เครื่องถ่ายเทความร้อนแบบท่อสองชั้นโดยวิธีคอนโทรลไซคลิง

นางสาวกัญจนา รัชตสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

000058

CONTROL CYCING DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER

Miss Kanchana Ratchatasuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

.....กรรมการ

.....กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติชัย ศานติยานนท์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องถ่ายเทความร้อนแบบท่อสองชั้นโดยวิธีคอนโทรลไซคลิง

ชื่อ นางสาวกัญจนา รัชตสุวรรณ แผนกวิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2518

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้จะเสนอให้เห็นความสำคัญของการทำงานแบบคอนโทรลไซคลิง ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเริ่มค้นคว้ามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1952 และได้ทำการทดลองจนพบว่าเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มาก จากผลงานที่ผ่านมาได้นำคอนโทรลไซคลิง ไปประยุกต์กับระบบการกลั่น และการสกัดของเหลวออกจากของเหลว และให้ผลดีมากกว่าวิธีการธรรมดาที่ใช้กันอยู่ ในการทดลองครั้งนี้ได้นำเทคนิคของคอนโทรลไซคลิงไปประยุกต์เข้ากับอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบท่อสองชั้น โดยที่น้ำเย็นไหลอยู่ในท่อใน และน้ำร้อนไหลอยู่ในท่อนอก เป็นการไหลซึ่งสวนทางกัน

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่อุณหภูมิของน้ำร้อนและน้ำเย็น เวลาที่น้ำร้อนและน้ำเย็นไหลอยู่ในเครื่องมือ และอัตราส่วนของการปิดเปิดวาวล์ที่ใช้ในการคุมการไหลของน้ำ ผลการทดลองนี้ได้นำไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนเปรียบเทียบกันทั้งแบบคอนโทรลไซคลิง และแบบธรรมดา สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากการทดลองแบบคอนโทรลไซคลิงนี้ให้ค่าสูง เนื่องจากการทำงานแบบนี้สามารถลดความต้านทานของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นฟิลม์ของของเหลวที่อยู่บริเวณผนังท่อได้

จากผลการทดลองนี้ได้ทำให้เชื่อมั่นได้ว่า เทคนิคแบบคอนโทรลไซคลิงนี้สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบอื่น ๆ ได้

Thesis Title Controlled Cycling Double Pipe Heat Exchanger

Name Miss Kanchana Ratchatasuwan Department

Chemical Technology

Academic Year 1976

ABSTRACT

The work described in this thesis was intended to extend the application of a method of operation called "Controlled Cycling". Controlled cycling involves unsteady-state operation, in which the two phases flow intermittently. Controlled cycling was introduced by Cannon and coworkers in 1952 and has been proved experimentally to be a very useful method of operation. Literature concerning its application to distillation and liquid liquid extraction was reviewed in the present thesis. Its advantages over conventional operation in these two fields were emphasized. In the present experimental work a modified form of operation was used in a double pipe heat exchanger. The cold water phase flowed in the inner pipe and the hot water phase flowed in the annulus.

Experimental runs were obtained with various combination of the following variables: cycle time, fluid temperatures, fluid flow rates and fraction open. The over all heat transfer coefficients were calculated and the results were compared with the results of conventional operation. Temperatures in both phases at each point of the exchanger were measured at various conditions.

The effects of boundary layer and Reynolds number upon the temperature driving force of the exchanger were discussed.

The over all heat transfer coefficient was improved significantly by the cyclic operation as compared to the conventional operation. The temperature driving force of the exchanger was much higher and more effectively used in the present work. The efficiency of a double pipe heat exchanger could be improved if the controlled cycling was used.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express sincere thanks to her advisor, Assistant Professor Dr. Kiartchai Santiyanont, for his advice, encouragement, patience, and helpful criticism. She is grateful to the approval committee, particularly to Professor Dr. Prasom Sthapitanonda, Assistant Professor Dr. Shooshat Barame, and Dr. Preeda Wibulswas, for their useful suggestions and comments. Thank also extended to her friends, and to the official staff of the Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, for their helpful in constructing, checking, rechecking, and repairing the equipment.

Above all, she would like to thank the Committee of the Graduate School of Chulalongkorn University for granting her an assistanship which made some part of this study possible.

CONTENTS

		Page
Abstract (Thai)		iv
Abstract (English)		v
Acknowledgement		vii
List of Tables		viii
List of Figures		ix
Chapter		
I	INTRODUCTION	
	1.1 Double pipe heat exchanger	1
	1.2 Controlled Cycling Operation	2
	1.3 Purpose of this work	3
	1.4 Nature and Scope of the research work	3
II	LITERATURE SURVEYS	
	2.1 Double pipe heat exchanger	5
	2.2 Heat transfer in a vibrational flow	6
	2.3 Heat transfer in a pulsating flow in pipes	9
	2.4 Controlled Cycling	11
	2.4.1 Controlled Cycling in extraction	12
	2.4.2 Controlled Cycling in distillation	14
	2.4.3 Controlled Cycling in double pipe heat exchanger	18

Chapter Page

III THEORY

3.1 Convection heat transfer 20

3.2 Heat transfer coefficients 21

3.2.1 Individual heat transfer coefficient 21

3.2.2 Over all heat transfer coefficient 21

3.3 The effects of convective heat transfer coefficients 22

3.3.1 Resistances to heat transfer 22

3.3.2 The temperature differences 25

3.4 The effects of controlled cycling on heat transfer coefficients 27

3.4.1 Resistances to heat transfer 27

3.4.2 The temperature differences 27

IV EXPERIMENTAL EQUIPMENT

4.1 The double pipe heat exchanger 31

4.1.1 The inner pipe 31

4.1.2 The outer pipe 31

4.2 Electric timer and control valves 33

4.2.1 Parts of the electric timer 33

4.2.2 Methods of changing the cycle time and the fraction open 35

4.2.3 Control valves 38

Chapter			Page
	4.3	Hot water heater	38
	4.4	Temperature measuring devices	38
	4.5	Fluid flow meters	40
V	EXPERIMENTAL CONSIDERATION		
	5.1	Calibration of flow meters	41
	5.2	Calibration of thermocouple	41
	5.3	Experimental variables and experimental runs	45
		5.3.1 The flow rates of cold water and hot water	45
		5.3.2 The inlet temperature of hot water	45
		5.3.3 The cycle time and fraction open	45
	5.4	Experimental Procedure	46
VI	EXPERIMENTAL RESULTS		
	6.1	Over all heat transfer coefficients	48
	6.2	Effect of cycle time upon over all heat transfer coefficients	48
	6.3	Effect of Reynolds number upon over all heat transfer coefficients	53
	6.4	Effect of fraction open upon over all heat transfer coefficients	61
VII	DISCUSSION		
	7.1	Effect of cycle time upon the over all heat transfer coefficients	68

Chapter		Page
	7.2 Effect of Reynolds number on the over all heat transfer coefficients	69
	7.3 Effect of fraction open upon the over all heat transfer coefficients	71
	7.4 Effect of inlet hot water temperature upon over all heat transfer coefficients	72
	7.5 Experimental Consideration	73
VIII	CONCLUSION	75
References		77
Appendix		79
Vita		xiii

LIST OF TABLES

Table			Page
6-1		Effect of cycle time upon over all heat transfer coefficients	49
6-2	(a)	Effect of Reynolds number upon over all heat transfer coefficients	50
	(b)	Effect of Reynolds number upon over all heat transfer coefficients	54
6-3	(a)	Effect of fraction open upon all over all heat transfer coefficients	62
	(b)	Effect of fraction open upon over all heat transfer coefficients	63

LIST OF FIGURES

Figure		Page
2-1	Double pipe heat exchanger	5
3-1	Development of a thermal boundary layer for flow in a pipe	23
3-2	a) Double pipe heat exchanger	26
	b) Temperature differences along a double pipe heat exchanger	26
3-3	Development of a thermal boundary layer	28
3-4	Boundary Layer thickness	30
4-1	Experimental equipment	32
4-2	The electric timers	34
4-3	Timing discs	36
4-4	The position of the microswitch	37
5-1	Calibration of hot water flow rate	42
5-2	Calibration of cold water flow rate	43
5-3	Calibration of Cu-constantan thermocouple	44
6-1	Effect of cycle time upon over all heat transfer coefficients	51
6-2	" " "	52
6-3	Effect of Reynolds number upon over all heat transfer coefficients	55
6-4	" " "	56
6-5	" " "	57

Figure		Page
6-6	Effect of Reynolds number upon over all heat transfer coefficients	58
6-7	" " "	59
6-8	" " "	60
6-9	Effect of fraction open upon over all heat transfer coefficients	64
6-10	" " "	65
6-11	" " "	66
6-12	" " "	67

NOMENCLATURE

A	=	the heating surface area
A_v	=	the amplitude of vibration
C_p	=	the heat capacity
C_{pc}	=	the heat capacity of cold water
C_{ph}	=	the heat capacity of hot water
f_v	=	the frequency of vibration
h	=	the individual heat transfer coefficient
h_v	=	the individual heat transfer coefficient of vibration
h_o	=	the individual heat transfer coefficient of original condition,
h_z	=	the local heat transfer coefficient
k	=	the thermal conductivity
N_u	=	Nusselt number
P_r	=	Prandlt number
q	=	the heat transfer rate
S	=	Total surface area
T_b	=	the bulk temperature of fluid
T_w	=	the wall temperature
t_s	=	surface temperature
T_{c_1}	=	inlet cold water temperature

T_{c_2}	=	outlet cold water temperature
T_{h_1}	=	inlet hot water temperature
T_{h_2}	=	Outlet hot water temperature
U	=	Over all heat transfer coefficient
v	=	the velocity of fluid flow