การศึกษาและออกแบบ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบ

นายสมศักดิ์ อังคนานุวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2533

ISBN 974-577-151-1

016222

I 10307916

STUDY AND DESIGN OF

PLATE FIN HEAT EXCHANGER

Mr. SOMSAK AUNGKANANUWAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for The Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-151-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบ
โดย นายสมศักดิ์ อังคณานุวัฒน์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตรจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จงรุ่งเรือง)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมศักดิ์ อังคณานุวัฒน์ : การศึกษาและออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบ (STUDY AND DESIGN OF PLATE FIN HEAT EXCHANGER)
อ.ที่ปรึกษา :รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ, 166 หน้า ISBN 974-577-151-1

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาสมรรถนะของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนรวมที่ทำจากวัสดุภายในประเทศ เปรียบเทียบกับของประเทศญี่ปุ่น และ หาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบ

ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบที่ใช้ในการทดสอบมี 4 ชนิด [ชนิดแรก แผ่นเรียบทำจากกระดาษคราฟท์และครีบทำจากกระดาษลอนเล็ก ชนิดที่สองแผ่นเรียบทำจากกระดาษบางและครีบทำจากกระดาษลอนเล็ก ชนิดที่สามแผ่นเรียบทำจากกระดาษคราฟท์และครีบทำจากกระดาษลอนใหญ่ ชนิดสุดท้ายแผ่นเรียบทำจากกระดาษลอกลายและครีบทำจากกระดาษลอนใหญ่] ผลการวิจัยพบว่าตัวที่สร้างขึ้นเองมีประสิทธิภาพต่ำกว่าตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากประเทศญี่ปุ่น 8-18 % ตามลำดับดังนี้ :

ประสิทธิภาพ \ ตัวแลกเปลี่ยน	ญี่ปุ่น	ชนิดแรก	ชนิดที่สอง	ชนิดที่สาม	ชนิดที่สี่
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	37-63	31-58	28-54	21-47	19-44
ประสิทธิภาพเชิงความชื้น (%)	32-64	29-63	29-62	21-54	21-53
ประสิทธิภาพเชิงเอนทาลพี (%)	33-64	30-62	29-61	21-53	20-52

โดยที่อัตราการไหลของอากาศผ่านตัวแลกเปลี่ยนความร้อนทั้ง 5 ชนิดอยู่ในช่วง 8.3×10^{-3} ถึง 5.0×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร/วินาที ในสภาวะอากาศของประเทศไทยทั้ง 3 ฤดู

จากผลการทดสอบ จะได้สมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบใช้งานในลักษณะใกล้เคียงกับการวิจัยนี้ คือ

สมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางด้านความร้อน

$$Nu = 2.546\times(Re \times Pr)^{0.35} \times(d_h/l)^{0.35}$$

โดยที่ $1<Gz<20$ และ $Pr=0.7$

สมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทางด้านความชื้น

$$Sh = 0.0004\times(Re \times Sc)^{0.287} \times(d_h/l)^{0.287}$$

โดยที่ $1<Gz<20$ และ $Sc=0.7$

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

SOMSAK AUNGKANANUWAT :STUDY AND DESIGN OF PLATE FIN HEAT EXCHANGER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. WITHAYA YONGCHAROEN,PHD. 166 PP. ISBN 974-577-151-1

This study was to search for the performance of the plate fin heat exchangers which were made from local materials comparing to that made from Japanese materials,and to search for the relationship of the parameter to use in the application design.

There were 4 types of the plate fin heat exchangers which were concerning in this research[the first type was made of craft paper as partition plate and small corrugated paper as fin(spacer plate) , the second type made of thin paper as partition plate and small corrugated paper as fin,the third made of craft paper as partition plate and large corrugated paper as fin and the fourth made of translucent copying paper as partition plate an large corrugated paper as fin].It was found that the effectiveness of the local 4 types was lower 8-18% than that of the Japanese's as followed :

Effectiveness \ Element Type	Jap	1st	2nd	3rd	4th
Temperature Effectiveness(%)	37-63	31-58	28-54	21-47	19-44
Humidity Effectiveness (%)	32-64	29-63	29-62	21-54	21-53
Enthalpy Effectiveness (%)	33-64	30-62	29-61	21-53	20-52

