Thesis Title	Performance Analysis of Heat Pipe Heat Exchanger Using Binary Working Fluids
Thesis Credits	42
Candidate	Mr. Atipoang Nuntaphan
Supervisors	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat
	Dr. Jirawan Tiansuwan
Degree of Study	Doctor of Philosophy
Department	Thermal Technology
Academic Year	2000

Abstract

This research work studies the performance of the thermosyphon heat exchanger using binary of working fluids. It can be divided into two parts, thermal behavior of thermosyphon heat pipe using binary working fluids and thermal performance enhancement of thermosyphon heat exchanger using various types of working fluids.

The first part is the study of thermal behavior of thermosyphon heat pipe using ethanol-water and TEG-water and the affecting parameters such as the mixture content, the pipe aspect ratio and the working temperature. From the experiments, it is found that at low temperature of heat source, ethanol-water mixture has higher heat transfer rate than that of water, however the ethanol-water mixture gives lower heat transfer rate than that of pure ethanol. In case of TEG-water mixture, the heat transfer rate of the thermosyphon varies with the content of TEG in the mixture and it is found that TEG in the mixture can enlarge the critical heat flux due to the flooding limit of the small size of the thermosyphon.

The boiling equation of Rohsenow and the condensation equation of Nusselt are modified to predict the heat transfer coefficients of the boiling and the condensation inside the thermosyphon. In case of the binary mixtures, it is found that the weighted average of the heat transfer coefficient of each component can be used to predict the total heat transfer coefficient. Furthermore, it is found that ESDU's equation can be used

to predict the critical heat flux due to the flooding limit of the thermosyphon with pure working fluids and binary mixtures.

The second part concerns an investigation of the concept of introducing two-fluid thermosyphons. Calculations were performed for both low and high temperature ranges with parallel and counter flow arrangements by using simulation programs. For lower temperature application, 50 °C < T_{hi} < 100 °C, use of ethanol in some rows and water in the rest of the thermosyphon can slightly improve the associated heat transfer performance of the heat exchanger. However, for balanced parallel flow arrangement, the concept of using two-fluid thermosyphons may not be feasible.

For thermosyphon heat exchanger operating at high temperature applications, it is found that with selected mixture content of TEG-water in each row of the thermosyphon the performance of the system could be increased approximately 30-80% compared with pure TEG for parallel flow and 60-115% for counter flow configurations. The performances also increase approximately 80-160% for parallel flow and 140-220% for counter flow compared with those of pure dowtherm A which is the common working fluid at high temperature applications.

Keywords : Thermosyphon heat pipe / Boiling and Condensation of Binary Mixtures / Heat transfer Enhancement of Heat Exchanger

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานคู่ผสม
หน่วยกิตของวิทยานิพนธ์	42 หน่วย
โดย	นายอติพงศ์ นันทพันธุ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
	ดร. จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ
ระดับการศึกษา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สายวิชา	เทคโนโลยีอุณหภาพ
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานคู่ผสม โดยสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงานคู่ผสม และ การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนที่ใช้สารทำงานหลายๆ ประเภท

งานวิจัยในส่วนแรกทำการศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่ใช้สารทำงาน เอธานอล-น้ำ และ ไตรเอธิลีนไกคอล-น้ำ โดยทำการศึกษาผลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องคือ สัดส่วนผสมของสารทำงาน ขนาดของท่อความร้อน และ อุณหภูมิการทำงาน จากการทดลองพบว่า ในกรณีที่อุณหภูมิของแหล่งความร้อนมีค่าต่ำกว่าประมาณ 80°C สารทำงานผสมเอธานอล-น้ำ ให้ค่าอัตราการการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าในกรณีของน้ำ แต่อย่างไรก็ตามต่ำกว่าในกรณีของเอธานอลบริสุทธิ์ ในกรณีของสารทำงาน ไตรเอธิลีนไกคอล-น้ำ อัตราการถ่ายเทความร้อนจะแปรผกผันกับปริมาณของไตรเอธิลีนไกคอล แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้สารทำงานผสม ไตรเอธิลีนไกคอล-น้ำ สามารถช่วยลดภาวะวิกฤติเนื่องจากการท่วมของสารทำงานในท่อความร้อนขนาดเล็กได้

สมการการเดือดของ Rohsenow และสมการการควบแน่นของ Nusselt ได้ถูกดัดแปลงเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของการเดือดและการควบแน่นของสารทำงานภายในท่อความร้อน ในกรณีของสารทำงานผสม พบว่าการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสารทำงานแต่ละประเภทในสารผสม สามารถทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของสารทำงานคู่ผสมได้ และยังพบว่า สมการของ ESDU สามารถนำมาใช้ใน

การคำนวณค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนวิกฤติเนื่องจากการท่วมของสารทำงานในกรณีใช้สารทำงานคู่ผสม

งานวิจัยในส่วนที่สองเป็นการนำเอาสารทำงานสองชนิดมาใช้ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนแบบไหลตามกันและไหลสวนทางกันโดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ช่วงอุณหภูมิการทำงานต่ำและสูง ในการคำนวณจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสถานการณ์ต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิการทำงานต่ำ (50 °C < T_{hi} < 100 °C) พบว่าการใช้เอธานอลหรือน้ำในแถวของท่อความร้อนที่เหมาะสมสามารถเพิ่มสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามกันที่มีอัตราการไหลของกระแสร้อนและกระแสเย็นเท่ากัน

ในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนที่มีอุณหภูมิการทำงานสูง พบว่าการเลือกใช้อัตราส่วนผสมของไตรเอธิลีนไกคอลที่เหมาะสมเป็นสารทำงานในแต่ละแถวของท่อความร้อนสามารถเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน 30-80% ในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน และ 60-115% ในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามกันเมื่อเทียบกับการใช้ไตรเอธิลีนไกคอลอย่างเดียว และสามารถเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน 80-160% ในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามทางกัน และ 140-220% ในกรณีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน เมื่อเทียบกับการใช้สารทำงาน ดาวเทอร์ม เอ ซึ่งเป็นสารทำงานที่ใช้กันในช่วงอุณหภูมิการทำงานนี้

คำสำคัญ (Keywords) : ท่อความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน / การเดือดและการควบแน่นของสารทำงานคู่ผสม / การเพิ่มสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน