

การศึกษาอัตราการระบายความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอน สำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

สมชาย มณีวรรณ^{*1)} และ สุริยงค์ ประชาเขียว²⁾

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาตัวแปรที่สำคัญเพื่อใช้ในการออกแบบท่อเทอร์โมไซฟอน โดยใช้ท่อทองแดงลักษณะท่อตรง สำหรับการประยุกต์ใช้งานระบบระบายความร้อนที่อุณหภูมิต่ำเพื่อหาสารทำงานและปริมาตรของสารทำงานที่เหมาะสมสำหรับบรรจุในท่อเทอร์โมไซฟอน สำหรับการนำท่อเทอร์โมไซฟอนไปประยุกต์ใช้กับผนัง เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยทำการศึกษาชนิดของสารทำงาน R-12, R-22, R-134a, R-404a และ R-406a และปริมาตรของสารทำงานที่ 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรความจุท่อ โดยใช้ น้ำร้อนเป็นแหล่งถ่ายเทความร้อนแก่ท่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนของการรับความร้อนของท่อ และทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ น้ำร้อนที่ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียสตามลำดับ

จากผลการทดสอบอัตราการระบายความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนพบว่าสาร R-404a ที่ปริมาตร 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุท่อ มีอัตราการระบายความร้อนดีที่สุดประมาณ 2.1 วัตต์/นาที่ รองลงมาคือสาร R-134a ที่ปริมาตร 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุท่อ และสาร R-406a ที่ปริมาตร 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรความจุท่อ การนำท่อเทอร์โมไซฟอนมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำมาประยุกต์ใช้งานระบบระบายความร้อนในผนังอาคารเนื่องจากงบประมาณการสร้างท่อเทอร์โมไซฟอนมีราคาประมาณ 119 บาท/เมตร

คำสำคัญ : สารทำงาน, ท่อเทอร์โมไซฟอน, อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน

^{*1)} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ศูนย์วิจัยและจัดการทางด้านพลังงาน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
จังหวัดพิษณุโลก 65000, Corresponding Author, อีเมลล์ : somchaim@nu.ac.th

²⁾ นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก 65000
อีเมลล์ : prachakiew@hotmail.com

Investigation of Heat Transfer Rate of Thermosiphon Pipe for Low Temperature Application

Somchai Maneewan^{*1)} and Suriyong Prachakiew²⁾

Abstract

This research aims to study towards the heat transfer rate of Thermosiphon pipe for low temperature application. Copper is being used as the material to make the straight shape of the pipe which being applied to be used in the heat emission system at the low temperature as to figure out the functional work fluid and the appropriateness in the quantity of the work fluid to be used in the installation of the Thermosiphon pipe by studying 1) the types of functional work fluid at R-12, R-22, R-134a, R-404a, and R-406a, respectively, and 2) the quantity of proper work fluid at 20, 40, 60, and 80 percent of heat pipe capacity respectively by using hot water to inject the heat for the pipe. In the part of the evaporator section, the heat of hot water was changed at 40, 50, 60, 70, and 80 degrees Celsius, respectively.

From the experiment, it was found that work fluid R-404a at 20 percent of the capacities of the heat pipe was best for heat emission at the heat transfer rate approximately about 2.1 watt / minute, the next work fluid to be used was the R-134a at 60 percent of the capacities of heat pipe, and the third work fluid to be used was R-406a at 80 percent of the capacities. When the building budget was limited, the use of the heat pipe is considered another reasonable application to be used for decreasing the heat from the walls of the building. The budget used for producing the Thermosiphon pipe was relatively reasonable at approximately at 119 Baht/meter Thermosiphon pipe.

Keywords: work fluid, Thermosiphon pipe, Heat Exchange Rate

^{*1)} Assistant Professor, Thermal Energy and Energy Conservation Research Center,
Physics Department Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 ,
Corresponding Author Email: somchaim@nu.ac.th

² Post graduated Students, Physics Department, Faculty of Science Naresuan University, Phitsanulok, 65000,
E-mail: prachakiew@hotmail.com

