COLUMN TARGETING AND RETROFIT OF AROMATICS PLANT

Jinnapon Punyavut

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
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2005

ISBN 974-9651-92-8

I 22241752

Thesis Title:	Column Targeting and Retrofit of Aromatics Plant
By:	Jinnapon Punyavut
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Kitipat Siemanond
	Dr. Vivan Thammomgkol
	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.

Nantaya Yanumet ..... College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

Kitipat Siemanond .....
(Asst. Prof. Kitipat Siemanond)

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

....
(Mr. Supareak Susangeim)

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

Pramoch R. .....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

บทคัดย่อ

จิณณพล ปัญญวุฒิ: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพินช์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับโรงงานอะโรมาติกส์ (Column Targeting and Retrofit of Aromatics Plant) อ.ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กิติพัฒน์ สีมานนท์, ดร.วิวรรณ ธรรมมงคล และ นาย ศุภฤกษ์ สุเสงี่ยม 178 หน้า ISBN 974-9651-92-8

เทคโนโลยีพินช์แสดงให้เห็นว่าเป็นการบูรณาการกระบวนการผลิตที่คุ้มค่าเนื่องจากความง่ายในการออกแบบกระบวนการ และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หลักการคือมีการประมาณเป้าหมาย และคำนวณว่าทำอย่างไรให้ถึงเป้าหมายนั้นโดยการออกแบบปรับปรุงกระบวนการ สำหรับการปรับปรุงโรงงานที่มีอยู่แล้ว การบูรณาการการผลิตจะใช้หลักการเดียวกันกับเทคโนโลยีพินช์ เทคโนโลยีพินช์สามารถที่จะนำไปใช้เพื่อจัดการพลังงานในโรงงานอะโรเมติกส์ ซึ่งโรงงานอะโรเมติกส์ผลิตเบนซินโทลูอินและไซลีนมีทั้งหมด 2 ส่วน พื้นที่รีฟอร์เมอร์และพื้นที่อะโรเมติกส์ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับปรุงเครือข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในส่วนของกระบวนการนี้เพื่อให้ได้ระดับการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ที่มากที่สุด ในพื้นที่รีฟอร์เมอร์ได้ประยุกต์ใช้ความร้อนจากหอกลั่นเพื่อที่จะนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้กราฟแกรนคอมโพสิตเพื่อดูแผนภูมิพลังงานในขบวนการ ในพื้นที่อะโรเมติกส์สายการผลิตที่ใช้ในการวิเคราะห์พินช์ประกอบไปด้วย สายร้อน 37 สาย และสายเย็นจำนวน 24 สาย เป้าหมายในการประหยัดพลังงานถูกกำหนดก่อนสำหรับช่วงเวลาคุ้มทุนที่กำหนดไว้ ในขั้นตอนนี้กราฟคอมโพสิตและตารางวิเคราะห์จะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้หาเป้าหมายพลังงานและพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาคุ้มทุนที่ต่ำมาก จากนั้นแผนภาพกริดจะถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการหาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนข้ามจุดพินช์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเหล่านี้จะถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้น พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปในกระบวนการ หลังจากเสร็จสิ้นการปรับปรุงกระบวนการแล้ว พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 10-20 เปอร์เซนต์

ABSTRACT

4671004063: Petrochemical Technology Program
Jinnapon Punyavut: Column Targeting and Retrofit of Aromatics Plant.
Thesis Advisors: Asst. Prof. Kitipat Siemanond,
Dr. Vivan Thammongkol and Mr. Supareak Susangeim
178 pp. ISBN 974-9651-92-8
Keywords: Pinch Technology/ Column Targeting/ Retrofit/ Energy Recovery

Pinch technology was applied for the energy management of an aromatics plant. The aromatics plant, producing benzene, toluene and xylene, had two parts, reformer and aromatics areas. This study focused on retrofitting the heat exchanger network and column targeting to obtain the best design commensurate with a high degree of energy recovery. In the reformer area, the Pinch design method and column targeting were used to find the best alternative designs that save energy costs by using the grand composite curves for the energy flow profile of the process. In the aromatics area, there were thirty seven hot and twenty four cold streams. The target of the energy saving was conducted for the specified payback period. Problem table analysis and composite curves were generated in order to find the area and energy target. These targets showed a very low payback period. The retrofit procedure was then done using the grid diagram and removing the heat exchangers across the pinch point. Removing these exchangers or adding more area of heat exchangers resulted in about 10-20% energy savings.

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 is Mr. Supareak Susangeim and Mr.Krit 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 is partially funded 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.

Last, 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		xi
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY**	3
	Pinch Technology	3
	2.1 Basic of Pinch Analysis	5
	2.2 Data Extraction Flowsheet	5
	2.3 Steps of Pinch Analysis	6
	2.3.1 Identification of the Hot, Cold and Utility Steams in the Process	7
	2.3.2 Thermal Data Extraction for Process & Utility streams	8
	2.3.3 Selection of Initial ΔTmin Value	8
	2.3.4 Construction of Composite Curves and Grand Composite Curves	10
	2.3.5 Estimation of Minimum Energy Cost Targets	13
	2.3.6 Estimation of Capital Cost Heat Exchanger Networks (HENS)	13
	2.3.7 Estimation of Optimum ΔTmin Value by Energy-Capital Trade off	16

CHAPTER **PAGE**

2.3.8 Estimation of Practical Targets for HEN Design 17

2.3.9 Design of Heat Exchanger Networks 18

2.4 The Feasibility Criteria at the Pinch 20

2.5 Retrofit 22

2.5.1 Retrofit Targeting based on Capital-Energy Trade-off 22

2.5.2 Payback 23

2.5.3 Retrofit Design 24

2.6 Process Integration 24

2.7 Distillation Columns 24

2.7.1 Stand-Alone Column Modifications 25

2.7.2 Construction of Column Grand Composite Curve 26

2.7.3 Modifications using the Column Grand--Composite Curve 29

2.7.4 Column Integration 30

2.8 Literature Survey 32

2.8.1 Applications of Pinch Technology 32

2.8.2 The Pinch Design Method for New Heat Exchanger Network Design 33

2.8.3 The Pinch Design Method for Heat Exchanger Network Retrofit 35

2.8.4 Process Heat Integration 36

2.8.5 Distillation Column 38

III PROCEDURES 39

3.1 Collecting the Data from Reformer Area of ATC Plant 39

3.2 Modeling the Heat Exchanger and Stream Data by using Pro II 39

3.3 Data Extraction 40

CHAPTER **PAGE**

3.3.1 Stream Heat Transfer Coefficient 40
3.4 Energy Targets 41
3.5 Plotting of Composite Curves 43
3.6 Plotting of Column Grand Composite Curve 46
3.7 Process Integration 47
3.8 Collecting the Data from Aromatics Area of ATC Plant 47
3.9 Retrofitting by Pinch Technology 48
3.9.1 Targeting Based on Constant h-Values 48
3.9.2 Design Procedure 50

IV **RESULTS AND DISCUSSIONS** 53
4.1 Column Targeting of Reformer Area 53
4.1.1 The Collected Data and Heat Exchanger and Stream Data Modeling 53
4.1.2 Energy Target 55
4.1.3 Plotting of Column Grand Composite Curve 58
4.1.4 Process Integration 60
Alternative 1 61
Alternative 2 62
4.2 Retrofit of Aromatics Area 63
4.2.1 Process Data 63
4.2.2 Energy Target 66
4.2.3 Area Target 69
4.2.4 Setting Retrofit Targets 70
4.2.5 Design Procedure 72
4.2.5.1 Diagnosis Stage 75
4.2.5.2 Optimized Design Options Results 77

CHAPTER PAGE

V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 84

5.1 Conclusions 84

5.2 Recommendations and Suggestions for Further Work 85

REFERENCES 86

APPENDICES 89

Appendix A Location and Information of Each Stream for Reformer Area 89

Appendix B Problem Table Algorithm for Various ΔT_{min} of Reformer Area 91

Appendix C Result of Column from Pro II 104

Appendix D Location and Information of Each Stream for Aromatics Area 131

Appendix E Problem Table Algorithm for Various ΔT_{min} of Aromatics Area 136

Appendix F Hot and Cold Composite Curve Calculation for Minimum Area at any ΔT_{min} 155

Appendix G Problem Table Algorithm with Multiple Utility Levels 164

Appendix H Retrofit Network Cost Report 170

CURRICULUM VITAE 178

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Typical ΔTmin Values Reference	9
3.1	Data for Hot and Cold Stream for the Existing Plant of Reformer Area	41
3.2	Data for Hot Stream for the Existing Plant of Aromatics Area	51
3.3	Data for Cold Stream for the Existing Plant of Aromatics Area	52
4.1	The Result from Simulation of Pro II of Reformer Area	53
4.2	Result of PTA at any ΔT_{min} of Reformer Area	55
4.3	Result of Unit 100V5 (Debutanizer Column) and Unit 100EA3	61
4.4	Result of Unit 100V7 (Debutanizer Column) and Unit 100EA3	62
4.5	Process Data of Aromatics Area (Hot Streams)	64
4.6	Process Data of Aromatics Area (Cold Streams)	65
4.7	Result of PTA at any ΔT_{min} of Aromatics Area	66
4.8	Surface Area of Existing Heat Exchangers in the Process	69
4.9	Result from Target Area at Various ΔT_{min}	70
4.10	Area-Energy Data for Various ΔT_{min}	70
4.11	Data of Target Utility Usage for Multiple Utilities	71
4.12	Calculated Data for Energy Cost Savings and Investment Cost	72
4.13	Heat Exchangers, Heater and Cooler which Transfer Heat Across the Pinch	73
4.14	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	"Onion Diagram" of Hierarchy in Process Design	4
2.2	The Rubic Cube Indicating the Development of Pinch Technology	4
2.3	Data Extraction for Pinch Analysis	6
2.4	Steps of Pinch Analysis	7
2.5	Heat Transfer Equation	9
2.6	Temperature-Enthalpy Relations Used to Construct Composite Curves	10
2.7	Combined Composite Curves	11
2.8	Grand Composite Curve	12
2.9	Vertical Heat Transfer between the Composite Curve Leads to Minimum Network Surface Area	14
2.10	The Trade –Off between Energy and Capital Costs gives the Optimum ΔT_{min} for Minimum Cost in New Designs	16
2.11	Energy-Capital Cost Trade Off	17
2.12	Heat Exchangers Representation in Grid Diagram	19
2.13	Heat Exchanger Profile, (a) Above Pinch, (b) Below Pinch	20
2.14	The Algorithm for Stream Splitting at Pinch Point	21
2.15	Capital Energy Trade Off for Retrofit Applications	22
2.16	Targeting for Retrofit Applications	23
2.17	Procedure for Obtaining Column Grand Composite Curve	25
2.18	(a) Evaluating Enthalpy Deficit at a Stage	28
2.18	(b) Constructing the CGCC from Stage Wise Enthalpy Deficits	28
2.19	Using Column Grand Composite Curve to Identify Column Modifications	29

FIGURE **PAGE**

2.20	Appropriate Integration of a Distillation Column with the Background Process	31
4.1	Grid Diagram of Existing Plant of Reformer Area	54
4.2	Hot and Cold Composite Curves at Various ΔT_{min} of Reformer Area	56
4.3	Grand Composite Curve at any ΔT_{min} of Reformer Area	57
4.4	The Column Grand Composite Curve at any Distillation Column	58
4.5	Grand Composite Curve and Column Grand Composite Curve	60
4.6	Grand Composite Curve and Unit 100V5	61
4.7	Grand Composite Curve and Unit 100V7	62
4.8	Hot and Cold Composite Curves at Various ΔT_{min} of Aromatics Area	67
4.9	Grand Composite Curves at Various ΔT_{min} of Aromatics Area	68
4.10	Retrofit Curve on Area-Energy Plot	71
4.11	Investment-Saving Plot	72
4.12	Grid Diagram of Existing Plant with Pinch Temperature of Aromatics Area	74
4.13	The Design Solution Search Tree for Diagnosis Stage of HEN	75
4.14	Grid Diagram for Design Option A	78
4.15	Grid Diagram for Design Option B	79
4.16	Grid Diagram for Design Option C	80
4.17	Grid Diagram for Design Option D	81