The operation air flow rate in this research ranged from 8.3×10^{-3} to 5.0×10^{-2} m^3/sec. The experiment also revealed that the relationship of the parameter in terms of Heat Transfer is

$$Nu=2.546 \times (Re \times Pr)^{0.35} \times (d_h/l)^{0.35} \quad ; \quad 1<Gz<20 \text{ and } Pr=0.7$$

and the relationship of the parameter in terms of Mass Transfer is

$$Sh=0.0004 \times (Re \times Sc)^{0.287} \times (d_h/l)^{0.287} \quad ; \quad 1<Gz<20 \text{ and } Sc=0.7$$

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

สาขาวิชา เครื่องกล

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้ข้อคิดเกี่ยวกับการดำเนินงานในการแก้ปัญหาตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้มาจากทุนอุดหนุนวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มา ณ. ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณคุณปรเมธ ประเสริฐยิ่ง ที่ได้ให้คำแนะนำในการเลือกหัวข้อวิทยานิพนธ์ บริษัทวรจักรอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ได้ให้อุปกรณ์และทุนอุดหนุนวิจัย บริษัทสยามบรรจุภัณฑ์ จำกัด ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อด้านอุปกรณ์ส่วนทดสอบ นางสาวกันยารัตน์ วิเชียรนุกูล ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อด้านอุปกรณ์การจัดทำเอกสาร นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ รศ.ทวี เวชพฤติ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนให้ยืมอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆช่างเทคนิคทุกๆท่านที่เอื้อเฟื้อและช่วยเหลือจนงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี งานวิจัยจะเรียบร้อยลงมิได้เลยถ้าขาดผู้รวบรวมด้านเอกสารผู้เขียนต้องขอขอบคุณนางภาวนา อังคณานุวัฒน์ ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมเรียบเรียงเอกสาร และที่สำคัญที่สุดผู้เขียนต้องขอระลึกถึงพระคุณของบิดามารดาที่ได้ให้ความอุปการะ และช่วยให้ผู้เขียนฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆไปได้เป็นอย่างดี

.....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
รายการสัญญาลักษณ์ .....ญ
บทที่
1. บทนำ
คำนำ 1
ความเป็นมาของปัญหา 1
การสำรวจผลงานวิจัย 2
วัตถุประสงค์ 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัย 4
วิธีดำเนินการวิจัย 5
2. ทฤษฎีและการคำนวณจากผลการทดลอง
คำจำกัดความ 6
การส่งผ่านความร้อน 7
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด 8
ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย 9
การพาความร้อนแบบราบเรียบ 10
การวิเคราะห์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดไหลขวางตัดกันแบบของไหลไม่ผสมกัน 11
การเปรียบเทียบระหว่างการส่งผ่านความร้อนและการส่งผ่านมวล 14
การถ่ายเทมวล 14
การวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนความชื้น 15
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทั้งหมด 16
3. การดำเนินการวิจัย
อุปกรณ์การทดลอง 18

รูปร่างของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน 19
กระดาษลอน 20
กระดาษแผ่นเรียบ 20
เครื่องมือวัดและควบคุม 21
แผนผังแสดงอุปกรณ์และการทดสอบ 23
วิธีการดำเนินการวิจัย 24
การทดสอบกระดาษ 24
การทดสอบตัวแลกเปลี่ยนความร้อน 25
การวัดอัตราการไหลของอากาศ 26
4. ผลการวิจัยและการอภิปราย
ผลการวิจัย 28
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง AIR FLOW RATE กับ TEMPERATURE EFFICIENCY 30
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง AIR FLOW RATE กับ MOISTURE EFFICIENCY 34
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง AIR FLOW RATE กับ ENTHALPY EFFICIENCY 38
กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ทั้ง 5 ชนิด 43
พารามิเตอร์ทางความร้อน 46
พารามิเตอร์ทางความชื้น 48
ปริมาณความร้อนที่ประหยัดได้ในตัวแลกเปลี่ยนความร้อน.....50
สมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์.....51
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Nusselt number กับ Graetz number.....53
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Sherwood number กับ Graetz numnber 54
กราฟแสดง Nusselt number ที่ได้จากผลการวิจัย เปรียบเทียบ กับ ที่ได้จากผู้วิจัยอื่น.....55