1. บทนำ

เทคนิคหรือวิธีการระบายความร้อนและการแลกเปลี่ยนความร้อนมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม เช่น การระบายความร้อนให้แก่เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม อาคารที่พักอาศัย หากมีการออกแบบระบบระบายความร้อนและระบบแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีประสิทธิภาพย่อมหมายถึงการประหยัดพลังงานและจะส่งผลให้สามารถลดต้นทุนทางด้านการผลิตในกระบวนการต่าง ๆ ลงได้ ส่วนของอาคารสำนักงาน บ้านเรือนที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งตั้งในเขตร้อนชื้นและมีความชื้นของรังสีอาทิตย์ค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งปีโดยมีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 17.5 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (P. Namprakai, S. et al, 1989) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 27-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 72 - 74 เปอร์เซ็นต์ และจะลดลงเหลือ 62 - 69 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูร้อน ทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังและหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านสูงตามไปด้วย นั้นหมายถึงภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูงตามไปด้วย เป็นผลให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของการไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2547)

ท่อเทอร์โมไซฟอนเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่และเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในอัตราที่สูงโดยอาศัยขบวนการระเหยและการควบแน่นของสารทำงาน ซึ่งมีข้อดีคือ การถ่ายเทความร้อนนี้สามารถทำได้ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต่ำและได้มีการประยุกต์ใช้ท่อเทอร์โมไซฟอนในงานหลาย ๆ ประเภทด้วยกัน เช่น การระบายความร้อนจากแผงวงจรในคอมพิวเตอร์ การระบายความร้อนจากดอกสว่าน เป็นต้น (F. J, r Rey Martinez, 2003) ปัจจุบันได้มีการศึกษาและประยุกต์ใช้งานท่อเทอร์โมไซฟอนกับงานด้านต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น การศึกษาเรื่องผนังเย็นโดยใช้ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน ในการลดภาระความร้อนของผนังอาคาร

พบว่าเมื่อผนังเย็นมีอัตราเร็วของอากาศสูงขึ้น จะลดอุณหภูมิของผนังด้านในได้ดี เมื่อเทียบกับผนังที่ไม่มีการดึงความร้อน โดยมีค่าแตกต่างเท่ากับ 5.3 เท่า และท่อเทอร์โมไซฟอนทั้งหมดสามารถถ่ายเทความร้อนได้เท่ากับ 374.26 วัตต์ (ชัยวัฒน์, 2538) วราภรณ์และคณะได้ทำการศึกษาการทดสอบท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ทำงาน ณ แหล่งจ่ายความร้อนอุณหภูมิต่ำเพื่อหาปริมาณความร้อนที่สามารถถ่ายเทผ่านท่อความร้อน นอกจากนั้นจะได้ศึกษาถึงผลของสัดส่วนของสารทำงาน และมุมการวางท่อที่มีต่อปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท ในที่นี้ท่อความร้อนขนาดความยาว 1 เมตรทำจากวัสดุทองแดง บรรจุสารทำงาน R134 A ที่สัดส่วน 10% 20% และ 30% ของท่อ และมุมเอียงที่ทดสอบอยู่ที่ระหว่าง 10° และ 90° ผลการทดสอบท่อความร้อนที่บรรจุสารทำงานที่สัดส่วน 30 % และวางตัวทำมุม 90° กับแนวระนาบ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าเงื่อนไขการทดสอบอื่น ๆ โดยมีปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทได้มากที่สุดเท่ากับ 230 วัตต์ (วราภรณ์และคณะ, 2009) ไอมูราและคณะทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการนำความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอนแบบปิดในน้ำเดือดเพื่อหาประสิทธิภาพการนำความร้อน โดยใช้ น้ำและแอลกอฮอล์ เป็นสารทำงานให้ท่อเทอร์โมไซฟอน ซึ่งผลของอัตราส่วนระยะเวลา ความดันมีผลต่อการนำความร้อนโดยพบว่า ปริมาตรสารทำงานที่ดีที่สุดอยู่ระหว่าง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (H. Imura, et al. 1979).

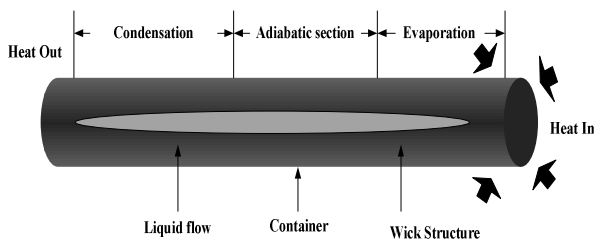
จากการศึกษาผนังอาคารบ้านเรือนในประเทศไทยพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 38 - 45 องศาเซลเซียส ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการนำท่อเทอร์โมไซฟอนมาประยุกต์ใช้งานสำหรับผนังอาคาร เพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารเข้าสู่ภายในบ้าน โดยทำการศึกษาชนิดของสารทำงานที่ 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรความจุท่อเทอร์โมไซฟอน โดยใช้น้ำร้อนเป็นตัวให้ความร้อนแก่ท่อเทอร์โมไซฟอนในส่วนของการรับความร้อนและทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิ น้ำร้อนที่ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อหาความเหมาะสมของสารทำงานและปริมาตรที่เหมาะสม

ต่ออัตราการระบายความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ (สำหรับการประยุกต์ใช้งานร่วมกับกับผนังอาคารที่อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 40-50 องศาเซลเซียส)

2. ท่อเทอร์โมไซฟอน

2.1 ส่วนประกอบของท่อเทอร์โมไซฟอน

ท่อเทอร์โมไซฟอน โดยปกติแล้วจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกภายในบรรจุของเหลวหรือสารทำงานที่สามารถระเหยได้ส่วนประกอบต่างๆ ของท่อเทอร์โมไซฟอนแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ท่อเทอร์โมไซฟอน

ท่อเทอร์โมไซฟอนเป็นวัฏจักรการทำงานแบบปิด ผนังโดยมีสารทำงานอยู่ภายในท่อ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ทั้งที่มีการถ่ายเทความร้อนและไม่มีการถ่ายเทความร้อน แบ่งได้ 3 ส่วนคือ

2.1.1 ส่วนทำระเหย (Evaporator section) ทำหน้าที่เป็นส่วนถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น และส่วนนี้จะมีการระเหยเป็นไอของสารทำงาน

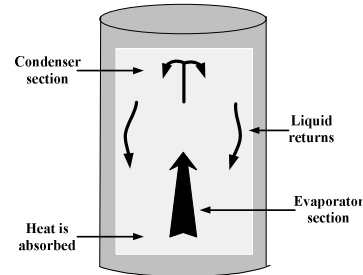
2.1.2 ส่วนกันความร้อน (Adiabatic section) ในช่วงนี้มีการตั้งสมมติฐานว่าไม่มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น เพื่อลดการสูญเสียความร้อนหรือการรับความร้อนจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม

2.1.3 ส่วนควบแน่น (Condenser section) มีหน้าที่เป็นส่วนควบแน่นของไอสารทำงาน ให้สารทำงานกลั่นตัวกลับมาเป็นของเหลวเพื่อให้สารทำงานไหลกลับไปสู่วัฏจักรใหม่อีกครั้ง เพื่อรับความร้อนต่อไป

2.2 หลักการทำงาน

Evaporator Section รับ ความ ร้อน เข้า มา ของเหลวที่บรรจุไว้ภายในจะระเหยกลายเป็นไอน้ำผ่าน Adiabatic Section เข้าสู่ Condenser Section ในช่วงนี้จะเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะกลับไปเป็น

ของเหลว จากนั้นของเหลวจะไหลเข้าสู่ Evaporator Section ตามเดิม เพื่อเตรียมรับความร้อนใหม่เป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ ซึ่งการควบแน่นเป็นของเหลวและไหลกลับลงมาที่ส่วนทำระเหยอีกครั้ง อาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงของโลก แสดงดังรูปที่ 2

