การทดลองหาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

นางสาว ธัญรัตน์ กฤตสรรค์วงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-808-1

TEST FOR HEAT TRANSFER PERFORMANCE OF A PLATE HEAT EXCHANGER

MISS DHANYARAT KRITSERNVONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1989

ISBN 974-576-808-1

Thesis Title	Test for Heat Transfer Performance of a Plate Heat Exchanger
By	Miss Dhanyarat Kritsernvong
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Wiwat Tanthapanichakoon

Accepted by the Graduate School Chulalongkorn University in Partial Fullfillment of the Requirement for the Master's Degree

.... Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajarabhaya, Ph. D.)

Thesis Committee

.... Chairman

(Associate Professor Piyasan Praserthdam, Dr. Ing.)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Wiwat Tanthapanichakoon, Ph. D.)

....

(Associate Professor Woraphat Arthayukti, Dr. Ing.)

....

(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph. D.)

ธัญรัตน์ กฤตสรรค์วงศ์ : การทดลองหาสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (TEST FOR HEAT TRANSFER PERFORMANCE OF A PLATE HEAT EXCHNAGER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, 334 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสมการสหสัมพันธ์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นและเขียนโปรแกรมออกแบบเครื่องแลกแปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นโดยใช้สมการสหสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นมีช่องว่างระหว่างแผ่น 0.00303 ม.. ความกว้าง 0.1125 ม., ความยาว 0.445 ม., รอยพิมพ์รูปก้างปลา (มุม 50 องศา) และพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 0.05 ตร.ม. ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนนี้มีสามส่วน

ในการศึกษาสารผลิตภัณฑ์ที่ใช้คือ น้ำ,น้ำหวาน (สารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 20, 30 ,และ 40 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก), กลีเซอลีน(สารละลายกลีเซอลีนความเข้มข้น 40, 50 และ 60 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร) อัตราการไหลของของเหลวที่ใช้ในการทดลองแปรค่าพิสัยตัวเลขเรย์โนลส์จาก 100 ถึง 4,000. ตัวเลขแพลงค์ตัลของผลิตภัณฑ์มีพิสัยจาก 2.11 ถึง 40 สมการสหสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นเครื่องนี้คือ

$$Nu = 0.02 \quad Re^{0.87} Pr^{0.78}$$

สมการสหสัมพันธ์ที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดลอง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.081.

โปรแกรมคำนวณออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นได้นำสมการสหสัมพันธ์นี้ ตลอดจนคุณสมบัติทางกายภาพของของเหลวที่ใช้ในการศึกษารวมในโปรแกรม. โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษาเทอร์โบ-เบสิค และใช้วิธีเอฟเฟคทีฟเนส-เอ็นทยู (Effectiveness-NTU) ผลลัพธ์การคำนวณออกแบบของโปรแกรมพบว่าสอดคล้องกับผลการทดลองและกระบวนการพาสเจอไรซ์

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต ธัญรัตน์ กฤตสรรค์วงศ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

DHANYARAT KRITSERNVONG : TEST FOR HEAT TRANSFER PERFORMANCE OF A PLATE HEAT EXCHANGER. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.WIWUT TANTHAPANICHAKOOL, Ph.D. 344 PP.

The objectives of the present study are to find a suitable heat transfer correlation for a pilot-scale plate exchanger and to develop a computer program to aid inthe design of plate heat exchangers using the correlation obtained.

The pilot-scale plate heat exchangerstudied has a plate gap of 0.00313 m, a width of 0.1125 m., a length of 0.445 m, it has chevron corrugations (angle = 50 degrees), and a surface area of 0.05 m^2. The exchanger tested has three sections.

The range of products tested includes water, syrup (sucrose solution of 20 wt%, 30 wt% and 40 wt% concentration), and glycerine(glycerine in water at 40 vol%, 50 vol% and 60 vol% concentration). Their flow rates were varied to yield Reynolds numbers ranging from 100 to 4,000. The Prandtl numbers of the products ranged from 2.11 to 40. One of the heat transfer correlations for the tested plate heat exchanger is

$$Nu = 0.02\ Re^{0.87}\ Pr^{0.78}$$

The proposed correlation is found to correlate the experimental data resonably well with a standard deviation of 0.081.

To aid in the design of plate heat exchangers a computer program has been developed, using the obtained correlation and incorporating the physical properties of all the tested liquids. The program is coded in TURBO BASIC and uses the effectiveness-NTU approach as design procedure. The design and calculation results of the program are found to agree well with experimental results as well as with actual HTST processes.

ภาควิชา CHEMICAL ENGINEERING
สาขาวิชา CHEMICAL ENGINEERING
ปีการศึกษา 1989

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express her gratitude to her advisor, Associate Professor Dr. Wiwat Tanthapanichakoon, for his guidance during the course of this work . Special thanks are due to Associate Professor Dr. Woraphat Arthayukti and Associate Professor Dr. Sutham Vanichseni for their support and advice.

The author would also like to thank Mr. Dharittee Kritsernvong who gave valuable advice on computer programming for this study. She wishes to also thank all her friends for their spiritual support.

Finally, she would like to thank her parents for their patience, support and encouragement over the many years that it took to complete this work.

CONTENTS

CHAPTERS Page

CHAPTERS Page

LIST OF TABLES

Table Page

Table | Page

Table | Page

LIST OF FIGURES

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

Figure Page

NOMENCLATURE

a, A_p	Area of plate, m^2 ($2A_p$ = area per channel bounded by two plates).
A_t	Total area of the thermal plates(A_pN), m^2.
b_p	Distance between plates or plate gap, m.
C_p	Heat capacity of the fluid, kJ/kgK.
d_f	Fouling factor, m^2K/W.
D_e	Equivalent diameter of the flow channel ($D_e=2b_p$), m.
E	Heat transfer effectiveness.
F	Correction factor for LMTD.
f	Friction factor.
G	Mass flow rate of fluid, kg/m^2s.
h	Heat transfer film coefficient fluid, W/m^2K.
k	Thermal conductivity, W/mK.
L	Length of flow passage, m.
m	Exponent in Eq.(2.2.1)
n	Exponent in Eq.(2.2.1) and number of thermal plates.
N	Number of thermal plates.
NTU	Number of transfer units or thermal length, θ or performance factor, or temperature ratio, TR.
Nu	Nusselt number (hD_e/k).
Pr	Prandtl number ($C_p\mu/k$).
ΔP	Pressure drop, kN/m^2.
Q	Heat transfer rate, kW.
Re	Reynolds number ($2w/b_p$).
T	Temperature, K.
T_i	Inlet temperature of the process fluid.

T_o	Outlet temperature of the process fluid.
ΔT	Temperature difference, K.
ΔT_{lm}	Log mean temperature difference, K.
U	Overall heat transfer coefficient, W/m^2K.
W	Width of the plate, m.
w	Mass flow rate of fluid, kg/s.
x	Exponent in Eq.(2.2.1) or plate thickness, m.
θ	Thermal length, or NTU.
μ	Fluid viscosity, kg/ms.
ρ	Fluid density, kg/m^3.

Subscripts.

av	Average.
c	Cold.
ci	Cold fluid, inlet.
co	Cold fluid, outlet.
h	Hot.
hi	Hot fluid, inlet.
ho	Hot fluid, outlet.
max	Maximum.
min	Minimum.