่อทดสอบปัจจัยดังกล่าว สำหรับผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ความถี่เรโซแนนซ์ ตำแหน่งของสแต็กและกำลังของคลื่นเสียงที่ป้อนให้กับระบบเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น ส่วนวัสดุที่ใช้ทำสแต็ก จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิแตกต่างของสแต็กมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อวัสดุสร้างสแต็กมีคุณสมบัติด้านการนำความร้อนต่ำและความจุความร้อนสูงกว่าความจุความร้อนของของไหลทำงาน

คำหลัก: เทอร์โมอะคูสติก การทำความเย็น คลื่นเสียง ค่าที่เหมาะสม สมรรถนะ

Abstract

The purpose of this paper is to study the effects of frequency, power input, property and position of stack on performance of a thermoacoustic refrigerator. A 5.5 W thermoacoustic refrigerator is assembled to experiment such parameters. The results indicate that the frequency, the position of the stack and the power input play an importance role in performance of the thermoacoustic refrigerator. Also, the temperature difference across the stack is larger if thermal conductivity of the stack is low and heat capacity is higher than heat capacity of the working fluid.

Keywords: Thermoacoustic, Refrigeration, Sound wave, Optimization, Performance.

1. บทนำ

ระบบทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก (Thermoacoustic refrigeration system) เป็นระบบทำความเย็นอีกระบบหนึ่ง ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือก สำหรับทดแทนระบบทำความเย็นชนิดที่ใช้

สารประกอบประเภท Fluorocarbon เป็นสารทำงาน ซึ่งสารจำพวกนี้มีผลกระทบต่ออย่างรุนแรงกับชั้นโอโซน ในบรรยากาศของโลกหากเกิดการรั่วไหลสู่ชั้นบรรยากาศ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกอาศัยพลังงานเสียง (Acoustic energy) เป็นงานของระบบ

เคลื่อนที่ไปเหนี่ยวนำให้เกิดการ ถ่ายโอนความร้อน จากแหล่งอุณหภูมิต่ำไปสู่แหล่งอุณหภูมิสูง โดยมี ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหวจำนวนน้อยและ ไม่ใช้สารที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นข้อดีของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกยังไม่สามารถทัดเทียมกับ เทคโนโลยีแบบเก่าที่อาศัยสารทำความเย็นเป็น ตัวกลางได้ แต่จากทฤษฎีชี้ให้เห็นว่าสามารถพัฒนาให้ มีสมรรถนะทัดเทียมหรือมากกว่าได้

Tu et al. [1] ได้ทดลองและทำการวิเคราะห์เชิง ทฤษฎีเกี่ยวกับ ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อ ความถี่ของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก Akhavanbazaz et al.[2] ศึกษาถึงผลกระทบของ รูปร่างและพื้นที่ของท่อในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ ร้อน(Heat exchangers) ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่อง ทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกโดยใช้อากาศที่ความดัน บรรยากาศเป็นสารทำงาน Nsofor et al.[3] ได้ทำการ ทดลองหาอิทธิพลของความดัน ความถี่และโหลด ความเย็นที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น เทอร์โมอะคูสติกโดยใช้สารฮีเลียม(Helium) เป็นสาร ทำงาน Ke et al.[4] ได้ใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข ศึกษาพารามิเตอร์ของเครื่องทำความเย็นเทอร์โม อะคูสติกที่แอมพลิจูดขนาดใหญ่

การวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและจัดสร้างชุด ทดสอบเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกขนาด 5.5 วัตต์ ที่ใช้อากาศเป็นสารทำงานขึ้นมา เพื่อใช้ในการ ศึกษาเชิงทดลองกับปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการ ทำงานของเครื่อง ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ใน การสร้างสแต็ก (Stack) กำลังของคลื่นเสียงที่ป้อน ให้กับระบบ ความถี่ทำงานและตำแหน่งของสแต็กที่ เหมาะสมภายในท่อเรโซแนนซ์ (Resonance tube) ผลจากการศึกษาเชิงทดลองนี้สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ เพื่อการออกแบบที่เหมาะสมของเครื่องทำ ความเย็นเทอร์โมอะคูสติกต่อไปได้

2. ทฤษฎีและการออกแบบสแต็ก

อุปกรณ์ในเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกนี้ ประกอบด้วย 1.สแต็ก ซึ่งถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ที่สุดเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ เทอร์โมอะคูสติก 2.อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกับสแต็กทั้งสองด้าน เพื่อดึงความร้อนและความเย็นออกไปใช้งาน 3.ท่อเรโซแนนซ์ และ 4.ตัวขับเคลื่อน(Driver) ซึ่งมี หน้าที่เพื่อป้อนคลื่นเสียงชนิดคลื่นนิ่ง (Standing wave) ให้เกิดขึ้นภายในท่อเรโซแนนซ์ สำหรับการ ออกแบบสแต็กนั้นโดยทั่วไปมักสร้างขึ้นจากวัสดุแผ่น บางจำนวนมากมาจัดวางเรียงเป็นชั้นๆ โดย Swift [5] และ Tijani et al.[6] ได้นำเสนอว่าวัสดุที่ใช้ทำสแต็ก ควรมีค่าการนำความร้อนต่ำ และช่วงระยะห่างระหว่าง ชั้นควรรอยู่ในช่วง $2\delta_k$ ถึง $4\delta_k$ เมื่อ δ_k คือ Thermal penetration depth นิยามเป็น

$$\delta_k = \sqrt{(2K/\rho_m c_p \omega)} \quad (1)$$

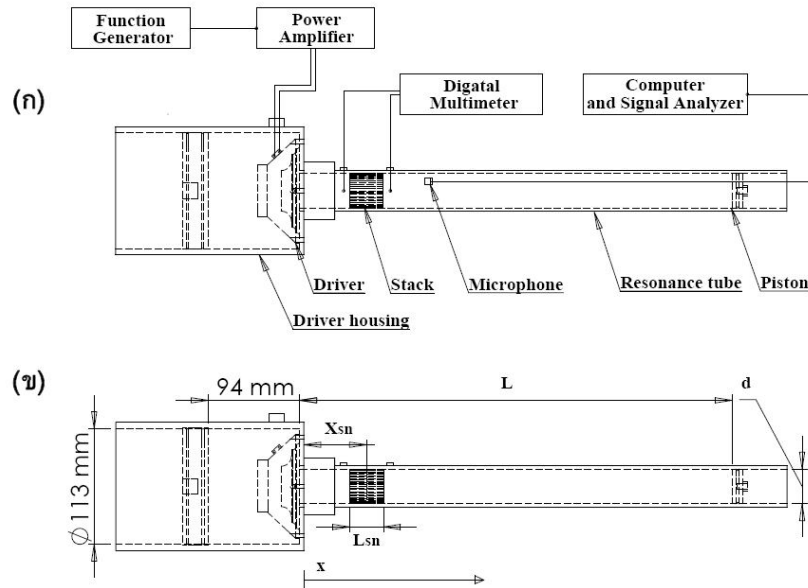
สำหรับค่า Viscous penetration depth δ_v นิยามเป็น

$$\delta_v = \sqrt{(2\mu/\rho_m \omega)} \quad (2)$$

โดย K คือค่าการนำความร้อนของก๊าซ, c_p คือค่า ความจุความร้อน, ρ_m คือค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของ ก๊าซ, ω คือ Angular velocity และ μ คือค่าสัมประสิทธิ์ ความหนืดจลน์ของก๊าซ นอกจากคุณสมบัติของวัสดุ แล้ว สมรรถนะของสแต็กยังขึ้นอยู่กับความยาวและ พื้นที่หน้าตัดของสแต็ก พารามิเตอร์เหล่านี้สามารถ เขียนให้อยู่ในรูป เทอม ไร้มิติ (Dimensionless parameter) ดังนี้

เทอมไร้มิติของตำแหน่งสแต็ก

$$X_{sn} = 2\pi f X_s / a \quad (3)$$



รูปที่ 1 เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกขนาด 5.5 วัตต์

และเทอมไร้มิติของความยาวสแต็ก

$$L_{sn} = 2\pi f L_s / a \quad (4)$$

เมื่อ f คือค่าความถี่ a คือค่าความเร็วเสียง X_{sn} คือระยะทางจากด้านหน้าของตัวขับถึงจุดกึ่งกลางของสแต็กและ L_s คือความยาวของสแต็ก ดังแสดงในรูปที่ 1(ข) ซึ่งการวิเคราะห์สมรรถนะของสแต็กสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ เมื่อ $\varepsilon_s = 0$ [6]

$$Q_{cn} = - \left[\frac{\delta_{kn} D^2 \sin(2X_{sn})}{8\gamma(1+\sigma) \left(1 - \sqrt{\sigma} \delta_{kn} + \frac{1}{2} \sigma \delta_{kn}^2 \right)} \right] \times \left[\frac{\Delta T_{mn} \tan(X_{sn})}{(\gamma-1) B L_{sn}} \times \frac{(1+\sqrt{\sigma}+\sigma)}{1+\sqrt{\sigma}} - (1+\sqrt{\sigma}-\sqrt{\sigma} \delta_{kn}) \right] \quad (5)$$

และ

$$W_n = \left[\frac{\delta_{kn} D^2 L_{sn} (\gamma-1) B \cos^2(X_{sn})}{4\gamma} \right] \times \left(\frac{\Delta T_{mn} \tan(X_{sn})}{B L_{sn} (\gamma-1) (1+\sqrt{\sigma}) \left(1 - \sqrt{\sigma} \delta_{kn} + \frac{1}{2} \sigma \delta_{kn}^2 \right)} - 1 \right) - \left(\frac{\delta_{kn} L_{sn} D^2}{4\gamma} \times \frac{\sqrt{\sigma} \sin^2(X_{sn})}{B \left(1 - \sqrt{\sigma} \delta_{kn} + \frac{1}{2} \sigma \delta_{kn}^2 \right)} \right) \quad (6)$$

เมื่อ δ_{kn} คือเทอมไร้มิติของ Penetration depth นิยามเป็น

$$\delta_{kn} = \frac{\delta_{\kappa}}{y_o} \quad (7)$$

B คือ ค่า Blockage ratio นิยามเป็น

$$B = \frac{y_o}{y_o + l_o} \quad (8)$$

$\Delta T_{mn} = \Delta T_m / T_m$ คือเทอมไร้มิติของอุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก σ คือเทอมไร้มิติของ Prandtl number y_o คือ $1/2$ ของช่องว่างระหว่างชั้นของสแต็ก l_o คือ $1/2$ ของความหนาของวัสดุทำสแต็ก และ $\gamma = c_p / c_v$ สำหรับค่าของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

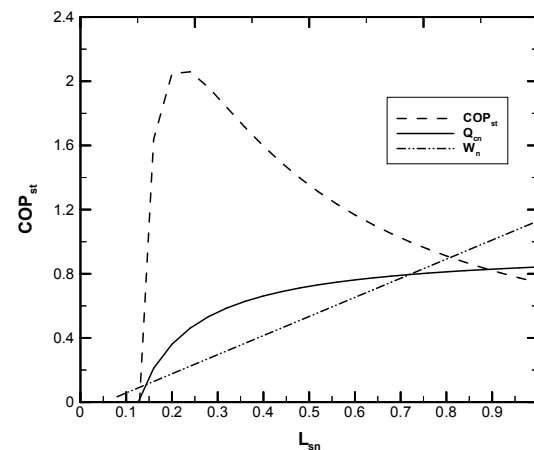
Mean pressure	$P_m = 1 \text{ atm}$
Frequency	$f = 400 \text{ Hz}$
Speed of sound in gas	$a = 347.2 \text{ m/s}$
Drive ratio	$D = 0.013$
Blockage ratio	$B = 0.744$
Ratio of specific heat	$\gamma = 1.4$
Wave number	$k = 7.238 \text{ m}^{-1}$
Gas Prandtl number	$\sigma = 0.70681$
Normalized thermal penetration depth	$\delta_{kn} = 0.759$
Mean temperature	$T_m = 300 \text{ K}$
Temperature difference of the stack	$\Delta T_m = 25 \text{ K}$

ในรูปที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ (5) และ (6) ตามเงื่อนไขที่ปรากฏในตารางที่ 1 จากรูปแสดงให้เห็นว่า $COP_{st} = Q_{cn} / W_n$ มีความสัมพันธ์กับขนาดความยาวของสแต็ก นั่นคือถ้าความยาวของสแต็กเพิ่มขึ้นค่า COP_{st} มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง นั่นหมายความว่าเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกนี้จำเป็นต้องใช้พลังงานเสียงเพิ่มมากขึ้นเพื่อขับเคลื่อนก้อนของไหลให้ไหลผ่านเข้าออกจากสแต็ก สำหรับสแต็กที่มีขนาดสั้นนั้นสามารถทำให้ค่า COP_{st} เพิ่มสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องคำนึงถึงเงื่อนไขในด้านการสร้างสแต็กและการใช้งาน

3. การสร้างชุดทดลองและเครื่องมือทดสอบ

รูปที่ 1(ก) แสดงเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกขนาด 5.5 วัตต์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองนี้

โดยท่อเรโซแนนซ์ทำมาจากวัสดุ Acrylic เพื่อลดการสูญเสียความร้อนออกจากระบบ ท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน $d = 0.034 \text{ m}$ และมีความยาวที่สอดคล้องความยาวคลื่นกรณี $\lambda/2$ (Half-wavelength) คือ $L = 0.434 \text{ m}$ ท่อเรโซแนนซ์นี้ปลายด้านหนึ่งของมันถูกปิดอย่างมิดชิด ส่วนอีกด้านหนึ่งนั้นถูกต่อเชื่อมกับตู้ลำโพงที่มีลำโพงขนาด 4 นิ้ว 8 โอห์มติดตั้งอยู่ภายในเพื่อใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเสียงชนิดคลื่นนิ่ง โดยเครื่อง Power amplifier และ Function generator มีหน้าที่สำหรับป้อนกำลังและความถี่ที่ต้องการให้กับลำโพง การวัดอุณหภูมิแตกต่างระหว่างผิวด้านร้อนและด้านเย็นของสแต็ก ($T_h - T_c$) เลือกใช้สายเทอร์โมคัปเปิลแบบ K ดังแสดงตำแหน่งการวัดในรูปที่ 1(ก) ในการทดลองนี้ใช้อากาศที่ความดันบรรยากาศเป็นสารทำงานและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนไม่ถูกนำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้



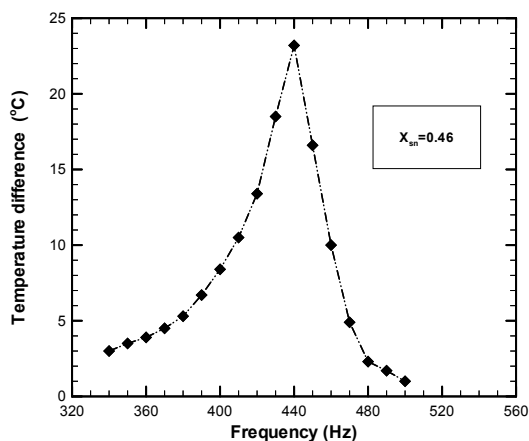
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่า COP_{st} กับ L_{sn}

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลของควมถี่ที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก

ในการทดลองผลภายใต้หัวข้อนี้ ได้เลือกใช้สแต็กที่ทำจาก Mylar film จากผลการคำนวณที่ผ่านมาที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ได้เลือกใช้ความยาวของสแต็กเป็น $L_{sn} = kL_s = 0.24$ ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง และจัดวางสแต็กให้อยู่ในตำแหน่ง $X_{sn} = kX_s = 0.46$ ซึ่งพื้นที่หน้าตัดของสแต็กมีขนาด

เท่ากับท่อเรโซแนนซ์ ดังแสดงในรูปที่ 1(ข) ในการทดลองนี้ความถี่ได้ถูกบังคับให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 Hz และกำลังของคลื่นเสียงถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ในระหว่างการทดลอง สำหรับรูปที่ 3 แสดงผลจากการทดลอง ซึ่งพบว่าความถี่น้อยกว่า 410 Hz นั้น อุณหภูมิแตกต่างที่ผิวทั้งสองของสแต็ก ($T_h - T_c$) มีค่าน้อยกว่า 10 °C โดยความถี่ที่ให้อุณหภูมิแตกต่างที่ผิวทั้งสองของสแต็กมากที่สุดเกิดขึ้นที่ 440 Hz และอุณหภูมิแตกต่างมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อความถี่มีค่าสูงกว่า 440 Hz นั้นหมายถึง ความถี่เรโซแนนซ์ของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกเครื่องนี้มีค่า 440 Hz แม้ว่าความถี่ที่ 440 Hz นี้ไม่ตรงกับความถี่ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของสแต็กที่ตั้งขวางอยู่ในท่อเรโซแนนซ์ แต่อย่างไรก็ตามการนำความถี่ที่ 440 Hz มาเป็นความถี่ในการทำงานมิได้สร้างผลเสียหายต่อการทำงานของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกแต่อย่างใด



รูปที่ 3 ผลของความถี่ที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก ($T_h - T_c$)

4.2 ผลของตำแหน่งสแต็กที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก

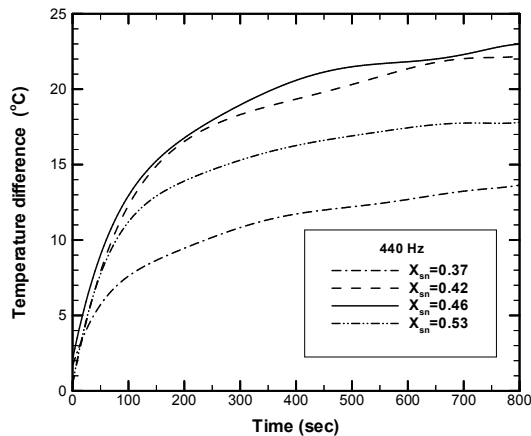
ในการทดลองผลของตำแหน่งสแต็กที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็กนั้น ได้ใช้คุณสมบัติของ

วัสดุและขนาดความยาวของสแต็ก เช่นเดียวกับที่กำหนดในหัวข้อที่ 4.1 โดยเลือกความถี่ในการทำงานที่ 440 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ผ่านมา สำหรับการทดลองตำแหน่งของสแต็กถูกกำหนดในช่วง $0.37 < X_{sn} < 0.53$ ในรูปที่ 4 แสดงผลสำหรับอุณหภูมิแตกต่างของสแต็กกับเวลาจากรูปชี้ให้เห็นว่า ณ เวลาเริ่มต้นนั้นทุกตำแหน่งมีอุณหภูมิแตกต่างที่เท่ากัน หลังจากเวลาในการทำงานเพิ่มมากขึ้น ตำแหน่งที่ $X_{sn}=0.37$ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใกล้กับตัวขับหรือลำโพงมากที่สุดนั้นมีการพัฒนาทางด้านความแตกต่างของอุณหภูมิที่ช้า เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งอื่นๆ และเมื่อทำการเพิ่มระยะห่างของสแต็กจากตัวขับให้มากขึ้น การทดลองพบว่า อุณหภูมิแตกต่างของสแต็กมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อตำแหน่งสแต็กถูกเพิ่มมากกว่า $X_{sn}=0.46$ อุณหภูมิแตกต่างของสแต็กนั้นเริ่มลดลง สำหรับภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ พบว่าตำแหน่ง $X_{sn}=0.46$ สามารถทำให้เกิดอุณหภูมิแตกต่างของสแต็กมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4 นั้นหมายความว่า สแต็กได้ถูกจัดวางอยู่ในช่วงระหว่าง ปฏิบัพความดัน(Pressure antinode) และบัพความดัน(Pressure node) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่สร้างปรากฏการณ์เทอร์โมอะคูสติกได้สูงสุด [6] ผลจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าตำแหน่งของสแต็กมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก

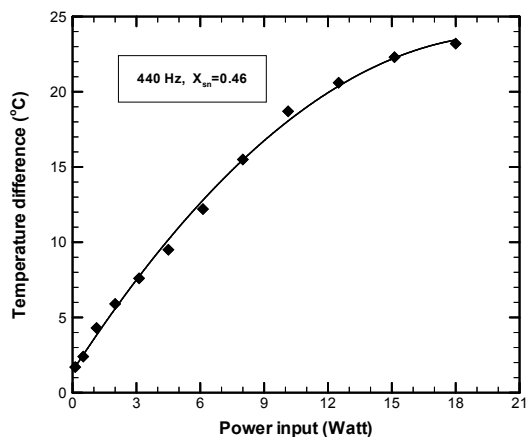
4.3 ผลของกำลังคลื่นเสียงที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก

สำหรับการทดลองหาผลของกำลังคลื่นเสียงที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก ค่ากำลังคลื่นเสียงที่ใช้ในการทดลองคือในช่วง 0.125 ถึง 18 วัตต์ โดยใช้ความถี่ในการทำงานที่ 440 Hz ผลของการทดลองแสดงในรูปที่ 5 จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิแตกต่างของสแต็กมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามกำลังของคลื่นเสียงที่ป้อนให้กับระบบ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มกำลังของคลื่นเสียง อาจทำให้วอยซ์คอยล์ (Voice coil) ของลำโพงมีความร้อนเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้

ลำโพงเสียหายได้และถ้าสแต็กอยู่ใกล้กับลำโพงมาก อาจมีความร้อนบางส่วนถูกถ่ายโอนไปสู่สแต็ก ซึ่งเป็นภาระต่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้เช่นกัน



รูปที่ 4 ผลของตำแหน่งสแต็กที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก ($T_h - T_c$)



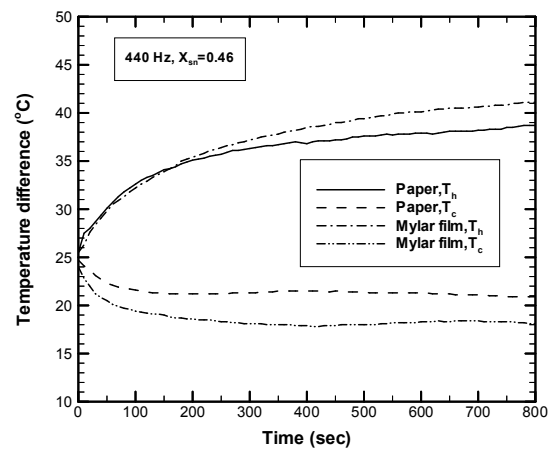
รูปที่ 5 ผลของกำลังคลื่นเสียงที่มีต่ออุณหภูมิแตกต่างของสแต็ก ($T_h - T_c$)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติด้านวัสดุของสแต็ก

Material Properties	Paper	Mylar
Blockage ratio	0.744	0.744
Thickness	0.12 mm	0.12 mm
Thermal conductivity	0.18 W/m-K	0.16 W/m-K
Density	930 kg/m ³	1347.5 kg/m ³
Specific heat	840 J/kg-K	1110 J/kg-K

4.4 การทดลองเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้สร้างสแต็ก

ในการทดลองนี้ได้ทำการสร้างสแต็กขึ้นมาจาก Mylar film และกระดาษ(Paper) ที่มีความหนาและค่า Blockage ratio เท่ากัน โดยคุณสมบัติของวัสดุทั้งสองชนิดนี้แสดงในตารางที่ 2 ในการทดลองสแต็กทั้งสองชนิดได้ถูกวางในตำแหน่งเดียวกันคือ $X_{sn}=0.46$ และที่ความถี่ทำงาน 440 Hz ผลจากการทดลองพบว่า สแต็กที่ทำจาก Mylar film สามารถสร้างอุณหภูมิแตกต่างได้มากกว่าสแต็กที่สร้างจากกระดาษประมาณ 29.2% ดังแสดงในรูปที่ 6 นั่นคือสแต็กที่มีค่าการนำความร้อนต่ำแต่มีค่าความจุความร้อนสูงกว่าความจุความร้อนของของไหลทำงานนั้นสามารถเพิ่มอุณหภูมิแตกต่างบนสแต็กได้มากกว่า



รูปที่ 6 การทดลองเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้สร้างสแต็ก

5. สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้ได้ทำการสร้างเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติกขนาด 5.5 วัตต์ขึ้นและวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอะคูสติก ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการสร้างสแต็ก กำลังของคลื่นเสียงที่ป้อนให้กับระบบ ความถี่และตำแหน่งของสแต็ก ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าความถี่และตำแหน่งของสแต็กมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น ส่วนวัสดุที่ใช้ทำสแต็กควรมีคุณสมบัติด้านการนำความร้อนต่ำและความจุความร้อนสูง การเพิ่มกำลังของคลื่นเสียงที่

ป้อนให้กับระบบ ส่งผลให้อุณหภูมิแตกต่างกันของ
สแต็กเพิ่มขึ้นตาม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สถาบัน
วิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน ปี 2553

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Tu Q., Gusev V., Bruneau M., Zhang C., Zhao, L and Guo F., (2006). Experimental and theoretical investigation on frequency characteristic of loudspeaker-driven thermoacoustic refrigerator, Cryogenics Vol. (45), September 2005, pp.739–746.
- [2] Akhavanbazaz, M., Siddiqui, M.H.K., Bhat, R.B. (2007). The impact of gas blockage on the performance of a thermoacoustic refrigerator, Experimental Thermal and Fluid Science, Vol 32. March 2007 pp. 231–239.
- [3] Nsofor E.C., and Ali A. (2009). Experimental study on the performance of the thermoacoustic refrigerating system, Applied Thermal Engineering Vol. 29, January 2009. pp. 2672–2679.
- [4] Ke, H.B., Liu, Y.W., He, Y.L., Wang, Y. and Huang, J., (2009). Numerical simulation and parameter optimization of thermoacoustic refrigerator driven at large amplitude, Cryogenics, Vol. 50, October 2009 pp.28–35.
- [5] Swift, G.W. (1988). Thermoacoustic engines, J Acoustical Society of America Vol. 84(4), July 1988, pp. 1145–1180.
- [6] Tijani, M.E.H., Zeegers, J.C.H., Waele, A.T.A.M. (2002). Design of thermoacoustic refrigerators, Cryogenics Vol 42, December 2001, pp.49–57.