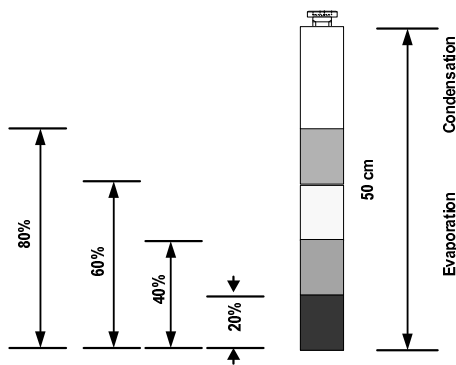


รูปที่ 2 แสดงการทำงานของท่อเทอร์โมไซฟอน

3. อุปกรณ์การทดสอบ

3.1 ท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้ทดสอบ

ในการเลือกวัสดุที่นำมาใช้เป็นท่อเทอร์โมไซฟอนนั้น ได้เลือกท่อทองแดงเนื่องจากเป็นวัสดุที่สามารถนำความร้อนได้ดี โดยนำมาทำเป็นท่อเทอร์โมไซฟอนมีลักษณะเป็นท่อตรง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เซนติเมตร หนา 0.2 มิลลิเมตร ยาว 50 เซนติเมตร วางในแนวตั้งเนื่องจากการทดลองดังกล่าวจะนำผลทดสอบที่ได้ไปใช้ทดสอบกับผนังสำเร็จรูปในครั้งต่อไป ซึ่งหากนำท่อทองแดงมาใช้จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผนังแทนการใช้เหล็กเส้น โดยด้านบนของท่อเทอร์โมไซฟอนจะมีวาล์วลูกศรใช้ในการเติมสารทำงาน ภายในท่อบรรจุสารทำงานที่มีความสามารถในการระบายความร้อนและการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้สารทำงาน R-12, R-22, R-134a, R-404a และ R-406a ในการทดลองบรรจุสารทำงานแต่ละชนิด เนื่องสารทำงานดังกล่าวหาได้ง่ายตามท้องตลาด โดยมีปริมาตร 20, 40, 60, และ 80 เปอร์เซ็นต์ของความจุท่อเทอร์โมไซฟอนตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะของชุดท่อระบายความร้อน

3.2 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger)

จำนวน 20 ช่องสัญญาณรุ่น HR 1300 ใช้ในการบันทึกข้อมูลตลอดการทดสอบ

3.3 สายวัดอุณหภูมิ สายเทอร์โมคัปเปิล แบบ เค (Thermocouple type k)

วัดอุณหภูมิได้ในช่วง - 200 - 1,370 องศาเซลเซียส สำหรับวัดอุณหภูมิแสดงผลเป็นองศาเซลเซียส

3.4 สารทำงาน

ใช้สารทำงาน 5 ชนิดประกอบด้วยสาร R-12, R-22, R-134a, R-404a และ R-406a เป็นสารทำงานในการถ่ายเทความร้อนภายในท่อเทอร์โมไซฟอน เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด โดยสมบัติของสารทำงานแสดงดังตารางที่ 1 (dupont sova refrigerant, 2006)

ตารางที่ 1 สมบัติของสารทำงาน

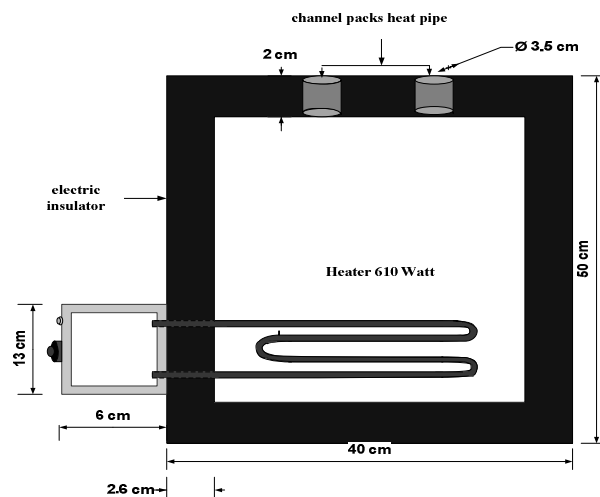
Physical Property	R-404a	R-406a	R-134a	R-12	R-22
Replaces	R-502,R-22	R-502	R-12	N/A	N/A
Chemical Formula/Composition	R125/R143a/ R134a 44/52/4 wt%	R22/R125/ R143a 47/7/46 wt%	CH ₂ FCF ₃	CCL ₂ F ₂	CHCLF ₂
Liquid Density at 25 °C, kg/m ³	1048	455.50	1210	1311	1195
CAS Number	R125 : 354-33-6 R143a : 420-46-2 R134a : 811-97-2	R22 : 75-45-6 R125 : 354-33-6 R143a : 420-46-2	811-97-2	75-71-8	75-45-6
Molecular Weight	97.6	89.86	102.03	120.93	86.47
Boiling Point at 1 atm , °C	-46.5	-32.7	-26.1	-29.79	-40.8
Vapor Pressure of Satd. Liquid at 25 °C , kPa	1255	1174	661.9	1311	1043
Heat Capacity of Liquid at 25 °C , kJ/kg K	1.54	1.13	1.42	0.971	1.24
Heat Capacity of Vapor at 1 atm at 25 °C , (kJ/kg K)	0.867	0.829	0.854	0.617	657
Thermal Conductivity of Liquid at 25 °C, W/m K	0.0683	0.0819	0.0824	0.0743	0.0849
Thermal Conductivity of Vapor at 1 atm, (W/m K)	0.01346	0.01314	0.0145	0.00958	0.01074
Critical Temperature , °C	72.1	116.5	101.1	112	96.24
Refrigerant Number	R-404a	R-406a	R-134a	R-12	R-22