การอภิปราย 56
อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตัวแลกเปลี่ยน
ความร้อนมีประสิทธิภาพต่ำลง 56
สภาวะอากาศทั้ง 3 ฤดู ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ.....57
อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยน
แปลงประสิทธิภาพเชิงอุณหภูมิ 58
อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านไอน้ำมีผลต่อการเปลี่ยน
แปลงประสิทธิภาพเชิงความชื้น.....58
ผลการประหยัดพลังงาน 60
5. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ
สรุปผลการทดสอบตัวแลกเปลี่ยนความร้อน.....61
ประสิทธิภาพของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน.....61
ปริมาณความร้อนที่ประหยัดได้.....63
สมการความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์.....65
ข้อเสนอแนะ 65
เอกสารอ้างอิง.....66
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลการทดลอง(ก1 - ก16).....68
ภาคผนวก ข. โปรแกรมการหาค่าประสิทธิภาพ ปริมาณความร้อน
พารามิเตอร์ต่างๆ และ ตัวเลขไร้มิติ 84
ผังแสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าต่างๆโดยโปรแกรม.....94
ตัวอย่างการคำนวณ 95
ผลการคำนวณตามโปรแกรม.....96
ภาคผนวก ค. วิธีวัด และ มาตรฐานการทดสอบ.....156
การออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลของอากาศ.....158
ภาคผนวก ง. การสูญเสียความดันในตัวแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นมีครีบ
.....159
ภาคผนวก จ. สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับประสิทธิภาพ...160
ประวัติผู้เขียน 166

รายการสัญญลักษณ์

A_f	พื้นที่ครีบ(แผ่นก้น)
A_p	พื้นที่แผ่นเรียบ
A_t	พื้นที่รวม
A_h	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศร้อน
A_c	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศเย็น
a_c	พื้นที่หน้าตัดของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน
C_p	ความจุความร้อนจำเพาะของของไหลที่ความดันคงที่
C_{pa}	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้งที่ความดันคงที่
C_{pv}	ความจุความร้อนจำเพาะของไอน้ำที่ความดันคงที่
C_m	ความจุมวลจำเพาะของของไหลที่อุณหภูมิคงที่
d	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อกลม
dh	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิค
f	ประสิทธิภาพของครีบในการถ่ายเทความร้อน
f_m	ประสิทธิภาพของครีบในการถ่ายเทมวล
h_c	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศเย็น
h_h	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศร้อน
h_m	สัมประสิทธิ์การพามวล
h	เอนทาลพี
h_{fg}	ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ
Gz	เกรสท์นัมเบอร์
Kp_a	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านมวลของไอน้ำในอากาศ
Kp_p	สัมประสิทธิ์การซึมผ่านมวลของไอน้ำในกระดาษ
k_a	สภาพการนำความร้อนของอากาศ
k_p	สภาพการนำความร้อนของกระดาษ
l	ความยาวของท่อ
l_f	ความยาวของครีบ
M_w	น้ำหนักของไอน้ำใน 1 โมล
Ntu	เอนทียู
Nu	นัสเซ็ลท์นัมเบอร์

P	ความดันของของไหล
p	เส้นรอบรูปของหน้าตัด
Pr	แพรนด์เทิลนัมเบอร์
Q	อัตราการไหล
q_i	ความร้อนแฝง
q_s	ความร้อนสัมผัส
q_t	ความร้อนทั้งหมด
R	ค่าคงที่ของแกสสัมบูรณ์
Re	เรย์โนลด์นัมเบอร์
Sc	ชมิดท์นัมเบอร์
Sh	เชียร์วูดนัมเบอร์
T	อุณหภูมิ
t	ความหนา
U_H	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
U_m	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การพาความชื้น
V_a	ความเร็วอากาศ
W	มวลอากาศ
ε_i	ประสิทธิภาพเชิงเอนทาลพี
ε_m	ประสิทธิภาพเชิงความชื้น
ε_t	ประสิทธิภาพเชิงอุณหภูมิ
ϱ	ความหนาแน่น
μ	ความหนืด
η_f	ประสิทธิภาพรวมของครีบในการถ่ายเทความร้อน
η_{fm}	ประสิทธิภาพรวมของครีบในการถ่ายเทความชื้น
ω	อัตราส่วนความชื้น
jap	ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากกระดาษญี่ปุ่น
sc	ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากกระดาษลอนเล็กปิดด้วยกระดาษคราฟท์
st	ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากกระดาษลอนเล็กปิดด้วยกระดาษบาง
lc	ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากกระดาษลอนใหญ่ปิดด้วยกระดาษคราฟท์
lt	ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำจากกระดาษลอนใหญ่ปิดด้วยกระดาษลอกลาย

supscript

h	ด้านอากาศร้อน
c	ด้านอากาศเย็น
m	เชิงความชื้น
t	เชิงอุณหภูมิ
i	เชิงเอนทาลพี
o	สภาวะเริ่มต้น
oa	อากาศภายนอกห้องก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
ra	อากาศภายในห้องก่อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
sa	อากาศภายนอกห้องที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
ea	อากาศภายในห้องที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน