

**HEAT EXCHANGER NETWORK RETROFIT BY PINCH TECHNOLOGY
ON THE REFORMER AREA OF AROMATICS PLANT**

Ms. Chonlada Doungprasertsuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
Case Western Reserve University, The University of Michigan,
The University of Oklahoma, and Institut Français du Pétrole

2004

ISBN 974-9651-24-3

T 2161636X

Thesis Title: Heat Exchanger Network Retrofit by Pinch Technology on the Reformer Area of Aromatics Plant
By: Miss. Chonlada Doungprasertsuk
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Dr. Vivan Thammongkol
Dr. Kitipat Siemanond
Mr. Supareak Susangeim

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

K. Bunyakit.
..... College Director
(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakit)

Thesis Committee:

Kitipat Siemanond
.....
(Dr. Kitipat Siemanond)

Vivan Thammongkol
.....
(Dr. Vivan Thammongkol)

Thirasak Rirksomboon
.....
(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

Pramoch Rangsunvigit
.....
(Asst. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

ABSTRACT

4571003063: PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM

Chonlada Dounprasertsuk : Heat Exchanger Network Retrofit by Pinch Technology on the Reformer Area of Aromatics Plant.

Thesis Advisors: Dr. Kitipat Siemanond, Dr. Vivan Thammongkol and Mr. Supareak Susangeim, 143 pp. ISBN 974-9651-24-3

Keywords: Pinch Technology/ Targeting/ Retrofit/ Energy Recovery

In the situation of high prices and depletion of the world energy, one way for energy management is process heat integration. In Specific, pinch technology has demonstrated that good process integration pays off through simplicity of plant design and good use of energy and capital. The principle is to predict what should be achieved (targeting), and then to set out how to achieve it (design). For modification of existing plants, retrofitting is used with the same thermodynamic principles that underlie established pinch technology. This study uses the process data of Reformer area of an aromatics plant, retrofitting the heat exchanger network to obtain the best design which results in high degree of energy recovery. In this area of plant, nine heat exchangers can be found. The streams that involve in this pinch analysis can be grouped into two types; hot and cold streams, which are thirty and twenty one for hot and cold streams respectively. First of all, the target of energy savings will be conducted for the specified payback period. In this step the problem table analysis and composite curves have been done in order to find the area and energy target. The result of these targets shows the very low payback period. The retrofit procedure then can be done by constructing the grid diagram and finding the heat exchangers crossing pinch point. Eliminating these exchangers plus adding some area of heat exchangers result in energy saving about 10-20%.

บทคัดย่อ

ชลลดา ดวงประเสริฐสุข: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพินช์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับพื้นที่รีฟอร์มเมอร์โรงงานอะโรมาติกส์ (Heat Exchanger Network Retrofit by Pinch Technology on the Reformer Area of Aromatics Plant) อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์, ดร.วิวรรณ ธรรมมงคล และ นาย ศุภฤกษ์ สุเสงี่ยม 143 หน้า ISBN 974-9651-24-3

ด้วยสถานการณ์ของพลังงานที่มีราคาสูงและแหล่งของพลังงานที่ลดลง วิธีหนึ่งในการจัดการพลังงานคือการบูรณาการทางความร้อน เทคโนโลยีพินช์แสดงให้เห็นว่าเป็นการบูรณาการกระบวนการผลิตที่คุ้มค่าเนื่องจากความง่ายในการออกแบบกระบวนการ และการใช้พลังงานและยูติลิตี้อย่างมีประสิทธิภาพ หลักการคือมีการประมาณเป้าหมาย และคำนวณว่าทำอย่างไรให้ถึงเป้าหมายนั้นโดยการออกแบบปรับปรุงกระบวนการ สำหรับการปรับปรุงโรงงานที่มีอยู่แล้ว การบูรณาการการผลิตจะใช้หลักการเดียวกันกับเทคโนโลยีพินช์ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงกระบวนการรีฟอร์มเมอร์ของโรงงานอะโรมาติกส์ และทำการปรับปรุงโครงข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนของการบูรณาการนี้เพื่อให้ได้ระดับการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ที่มากที่สุด สายการผลิตที่ใช้ในการวิเคราะห์พินช์ประกอบไปด้วย สายร้อน 30 สาย และสายเย็นจำนวน 21 สาย เป้าหมายในการประหยัดพลังงานถูกกำหนดก่อนสำหรับช่วงเวลาคู่ทุนที่กำหนดไว้ ในขั้นตอนนีกราฟคอมโพสิตและตารางวิเคราะห์จะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้หาเป้าหมายพลังงานและพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาคู่ทุนที่ต่ำมาก จากนั้นแผนภาพกริดจะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนข้ามจุดพินช์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเหล่านี้จะถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้น พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปในกระบวนการ หลังจากเสร็จสิ้นการปรับปรุงกระบวนการแล้ว พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals.

First of all, I greatly appreciate Dr. Kitipat Siemanond and Dr. Vivan Thammongkol, my thesis advisors, for providing invaluable recommendations, creative comments, and kindly support throughout the course of this research work.

The other ones that could not be forgotten in this work is Mr. Supareak Susangeim and Mr.Krid Kumpabooth. I would like to thank them for a valuable suggestions and comments on the practicality of this work.

I would like to thank Assistant Professor Pramoch Rangsunvigit and Associate Professor Thirasak Rirksomboon for being my thesis committee. Their suggestions and comments are very valuable for me and this work.

I am thankful for the partial funding of this thesis work provided by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PTT Consortium). I would like to thank ATC The Aromatics (Thailand) Public Company Limited also for supporting the research fund for this work.

During the period of the study, staffs of ATC The Aromatics (Thailand) Public Company Limited were very kind. The technical support that Aromatics plant provided to this work is very useful.

Special appreciation go to all of the Petroleum and Petrochemical College's staff who gave helps in various aspects, especially the research affairs staff who kindly helps with the analytical instruments used in this work and the outside contractor who take care of the tidiness of the research room.

Two years in The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University will be meaningless to me, if there won't be my friends and PPC staffs who support, encourage and welcome me all the time.

Last but not least, I am deeply indebted to my family for their forever and unconditionally love, understanding, encouragement and support me all the time.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	x
List of Figures	xii
 CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
 II BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY	
2.1 Pinch Technology	3
2.2 Step in Pinch Analysis for Heat Exchanger Network (HEN) Design	3
2.2.1 Identification of the Hot, Cold and Utility Streams in the Process	4
2.2.2 Thermal Data Extraction for Process & Utility streams	5
2.2.3 Selection of Initial ΔT_{\min} value	6
2.2.4 Construction of Composite Curves and Grand Composite Curves	7
2.2.5 Estimation of Minimum Energy Cost Targets	10
2.2.6 Estimation of Heat Exchanger Network (HEN) Capital Cost Targets	11
2.2.7 Estimation of Optimum ΔT_{\min} Value by Energy-Capital Trade off	13
2.2.8 Estimation of Practical Targets for HEN Design	14
2.2.9 Design of Heat Exchanger Network	15

CHAPTER	PAGE
2.3 Retrofitting by Pinch Technology	16
2.3.1 Identification of Energy Saving Opportunities	17
2.3.2 Retrofits Design	18
2.4 Literature Survey	19
2.4.1 Applications of Pinch Technology	19
2.4.2 The Pinch Design Method for Heat Exchanger Network Design	20
2.5.3 The Pinch Design Method for Heat Exchanger Network Retrofits	21
2.5.4 Process Heat Integration	22
 III PROCEDURES	 25
3.1 Collecting the Data for Design Case from Reformer Area of ATC Plant	25
3.2 Modeling the Heat Exchanger and Streams Data by Using Pro II	25
3.3 Data Extraction	26
3.1.1 Stream Heat Transfer Coefficient	26
3.1.2 Utility and Economic Data	30
3.4 Energy Targets	32
3.5 Area Targets	33
3.5.1 Plotting of Composite Curves	34
3.6 Retrofitting by Pinch Technology	37
3.6.1 Targeting Based on Constant h-values	38
3.6.2 Design Procedure	40
3.7 Collecting the Data for Actual Case from Reformer Area of ATC Plant	41
 IV RESULTS AND DISCUSSIONS	 43
4.1 Design Case	43

CHAPTER	PAGE
4.1.1 Collected Data and Heat Exchanger and Stream Data Modeling	43
4.1.2 Energy Target	47
4.1.3 Area Target	47
4.1.4 Setting Retrofit targets	49
4.1.5 Design Procedure	55
4.1.5.1 Design Option A	55
4.1.5.2 Design Option B	58
4.2 Actual	62
4.2.1 Process Data	62
4.2.2 Energy Target	65
4.2.3 Area Target	65
4.2.4 Setting Retrofit targets	67
4.2.5 Design Procedure	71
4.2.5.1 Diagnosis Stage	74
4.2.5.2 Optimized Design Option Results	77
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	84
REFERENCES	86
APPENDICES	88
Appendix A The location and information of each Stream for design and actual case	88
Appendix B Problem table algorithm for any ΔT_{\min} for design case	95
Appendix C Hot and cold streams composite curves for calculation minimum area at any ΔT_{\min} for design and actual case	106

CHAPTER	PAGE
Appendix D Problem table algorithm with multiple utility level for design and actual case	124
Appendix E Retrofit network cost report for actual case	135
CURRICULUM VITAE	143

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
3.1 Data for hot and cold stream for the existing plant	29
3.2 Utility data for ATC plant	30
3.3 Annualised utility costs	30
3.4 Economic data for Aromatics plant	31
3.5 Actual temperature and flowrate at ATC plant	42
4.1 The result from design simulation of Pro II and Calculation of latent heat	44
4.2 Result of PTA at various ΔT_{\min} for design case	47
4.3 Surface area of existing heat exchanger in the process for design case	48
4.4 Targeting area at various ΔT_{\min} for design case	48
4.5 Area-Energy data for various ΔT_{\min} for design case	50
4.6 Data for target utility usage for multiple utilities for design case	51
4.7 Calculated data for energy saving cost and investment cost for design case	52
4.8 Heat exchangers, heaters and coolers which transfer heat across the pinch for design case	53
4.9 Calculation of investment cost of existing exchangers with new area for Design option A	55
4.10 Calculation of investment cost for new exchangers for Design option A	57
4.11 Calculation of utility savings for Design option A	57
4.12 Calculation of investment cost of existing exchangers with new area for Design option B	59
4.13 Calculation of investment cost for new exchangers for Design option B	59

TABLE	PAGE
4.14 Calculation of utility savings for Design option B	61
4.15 Process data for actual case	63
4.16 Result of PTA at various ΔT_{\min} for actual case	65
4.17 Surface area of existing heat exchanger in the process	66
4.18 Result from area targeting at various ΔT_{\min}	66
4.19 Area-Energy data for various ΔT_{\min}	68
4.20 Data of target utility usage for multiple utilities	69
4.21 Calculated data for energy saving cost and investment cost	70
4.22 Heat exchangers, heaters and coolers which transfer heat across the Pinch	71
4.23 Summary of pinch design violation of existing network	73
4.24 Comparison of design option parameter with existing design	83

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1.1 The process flow diagram of Aromatics plant	2
2.1 Steps of pinch analysis	4
2.2 Set up intervals	5
2.3 Cascade heat surpluses	6
2.4 Heat transfer equation	7
2.5 Temperature-Enthalpy relations used to construct composite curves	8
2.6 Combined composite curves	9
2.7 Grand composite curve	9
2.8 General expression for network area target	11
2.9 Energy-Capital cost trade off	14
2.10 Cross pinch on grid diagram	15
2.11 Grid diagram	16
2.12 Ideal relationships between area-energy	17
2.13 Saving-Investment relationships	18
3.1 Flowsheet of ATC plant	27
4.1 Grid diagram for design case of existing plant	46
4.2 Hot and cold composite curves at various ΔT_{\min}	49
4.3 Retrofit curve on Area-Energy plot	50
4.4 Investment-Saving plot	52
4.5 Grid diagram of existing plant with pinch temperature	54
4.6 Grid diagram of Design option A	56
4.7 Grid diagram of Design option B	60
4.8 Hot and cold composite curves at various ΔT_{\min}	67
4.9 Retrofit curve on Area-Energy plot	68
4.10 Investment-Saving plot	70
4.11 Grid diagram of existing plant with pinch temperature	72

FIGURE	PAGE
4.12 The design solution search tree for diagnosis stage of HEN	75
4.13 Grid diagram for actual case of design option A	78
4.14 Grid diagram for actual case of design option B	79
4.15 Grid diagram for actual case of design option C	80
4.16 Grid diagram for actual case of design option D	81
4.17 Comparison of energy savings for the different design options	83