Critical Pressure , kPa	3732	4880	4060	4116	4981
AEL/TLV , 8- or 12-hr TWA , ppm	1000	1000	1000	1000	1000
GWP , CO ₂ = 1	3260	1900	1300	8500	1500
ODP ,CFC – 12 = 1	0	0.036	0	1	0.05
ASHRAE Safety Classification	A1/A1	A1/A1	A1	A1	A1
Refrigerant Cylinder Color , PMS Code	021	248	297	White	352

3.5 ตู้ทดสอบ

ขนาด ความจุ 60,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร และความสูง 50 เซนติเมตร ส่วนของผนัง ตู้ทดสอบทำจากสังกะสี ด้านในบุด้วยฉนวนใยสังเคราะห์ (Aroflex มีค่าการถ่ายเทความร้อน $0.024 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) หนา 2.54 เซนติเมตร ที่ผลิตจากยางอีลาสโตเมอร์ เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากตู้ทดสอบ ภายในตู้ทดสอบบรรจุน้ำ 49 ลิตร ห่างจากด้านบนผนัง 5 เซนติเมตร โดยทำการควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ ที่อุณหภูมิระหว่าง 40-80 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นตัวแทน ของอุณหภูมิของผนัง และการวางท่อเทอร์โมไคฟอน ในแนวตั้ง เนื่องจากในการนำไปประยุกต์ใช้กับผนังจะเป็น ลักษณะการวางท่อในแนวตั้งโดยส่วนระบายความร้อน จะอยู่ในใต้หลังคา ลักษณะเป็น Roof solar collector (RSC) เพื่อใช้อากาศที่หมุนวนในชุด RSC เป็นตัวระบาย ความร้อนออกสู่อากาศแวดล้อม

ซึ่งในการสร้างตู้ทดสอบได้ทำการเจาะผนัง ตู้ทดสอบด้านบนเพื่อทำการติดตั้งชุดระบายความร้อน หรือท่อเทอร์โมไคฟอน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ช่อง และมีชุดควบคุมความร้อนโดยใช้ Heater แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ลักษณะของตู้ทดสอบ

3.6 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด เพื่อใช้วิเคราะห์ ปริมาตรของสารทำงาน และชนิดสารทำงานที่เหมาะสม โดยในการทดลองดังกล่าวทำการวัดอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของอุปกรณ์ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 6 ตำแหน่ง เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกท่อเทอร์โมไคฟอน เพื่อหาอัตราการระบายความร้อนที่เหมาะสม (แสดงดังรูป ที่ 5) คือ

T_{hp1} = วัดอุณหภูมิปลายท่อเทอร์โมไคฟอนจุดที่ 1

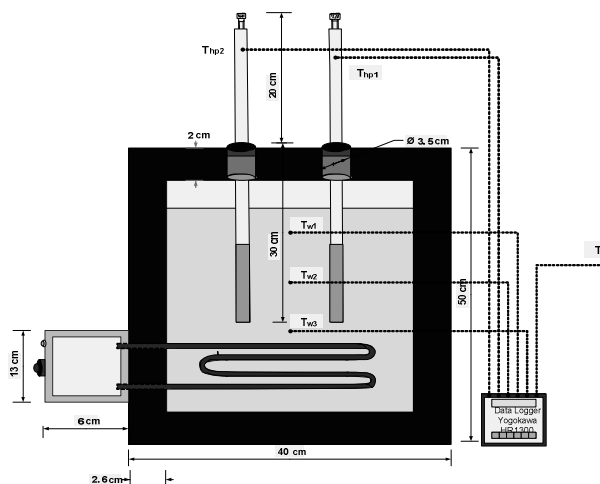
T_{hp2} = วัดอุณหภูมิปลายท่อเทอร์โมไคฟอนจุดที่ 2

T_{w1} = วัดอุณหภูมิของน้ำจุดที่ 1

T_{w2} = วัดอุณหภูมิของน้ำจุดที่ 2

T_{w3} = วัดอุณหภูมิของน้ำที่ 3

T_a = วัดอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 5 ตำแหน่งตรวจวัด

3.7 เงื่อนไขในการทดลอง

3.7.1 ควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนด้วยเครื่อง Heater
ณ อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เพื่อทดสอบหาค่าอัตราการระบายความร้อนของท่อเทอร์โมไซฟอน ที่อุณหภูมิต่างๆ

3.7.2 สารทำงาน ใช้บรรจุท่อเทอร์โมไซฟอน ประกอบด้วย R-12, R-22, R-404a, R-406a และ R-134a เป็นสารนำความร้อน

3.7.3 ปริมาตรสารในท่อเทอร์โมไซฟอน บรรจุสารทำงานให้มีปริมาตรที่ 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรความจุท่อเทอร์โมไซฟอน

3.7.4 ควบคุมอุณหภูมิในห้องทดสอบ ควบคุมให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมของประเทศไทยเฉลี่ยที่ 30 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2544) ตลอดการทดลอง เพื่อให้การทดสอบเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

4. ผลการทดสอบ

จากผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำท่อเทอร์โมไซฟอนมาใช้สำหรับหาอัตราการระบายความร้อนและการแลกเปลี่ยนความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาชนิดของสารทำงานและปริมาณของสารทำงานที่เหมาะสมนั้น จะทำการวิเคราะห์อัตราการระบายความร้อนและต้นทุนของท่อเทอร์โมไซฟอน เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการเลือกท่อเทอร์โม

ไซฟอนที่เหมาะสมมาใช้งานในการลดความร้อนผ่านผนังเข้าสู่ตัวอาคารต่อไป ซึ่งจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ ดังนี้

4.1 ปริมาตรของสารทำงานต่ออัตราการระบายความร้อนที่เหมาะสม ณ อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 2 แสดงค่าอัตราการระบายความร้อนของสารทำงาน R-12, R-22, R-134a, R-404a และ R-406a ของปริมาตรสารทำงานที่ 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรท่อเทอร์โมไซฟอน ณ อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาตรของสารทำงาน 40% สามารถระบายความร้อนได้สูงสุดประมาณ 1.13 วัตต์ต่อนาที่ และที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส ปริมาตรของสารทำงาน 20% สามารถระบายความร้อนได้สูงสุด หากไม่พิจารณาสารทำงาน R-22 เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารของ Chlorofluorocarbon (CFC) ซึ่งมีผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศของโลก

$$Q = m^{\circ} C_p \Delta T \quad (1)$$

โดยที่ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (วัตต์)

m° = มวลของน้ำ (กิโลกรัม)

C_p = ความจุจำเพาะของของน้ำ (จุลต่อกิโลกรัม เคลวิน)

ΔT = ผลต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำร้อนและอุณหภูมิปลายท่อ (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 2 สารทำงานที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ ต่างๆ

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ปริมาตร สารทำงาน (%)	สารทำงาน ที่เหมาะสม	อัตราการระบาย ความร้อน (W/min)
40	20	R-404a	0.77
	40	R-22	1.13
	60	R-404a	0.77
	80	R-406a	0.88
50	20	R-404a	2.10
	40	R-404a	1.98

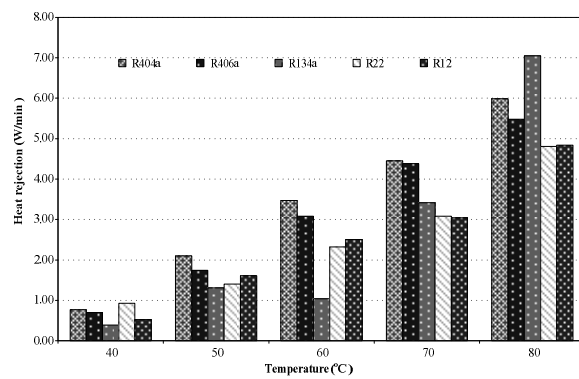
	60	R-404a	1.86
	80	R-22	2.53
60	20	R-404a	3.47
	40	R-404a	3.32
	60	R-404a	3.17
	80	R-406a	3.17
70	20	R-404a	4.45
	40	R-404a	4.36
	60	R-404a	4.38
	80	R-406a	4.38
80	20	R-134a	7.05
	40	R-134a	6.75
	60	R-134a	9.05
	80	R-12	7.50

หมายเหตุ : สาร R-12, R-22 ซึ่งมีสารประกอบของ Chlorofluorocarbon (CFC) ซึ่งมีผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศของโลก จึงไม่ใช้พิจารณาเลือกท่อเทอร์โมไซฟอน

