APPLICATIONS OF PINCH TECHNOLOGY FOR ENERGY CONSERVATION

Mr. Anurut Buaurai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment 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
2002

ISBN 974-03-1587-9

- 3 ส.ค. 2548

Thesis Title	:	Applications of Pinch Technology for Energy Conservation
By	:	Mr. Anurut Buaurai
Program	:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors	:	Dr. Kitipat Siemanond
		Dr. Vivan Thammongkol

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

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

Thesis Committee:

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

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

..... (Asst. Prof. Thirasak Rirksomboon)

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

บทคัดย่อ

อนุรัตน์ บัวอุไร : การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพินช์สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน (Applications of Pinch Technology for Energy Conservation) อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร.วิวรรณ ธรรมมงคล และ ดร. กิติพัฒน์ สีมานนท์ 70 หน้า ISBN 974-03-1587-9

กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานสูงเนื่องจากต้องใช้หน่วยการแยกเพื่อแยกสารและอุปกรณ์แแลกเปลี่ยนความร้อนภายใต้สภาวะเยือกแข็งซึ่งใช้สารทำความเย็นในปริมาณที่มากซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าปฏิบัติการมีค่าที่สูงการศึกษาด้วยเทคโนโลยีของพินช์สำหรับโรงแยกก๊าซจึงเป็นการศึกษาเพื่อศึกษาหาพลังงานส่วนเกินปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นโดยทำการสร้างแบบจำลองกระบวนการด้วยโปรแกรมโปรทู สำหรับการศึกษามุ่งเน้นที่การศึกษาเฉพาะในส่วนของโรงแยกก๊าซหน่วยที่ 1 โดยในการศึกษาได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2ส่วนหลัก คือ การศึกษาการใช้พลังงานในส่วนของหอแยก และ การศึกษาระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับการศึกษาหอแยกซึ่งในหน่วยการแยกมีทั้งสิ้น 3 หอแยก คือ หอแยกก๊าซมีเทน หอแยกก๊าซอีเทน และ หอแยกก๊าซโพรเพน เริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองของแต่ละหอเพื่อทำการหาค่าสมดุลและค่าทางเทอร์โมไดนามิกส์ ในการคำนวณและสร้างกราฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ พบว่าหอแยกก๊าซมีเทนซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายหอแยกทั่วไปจำนวน 4หอต่อในลักษณะอุนกรม มีจุดพินช์เพียง 1จุด แสดงว่ายังมีการใช้พลังงานอย่างสมดุล ในขณะที่หอแยกก๊าซโพรเพนมีจุดพินช์เกิดขึ้นในกราฟแต่ที่หอแยกก๊าซอีเทนไม่พบจุดพินช์เกิดขึ้นในกราฟ ในส่วนของการศึกษาระบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนพบว่าในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีสายให้ความร้อน 6 สาย และสายรับความเย็น 7 สาย มีการใช้พลังงานในส่วนทำความเย็นมากกว่าระบบทำความร้อน แสดงถึงการใช้พลังงานที่ไม่สมดุล

ABSTRACT

4371002063 : PETROCHEMICAL TECHNOLOGY PROGRAM
KEYWORD : Pinch Technology/ Energy Conservation/ Column Target/ HENs
Anurut Buaurai : Applications of Pinch Technology for Energy Conservation. Thesis Advisors: Dr. Vivan Thammongkol and Dr. Kitipat Siemanond, 69 pp. ISBN 974-03-1587-9

The natural gas separation process is an extremely high energy-consuming process. It consists of distillation units and cryogenic heat exchangers requiring refrigerant. This leads to high operating costs. This study focuses on the gas separation unit I which has three main distillation columns: a demethanizer, deethananizer, and depropanizer. A simulation model of the columns was created using the Pro/II software program and the pinch technology technique to determine the excess energy by modifying the existing process to reach high energy savings. The pinch analysis was divided into two parts: distillation column targeting and heat exchanger networks (HENS). The simulation model gave equilibrium and thermodynamics data used for generating column grand composite curves (CGCCs) and column composite curve (CCCs). The demethanizer was modeled as four conventional columns connected in the series and a pinch point was found on CGCC which meant that this column was energy efficient. The depropanizer had one pinch point found in CGCC, while pinch point was not found in CGCC of the deethanizer. The background process was studied using six hot streams and seven cold streams to generate a composite curve for the process.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to gratefully give special thanks to my advisor, Dr. Vivan Thammongkol for her constructive criticism and valuable suggestions. I am also deeply indebted to my co-advisor, Dr. Kitipat Siemanond for his intensive suggestions, valuable guidance and vital help throughout this research work.