4.2 ปริมาตรสารทำงานที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ที่อุณหภูมิต่ำ

จากการทดสอบท่อเทอร์โมไซฟอนที่บรรจุสารทำงานที่มีปริมาตรสารทำงานต่างๆ พบว่าปริมาตรของสารทำงานที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรความจุของท่อเทอร์โมไซฟอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเลือกช่วงของอุณหภูมิที่นำไปใช้งาน และเมื่อพิจารณาอัตราการระบายความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 40-80 องศาเซลเซียส พบว่า สาร R-404a ที่ปริมาตร 20 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานสำหรับอุณหภูมิต่ำ มีอัตราการระบายความร้อนดีที่สุดเฉลี่ย 2.10 W/min เมื่อเปรียบเทียบกับสารทำงานชนิดอื่นๆ เนื่องจากสาร R404a มีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ 0.867 kJ/kg K ส่งผลให้ ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนได้ดีและที่ปริมาตรสารทำงานที่ 20 เปอร์เซ็นต์ มีการรับความร้อนจากแหล่งความร้อนและเกิดการระเหยเป็นไอลอยขึ้นสู่ด้านบนของท่อ ส่งผลให้เกิด

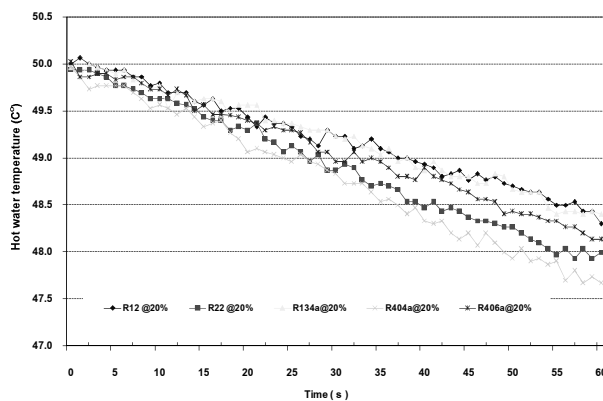
การถ่ายเทความร้อนออกสู่อากาศแวดล้อม จากนั้นจะควบแน่นเป็นของเหลวกลับมารับความร้อนใหม่ได้เร็วกว่าปริมาตรความจุต่างๆ อัตราการระบายความร้อนที่ปริมาตร 20 เปอร์เซ็นต์ของสารทำงานชนิดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อัตราการระบายความร้อนของสารทำงาน ณ อุณหภูมิต่างๆ ที่ปริมาตร 20 เปอร์เซ็นต์

4.3 สารทำงานที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ที่อุณหภูมิต่ำ

จากผลการทดสอบเพื่อหาช่วงอุณหภูมิและปริมาตรสารทำงานที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดอัตราการระบายความร้อนที่เหมาะสม พบว่าหากนำท่อเทอร์โมไซฟอนไปประยุกต์ใช้กับผนัง (อุณหภูมิช่วง 40-50 องศาเซลเซียส) โดยปริมาตรสารทำงานที่เหมาะสม คือ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรท่อเทอร์โมไซฟอน (แสดงดังรูปที่ 7) และสารทำงานที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับการระบายความร้อนของผนังคือ สาร R-404a มีอัตราการระบายความร้อนสูงสุดเท่ากับ 2.10 W/min และเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ระบายความร้อนออกจากตู้ทดสอบมีอุณหภูมิลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้อัตราการระบายความร้อนของน้ำเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยสามารถลดอุณหภูมิน้ำร้อนลงได้ 1.5-2.5 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง (ดังแสดงในรูปที่ 7)



รูปที่ 7 แสดงอัตราการระบายความร้อนของสารทำงาน ปริมาตร 20 % ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

5. ต้นทุนของท่อเทอร์โมไซฟอน

ต้นทุนของท่อเทอร์โมไซฟอนเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ท่อเทอร์โมไซฟอน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต้นทุนท่อเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานและปริมาตรความจุท่อต่างๆ ที่ความต่อ 1 เมตร แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าลงทุนสร้างท่อเทอร์โมไซฟอนของสารทำงานแต่ละชนิดต่อท่อความยาว 1 เมตร

ปริมาตร (%)	ราคาต้นทุน (บาท) ต่อท่อความยาว 1 เมตร				
	R-12	R-22	R-134a	R-404a	R-406a
20	110.8	109.7	111.3	119.3	124.8
40	114.3	112.5	138.2	127.9	136.7
60	119.3	139.7	120.5	140.2	153.4
80	123.5	120.0	125.3	150.8	168.3

จากตารางที่ 3 ต้นทุนท่อความร้อน รวมค่าแรง และค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องมือ พบว่าสารทำงาน R-404a ปริมาตรของสารทำงานที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุท่อสามารถระบายความร้อนได้ดีเฉลี่ยประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส มีค่าการลงทุนประมาณ 119 บาท/เมตร หากพิจารณาถึงประสิทธิภาพอัตราการระบายความร้อนอายุการใช้งานของท่อเทอร์โมไซฟอน (ประมาณ 20 ปี) และค่าลงทุน เทคโนโลยีท่อเทอร์โมไซฟอนจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้งาน

ในการระบายความร้อนของผนังอาคารและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต่อไป

6.สรุป

จากการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของสารทำงานเพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของการนำท่อเทอร์โมไซฟอนมาประยุกต์ใช้งาน รวมทั้งศึกษาปริมาณของสารทำงาน ชนิดของสารทำงานที่เหมาะสมในอัตราการระบายความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ (โดยที่อุณหภูมิต่ำมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส) เช่น การนำมาประยุกต์ในการระบายความร้อนในผนังบ้าน เป็นต้น จากผลการทดสอบพบว่า สารทำงาน R-404a ปริมาตร 20 เปอร์เซ็นต์ของความจุท่อเทอร์โมไซฟอน สามารถระบายความร้อนได้สูงสุดเท่ากับ 2-3 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับสารทำงานชนิดอื่นๆ โดยมีอัตราการระบายความร้อนที่ 2.10 - 4.45 วัตต์ต่ออนาที ที่อุณหภูมิป้อนเข้าท่อเทอร์โมไซฟอน 40-70 องศาเซลเซียส โดยมีต้นทุนในการผลิตท่อเทอร์โมไซฟอนประมาณ 119 บาท/เมตร

จากผลการทดสอบท่อเทอร์โมไซฟอนมีค่าการถ่ายเทความร้อนได้ดี และมีค่าต้นทุนต่อท่อต่ำ ซึ่งหากมีการนำมาประยุกต์ใช้งานจะเกิดประโยชน์ในด้านการประหยัดพลังงานในระบบและในการเลือกใช้ใช้งานท่อเทอร์โมไซฟอนควรคำนึงถึงปริมาณสารทำงานที่เหมาะสมกับช่วงของอุณหภูมิของการใช้งาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (แสดงภาวะที่เหมาะสมในตารางที่ 2)

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ออนไลน์). ภูมิอากาศบ้านเรา. (21 มีนาคม 2544). หน้า 15-25 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2550 จาก <http://www.tmd.go.th/knowledge/knowweather01.html>
- ชัยวัฒน์ ชัยเรืองวิทย์ และ คณะ. (2538). ผนังเย็นโดยใช้ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

- วรภรณ์ รัตนงพิสัยและ คณะ. (2009). ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่มี R 134A เป็นสารทางานทดสอบ ณ อุณหภูมิต่ำ. งานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 ระหว่างวันที่ 15-17 ตุลาคม 2552 ณ เดอะไฮด์ริสอร์ต บางแสน จังหวัดชลบุรี
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (ออนไลน์). การใช้เครื่องปรับอากาศ (2547). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2548 จาก <http://www.eeit.or.th>
- dupont suva refrigerant. (Online). Physical Property Data. (ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปีที่เผยแพร่) สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2548 จาก <http://www.chlod-servis.com.pl/files/408a-402a-402b-404a-406c-507.pdf>, http://www.refrigerants.dupont.com/Suva/en_US/products/freon22.html
- F. J.,r Rey Martinez. (2003). Design & experimental study of a mixed energy recovery system,heat pipes & indirect evaporative equipment for air conditioning Energy & Buildings. King Mongkut's University of Technology Thonburi Magazine, 35 (8), 1021–1030.
- H. Imura, et al. (1979). Heat transfer in two phase closed type thermosyphons, Heat Transfer: Japanese Research 8 (2)41–53.
- P. Namprakai, et al. (1989). Statistical Estimation of Solar for Bangkok Thailand, King Mongkut's University of Technology Thonburi Magazine, Vol. 12, No. 2, pp. 42-61.