I would like to sincerely thank Mr. Nipon Kanongchaiyot and Mr. Prasong Intaranongpai for the special suggestion in the plant process.

I greatly appreciate all my friends, PPC and GSP staffs who willingly gave me warm support and encouragement.

I would like to thank the PTT PCL. for technical support during the period of the study.

Finally, I am deeply indebted to my family for their forever love, understanding and encouragement.

TABLE OF CONTENTS

		PAGE
	Title Page	i
	Abstract (in English)	iii
	Abstract (in Thai)	iv
	Acknowledgements	v
	Table of Contents	vi
	List of Table	viii
	List of Figures	ix
CHAPTER		
I	**INTRODUCTION**	1
II	**BACKGROUND AND LITERATURE SURVEY**	3
	2.1 Pinch Technology	3
	2.2 Column Targeting	5
	2.2.1 Generating the CGCC	6
	2.3 Composite Curve of the Background Process	11
	2.3.1 Energy Targets	14
	2.4 Process Integration	17
	2.5 Literature Survey	18
III	**PROCEDURES**	21
	3.1 Modeling Column and Process	
	3.1.1 Shortcut Distillation Design	21
	3.1.2 Process Design	21
	3.2 Application of Pinch Technology for Column Analysis	21
	3.2.1 Generated Column Grand Composite Curve	21
	3.2.2 Column Modification Method for the Actual Case	22

CHAPTER		PAGE
IV	**RESULTS AND DISCUSSION**	
	4.1 Model Column and Process	26
	4.1.1 Distillation Column Design	26
	4.1.2 Generated Column Grand Composite Curve	26
	4.1.3 Column Integration	27
	4.1.4 Generated Grand Composite Curve of the Background Process	27
	4.1.5 Modification of the design case	27
V	**CONCLUSIONS**	44
	REFEERENCES	45
	APPENDICES	47
	Appendix A	47
	Appendix B	57
	Appendix C	63
	Appendix D	69
	CURRICULUM VITAE	70

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
3.1	Product stream composition and flow rate of the design data	23
3.2	Condition specification for actual case	24
4.1	Feed stream compositions	33
4.2	Product stream composition and flow rate from the model	37
4.3	Condition result of actual case from the model	38

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Onion Diagram of hierarchy in process design	4
2.2	Practical near-minimum thermodynamic condition (PNMTC)	5
2.3a	Evaluating enthalpy deficit at a stage	7
2.3b	Constructing the CGCC from stagewise enthalpy deficits	8
2.4	The CGCC from a single converged simulation	9
2.5	Fundamental analysis of a generalized feed stage with liquid and vapor products for PNMTC column	9
2.6	Distillation column with feed, liquid products, vapor products and Side exchanger on every stage	10
2.7	Construction of composite curve	12
2.8	Prediction of energy targets using Composite curve	12
2.9	The source/sink characteristic of process heat exchanger	13
2.10	Construction of composite curve	15
2.11	Energy targets and the pinch with Composite Curves	16
2.12	Example problem process integration	17
3.1	Algorithm for design heat exchanger networks	25
4.1	Process flow diagram of gas separation plant 1 (GSP1)	29
4.2	Flow diagram, Column grand composite curve of demethanizer in the design case	30
4.3	Simulation model of chimney tray type demethanizer	31
4.4	Flow diagram, Column grand composite curve of deethanizer in the design case	32
4.5	Flow diagram, Column grand composite curve of depropanizer in the design case	34
4.6	Reflux ratio and percent ethane purity of Deethanizer	35
4.7	Reflux ratio and percent propane purity of Depropanizer	35

FIGURE **PAGE**

4.8	The composite curve of background process of GSP 1	36
4.9	Column integration of demethanizer, deethanizer and depropanizer	36
4.10	Column grand composite curve of demethanizer in the actual case	38
4.11	Column grand composite curve of deethanizer in the actual case	39
4.12	Column grand composite curve of depropanizer in the actual case	39
4.13	Column grand composite curve of deethanizer with reflux ratio of 1.86 (design case)	40
4.14	Column grand composite curve of deethanizer with reflux ratio of 1.61 (design case)	41
4.15	Column grand composite curve of deethanizer with reflux ratio of 1.40 (design case)	42
4.16	Column modifications of deethanizer with reflux ratio 1.4 and Installing side condenser 6.6 MJ/sec at tray no.4 (design case)	43